

# النوى - الكتلة والطاقة

## Noyaux - masse & énergie

الجزء الثاني : التحولات

النوية  
الوحدة 2

ذ. هشام محجر

- \* تمتلك كل مجموعة كتلتها ، في حالة سكون ، طاقة  $E$  تسمى طاقة الكتلة . تعبيرها هو :  $E = m \cdot c^2$  وحدتها هي الجول  $J$  حيث  $c = 299792458 \text{ m.s}^{-1} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  : سرعة الضوء في الفراغ .
- \* نسمي النقص الكتلي  $\Delta m$  لنواة رمزها  ${}^A_ZX$  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  $\Delta m$  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  $E_l = \Delta m \cdot c^2 = [Zm_p + (A - Z)m_n - m({}^A_ZX)] \cdot c^2$  مع  $\Delta m$  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  $\xi$  طاقة الربط بالنسبة لنوية بالعلاقة :  $\xi = \frac{E_l}{A}$  حيث  $E_l$  طاقة الربط للنواة و  $A$  عدد النويات وحدة  $\xi$  هي  $\text{MeV/nucleon}$  . كلما كانت طاقة الربط بالنسبة لنوية كبيرة ، كلما كانت النواة أكثر استقرارا .
- \* الانشطار النووي تفاعل نووي تنقسم خلاله نواة ثقيلة شظيرة ( قابلة للانشطار ) ، بعد التقافها لنوترون حراري إلى نواتين خفيفتين .
- \* الاندماج النووي تفاعل يتم فيه انضمام نواتين خفيفتين لتكوين نواة أكثر ثقلًا .
- \* 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  $10^{-27} \text{ kg}$  ، 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  $1 \text{ u} = 931,494 \text{ MeV} \cdot c^{-2}$  . إملأ الجدول التالي :

| الوحدة العالمية<br>(kg) | الوحدة الذرية<br>(u) | الوحدة<br>( $\text{MeV} \cdot c^{-2}$ ) |
|-------------------------|----------------------|-----------------------------------------|
| $3 \cdot 10^{-26}$      |                      |                                         |
|                         | 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 ( $\text{kg}$ ) .

2- بماذا يمكن تفسير هذا النقص الكتلي؟

3- احسب تغير الطاقة الموافقة للنقص الكتلي بالنسبة لهذه النويدات بـ ( $\text{MeV}$ ) 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               |
|                   | ${}^{235}_{92}\text{U}$ | ${}^{35}_{17}\text{Cl}$ |
|                   | 234,9935                | 35,268577               |
|                   | ${}^1_1\text{p}$        |                         |
|                   | 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  $\text{MeV}$  ، 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  $\text{MeV}$  ) 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 $^{56}_{26}\text{Fe}$ |     |      |
|-----------------------------------------------|-----|------|
| $\text{MeV} \cdot \text{c}^{-2}$              | $u$ | $kg$ |
|                                               |     |      |

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

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  $^{210}_{84}\text{Po}$  الإشعاعية النشاط  $\alpha$

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 نويات النوى

الثلاث السابقة.

4- استنتج الطاقة الناتجة عن هذا التفاعل.

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

| النواة أو الدقيقة      | $^{210}_{84}\text{Po}$ | $^{206}_{82}\text{Pb}$ |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| الكتلة بـ ( $u$ )      | 209,98286              | 205,9935               |
| $^{235}_{92}\text{He}$ | $^1_0n$                | $^1_1p$                |
| 4,0015                 | 1,008665               | 1,007276               |

### 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  $\gamma$  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  $\text{MeV}$  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  $\text{MeV}$  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  $^{238}_{92}U$  نواة الثوريوم  $^{234}_{90}Th$  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 :

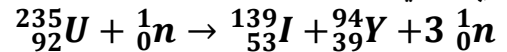
$$\xi(^{238}_{92}U) = 7,570MeV/nucleon$$

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

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

### تمرين 10 :

- 1- يمكن أن تحدث خلال تفاعل انشطار الأورانيوم  $^{235}_{92}U$  عدة تفاعلات، تمثل المعادلة التالية معادلة إحدى هذه التفاعلات :  $^{235}_{92}U + ^1_0n \rightarrow ^{139}_{53}I + ^{94}_{36}Kr + y^1_0n$
- 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  $^{235}_{92}U$  بنيوترون، 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 لطاقة المحررة  $E'$  عند انشطار  $1,00g$  من الأورانيوم  $^{235}_{92}U$ .

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

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

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

| النواة أو الدقيقة | $^{235}_{92}U$ | $^{139}_{53}I$ |
|-------------------|----------------|----------------|
| الكتلة بـ $(u)$   | 234,99342      | 138,89700      |
| النواة أو الدقيقة | $^1_0n$        | $^{94}_{36}Y$  |
| الكتلة بـ $(u)$   | 1,00866        | 93,89018       |

### تمرين 11 :

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

1- اكتب معادلة هذا التفاعل النووي.

2- احسب الطاقة الكتلية  $\Delta E$  المحررة خلال هذا التفاعل.

3- بتطبيق قانون انحفاظ الطاقة، احسب الطاقة الحركية لكل دقيقة  $\alpha$ .

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

$$\text{الكتلة بـ } (u)$$

| $^7_3Li$ | $\alpha$ | $^1_1p$ |
|----------|----------|---------|
| 7,01435  | 4,00150  | 1,00728 |

### تمرين 12 :

يحتوي الهواء على الرادون  $^{222}_{86}Rn$  ، 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- حدد، معلًا جوابك، طبيعة النشاط الإشعاعي الموافق لهذا التفاعل.

2- اعط تعبير النقص الكتلي  $\Delta m$  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- علما أن النقص الكتلي لنواة الرادون  $Rn$  هو :

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

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

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

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

8- عبر عن تغير الطاقة  $\Delta E$  للتفاعل (1) بدلالة

$m_{Ra}$  و  $m_{Rn}$  و  $m_{He}$  ، ثم احسب  $\Delta E$  بـ  $(J)$ .

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

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

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

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