

المنهاج الجديد

البنية النووية :-



تتكون النواة من نوعين من الجسيمات هما:-

(1) البروتونات وهي جسيمات موجبة الشحنة , خصائصها مماثلة لنواة ذرة الهيدروجين, يرمز لها بالرمز (Z).

(2) النيوترونات : وهي جسيمات متعادلة الشحنة (ليست مشحونة) وكتلتها مساوية لكتلة البروتون تقريبا, يرمز لها (N)

ويطلق على البروتونات والنيوترونات معا اسم (النيوكلونات) , ويرمز لعدد النيوكلونات في النواة بالرمز (A) ويسمى العدد الكتلي حيث $A = N + Z$.

ولذلك يكتب رمز أي عنصر بالرمز : ZX = العدد الذري = عدد البروتونات

ولايجاد عدد النيوترونات في النواة فان : $N = A - Z$ = عدد النيوترونات

(2) العدد الذري

مثال: حدد للعنصر $^{23}_{11}\text{Na}$ ما يلي : (1) العدد الكتلي

(4) عدد النيوترونات

(3) عدد البروتونات

(5) عدد النيوكلونات.

النظائر: هي ذرات للعنصر نفسه بحيث تتساوى في عددها الذري وتختلف في عددها الكتلي وتتشابه في خصائصها الكيميائية (أي أنها تختلف في عدد نيوتروناتها).

الهيدروجين ^1_1H يسمى الديتيريوم، والهيدروجين ^3_1H يسمى التريتيوم.

أمثلة: (1) نظائر الهيدروجين :



وتختلف هذه النظائر في نسبة وجودها في الطبيعة حيث وجد ان نظير الهيدروجين ^1_1H أكثر وجودا في الطبيعة من نظائره الأخرى كما ان نظير الكربون $^{12}_6\text{C}$ أكثر وجودا في الطبيعة من نظائره الأخرى.

(2) نظائر الكربون: $^{13}_6\text{C}$, $^{12}_6\text{C}$, $^{11}_6\text{C}$, $^{14}_6\text{C}$

ملاحظة: بعض النظائر يتم إنتاجها صناعيا.

* نظرا لصغر حجم كتل الجسيمات الذرية فانها تقاس بوحدة تسمى وحدة الكتلة الذرية , ويرمز لها بالرمز (و.ك.ذ.)

* وحدة الكتل الذرية : وتعرف بانها $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة نظير الكربون $^{12}_6\text{C}$.

إن (1) و . ك . ذ = 1.66×10^{-27} كغم .

كتل الجسيمات الذرية.

الجسيم	الرمز	الكتلة (كغ)	الكتلة (و.ك.ذ.)
البروتون	ك ₊	1.6726×10^{-27}	1,0073
النيوترون	ك ₀	1.6749×10^{-27}	1,0087
الإلكترون	ك ₋	9.1094×10^{-31}	0,00054858

والجدول التالي يبين الكتل السكونية لمكونات الذرة بوحدة القياس المختلفة:

بعض خصائص النواة:

* قام رذرفورد بقذف صفائح فلزية مختلفة بجسيمات الفا، وافترض أن نوى ذرات الفلز كروية الشكل وتوالت التجارب عقب رذرفورد والتي أظهرت أن معظم الذرات شكلها كروي.

* بما ان النواة شكلها كروي , يمكن حساب نصف قطر النواة من العلاقة: $\overline{AV}^3 = \text{نق} \times 4\pi r^3$

حيث : نق : ثابت = 1.2×10^{-15} م A : العدد الكتلي

س 1 احسب نصف قطر نواة الليثيوم ${}^7_3\text{Li}$.

الحل:

بما أن العدد الكتلي لنواة الليثيوم ($A = 7$) فإن:

$$\begin{aligned} \overline{AV}^3 &= \text{نق} \times 4\pi r^3 \\ 7^3 \times 10^{-15} \times 1,2 &= \\ 343 \times 10^{-15} \times 1,2 &= \end{aligned}$$

حجم النواة: وبما ان النواة كروية الشكل فان حجمها يعطى بالعلاقة التالية :

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 \quad \text{لكن: } \text{نق} = \frac{r}{A} \quad \text{لكن: } \text{نق} = \frac{r}{A} \quad \text{لكن: } \text{نق} = \frac{r}{A} \quad \text{لكن: } \text{نق} = \frac{r}{A}$$

مما يعني ان حجم النواة يتناسب طرديا مع عدد النيوكلونات فيها (A) , وبما ان كتلة النواة ايضا تتناسب طرديا مع (A) فانه يمكننا القول بان كثافة النواة ثابتة لجميع العناصر تقريبا.

