

النوى - الكتلة والطاقة

Noyaux - masse & énergie

الجزء الثاني : التحولات

النوية
الوحدة 2

ذ. هشام سحر

- * تمتلك كل مجموعة كتلتها ، في حالة سكون ، طاقة E تسمى طاقة الكتلة . تعبيرها هو : $E = m \cdot c^2$ وحدتها هي الجول J حيث $c = 299792458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ سرعة الضوء في الفراغ .
- * نسمي النقص الكتلي Δm لنواة رمزها ${}^A_Z X$ هو الفرق بين مجموع كتل النويات وكتلة النواة $\Delta m = [Zm_p + (A - Z)m_n] - m$ مع $\Delta m > 0$ و m كتلة النواة .
- * عندما تتغير كتلة مجموعة بالمقدار Δm خلال تحول ما ، يكون تغير الطاقة الكتلية هو : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$.
- * طاقة الربط E_l لنواة هي الطاقة التي يجب إعطائها للنواة ، في حالة سكون ، لفصل نوياتها وتبقى في حالة سكون $E_l = \Delta m \cdot c^2 = [Zm_p + (A - Z)m_n - m({}^A_Z X)] \cdot c^2$ مع Δm النقص الكتلي .
- * وحدات أخرى : $1 \text{ eV} = 1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ و $1 \text{ u} = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \frac{\text{MeV}}{c^2}$.
- * تعرف ξ طاقة الربط بالنسبة لنوية بالعلاقة : $\xi = \frac{E_l}{A}$ حيث E_l طاقة الربط للنواة و A عدد النويات وحدة ξ هي MeV/nucleon . كلما كانت طاقة الربط بالنسبة لنوية كبيرة ، كلما كانت النواة أكثر استقرارا .
- * الانشطار النووي تفاعل نووي تنقسم خلاله نواة ثقيلة شظورة (قابلة للانشطار) ، بعد التقافها لنوترون حراري إلى نواتين خفيفتين .
- * الاندماج النووي تفاعل يتم فيه انضمام نواتين خفيفتين لتكوين نواة أكثر ثقلا .
- * نعتبر المعادلة العامة لتفاعل نووي ${}^{A_1}_{Z_1} X_1 + {}^{A_2}_{Z_2} X_2 \rightarrow {}^{A_3}_{Z_3} X_3 + {}^{A_4}_{Z_4} X_4$ حيث X رمز نواة أو دقيقة .
- * طاقة التفاعل : $\Delta E = [E_l(X_1) + E_l(X_2) - E_l(X_3) - E_l(X_4)]$.
- * $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = [m(\text{النواتج}) - m(\text{المتفاعلات})] \cdot c^2$.
- * $\Delta E < 0$ يكون التفاعل ناشرا للطاقة و $\Delta E > 0$ يكون التفاعل ماصا للطاقة .
- * الطاقة المحررة خلال تفاعل ناشر للطاقة هي $\xi_l = -\Delta E > 0$.

تمرين 1 :

في الفيزياء النووية تكون رتبة قدر الكتل المتناولة حوالي 10^{-27} kg ، لذا نستعمل وحدات أخرى، مثل : وحدة الكتلة الذرية u والوحدة $\text{MeV} \cdot c^{-2}$.
حيث $1 \text{ u} = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ و $1 \text{ u} = 931,494 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$.
إملاء الجدول التالي :

الوحدة العالمية (kg)	الوحدة الذرية (u)	الوحدة (MeV · c ⁻²)
$3 \cdot 10^{-26}$		
	4,0015	
		938,28

تمرين 2 :

نعتبر النويدات التالية : ${}^{235}_{92} \text{U} - {}^{35}_{17} \text{Cl} - {}^{17}_8 \text{O} - {}^{12}_6 \text{C}$.
1- احسب النقص الكتلي لهذه النويدات بالوحدة الذرية (u) ثم بالوحدة (kg) .

2- بماذا يمكن تفسير هذا النقص الكتلي؟

3- احسب تغير الطاقة الموافقة للنقص الكتلي بالنسبة لهذه النويدات بـ (MeV) ثم بالجول (J) .
نعطي : $1 \text{ u} = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ و $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$ و $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

النواة أو الدقيقة	${}^{12}_6 \text{C}$	${}^{17}_8 \text{O}$
الكتلة بـ (u)	12,0006	16,993857
${}^{35}_{17} \text{Cl}$	${}^{235}_{92} \text{U}$	${}^1_1 \text{p}$
35,268577	234,9935	1,007276

تمرين 3 :

كتلة نواة الليثيوم $m({}^7_3 \text{Li}) = 7,0160 \text{ u}$

1- احسب النقص الكتلي لنواة الليثيوم عند تكونها .

نعطي : $m({}^1_0 \text{n}) = 1,008665 \text{ u}$

2- احسب بالوحدة MeV ، الطاقة المحررة عند تكون نواة الليثيوم انطلاقا من نوياتها المتفرقة وفي حالة سكون .

