



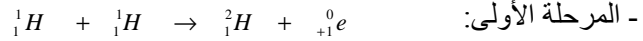
نواة الصوديوم ${}_{11}^{24}\text{Na}$ إشعاعية النشاط، نصف عمرها $t_{1/2} = 15 \text{ h}$ ، ينتج عن تفتتها نواة المغنيزيوم ${}_{12}^{24}\text{Mg}$ في حالة إثارة.	
1- أكتب معادلة هذا التحول النووي موضحا الميكانيزم الذي يشرح هذا النشاط الإشعاعي.	0.5
2- أحسب بالميجا إلكترون فولط (MeV) الطاقة الناتجة عن هذا التفتت.	1
3- عند رجوع النواة المتولدة المثارة إلى حالتها الأساسية تبعث أشعة كهرومغناطيسية شديدة النفاذية	
3-1 ما نوع هذا النشاط الإشعاعي؟	
3-2 أكتب معادلة تحوله النووي.	0.5
4- نحقن في دم شخص، في اللحظة $t_0 = 0 \text{ s}$ ، $10 \text{ cm}^3$ من محلول يحتوي في البداية على الصوديوم ${}_{11}^{24}\text{Na}$ ذي التركيز المولي $C_s = 10^{-3} \text{ mol/l}$ .	0.5
أ- ما هي كمية مادة الصوديوم ${}_{11}^{24}\text{Na}$ الموجودة في الدم؟	0.5
ب- أحسب ثابتة النشاط الإشعاعي $\lambda$ لهذه النوية.	0.5
ج- أحسب النشاط الإشعاعي للعينة المحقونة عند اللحظة $t_0 = 0 \text{ s}$ ؟ نعطي $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	0.5
د- أعط تعبير قانون التناقص الإشعاعي. و استنتج كمية مادة الصوديوم ${}_{11}^{24}\text{Na}$ المتبقية بعد مرور 6 ساعات.	1
هـ- خلال 6 ساعات، نأخذ $10 \text{ cm}^3$ من دم الشخص المعني. فنجد بأن الكمية المأخوذة تحتوي على $n = 1.5 \times 10^8 \text{ mo}$ من الصوديوم ${}_{11}^{24}\text{Na}$ .	1
بافتراض أن الصوديوم ${}_{11}^{24}\text{Na}$ موزع بانتظام و حصريا في كامل حجم الدم. أحسب حجم دم الشخص.	
<b>نعطي:</b> $m(\text{Na}) = 23.98493u$ ، $m(e) = 0.00055u$ ، $m(\text{Mg}) = 23.97846u$ ، $1u = 931.5 \text{ MeV} / C^2$	

### التمرين الثاني: الشمس مصدر الطاقة (7 نقط)

الشمس عبارة عن كرة من الغازات المحترقة. فهي مقر تفاعلات نووية. المصدر الرئيسي للطاقة الشمسية هو تفاعل اندماج بين نظائر الهيدروجين و الهيليوم، لا يحدث يوما بنفس الكيفية....  
 نعطي  $m({}_1^1\text{H}) = 1.00728u$  ،  $m({}_2^4\text{He}) = 4.0015u$  ،  $m({}_6^{12}\text{C}) = 12.00u$  ،  $1u = 931.5 \text{ MeV} / C^2$  ،  $m({}_+^0e) = 0.00055u$  ،  $N_A = 6.023 \times 10^{23}$

#### I- التفاعل الراهن: اندماج الهيدروجين

في مركز الشمس، الحرارة و الكثافة العاليتين جدا تسمحان بحدوث تفاعلات الاندماج النووي. تفاعل إندماج الهيدروجين  ${}^1_1\text{H}$  لتشكيل الهيليوم  ${}^4_2\text{He}$  يمر بعدة مراحل:



1- بين ان المعادلة الحصيلة لتكون نوى الهيليوم هي:  $4 {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + 2 {}^0_+e$

2- إجمالاً، كم هو عدد نوى الهيدروجين المندمجة اللازمة لتشكيل نواة الهيليوم؟

3- أحسب الطاقة الناتجة عن تكون نواة الهيليوم.