{الاثبات } اثبت ان كثافة النواة ثابتة لجميع العناصر {

$$\text{كثافة النواة} = \frac{\text{كتلة النواة}}{\text{حجم النواة}} \quad \text{لكن كتلة النواة} = \text{العدد الكتلي} \times \text{كتلة البروتون الواحد} = A \times m_p$$

$$\begin{aligned} \text{وحيث النواة } V &= \frac{4}{3}\pi r^3 \quad \text{وبالتالي: } \text{كثافة النواة} = \frac{A \times m_p}{\frac{4}{3}\pi r^3} \\ &= \frac{\text{مقدار ثابت}}{\text{مقدار ثابت}} = \text{ثابت} \end{aligned}$$

- س 2 إذا كان العدد الكتلي لنواة عنصر ما (A) وكتلة البروتون (ك_p) وعلى اعتبار ان كتلة البروتون = كتلة النيوترون ,
جد الصيغة الرياضية لكل مما يلي:
(1) كتلة النواة التقريبية
(2) حجم النواة
(3) كثافة النواة

الحل:

(1) كتلة التقريبية للنواة = العدد الكتلي X كتلة البروتون الواحد = A X ك

(2) بما ان النواة كروية الشكل فان :

$$\begin{aligned} \text{ح} = \frac{4}{3} \pi r^3 \text{ نق} = \frac{4}{3} \pi r^3 \text{ نق} \cdot A & \quad \text{لكن} \quad \text{نق} = \text{نق} \cdot A^{\frac{1}{3}} \quad \text{ح} = \frac{4}{3} \pi r^3 \text{ نق} = \frac{4}{3} \pi r^3 \text{ نق} \cdot A^{\frac{1}{3}} \\ \text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} & \quad \text{كثافة النواة} = \frac{\text{كتلة النواة}}{\text{حجم النواة}} \quad \text{كثافة النواة} = \frac{\text{كثافة النواة}}{\text{حجم النواة}} \\ \text{كثافة النواة} = \frac{\text{كثافة النواة}}{\text{حجم النواة}} & \quad \text{كثافة النواة} = \frac{\text{كثافة النواة}}{\text{حجم النواة}} \end{aligned}$$

س 3 احسب كثافة كل من نواتي الهيليوم ${}^4_2\text{He}$ ، والحديد ${}^{56}_{26}\text{Fe}$.

الحل:

يمكن حساب كثافة المادة النووية من العلاقة:

$$\text{ث نواة} = \frac{\text{ك ب}}{\frac{4}{3} \pi r^3 \text{ نق}}$$

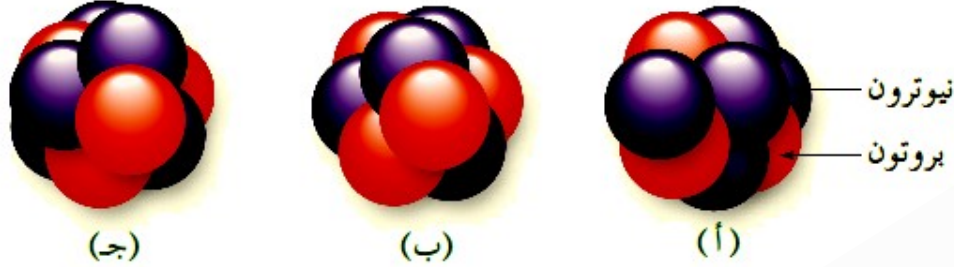
وبتعويض قيم الكميات في هذه العلاقة نجد أن:

$$\text{ث نواة} = \frac{27-10 \times 1,6726}{\frac{4}{3} (10-10 \times 1,2) \times 3,14 \times \frac{4}{3}}$$

$$\text{ث نواة} = 2,3 \times 10^{17} \text{ كغ/م}^3$$

ما يعني أن كثافة نواة الهيليوم تساوي كثافة نواة الحديد، وبوجه عام فإن كثافة نوى العناصر جميعها ثابتة تقريباً؛ لأن مكونات النواة هي نفسها للعناصر جميعها.
ولو تخيلنا أن حجم مادة نووية بحجم حبة حمص نصف قطرها ($\frac{1}{4}$ سم) لكانت كتلتها تقريباً (١٢٠ مليون طن).

س 4 يمثل الشكل ثلاث نوى مختلفة ممثلة بالرموز (أ، ب، ج). أي النوى تشكل نظائر للعنصر نفسه؟ فسر إجابتك.



س 5 (س، ص) نواتان، إذا علمت أن العدد الكتلي للنواة (س) يساوي ثلاثة أمثال العدد الكتلي للنواة (ص). فجد نسبة :

أ) كثافة النواة (س) إلى كثافة النواة (ص).

ب) قطر النواة (س) إلى قطر النواة (ص).

ج) حجم النواة (س) إلى حجم النواة (ص).

