بسم الله الرحمن الرحيم

الثانية باكالوريا
الفيزياء-جميع الشعب
الصفحة : $\frac{1}{3}$

النوى - الكتلة والطاقة

Noyaux – masse & énergie

الجزء الثاني : التحولات النووية
الوحدة 2

ذ . هشام محجر

* تمتلك كل مجموعة كتلتها ، في حالة سكون ، طاقة E تسمى طاقة الكتلة . تعبيرها هو : $E = m.c^2$
وحدتها هي الجول J حيث c : سرعة الضوء في الفراغ $c = 299792458\ m.s^{-1} \approx 3.10^8 m.s^{-1}$.
* 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 : $\Delta E = \Delta m.c^2$.
* طاقة الربط E_l لنواة هي الطاقة التي يجب إعطائها للنواة ، في حالة سكون ، لفصل نوياتها وتبقى في حالة سكون
$E_l = \Delta m.c^2 = [Zm_p + (A-Z)m_n - m({}^A_Z X)].c^2$ مع Δm النقص الكتلي .
*وحدات أخرى : $1eV = 1,602177.10^{-19} J$ و $1u = 1,66054.10^{-27} kg = 931,5\ \frac{MeV}{c^2}$.
* 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 $MeV/nucléon$. كلما كانت طاقة الربط بالنسبة لنوية كبيرة ، كلما كانت النواة أكثر استقرارا .
* الانشطار النووي تفاعل نووي تنقسم خلاله نواة ثقيلة شطورة (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 : $\Delta E = [E_l(X_1) + E_l(X_2) - E_l(X_3) - E_l(X_4)]$.
$\Delta E = \Delta m.c^2 = [m(\text{النواتج}) - m(\text{المتفاعلات})].c^2$.
* $\Delta E < 0$ 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 $MeV.c^{-2}$.
حيث $1u = 1,66054.10^{-27} kg$
و $1u = 931,494\ MeV.c^{-2}$.
إملاء الجدول التالي :

الوحدة العالمية (kg)	الوحدة الذرية (u)	الوحدة $(MeV.c^{-2})$
3.10^{-26}		
	4,0015	
		938,28

تمرين 2 :

نعتبر النويدات التالية : ${}^{12}_{6}C - {}^{17}_{8}O - {}^{35}_{17}Cl - {}^{235}_{92}U$
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 : $1u = 1,66054.10^{-27} kg$
و $1u = 931,5\ MeV.c^{-2}$
و $1eV = 1,602.10^{-19} J$

النواة أو الدقيقة	${}^{12}_{6}C$	${}^{17}_{8}O$
الكتلة بـ (u)	12,0006	16,993857
${}^{35}_{17}Cl$	${}^{235}_{92}U$	${}^{1}_{1}p$
35,268577	234,9935	1,007276

تمرين 3 :

كتلة نواة الليثيوم $m({}^{7}_{3}Li) = 7,0160u$.
1- احسب النقص الكتلي لنواة الليثيوم عند تكونها.
نعطي : $m({}^{1}_{0}n) = 1,008665\ u$
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 $^{56}_{26}Fe$ حيث طاقة الربط المتوسطة لنويا تها هي : $\xi = 8,79 MeV/nucléon$.

1- احسب طاقة الربط E_l لهذه النواة (بـ MeV) ثم استنتج النقص الكتلي لهذه النواة (بـ $MeV.c^{-2}$).

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

3- إملإ الجدول التالي :

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

الطاقة $E_l(^{56}_{26}Fe)$		
J	eV	MeV

نعطي : $1u = 1,66054.10^{-27} kg$

و $1u = 931,5\ MeV.c^{-2}$

و $1eV = 1,602.10^{-19} J$

و $m(^1_1p) = 1,007276\ u$

و $m(^1_0n) = 1,008665\ u$

تمرين 5 :

نعتبر نويدات البولونيوم $^A_Z Po$ الإشعاعية النشاط α والتي تتحول تلقائيا إلى نويدات الرصاص $^{206}_{82}Pb$.

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 نويات النوى الثلاث السابقة.

4- استنتج الطاقة الناتجة عن هذا التفاعل.

نعطي : $1u = 931,494\ MeV.c^{-2}$

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

تمرين 6 :

طاقة الربط بالنسبة لنوية لنواة الأوكسجين $^{16}_8O$ هي : $\xi(^{16}_8O) = 7,981 MeV/nucléon$.

1- احسب طاقة الربط لنواة الأوكسجين $^{16}_8O$.

