تم تحميل هذا الملف من موقع Talamidi.com

النوى، الكتلة و الطاقة

1- التكافؤ كتلة- طاقة :

1.1.علاقة ألبيرت انشتاين:

توصل ألبيرت انشتاين في بداية القرن العشرين من خلال نظرية النسبية الخاصة إلى العلاقة الرابطة بين الطاقة E لمجموعة ، في حالة سكون في مرجع الدراسة ، و كتلتها m :

$E=m.c^2$ مع E : الطاقة الكتلية (J)

m: كتلة المجموعة (kg)

c : سرعة الضوء في الفراغ $\left(ms^{-1}\right)$

إذن حسب نظرية انشتاين ، كل مجموعة كتلتها غير منعدمة لها طاقة تتناسب مع كتلتها .

عندما تتغير كتلة مجموعة بالقيمة Δm خلال تحول ما ، يكون تغير الطاقة الكتلية لهذه المجموعة هو $\Delta E=\Delta m.c^2$

1.2.وحدات الكتلة و الطاقة :

يعبر في النظام العالمي للوحدات بالكيلوغرام (kg) بالنسبة للكتلة ، و بالجول (J) بالنسبة للطاقة .

نستعمل في الفيزياء النووية الوحدات التالية:

- وحدة الكتلة الذرية u : $1u=1,660054.10^{-27}\,kg$

- الإلكترون فولط eV: $1eV=1,60218.10^{-19}\,J$ ، $1MeV=10^{6}\,eV$

الكتلة و الطاقة لبعض الدقائق

الدقيقة	البروتون	النوترون	الإلكترون
الكتلة(u)	1,007276023	1,008665842	0,000548576
الطاقة(Mev)	938,265	939,558	0,5109950

$1u=931,494MeV/c^2$

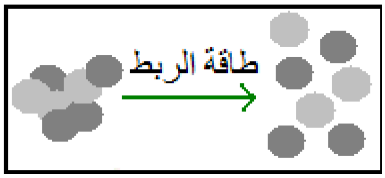
2- طاقة الربط

2.1. النقص الكتلي Δm- علاقة أنشتاين:

نسمي النقص الكتلي Δm لنواة ${}^{A}_{Z}X$ في مرجع معين الفرق بين مجموع كتل النويات منفصلة و في حالة سكون و كتلة النواة في حالة سكون كذلك :

$$\Delta m=\left[Zm_p+(A-Z)m_n\right]-m\left({}^{A}_{Z}X\right)>0$$

مع $m({}^{A}_{Z}X)$:كتلة النواة و m_p : كتلة بروتون و m_n : كتلة نوترون



مثال : النقص الكتلي لنواة الهيليوم :

$\Delta m=\left[2m_p+2m_n\right]-m\left({}^{4}_{2}H_e\right)$ ، و $m\left({}^{4}_{2}H_e\right)=4,0015u$

و $2m_p+2m_n=4,03232u$. إذن : $\Delta m=0,0305u$

ـ استعمال الوحدات الملائمة في الفيزياء النووية

- وحدة الطاقة الكتلية هي الإلكترون فولط ev بحيث $1ev=1.66\ 10^{-19}J$
- نحسب الطاقة المكافئة لكتلة $1u=1.66\ 10^{-27}Kg$

$E=m.C^2=1.66\ 10^{-27}.(3\ 10^{8})^2=14.94\ 10^{-11}J=9.3375\ 10^{8}\ ev=933.75Mev$

و نعلم أن $E=m.C^2$ بحيث نعبر عن m بالوحدة الكتلية $ev.C^{-2}$ أي أن $1u=9.3375\ 108\ ev/C^2=933.75\ Mev/C^2$

2.2.طاقة الربط لنواة :

طاقة الربط أو طاقة تماسك النواة E_ℓ و هي الطاقة التي يجب إعطاؤها للنواة في حالة سكون لفصل نوياتها عن بعضها البعض و تبقى في حالة سكون

نفترض التحول التالي :

- الحالة البدئية : نواة ${}^{A}_{Z}X$ في حالة سكون في مرجع الدراسة طاقتها هي :

$$E_i=m\left({}^{A}_{Z}X\right).c^2$$

Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع

- الحالة النهائية : Z بروتون و (A-Z) نوترون منفصلة وفي حالة سكون في مرجع الدراسة ، طاقتها هي :

$$E_f = \left[Zm_p + (A-z)m_n \right].c^2$$

نعلم أن $\left[Zm_p + (A-Z)m_n \right] \rangle m\left({}^{A}_{Z}X\right)$ إذن $E_f \rangle E_i$