س 6 إذا كان العدد الكتلي للعنصر $(X) = (A)$ أمثال العدد الكتلي للعنصر (Y) فإن النسبة بين كثافة نواة العنصر (X) إلى كثافة نواة العنصر (Y) تساوي :

د) 8

ج) 1

ب) $\frac{1}{4}$

أ) $\frac{1}{8}$

س 7 تمتاز معظم نوى العناصر بأن :

أ) كتلتها ثابتة تقريباً. / كثافتها ثابتة تقريباً. ج) حجمها ثابت تقريباً. د) كثافتها متغيرة

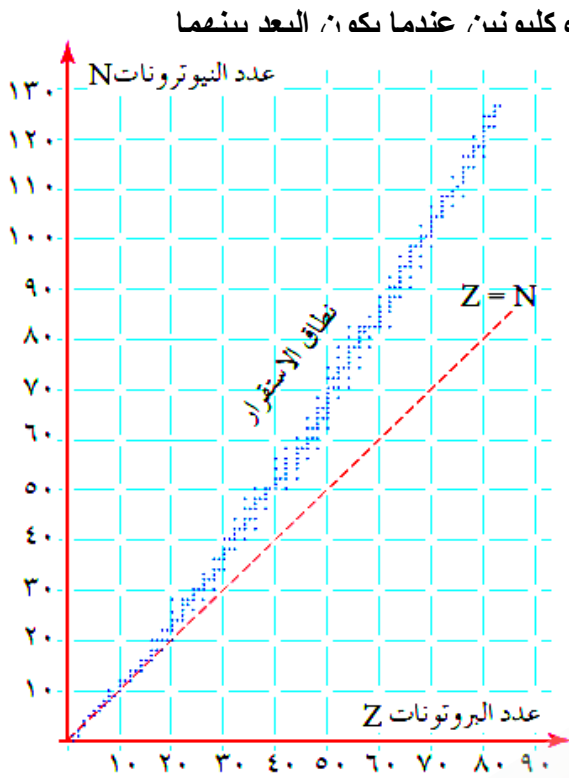
استقرار النواة

س 8 كيف تفسر ترابط مكونات النواة في حيز صغير جداً رغم أن شحنة البروتونات موجبة الشحنة، وحسب قانون كولوم فهذا يعني أنها يجب أن تتنافر؟ (كيف تحافظ النواة على تماسكها بالرغم من وجود قوة تنافر كهربائية بين بروتوناتها؟) ج: أن السبب في ذلك يعود لوجود قوى تمسك مكونات النواة وهي القوى النووية.

* يوجد نوعان من القوى داخل النواة، قوة كهربائية وقوة نووية.

* القوى النووية: هي قوة تجاذب تنشأ بين النيوكليونات المتجاورة بغض النظر عن شحنتها (أي لا تعتمد على ما هي النيوكليونات المتجاذبين سواء كان (بروتون - بروتون) أو (بروتون - نيوترون) أو (نيوترون - نيوترون)).

* مميزات قوة الربط النووي (خصائص القوى النووية)



هي قوة تجاذب مقدارها كبير و قصيرة المدى تكون اكبر ما يمكن بين نيه كله ندى، عندما نكه، العدد سننهما
(1.4×10^{-15} م) تقريبا وتصبح قوة التنافر الكهربائية بين بروتونين في نى
اربعة اضعاف هذا المقدار، لا تعتمد على نوعية النيوكليونين المتجاذبين.

* ملاحظة : النيوترونات لا تنشأ بينها الا قوة نووية فقط.
* للقوى النووية دور مهم في استقرار النواة، حيث تصنف النوى
الى قسمين:
(1) نوى مستقرة (ب) نوى مشعة (غير مستقرة)

* يمثل المنحنى المجاور العلاقة بين عدد البروتونات وعدد النيوترونات
للاوية المستقرة (منحنى الاستقرار).

* تشير النقاط الزرقاء الى النوى المستقرة وتظهر في نطاق ضيق يسمى
نطاق الاستقرار.

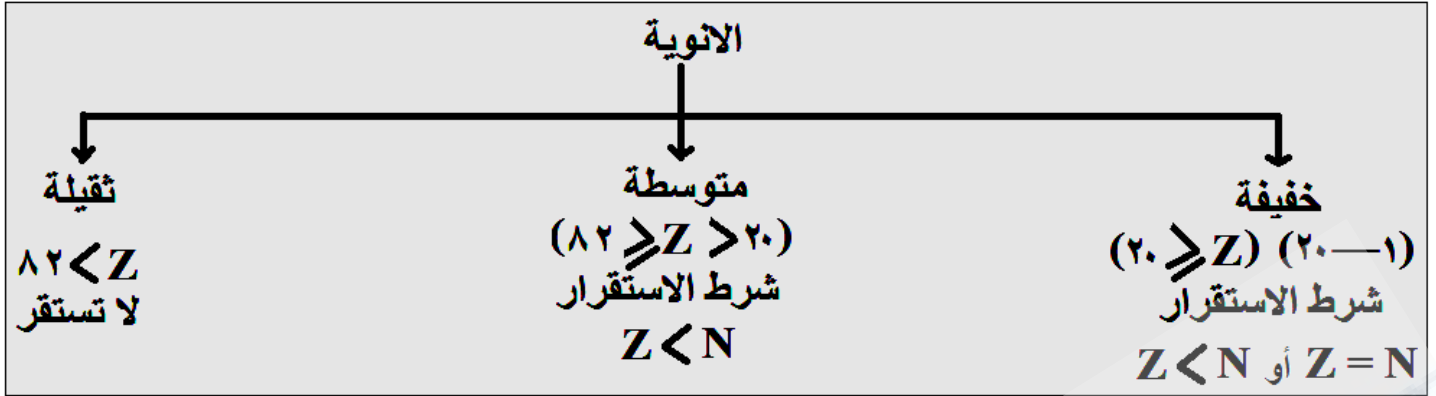
* يمثل عدد النيوترونات في النواة عاملا مهما في استقرارها وذلك لان
النيوترونات متعادلة كهربائيا فتتأثر بالقوة النووية فقط.