4- تقدر قدرة الإشعاع الناتجة عن الشمس ب  $P = 4 \times 10^{26} \text{ W}$ . أحسب عدد نوى الهيليوم المتولدة في الثانية الواحدة.

5- كتلة الشمس تقدر ب:  $m = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$ ، نفترض أنها مكونة فقط من الهيدروجين. كم من الزمن، نظريا، تستمر الشمس في الوقود باندماج الهيدروجين؟

#### II- التفاعلات المستقبلية: اصطناع العناصر أثقل من الهيليوم

عندما تستنفد الشمس كل الهيدروجين المتواجد فيها، علميا يحدث لها انقباض (Contraction). الهيليوم المتشكل في الطور السابق، يخضع لضغط قوي، لكي يندمج بدوره حسب المعادلتين التاليتين:



1- أحسب الطاقة المحررة خلال التفاعل (5). قارن هذه الطاقة مع تلك 3.1. هل يمكنك أن تشرح باختصار لماذا تحمر الشمس خلال الطور الثاني من الاندماج؟

"إن العلم بلا إيمان ليمشي مشي الأعرج و أن الإيمان بلا علم ليتلمس تلمس الأعمى"

الكيمياء: تصنيع حمض الكبريتيك (7.5 نقط)

-I



المرحلة الرابعة: ذوبانية ثلاثي أكسيد الكبريت  $SO_3$  في الماء، لإنتاج حمض الكبريتيك.



-II

نعتبر محلولاً لحمض الكبريتيك، تركيزه  $C = 1.5 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$  و حجمه  $V = 100 \text{ ml}$ .

1- بالنسبة للتفاعل الكلي المرتبط بفقدان البروتون الأول.



ب- كميات المادة  $n(H_2SO_4) = n(HSO_4^{2-}) = n(H_3O^+) = C \times V = 1.5 \times 10^{-3} \times 0.1 = 1.5 \times 10^{-3}$

ج- جدول التقدم لهذا التفاعل

$H_2SO_4 + H_2O \rightarrow HSO_4^- + H_3O^+$			معادلة التفاعل		
كميات المادة بالمول			التقدم	الحالات	
$1.5 \times 10^{-3}$	بوفرة	0	0	0	ا حالة البدئية
$1.5 \times 10^{-3} - x$		$x$	$x$	$x$	الحالة الوسطية
$1.5 \times 10^{-3} - x_{\max}$		$x_{\max}$	$x_{\max}$	$x_{\max}$	الحالة القصوى

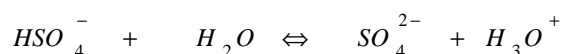
د- التقدم النهائي و التقدم الأقصى لهذا التفاعل. ونسبة التقدم النهائي.

$\tau = 1 = 100\%$   $x_{\max} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ mol}$   $x_f = n(H_2SO_4) = 1.5 \times 10^{-3} \text{ mol}$

هـ-  $\tau = 1 = 100\%$  أي أن 100% النسبة المئوية لجزيئات حمض الكبريتيك التي تفاعلت مع الماء.

2- بالنسبة للتفاعل المحدود ثابتة الحمضية  $K_A = 10^{-2}$ .

أ- معادلة التفاعل المحدود في الماء.



- المزوجة المميزة بالثابتة  $K_A$ .

$HSO_4^- / SO_4^{2-}$

ب- جدول التقدم لهذا التفاعل.

$HSO_4^- + H_2O \rightleftharpoons SO_4^{2-} + H_3O^+$			معادلة التفاعل		
كميات المادة بالمول			التقدم	الحالات	
$1.5 \times 10^{-3}$	بوفرة	0	0	0	الحالة البدئية
$1.5 \times 10^{-3} - x$		$x$	$x$	$x$	الحالة الوسطية
$1.5 \times 10^{-3} - x_{\text{éq}}$		$x_{\text{éq}}$	$x_{\text{éq}}$	$x_{\text{éq}}$	حالة التوازن

ج- التقدم النهائي (عند التوازن) و التقدم الأقصى لهذا التفاعل. و استنتاج نسبة التقدم النهائي.