وبالتالي يمكن كتابة : $E_f = E_i + \xi_\ell$

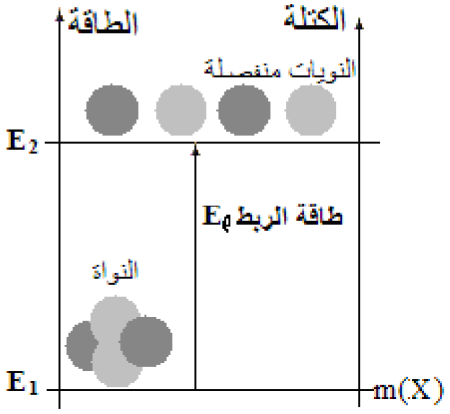
$$E_\ell = \left[Zm_p + (A-Z)m_n \right].c^2 - m\left({}^{A}_{Z}X\right).c^2$$

$E_\ell = \Delta m.c^2$ تسمى طاقة الربط للنواة ${}^{A}_{Z}X$

نسمي طاقة الربط E_ℓ لنواة أو طاقة تماسك النواة الطاقة التي يجب إعطاؤها للنواة في حالة سكون في مرجع معين لفصل نوياتها مع بقائها في حالة سكون في نفس المرجع .و يعبر عنها بالعلاقة :

$$E_\ell = \left[Zm_p + (A-Z)m_n \right].c^2 - m\left({}^{A}_{Z}X\right).c^2$$

أي: $E_\ell = \Delta m.c^2$ مع Δm هو النقص الكتلي .



$E_\ell = -\Delta E = \Delta m.C^2$: طاقة الربط للنواة دائما موجبة

ملحوظة:

تساوي الطاقة E_ℓ كذلك الطاقة المحررة عند تكون النواة انطلاقا من نوياتها المنفصلة .

2.3.طاقة الربط بالنسبة لنوية :

يعبر عن طاقة الربط بالنسبة لنوية $\xi = \frac{E_\ell}{A}$ مع E_ℓ: طاقة الربط لنواة و A عدد النويات .

كلما كانت طاقة الربط بالنسبة لنوية كبيرة كلما كانت النواة أكثر استقرارا.

مثال : طاقة الربط بالنسبة لنوية الهيليوم 4 :

$$\xi = \frac{\xi_\ell}{A} = \frac{28,26}{4} = 7,065 MeV/nucleon$$

$\frac{E_\ell}{A}$: طاقة الربط المتوسطية لنوية وحدتها Mev/nucleon

مثال :

	${}^{238}_{92}U$	${}^{206}_{82}Pb$	استنتاج
E_ℓ(Mev)	1720.6668	1621.2571	$E_\ell(U) > E_\ell(Pb)$
$\frac{E_\ell}{A}$(Mev/nucleon)	7.2296	7.8702	$\frac{E_\ell}{A}(Pb) > \frac{E_\ell}{A}(U)$

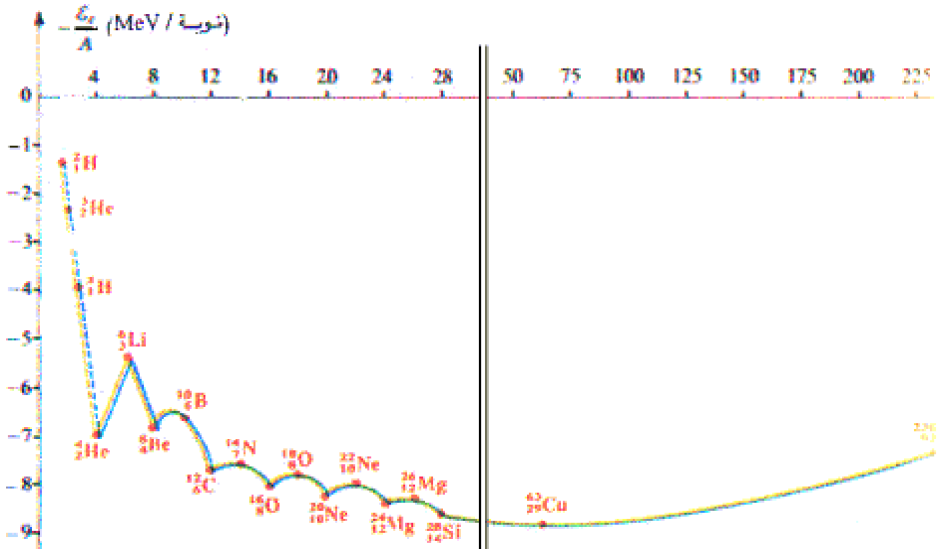
$\frac{E_\ell}{A}(Pb) > \frac{E_\ell}{A}(U)$ و بالتالي فنواة الرصاص (Pb) أكثر استقرارا من نواة الأورانيوم (U).