إذا تأملت المنحنى تجد أن النوى المستقرة الخفيفة ($Z \geq 20$) إما أن يكون عدد النيوترونات
فيها مساوياً عدد بروتوناتها مثل نواة النتروجين $^{14}_7\text{N}$ ، فتقع على الخط ($Z=N$)، أو يزيد عدد
النيوترونات على عدد البروتونات ($Z < N$) مثل نواة الصوديوم $^{23}_{11}\text{Na}$.

أما النوى المتوسطة المستقرة التي يقع عددها الذري ضمن المدى ($20 < Z < 83$) فنلاحظ أن أنويتها
تقع ضمن نطاق الاستقرار فوق الخط ($Z=N$). فوجود عدد كبير من البروتونات فيها، يزيد من
قوى التنافر الكهربائية بين بروتوناتها بشكل كبير، إلا أن عدد النيوترونات في هذه النوى يفوق
دائماً عدد البروتونات، لذلك تبقى قوى التجاذب النووية سائدة على قوى التنافر الكهربائية.
فمثلاً تعد نواة الزركونيوم $^{90}_{40}\text{Zr}$ من النوى المتوسطة المستقرة؛ إذ تحتوي على (40) بروتوناً
و(50) نيوترونًا، وتحتوي نواة الذهب $^{197}_{79}\text{Au}$ على (79) بروتونًا و(118) نيوترونًا، وهي من
النوى المتوسطة المستقرة أيضًا.

أما النوى التي عددها الذري يساوي 83 أو يزيد عليه ($Z \leq 83$) فإنها غير مستقرة؛ نظرًا
لكبر حجم النواة، وتباعد النيوكليونات بعضها عن بعض؛ فتعاضم قوى التنافر الكهربائية بين
بروتونات النواة، عندئذ لا تستطيع القوى النووية أن تغلب على قوى التنافر الكهربائية أو تجاريها
مهما بلغ عدد النيوترونات في النواة.

• ملخص



س 9 تمتاز القوة النووية بجملة من الخصائص، اذكرها.

1. قوة تجاذب كبيرة جدا في المقدار.
2. قوة قصيرة المدى لا تظهر الا في النواة.
3. لا تعتمد على ماهية (نوعية) او (شحنة) النيوكليونات المتجاذبين.

س 10 فسر تعد نواة الثوريوم $^{234}_{90}\text{Th}$ من النوى غير المستقرة.

ج: لأنه عندما يكون العدد الذري 83 أو يزيد عليه كما في نواة الثوريوم $^{234}_{90}\text{Th}$ (العدد الذري 90) فإن حجم النواة يصبح كبيراً، وتباعد النيوكليونات عن بعضها أكثر بسبب تعاضم قوى التنافر الكهربائية بين بروتونات النواة، ولا تستطيع القوى النووية عندئذ أن تتغلب على قوى التنافر الكهربائية أو تجاربها مهما بلغ عدد النيوترونات فيها.

س 11 فسر: نلاحظ انحراف نطاق الاستقرار نحو الأعلى مع زيادة العدد الذري في منحنى الاستقرار.

ج: لأن النوى المتوسطة والمستقرة التي يقع عددها الذري ضمن المدى $83 > Z > 20$ فإن عدد نيوتروناتها يفوق عدد البروتونات فيها ولذلك تبقى قوى الجذب النووية سائدة على قوى التنافر الكهربائية في هذه النوى مما يجعل ميل نطاق الاستقرار أكبر من 1 فينحرف النطاق نحو الأعلى.

س 12 في استقرار النواة البروتونات تتجاذب بفعل القوى النووية كما أنها :

- أ) تتنافر بفعل القوى المغناطيسية.
- ب) تتجاذب بفعل القوى المغناطيسية.
- ج) تتجاذب بفعل القوى الكهربائية.
- د) تتنافر بفعل القوى الكهربائية.