أي أن  $K_A = \frac{(x_{\text{éq}})^2}{1.5 \times 10^{-3} - x_{\text{éq}}} = 10^{-2}$  أي  $x_{\text{éq}}^2 + 10^{-3} x_{\text{éq}} - 15 \times 10^{-7} x_{\text{éq}} = 0$  أي  $x_{\text{éq}} = 8.23 \times 10^{-4} \text{ mol}$

$x_{\max} = 15 \times 10^{-4} \text{ mol}$

$\tau = \frac{x_{\text{éq}}}{x_{\max}} = 0.5486 = 54.86\%$

د- تركيز الأنواع الكيميائية المتواجدة في المحلول.

$[HSO_4^-] = [SO_4^{2-}] = [H_3O^+] = \frac{8.23 \times 10^{-4}}{0.1} = 82.3 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$

هـ- pH المحلول.

$$pH = 2$$

### III - المعايير

#### 1- المعايير حمض - قاعدة

( )

#### 2- نقطة التكافؤ

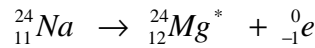
#### 3- منطقة الانعطف

هي المنطقة التي توافق التغيير المفاجئ للميزة الفيزيائية المتغيرة خلال المعايير ( ال  $pH$  أو لون المحلول أو موصلية المحلول).

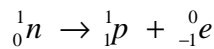
### الفيزياء: (15.5 نقطة)

#### التمرين الأول: الفيزياء النووية في خدمة الطب (7.5 نقط)

1- معادلة هذا التحول النووي



الميكانيزم الذي يشرح هذا النشاط الإشعاعي.



2- الطاقة الناتجة عن هذا التفتت ب  $MeV$ .

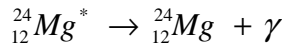
$$\Delta E = [m_e + m_{Mg} - m_{Na}] \times C^2$$

$$\Delta E = [0.00055 + 23.97846 - 23.98493] \times C^2 = -5.5 \text{ MeV}$$

3- عند رجوع النواة المتولدة المثارة إلى حالتها الأساسية تبعث أشعة كهرومغناطيسية شديدة النفاذية

3-1- نوع هذا النشاط الإشعاعي هو  $\gamma$ .

3-2- معادلة تحوله النووي.



4- نحقن في دم شخص، في لحظة  $t_0 = 0 \text{ s}$ ،  $10 \text{ cm}^3$  من محلول يحتوي في البداية على الصوديوم  ${}_{11}^{24}\text{Na}$  ذي التركيز المولي

$$C_s = 10^{-3} \text{ mol/l}$$

أ- كمية مادة الصوديوم  ${}_{11}^{24}\text{Na}$  الموجودة في الدم.

$$n_{Na} = CV = 10^{-3} \times 10 \times 10^{-3} = 10^{-5} \text{ mol} : \text{أ) كمية المادة « عدد المولات » لترات } {}_{11}^{24}\text{Na}$$

ب- ثابتة النشاط الإشعاعي  $\lambda$  لهذه النوية.

ب) النشاط الإشعاعي  $A$ ، المقدر بعدد الأنوية المتفككة كل ثانية من الزمن (أو البيكيرل : Bq)، يتناسب مع العدد  $N_{Na}$  لأنوية

الصوديوم المشع  ${}_{11}^{24}\text{Na}$  الحاضرة :  $A = \lambda N_{Na}$ .