3- احسب طاقة الربط بالنسبة لنوية لنواة الليثيوم .

التناقص الإشعاعي

Décroissance radioactive

تمرين 4 :

نعتبر نواة الحديد ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ حيث طاقة الربط المتوسطة

لنوياتها هي : $\xi = 8,79 \text{ MeV/nucleon}$.

1- احسب طاقة الربط E_l لهذه النواة (بـ MeV) ثم

استنتج النقص الكتلي لهذه النواة (بـ $\text{MeV} \cdot \text{c}^{-2}$).

2- احسب كتلة نواة الحديد ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ (بـ $\text{MeV} \cdot \text{c}^{-2}$).

3- إملأ الجدول التالي :

الكتلة m لنواة الحديد ${}^{56}_{26}\text{Fe}$		
kg	u	$\text{MeV} \cdot \text{c}^{-2}$

الطاقة $E_l({}^{56}_{26}\text{Fe})$		
J	eV	MeV

نعطي : $1u = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

و $1u = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2}$

و $1eV = 1,602 \cdot 10^{-19} J$

و $m({}^1_1p) = 1,007276 u$

و $m({}^1_0n) = 1,008665 u$

تمرين 5 :

نعتبر نويدات البولونيوم ${}^{206}_{82}\text{Po}$ الإشعاعية النشاط α

والتي تتحول تلقائيا إلى نويدات الرصاص ${}^{206}_{82}\text{Pb}$.

1- اكتب معادلة هذا التفاعل النووي.

2- احسب طاقة الربط E_l لنويدات البولونيوم والرصاص

ثم لنواة الهيليوم المنبعثة.

3- احسب طاقة الربط بالنسبة لكل نوية من نويدات النوى

الثلاث السابقة.

4- استنتج الطاقة الناتجة عن هذا التفاعل.

نعطي : $1u = 931,494 \text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2}$

النوية أو الدقيقة	${}^{206}_{82}\text{Pb}$	${}^{206}_{82}\text{Po}$	الكتلة (بـ u)
	205,9935	209,98286	
	1_1p	1_0n	${}^{235}_{92}\text{He}$
	1,007276	1,008665	4,0015

تمرين 6 :

طاقة الربط بالنسبة لنوية لنواة الأوكسجين ${}^{16}_8\text{O}$ هي :

$\xi({}^{16}_8\text{O}) = 7,981 \text{ MeV/nucleon}$.

1- احسب طاقة الربط لنواة الأوكسجين ${}^{16}_8\text{O}$.

2- استنتج كتلة نواة الأوكسجين بوحدة الكتلة الذرية (u).

نعطي : $1u = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2}$

تمرين 7 :

ينتج عن تفتت نواة الراديوم ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ نواة الرادون

${}^{222}_{86}\text{Rn}$ وانبعث دقيقة.

يصاحب هذا التفتت كذلك انبعث إشعاع γ بطاقة قيمتها

$E_\gamma = 0,190 \text{ MeV}$.

1- اكتب معادلة التفتت وحدد اسم ورمز الدقيقة المنبعثة.

2- حدد النقص الكتلي الناتج خلال هذا التفاعل.

3- حسب بالوحدة MeV الطاقة المحررة خلال هذا التفاعل.

4- اذكر الأشكال التي تظهر عليها الطاقة المحررة خلال هذا التفاعل.

5- احسب الطاقة الحركية الكلية.

نعطي : $1u = 931,48 \text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2}$

الكتلة بـ (u)

الدقيقة المنبعثة	${}^{222}_{86}\text{Rn}$	${}^{226}_{88}\text{Ra}$
4,0015	221,9703	225,9771

تمرين 8 :

تقدر الطاقة الناتجة عن التفاعلات النووية التي تحدث

بالشمس وفي يوم واحد بـ $E = 3 \cdot 10^{31} J$.

ينتج عن كل تفاعل للهيليوم ${}^4_2\text{He}$ ويصاحبه تحرير

طاقة قيمتها هي : $E' = 25,7 \text{ MeV}$.

1- احسب النقص الكتلي للشمس خلال يوم واحد ، ثم خلال سنة.

2- احسب المدة المحتملة لحياة الشمس علما أن كتلتها هي

: $M_S = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$.

3- احسب كتلة الهيليوم الناتج بالشمس خلال يوم واحد.

4- احسب بالوحدة MeV طاقة الربط لنواة الهيليوم

واستنتج النقص الكتلي لهذه النواة.

نعطي : $1eV = 1,6 \cdot 10^{-19} J$

و $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

و $M(\text{He}) = 4 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

و $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

الكتلة بـ ($\text{MeV} \cdot \text{c}^{-2}$)

${}^4_2\text{He}$	1_0n	1_1p
3728,5	939,6	938,3

التناقص الإشعاعي

Décroissance radioactive

تمرين 9 :

ينتج عن تفتت نواة الأورانيوم $^{238}_{92}\text{U}$ نواة الثوريوم $^{234}_{90}\text{Th}$ مع انبعاث دقيقة.