س 13 القوة التي تنشأ بين بروتون ونيوترون داخل النواة هي:

- أ) تجاذب نووي فقط
- ب) تجاذب كهربائي فقط
- ج) تجاذب نووي و تجاذب كهربائي
- د) تنافر نووي و تجاذب كهربائي

س 14 عدد النيوترونات في النوى المستقرة يكون:

- أ) أكبر من عدد البروتونات للنوى الخفيفة
ب) أقل من عدد البروتونات للنوى الخفيفة
ج) أكبر من عدد البروتونات للنوى الثقيلة
د) أقل من عدد البروتونات للنوى الثقيلة

طاقة الربط النووية

بين العالم أينشتين في نظرية النسبية الخاصة تكافؤ الكتلة مع الطاقة، فالكتلة يمكن أن تتحول إلى طاقة، والطاقة يمكن أن تتحول إلى كتلة، ويمكن أيضاً حساب الطاقة المكافئة لمقدار من الكتلة (ΔK) وفقاً للعلاقة الرياضية الآتية:

حيث (ط): الطاقة بوحدة الجول

(ΔK) : الكتلة بوحدة الكيلوغرام

(س): سرعة الضوء $= (3 \times 10^8)$ م/ث

$$ط = \Delta K \times س^2$$

وتسمى هذه العلاقة الرياضية معادلة أينشتين في تكافؤ (الطاقة - الكتلة)، وتبين هذه العلاقة

أنه يمكن الحصول على طاقة هائلة من مقدار صغير جداً من الكتلة؛ فالطاقة المكافئة لكتلة (١ و.ك.ذ.)

تساوي (٩٣١,٥) مليون إلكترون فولت، وعليه يمكن حساب الطاقة بوحدة المليون إلكترون فولت

المكافئة لكتلة (ΔK) مقيسة بوحدة الكتلة الذرية (و.ك.ذ.)، وفق العلاقة الرياضية الآتية:

$$ط = \Delta K \times ٩٣١,٥$$

س 15 احسب الطاقة المكافئة لكتلة البروتون بوحدة المليون إلكترون فولت.

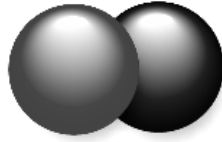
الحل: كتلة البروتون (١,٠٠٧٣) و.ك.ذ، نحسب الطاقة المكافئة لكتلة البروتون من العلاقة الآتية:

$$ط = \Delta K \times ٩٣١,٥ = ٩٣١,٥ \times ١,٠٠٧٣ = ٩٣٨,٣ \text{ مليون إلكترون فولت.}$$

* تمكن العلماء من تعيين كتل النوى وكتل مكوناتها بدقة كبيرة بعد اختراع جهاز مطياف الكتلة، ووجد فرق بين كتلة النواة ومجموع كتل مكوناتها. وفي ما يأتي توضيح لكيفية حساب الفرق في الكتلة بين نواة منفردة ومكوناتها.

* حساب الفرق في الكتلة بين نواة منفردة ومكوناتها

افترض أن لدينا بروتوناً واحداً ونيوترونًا واحدًا، وأردنا تكوين نواة ديتيريوم ${}^2_1\text{H}$ منهما، فإن كتلة مكونات نواة الديتيريوم تحسب من العلاقة الآتية: $Z \times K_p + N \times K_n = K_{\text{المكونات}}$
 $1 \times 1,0073 + 1 \times 1,0087 = 2,016$ و.ك.ذ.
 وتبين من الأبحاث العلمية أن كتلة نواة الديتيريوم (ك.ذ.) $= 2,0136$ و.ك.ذ.، لاحظ الشكل



نواة الديتيريوم
2,0136 و.ك.ذ.



بروتون
1,0073 و.ك.ذ.



نيوترون
1,0087 و.ك.ذ.

* تفسير هذا الفرق في الكتلة

النواة

لقد دلت الدراسات على أن كتلة النواة تكون دائماً أقل من مجموع كتل مكوناتها

وهذا الفرق في الكتلة (ΔK) يتحول إلى طاقة وفقاً لمعادلة أينشتاين في تكافؤ (الطاقة - الكتلة) وهذا المقدار من الطاقة يمثل مقدار الطاقة الخارجية التي يجب أن تزود بها النواة لفصل مكوناتها عن بعضها نهائياً وتسمى طاقة الربط النووية (ط). ويمكن حسابها من العلاقة الرياضية الآتية: $\Delta K \times 931,5 = \text{ط}$
 $\text{ط} = (K_{\text{المكونات}} - K_{\text{النواة}}) \times 931,5 \Rightarrow \text{ط} = \{Z \times K_p + N \times K_n - K_{\text{النواة}}\} \times 931,5$

* يمكن حساب طاقة الربط النووية للنيوكليون الواحد من العلاقة الرياضية الآتية:

$$\text{طاقة الربط النووية لكل نيوكليون} = \frac{\text{طاقة الربط النووية}}{\text{العدد الكتلي}}$$

ملاحظات:

- 1) تعتبر طاقة الربط النووي منعكسة أي لو تم تزويد هذه النواة بنفس الطاقة (ط) التي غادرت النواة ستنتفك.
- 2) إذا طلب السؤال أقل طاقة يجب إعطائها للنواة حتى تنتفك.... يقصد احسب طاقة الربط النووية.
- 3) إذا طلب السؤال الطاقة بوحدة MeV نضرب ΔK بـ 931.
- 4) إذا طلب السؤال الطاقة بوحدة و.ك.ذ لا نضرب بـ 931.