في البداية : نواة  ${}_{11}^{24}\text{Na} = 6,02 \times 10^{23} = 6,02 \times 10^{23} \times 10^{-5} = 6,02 \times 10^{18}$

$$\text{ثابت الإشعاع } \lambda \text{ هو بحيث : } T = \frac{\ln 2}{\lambda} \text{ ، بالتالي : } \lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{15 \times 3600} = 1,28 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$

ج- النشاط الإشعاعي للعينه المحقونة؟ نعطي  $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

النشاط الإشعاعي الابتدائي للمنع المشع المتوزع في الدم هو :  $A = \lambda N_{Na} = 1,28 \times 10^{-5} \times 6,02 \times 10^{18} = 7,71 \times 10^{13} \text{ Bq}$

د- تعبير قانون التناقص الإشعاعي. و استنتج كمية مادة الصوديوم  ${}_{11}^{24}\text{Na}$  المتبقية بعد مرور 6 ساعات.

$$n = n_{Na} e^{-\lambda t} \text{ ومنه } N = N_0 e^{-\lambda t}$$

• لأجل :  $t = 6 \text{ h}$  نحصل على :  $n = 7,58 \times 10^{-6} \text{ mol}$  ( عدد مولات الصوديوم  ${}_{11}^{24}\text{Na}$  المتبقية خلال 6 h ) .

ه- خلال 6 ساعات، نأخذ  $10 \text{ cm}^3$  من دم الشخص المعني. فنجد بأن الكمية المأخوذة تحتوي على  $n = 1,5 \times 10^{-8} \text{ mol}$  من الصوديوم  ${}_{11}^{24}\text{Na}$ .

بافتراض أن الصوديوم  ${}_{11}^{24}\text{Na}$  موزع بانتظام و حصريا في كامل حجم الدم. أحسب حجم الشخص.

ليكن  $V_s$  حجم الدم مقدر بوحدة (L)، التركيز المولي  $C_s$  للأنوية المشعة في الدم عند اللحظة  $t = 6 \text{ h}$  هو :

$$C_s = \frac{n}{V_s} = \frac{7,58 \times 10^{-6}}{V_s} \text{ mol.L}^{-1} \dots (1)$$

هذا التركيز هو نفس التركيز في الكمية المأخوذة من الدم :  $C_s = \frac{1,5 \times 10^{-8}}{10 \times 10^{-3}} = 1,5 \times 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$

بالتعويض في العلاقة (1)، نستنتج حجم الدم :  $V_s = \frac{7,58 \times 10^{-6}}{1,5 \times 10^{-6}} \approx 5 \text{ L}$ .

#### التمرين الثاني: الفيزياء النووية بين فوائدها في إنتاج الطاقة و أثارها المضررة بالإنسان و البيئة (8 نقط)

مصدر الطاقة الشمسية

- **المعطيات :** - كتلة البوزيترون :  $0,00055 \text{ u}$  ؛
- كتلة النواة  $^1_1\text{H}$  :  $1,00728 \text{ u}$  ؛
- كتلة النواة  $^2_1\text{H}$  :  $2,0135 \text{ u}$  ؛
- كتلة النواة  $^3_2\text{He}$  :  $3,0184 \text{ u}$  ؛
- كتلة النواة  $^4_2\text{He}$  :  $4,00151 \text{ u}$  ؛
- كتلة النواة  $^{12}_6\text{C}$  :  $12,00000 \text{ u}$  ؛
- $1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$
- سرعة الضوء في الفراغ :  $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

### I- التفاعل الراهن: اندماج الهيدروجين

- 1- المعادلة الحصيلة لتكون نوى الهيليوم هي :  $4 \text{ }^1_1\text{H} \rightarrow \text{}^4_2\text{He} + 2 \text{ }^0_+1\text{e}$
- 2- إجمالاً، عدد نوى الهيدروجين المندمجة اللازمة لتشكيل نواة الهيليوم هو 4.
- 3- أحسب الطاقة الناتجة عن تكون نواة الهيليوم.