1- اكتب معادلة التفتت محددًا نوع النشاط الإشعاعي.
2- حدد بالوحدة MeV ضياع الطاقة الكتلية خلال هذا التفاعل.

3- استنتج الطاقة المحررة من طرف هذا التفاعل.
نعطي قيم طاقة الربط بالنسبة لنوية :

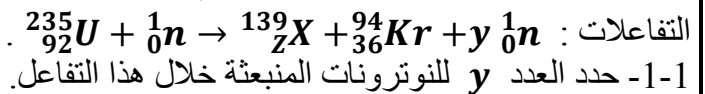
$$\xi(^{238}_{92}\text{U}) = 7,570 \text{ MeV/nucleon}$$

$$\xi(^{234}_{90}\text{Th}) = 7,596 \text{ MeV/nucleon} \quad \text{و}$$

$$\xi(\text{الدقيقة}) = 7,073 \text{ MeV/nucleon} \quad \text{و}$$

تمرين 10 :

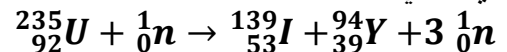
1- يمكن أن تحدث خلال تفاعل انشطار الأورانيوم ^{235}U عدة تفاعلات، تمثل المعادلة التالية معادلة إحدى هذه



1-1- حدد العدد y للنيوترونات المنبعثة خلال هذا التفاعل.
2-1- حدد العدد الذري Z للعنصر X .

3-1- اعط اسم ورمز العنصر X .

2- عند قذف نواة الأورانيوم ^{235}U بـ نيوترون، يحدث التفاعل النووي التالي :



1-2- اعط تعبير النقص الكتلي الموافق لهذا التفاعل واحسب قيمته بالوحدة (u) .

2-2- احسب الطاقة المحررة E من جراء هذا التفاعل.

3-2- احسب بالجول طاقة المحررة E' عند انشطار $1,00\text{g}$ من الأورانيوم ^{235}U .

$$1u = 931,48 \text{ MeV} \cdot c^{-2} \quad \text{نعطي :}$$

$$1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad \text{و}$$

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \quad \text{و}$$

النوية أو الدقيقة	$^{235}_{92}\text{U}$	$^{139}_{53}\text{I}$
الكتلة بـ (u)	234,99342	138,89700
النوية أو الدقيقة	^1_0n	$^{94}_{39}\text{Y}$
الكتلة بـ (u)	1,00866	93,89018

تمرين 11 :

يتم قذف نوى الليثيوم ^7_3Li في حالة سكون ببروتونات طاقتها الحركية $E_c(p) = 0,60 \text{ MeV}$ ، فنحصل على دقيقتين α لهما نفس الطاقة الحركية.

1- اكتب معادلة هذا التفاعل النووي.

2- احسب الطاقة الكتلية ΔE المحررة خلال هذا التفاعل.

3- بتطبيق قانون انحفاظ الطاقة، احسب الطاقة الحركية لكل دقيقة α .

$$1u = 931,5 \text{ MeV} \cdot c^{-2} \quad \text{نعطي :}$$

$$\text{الكتلة بـ } (u)$$

^7_3Li	α	^1_1p
7,01435	4,00150	1,00728

تمرين 12 :

يحتوي الهواء على الرادون ^{222}Rn ، وهو غاز ذو نشاط إشعاعي طبيعي مصدره بعض الصخور التي تحتوي على الأورانيوم والراديوم. يتكون الرادون نتيجة تفتت الراديوم طبقاً لمعادلة التفاعل النووي التالي :



1- حدد، معللاً جوابك، طبيعة النشاط الإشعاعي الموافق لهذا التفاعل.

2- اعط تعبير النقص الكتلي Δm للنواة ^4_2X ذات الكتلة m_X .

3- احسب بوحدة الكتلة الذرية (u) النقص الكتلي للراديوم Ra .

4- عرف طاقة الربط E_l لنوية.

5- علماً أن النقص الكتلي لنواة الرادون Rn هو :

$$\Delta m(\text{Rn}) = 3,04 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

احسب بـ (J) طاقة الربط $E_l(\text{Rn})$ لنواة الرادون.

6- تحقق أن : $E_l(\text{Rn}) = 1,71 \cdot 10^3 \text{ MeV}$

7- احسب طاقة الربط بالنسبة لنوية لنواة الرادون بالوحدة (MeV) .

8- عبر عن تغير الطاقة ΔE للتفاعل (1) بدلالة

m_{Ra} و m_{Rn} و m_{He} ، ثم احسب ΔE بـ (J) .

$$1u = 931,5 \text{ MeV} \cdot c^{-2} \quad \text{نعطي :}$$

$$1u = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \quad \text{و}$$

$$1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad \text{و} \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

النوية أو الدقيقة	$^{226}_{88}\text{Ra}$	$^{222}_{86}\text{Rn}$
الكتلة بـ (u)	225,970	221,970
النوية أو الدقيقة	^1_0n	^1_1p
الكتلة بـ (u)	1,009	1,007