طاقة الربط النووي = طاقة الفصل النووي

أسئلة وأمثلة

س 16 إذا علمت أن طاقة الربط لـ ${}^{100}\text{X}$ ، 1000 MeV ،

وطاقة الربط لـ ${}^{200}\text{Y}$ ، 1500 MeV ، أيهما أكثر استقراراً
 النواة X أم النواة Y ؟

الحل : نجد أولاً طاقة الربط النووية لكل نيوكليون ثم نقرر.

س 17

احسب لنواتي البوتاسيوم $^{39}_{19}\text{K}$ واليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ ما يأتي:

أ) طاقة الربط النووية علمًا بأن كتلة نواة البوتاسيوم (38,9637) و.ك.ذ، وكتلة نواة اليورانيوم (235,0439) و.ك.ذ.

ب) طاقة الربط النووية لكل نيوكليون.

الحل:

أ) طاقة الربط النووية:

$$\blacksquare \text{ لنواة البوتاسيوم: } Z = 19, N = 39 - 19 = 20$$

$$\Delta K = K_{\text{المكونات}} - K_{\text{النواة}}$$

$$= (Z \times K_p + N \times K_n) - K_{\text{النواة}}$$

$$= (19 \times 1,0073 + 20 \times 1,0087) - 38,9637$$

$$\blacksquare \text{ لنواة اليورانيوم: } Z = 92, N = 235 - 92 = 143$$

$$\Delta K = K_{\text{المكونات}} - K_{\text{النواة}}$$

$$= (Z \times K_p + N \times K_n) - K_{\text{النواة}}$$

$$= (92 \times 1,0073 + 143 \times 1,0087) - 235,0439$$

$$= 236,9157 - 235,0439$$

$$\Delta K = 1,8718 \text{ و.ك.ذ}$$

$$ط = \Delta K \times 931,5$$

$$= 1,8718 \times 931,5 = 1743,58 \text{ مليون إلكترون فولت.}$$

إن طاقة الربط النووية لنواة اليورانيوم أكبر منها لنواة البوتاسيوم، فهل تتوقع أن تكون نواة اليورانيوم أكثر استقرارًا من نواة البوتاسيوم؟

ب) طاقة الربط النووية لكل نيوكلليون:

■ لنواة البوتاسيوم:

$$\text{طاقة الربط النووية} = \frac{\text{طاقة الربط النووية}}{\text{العدد الكتلي}} = \frac{325,09}{39} =$$

$$= 8,34 \text{ مليون إلكترون فولت/نيوكلليون.}$$

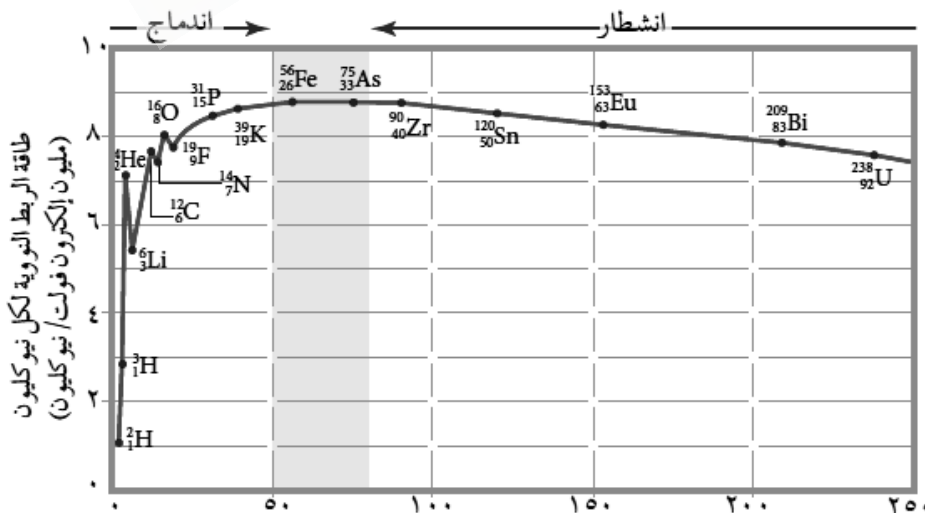
■ لنواة اليورانيوم:

$$\text{طاقة الربط النووية} = \frac{\text{طاقة الربط النووية}}{\text{العدد الكتلي}} = \frac{1743,58}{238} =$$

$$= 7,42 \text{ مليون إلكترون فولت/نيوكلليون.}$$

* ما الذي يحدد مدى استقرار الانوية؟.