3. لحساب الطاقة الكلية المتحررة عن تشكل نواة الهيليوم 4 ، نقوم بإجراء الحصيلة الطاقوية لتفاعل الإندماج الحاصل .  
في البداية نقيم التغير الحادث في الكتلة  $\Delta m$  للجملة المتفاعلة (بناءً على مبدأ التكافؤ بين الطاقة و الكتلة) :

$$\Delta m = 2m(^0_+1\text{e}) + m(^4_2\text{He}) - 4m(^1_1\text{H})$$

ت.ع لدينا :  $m(^0_+1\text{e}) = 0,00055 \text{ u}$  ؛  $m(^4_2\text{He}) = 4,00151 \text{ u}$  ؛  $m(^1_1\text{H}) = 1,00728 \text{ u}$  ، بعد الحساب نجد :

$$\Delta m = -0,02651 \text{ u}$$

هذا الضياع (النقص) في الكتلة :  $(\Delta m < 0)$  هو الذي يتحرر بناءً على مبدأ التكافؤ بين الطاقة و الكتلة لإينشتاين وفق العلاقة

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

ت.ع عددياً :  $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ؛  $u = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$  ؛  $\Delta m = -0,02651 \text{ u}$  ، نحصل على :

$$\Delta E = -3,96 \times 10^{-12} \text{ J}$$

القيمة المحصل عليها سالبة ، مما يعني أن الطاقة المحسوبة سلباً تحررها (تخسرها) الجملة .

في النهاية ، الطاقة المتحررة عن تشكل نواة الهيليوم  $E_{\text{libérée}}$  هي :  $E_{\text{libérée}} = |\Delta E| = 3,96 \times 10^{-12} \text{ J} > 0$

- 4- تقدر قدرة الإشعاع الناتجة عن الشمس بـ  $P = 4 \times 10^{26} \text{ W}$  .  
عدد نوى الهيليوم المتولدة في الثانية الواحدة.

4. بما أن الإسطاعة الإشعاعية المقاسة للشمس :  $P = 4,0 \times 10^{26} \text{ W}$  ، يمكننا إيجاد الطاقة الناتجة  $E_p$  في مجال زمني

$$E_p = P \cdot \Delta t = 4,0 \times 10^{26} \text{ J} \quad \Delta t = 1 \text{ s}$$

هذه الطاقة الناتجة كل ثانية من الزمن هي بسبب تفاعل الإندماج للهيدروجين الذي يحرر طاقة  $E_{\text{libérée}}$  في كل مرة تتولد فيها نواة

هليوم 4 . يمكننا عندئذٍ إستنتاج عدد الأنوية  $N(^4_2\text{He})$  للهيليوم المتشكلة كل ثانية :  $N(^4_2\text{He}) = \frac{E_p}{E_{\text{libérée}}}$  .  
ت.ع لدينا :  $E_p = 4,0 \times 10^{26} \text{ J}$  ؛  $E_{\text{libérée}} = 3,96 \times 10^{-12} \text{ J}$  ، بالتالي :

$$N(^4_2\text{He}) = 1,0 \times 10^{38} \text{ (نواة/s)}$$

- 5- كتلة الشمس تقدر بـ :  $m = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$  ، نفترض أنها مكونة فقط من الهيدروجين. كم من الزمن، نظرياً، تستمر الشمس في الوقود باندماج الهيدروجين؟

5. وجدنا بأن :  $(1,0 \times 10^{38})$  نواة هليوم 4 تنتج من تفاعل الإندماج الحادث في الشمس كل ثانية ، و حسب إجابة (السؤال 2).

يستدعي هذا العدد من الأنوية المتشكلة إستهلاك عدد مضاعف أربعة مرات من أنوية الهيدروجين المندمجة ، أي أن :

$$N(^1_1\text{H}) = 4 N(^4_2\text{He}) = 4,0 \times 10^{38} \text{ (نواة/s)}$$

يجدر بنا الآن ، تحديد كم هو عدد الأنوية  $N_0$  من الهيدروجين المتواجدة في الشمس :  $m_{\text{Soleil}} = N_0 \cdot m(^1_1\text{H})$

$$N_0 = \frac{m_{\text{Soleil}}}{m(^1_1\text{H})}$$

$$\text{ت.ع لدينا : } m_{\text{Soleil}} = 2 \times 10^{30} \text{ kg} \quad ; \quad m(^1_1\text{H}) = 1,00728 \text{ u} \quad ; \quad u = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\Leftarrow N_0 = 1,2 \times 10^{57} \text{ (نواة هيدروجين)}$$