M(بروتون)	M(نوترون)	M(Pb)	M(U)
1.00727u	1.00866u	205.9296u	238.086u

2.4.منحنى اسطون (Aston) :

يمثل منحنى اسطون تغيرات مقابل طاقة الربط بالنسبة لنوية $\frac{\xi_\ell}{A}$ للنوى بدلالة عدد النويات A . و يمكن من مقارنة مدى استقرار النوى و تفسير إمكانية تحول نوى إلى نوى أخرى

Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع



يلاحظ من خلال المنحنى أن:

- النوى التي تحتوي على عدد قليل من النويات هي النوى الأقل استقرارا . و هذه النوى لها قابلية التحول إلى نوى أكثر استقرارا و ذلك بالاندماج فيما بينها (تفاعلات الاندماج).
- النوى الأكثر استقرارا توجد أسفل منحنى اسطون.
- النوى التي تحتوي على عدد كبير من النويات (النوى الثقيلة) يقل استقرارها مع تزايد عدد النويات A . هذه النوى لها قابلية التحول إلى نوى أكثر استقرارا و ذلك بانشطارها (تفاعل الانشطار) .

- $\frac{E_\ell}{A}$ قصوية بالنسبة للنوى $50<A<75$ و بالتالي فالنويدات مستقرة
- صغيرة نسبيا بالنسبة للنوى الخفيفة و الثقيلة على السواء

3- الانشطار و الاندماج النوويان :

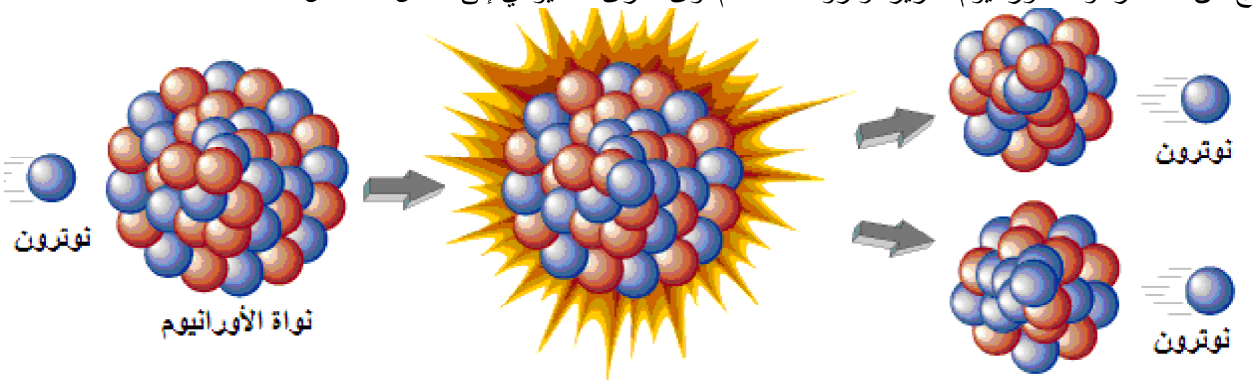
3.1.الانشطار النووي :

نسمي الانشطار النووي كل تفاعل نووي محرض يتم خلاله انقسام نواة ثقيلة غالبا إلى نواتين اقل ثقلا .
يحدث انشطار نواة عندما تصدمها دقائق غالبا ما تكون نوترونات .

مثال :
من بين تفاعلات انشطار الأورانيوم التفاعل التالي:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{140}_{54}Xe + 2\,^{1}_{0}n$$

ينتج عن انشطار نواة الأورانيوم تحرير نوترونات تصدم نوى أخرى مما يؤدي إلى **تفاعل متسلسل**