نلاحظ من المثال السابق أن الطاقة اللازمة لفصل أحد نيوكليونات نواة البوتاسيوم أكبر من تلك اللازمة لفصل أحد نيوكليونات نواة اليورانيوم؛ وهذا يعني أن نواة البوتاسيوم أكثر استقراراً من نواة اليورانيوم، وبوجه عام فإنه كلما كانت طاقة الربط النووية لكل نيوكلليون أكبر كانت النواة أكثر استقراراً



ويوضح الشكل علاقة طاقة الربط النووية لكل نيوكلليون مع العدد الكتلي للنوى المختلفة.

نلاحظ من المنحنى أن النوى المتوسطة ($50 \leq A \leq 80$) لها أعلى طاقة ربط نووية لكل نيوكلون؛ ما يجعلها أكثر استقراراً من غيرها؛ إذ يظهر من المنحنى أن القيمة العظمى لطاقة الربط النووية لكل نيوكلون ($8,8$) مليون إلكترون فولت/نيوكلون تكون لنواة الحديد $^{56}_{26}\text{Fe}$ إحدى النوى المتوسطة.

أما النوى الخفيفة ($A > 50$) فإن طاقة الربط النووية لكل نيوكلون فيها تكون أقل بالنسبة إلى النوى المتوسطة، لذلك يمكنها الاندماج لتكوين نوى كتلتها أقرب إلى كتلة نواة الحديد لتصبح أكثر استقراراً، ويصاحب ذلك تحرر قدر من الطاقة.

وكذلك النوى الثقيلة ($A < 80$) فإن طاقة الربط النووية لكل نيوكلون فيها تكون أقل بالنسبة إلى النوى المتوسطة؛ لذلك يمكنها الانشطار لتكوين نواتين أكثر استقراراً، كتلة كل منهما أقرب إلى كتلة نواة الحديد، مع تحرر قدر من الطاقة.

س 18 احسب الطاقة الناتجة من تحويل (1×10^{-3}) كغ من المادة إلى طاقة بوحدة الجول، ثم المليون إلكترون فولت.

ج:

$$\text{بوحدة الجول: } \tau = \text{ك} \times \text{س}^2 = 0.001 \times (3 \times 10^8)^2 = 9 \times 10^{13} \text{ جول.}$$

$$\text{بالمليون إلكترون فولت: } \tau = \frac{9 \times 10^{13}}{1.6 \times 10^{-16}} = 5.6 \times 10^{26} \text{ مليون إلكترون فولت}$$

س 19 رتب تصاعدياً نوى العناصر الآتية: $^{56}_{26}\text{Fe}$ ، $^{208}_{82}\text{Pb}$ ، $^{238}_{92}\text{U}$ ، وفق طاقة الربط النووية لكل نيوكلون.

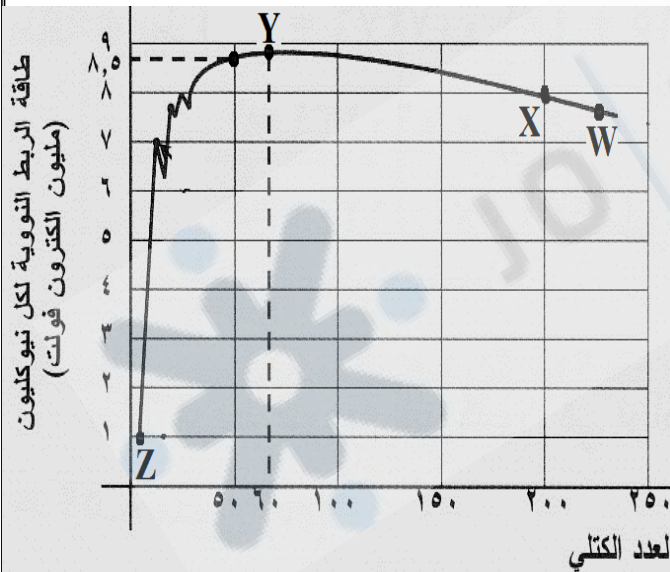
من منحنى (طاقة الربط لكل نيوكلون - العدد الكتلي) نجد أن التناسب عكسي بين طاقة الربط لكل نيوكلون والعدد الكتلي للأنوية الثقيلة كما أن الأنوية المتوسطة تكون لها أعلى طاقة ربط لكل نيوكلون وعليه يكون ترتيب الأنوية تصاعدياً على النحو الآتي: $^{238}_{92}\text{U}$ ثم $^{208}_{82}\text{Pb}$ ثم $^{56}_{26}\text{Fe}$.

س 20

(س، ص) نواتان ثقيلتان لهما العدد الكتلي نفسه، إذا علمت أن النواة (س) تمتلك طاقة ربط نووية أكبر من النواة (ص) فأَي النواتين أكثر استقراراً؟ فسر إجابتك.