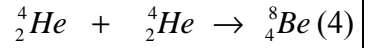
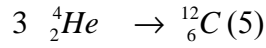
علماً أن :  $(4,0 \times 10^{38})$  نواة هيدروجين تختفي كل ثانية ، يمكننا إستنتاج الزمن  $\tau$  "مدة وقود الشمس" نظرياً بتفاعل إندماج

الهيدروجين ، و هذا باعتبار الإسطاعة الإشعاعية للشمس ثابتة عملياً :

$$\tau = \frac{N_0}{N(^1_1\text{H})} = \frac{N_0}{4 \cdot N(^4_2\text{He})} \quad \Leftarrow \quad \tau = 3,0 \times 10^{18} \text{ s} = 9,5 \times 10^{10} \text{ ans}$$

### II- التفاعلات المستقبلية: اصطناع العناصر أثقل من الهيليوم

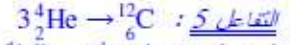
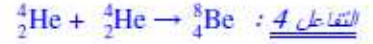
عندما تستنفد الشمس كل الهيدروجين المتواجد فيها، علمياً يحدث لها انقباض (Contraction) . الهيليوم المتشكل في الطور السابق، يخضع لضغط قوي، لكي يندمج بدوره حسب المعادلتين التاليتين:



1- أحسب الطاقة المحررة خلال التفاعل (5). قارن هذه الطاقة مع تلك 3.1 . هل يمكنك أن تشرح باختصار لماذا تحمر الشمس خلال الطور الثاني من الاندماج؟

## II. التفاعلات المستقبليّة : اصطناع العناصر الثقيلة

1. كل من تفاعلي الاندماج يحقق الإنحفاظ لعدد النكليونات (A) و للشحنة الكهربائية (Z) ، بالتالي :



2. لتقييم الضياع الحادث في الكتلة  $\Delta m'$  أثناء حدوث التفاعل 5 :  $\Delta m' = m({}^{12}_6\text{C}) - 3m({}^4_2\text{He})$

ت.ع لدينا :  $m({}^{12}_6\text{C}) = 12,000\ 00\ \text{u}$  ؛  $m({}^4_2\text{He}) = 4,001\ 51\ \text{u}$  ؛  $u = 1,66 \times 10^{-27}\ \text{kg}$  ، بالتالي :

$$\Delta m' = -7,519\ 8 \times 10^{-30}\ \text{kg}$$

$$E_{\text{libérée}} = |\Delta E| = |\Delta m'| \cdot c^2$$

:  $E_{\text{libérée}}$  : هذه التناقص في الكتلة تتحرر عنه طاقة

ت.ع لدينا :  $\Delta m' = -7,519\ 8 \times 10^{-30}\ \text{kg}$  ؛  $c = 3 \times 10^8\ \text{m.s}^{-1}$  ؛  $E_{\text{libérée}} = 6,78 \times 10^{-13}\ \text{J}$

$$\frac{E_{\text{libérée}}}{E_{\text{libérée}}} = \frac{6,78 \times 10^{-13}}{3,96 \times 10^{-12}} = 0,171$$

: (3.I) بمقارنة هذه الطاقة مع تلك المحسوبة في السؤال

خلال الطور الثاني من تفاعلات الاندماج الحادثة في الشمس ، هذه الأخيرة تتحرر عنها طاقة أقل من تلك المحررة خلال الطور الأول من تفاعلات اندماج الهيدروجين ، لهذا السبب ، فإن حرارة سطح الشمس تتناقص مما يسبب إزدياح إضاءة قرص الشمس ناحية المنطقة الحمراء من الطيف الإشعاعي .