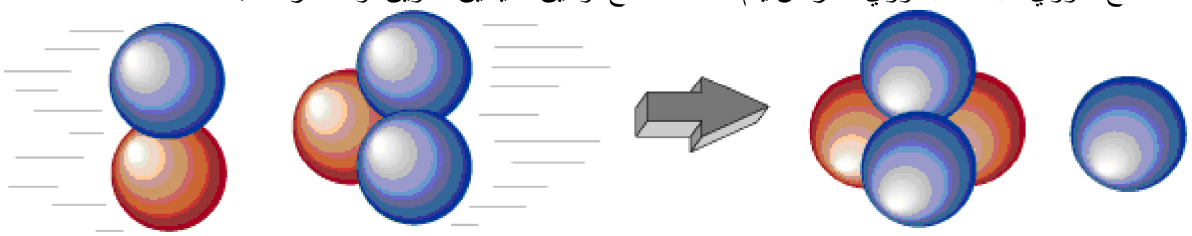
يستعمل الانشطار النووي في :

- القنبلة A: انشطار غير متحكم فيه .
- المفاعلات النووية : انشطار متحكم فيه .(إنتاج الطاقة الكهربائية).

Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع

3.2.الاندماج النووي:

نسمي الاندماج النووي كل تفاعل نووي محرض يتم خلاله اندماج نواتين خفيفتين لتكوين نواة أكثر ثقلا.



أمثلة:

$$^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{3}_{1}H + ^{1}_{1}H$$

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

ينتج عن تفاعل الاندماج تحرير طاقة هائلة (التفاعلات في الشمس) و تستعمل لحد الآن في القنابل الهيدروجينية

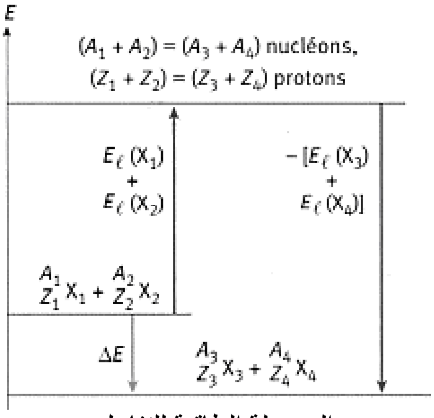
4- الحصيلة الكتلية و الطاقية لتحول نووي:

4.1. الحالة العامة :

يتم ، خلال تحول نووي ، انحفاظ الشحنة و عدد النويات و الطاقة .

نعتبر التحول النووي التالي :

$$^{A_1}_{Z_{11}}X_1 + ^{A_2}_{Z_2}X_2 \rightarrow ^{A_3}_{Z_3}X_3 + ^{A_4}_{Z_4}X_4$$



الحصيلة الطاقية للتفاعل

يعبر عن الطاقة الناتجة عن هذا التفاعل النووي بالعلاقة :

$$\Delta E = Ep - Er = \left[m(X_3) + m(X_4) - m(X_1) - m(X_2)\right].c^2$$

Ep:طاقة النواتج و Er: طاقة المتفاعلات

$$\Delta E = \Delta m.c^2$$

يمكن التعبير أيضا عن هذه الطاقة بدلالة طاقات الربط للنوى كما يلي:

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

4.2. أمثلة:

4.2.1. النشاط الإشعاعي α:

معادلة التفتت النووي: $^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A-4}_{Z-2}Y + ^{4}_{2}He$

الطاقة المحررة خلال هذا التفتت : $\Delta E = \left[m(He) + m(Y) - m(X)\right].c^2$

4.2.2. النشاط الإشعاعي β^-:

معادلة التفتت النووي: $^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A}_{Z+1}Y + ^{0}_{-1}e$

الطاقة المحررة خلال هذا التفتت : $\Delta E = \left[m_e + m(Y) - m(X)\right].c^2$

4.2.3. النشاط الإشعاعي β^+:

معادلة التفتت النووي: $^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A}_{Z-1}Y + ^{0}_{+1}e$

الطاقة المحررة خلال هذا التفتت : $\Delta E = \left[m_e + m(Y) - m(X)\right].c^2$

4.2.4. تفاعل الانشطار:

نعتبر تفاعل انشطار الأورانيوم $^{235}_{92}U$: $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{140}_{54}Xe + 2\,^{1}_{0}n$

$$\Delta E = \left[2m(n) + m(Xe) + m(Sr) - m(n) - m(U)\right].c^2$$

Talamidi.com تم تحميل هذا الملف من موقع

$$\Delta E = \left[m(n) + m(Xe) + m(Sr) - m(U)\right].c^2$$

تطبيق عددي: $m(n) = 1,0087u$ ، $m(U) = 234,9935u$ ، $m(Sr) = 93,8945u$ ، $m(Xe) = 139,8920u$

نجد: $\Delta E = -184,8MeV$.