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

نعطي : $1u = 931,5\ MeV.c^{-2}$

تمرين 7 :

ينتج عن تفتت نواة الراديوم $^{226}_{88}Ra$ نواة الرادون $^{222}_{86}Rn$ وانبعاث دقيقة.

يصاحب هذا التفتت كذلك انبعاث إشعاع γ بطاقة قيمتها $E_\gamma = 0,190 MeV$.

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

الكتلة بـ (u)

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

تمرين 8 :

تقدر الطاقة الناتجة عن التفاعلات النووية التي تحدث بالشمس وفي يوم واحد بـ $E = 3.10^{31} J$.

ينتج عن كل تفاعل للهيليوم ^4_2He ويصاحبه تحرير طاقة قيمتها هي : $E' = 25,7 MeV$.

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

2- احسب المدة المحتملة لحياة الشمس علما أن كتلتها هي : $M_S = 2.10^{30} kg$.

3- احسب كتلة الهيليوم الناتج بالشمس خلال يوم واحد.

4- احسب بالوحدة MeV طاقة الربط لنواة الهيليوم واستنتج النقص الكتلي لهذه النواة.

نعطي : $1eV = 1,6.10^{-19} J$

و $\mathcal{N}_A = 6,02.10^{23} mol^{-1}$

و $M(He) = 4 g.mol^{-1}$

و $c = 3.10^8\ m.s^{-1}$

الكتلة بـ $(MeV.c^{-2})$

^4_2He	^1_0n	^1_1p
3728,5	939,6	938,3

التناقص الإشعاعي
Décroissance radioactive

تمرين 9 :

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

1- اكتب معادلة التفتت محددا 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 :

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

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

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

تمرين 10 :

1- يمكن أن تحدث خلال تفاعل انشطار الأورانيوم 235 عدة تفاعلات، تمثل المعادلة التالية معادلة إحدى هذه التفاعلات : $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{139}_{Z}X + ^{94}_{36}Kr + y\,^{1}_{0}n$.

1-1- حدد العدد y للنوترونات المنبعثة خلال هذا التفاعل.

1-2- حدد العدد الذري Z للعنصر X .

1-3- اعط اسم ورمز العنصر X .

2- عند قذف نواة الأورانيوم 235 بنوترون، يحدث التفاعل النووي التالي :

$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{139}_{53}I + ^{94}_{39}Y + 3\,^{1}_{0}n$.

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

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

2-3- احسب بالجول لطاقة المحررة E' عند انشطار $1,00g$ من الأورانيوم 235 .

نعطي : $1u = 931,48\ MeV.c^{-2}$

و $1eV = 1,6.10^{-19}\ J$

و $\mathcal{N}_A = 6,02.10^{23} mol^{-1}$

النواة أو الدقيقة	$^{235}_{92}U$	$^{139}_{53}I$
الكتلة بـ (u)	234,99342	138,89700
النواة أو الدقيقة	$^{1}_{0}n$	$^{94}_{39}Y$
الكتلة بـ (u)	1,00866	93,89018

تمرين 11 :

يتم قذف نوى الليثيوم $^{7}_{3}Li$ في حالة سكون ببروتونات طاقتها الحركية $E_C(p) = 0,60MeV$ ، 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 .

نعطي : $1u = 931,5\ MeV.c^{-2}$

الكتلة بـ (u)

$^{1}_{1}p$	α	$^{7}_{3}Li$
1,00728	4,00150	7,01435

تمرين 12 :

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

(1) $^{226}_{88}Ra \rightarrow ^{222}_{86}Rn + ^{4}_{2}He$.

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

2- اعط تعبير النقص الكتلي Δm للنواة $^{A}_{Z}X$ ذات الكتلة m_X .

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

4- عرف طاقة الربط E_l لنويدة.

5- علما أن النقص الكتلي لنواة الرادون Rn هو : $\Delta m(Rn) = 3,04.10^{-27} kg$.

احسب بـ (J) طاقة الربط $E_l(Rn)$ لنواة الرادون.

6- تحقق أن : $E_l(Rn) = 1,71.10^{3} MeV$.

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) .

نعطي : $1u = 931,5\ MeV.c^{-2}$

و $1u = 1,66054.10^{-27} kg$

و $c = 3.10^{8}\ m.s^{-1}$ و $1eV = 1,6.10^{-19}\ J$

النواة أو الدقيقة	$^{226}_{88}Ra$	$^{222}_{86}Rn$
الكتلة بـ (u)	225,970	221,970
النواة أو الدقيقة	$^{1}_{0}n$	$^{1}_{1}p$
الكتلة بـ (u)	1,009	1,007
النواة أو الدقيقة	$^{235}_{92}He$	
الكتلة بـ (u)	4,001	