ينتج عن انشطار نواة الأورانيوم235 طاقة تقارب 185MeV .و نحسب الطاقة الناتجة عن انشطار كتلة m=1kg من الأورانيم 235 .

نسمي x عدد النوى الموجودة في الكتلة m : $x = \frac{m}{m_U}$ مع m_U كتلة ذرة الأورانيوم التي تقارب كتلة النواة.

الطاقة الناتجة هي: $\Delta E' = x\Delta E$

$$x = \frac{1}{234,9935X1,66.10^{-27}} = 2,56.10^{24}\,noyaux \quad \text{إذن} \quad m_U \approx m(U) = 234,9935u$$

إذن الطاقة $\Delta E' = -2,56.10^{24}\,x184,8MeV$: $\Delta E' \approx 4,73.10^{26}\,MeV$

4.2.5 . تفاعل الاندماج :

نعتبر تفاعل اندماج نواتي الهيليوم ^3_2He : $^3_2He + {}^3_2He \rightarrow {}^4_2He + 2\,{}^1_1H$

$$\Delta E = \left[m\left({}^4_2He\right) + 2m\left({}^1_1H\right) - 2m\left({}^3_2He\right)\right].c^2$$ ، $m(H) = 1,0073u$ ، $m\left({}^4_2He\right) = 4,0015u$

إذن: $\Delta E = -12,8MeV$ ، $m\left({}^3_2He\right) = 3,0149u$

ملحوظة:

- $\Delta E < 0$: ينتج عن التحولات النووية انبعاث طاقة .
- تظهر الطاقة ΔE في الوسط الخارجي على شكل طاقة حركية للدقائق المنبعثة و طاقة إشعاعية .

تمرين :

نعتبر نواة الأورانيوم $^{235}_{92}U$.

1- حدد النقص الكتلي لهذه النواة بالكيلوغرام و بوحدة الكتلة الذرية .

2- حدد طاقة الربط لهذه النواة بالجول و ب Mev ، واستنتج طاقة الربط بالنسبة لنوية .

3- قارن استقرار هذه النواة مع استقرار نواة الراديوم 226 التي طاقة ربطها بالنسبة لنوية هي : $\xi = 7,66MeV/nucléon$

4- نقذف نواة الأورانيوم $^{235}_{92}U$ بنوترون فينتج عن ذلك نواتا $^{146}_{58}Ce$ و $^{85}_{x}Se$ و عدد y من النوترونات.

1.4. اكتب معادلة التفاعل محددا x و y .

2.4. أوجد بالجول و ب Mev الطاقة ΔE المحررة خلال هذا التفاعل . نهمل الطاقة الحركية للمتفاعلات أمام الطاقة الكتلية .

نعطي : $m\left({}^{235}_{92}U\right) = 234,9935u$ ، $m(Ce) = 145,8782u$ ، $m(Se) = 84,9033u$ ، $1u = 1,6606.10^{-27}\,kg$

$e = 1,6.10^{-19}\,c$ ، $c = 3.10^8\,m.s^{-1}$ ، $m_p = 1,00728u$ ، $m_n = 1,00866u$

الحل:

1- النقص الكتلي : $\Delta m = 92m_p + 143m_n - m\left({}^{235}_{92}U\right)$

تطبيق عددي:

$$\Delta m = 1,91464u = 3,17945.10^{-27}\,kg$$

2- طاقة الربط لهذه النواة: $E_\ell = \Delta m.c^2$.

ت-ع : $E_\ell = 2,86151.10^{-10}\,J = 1,78844.10^3\,MeV$

طاقة الربط بالنسبة لنوية : $\xi = \frac{E_\ell}{A}$ ، ت.ع :

$$\xi = 7,61038Mev/nucléon$$

3- لدينا $\xi(Ra) > \xi(U)$ إذن نواة الراديوم أكثر استقرارا من نواة الأورانيوم 235 .

4- 1 . معادلة التفاعل النووي (الانشطار) :

$$^{235}_{92}U + {}^1_0n \rightarrow {}^{146}_{58}Ce + {}^{85}_{34}Se + 5\,{}^1_0n$$

بتطبيق قوانين الانحفاظ : 235+1=146+y و منه y=5

92=58+x و منه x=34

2.4. حساب الطاقة المحررة:

$$\Delta E = \left[m(Ce) + m(Se) + 5m_n - m(U) - m_n\right]$$

$$\Delta E = -2,72498.10^{-11}\,J = -1,70098.10^2\,MeV$$