تحدد طاقة الربط لكل نيوكلون أي الأنوية أكثر استقراراً وتعتمد طاقة الربط لكل نيوكلون على طاقة الربط والعدد الكتلي وبما أن العدد الكتلي للنواتين متساو فإن طاقة الربط ستحدد مقدار طاقة الربط لكل نيوكلون، وبما أن طاقة الربط للنواة س أكبر منها للنواة ص فإن طاقة الربط لكل نيوكلون للنواة س أكبر طاقة الربط لكل نيوكلون للنواة ص.

س 21



يمثل المنحنى المجاور العلاقة بين طاقة الربط النووية لكل نيوكلون والعدد الكتلي لمجموعة من العناصر هي (X, Y, Z, W). اعتماداً على المنحنى اجب عن الاسئلة التالية :

- 1) أي هذه العناصر أكثر استقراراً؟ ولماذا؟
- 2) أي هذه العناصر أكثر قابلية للانشطار وأيها أكثر قابلية للاندماج عند تفاعل نووي؟
- 3) احسب طاقة الربط النووية لنواة العنصر (X)؟

الجواب:

1) العنصر الأكثر استقراراً هو العنصر (Y)، لأنه يمتلك أكبر معدل طاقة ربط نووية، وزيادة طاقة الربط تزيد من استقرار العنصر.

2) العنصر الأكثر قابلية للانشطار هو (W)، والعنصر الأكثر قابلية للاندماج هو (Z).

3) طاقة الربط لكل نيوكلون للعنصر $X = 8 \text{ MeV}$ / نيوكلون.

اذن : طاقة الربط = طاقة الربط لكل نيوكلون $\times$ العدد الكتلي

$$8 \times 200 = 1600 \text{ MeV} =$$

س 22 إذا تولدت طاقة ($22.5 \times 10^{25} \text{ MeV}$) من تفاعل نووي فاحسب النقص في كتلة الوقود النووي بالكيلوغرام؟
الحل: يجب تحويل الطاقة الى وحدة الجول.

$$22.5 \times 10^{25} \text{ MeV} = 22.5 \times 10^{25} \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19} = \text{ط}$$

$$= 36 \times 10^{12} \text{ جول.}$$

$$\text{ط جول} = \Delta K \text{ كغ} \times 10^2$$

$$36 \times 10^{12} \text{ جول} = \Delta K \times 9 \times 10^{16} \text{ كغ} \leftarrow \Delta K = 4 \times 10^{-4} \text{ كغ.}$$

ملاحظة:

يمكن حساب كتلة النواة (الدقيقة) من: $\Delta K = (Z \cdot K_p + N \cdot K_n) - K_{\text{النواة}}$

حيث (ΔK) : طاقة الربط النووية بوحدة (و.ك.ذ.)

س 23 إذا كانت طاقة الربط لكل نيوكليون في نواة الهيليوم ${}^4_2\text{He}$ يساوي (5) مليون إلكترون فولت فاحسب طاقة الربط النووية للنواة؟.

النواة	4_2X	6_3Y	9_4Z
طاقة الربط بوحدة MeV	28	33	58,5

س 24 في الجدول المجاور طاقة الربط النووية لثلاثة أنوية، اعتماداً على البيانات المبينة في الجدول. اجب عما يلي؟.

(1) أي الأنوية الأكثر استقراراً؟ ولماذا؟
الجواب: العنصر 4_2X الأكثر استقراراً، لأن طاقة الربط لكل نيوكليون له هي الأكثر

(2) احسب كتلة النواة $({}^4_2X)$ ؟.

الجواب: $\text{ط.ربط} = (K_p \times Z + K_n \times N) - K_{\text{النواة}}$

$$\frac{28}{4} \text{ و.ك.ذ.} = (2 \times 1,0073 + 2 \times 1,0087) - K_{\text{النواة}} \Rightarrow K_{\text{النواة}} = 4,008 \text{ و.ك.ذ.}$$

س 25 إذا علمت أن كتلة نواة عنصر المغنيسيوم ${}^{27}_{12}\text{Mg}$ تساوي (27) و.ك.ذ. فاجب عما يأتي:

- احسب طاقة الربط النووية بوحدة و.ك.ذ.
- احسب نصف قطر نواة العنصر.
- ما عدد كل من البروتونات والنيوترونات في نواة هذا العنصر.

الجواب:

(1) 0.2172 و.ك.ذ. (2) 3.6×10^{-15} م (3) 12, 15

س 26 احسب معدل طاقة الربط النووية لكل نيوكليون بوحدة (الالكترون فولت) لذرة ${}^7_3\text{Li}$ إذا علمت أن: $K_{\text{Li}} = 7.016$ و.ك.ذ.، $K_{\text{بروتون}} = 1.0073$ و.ك.ذ.، $K_{\text{نيوترون}} = 1.0087$ و.ك.ذ.؟.

الجواب: (5.4131 MeV / نيوكليون)

النشاط الإشعاعي:

وضح المقصود بالنشاط الإشعاعي ؟
هي عملية الانبعاث التلقائي للإشعاع من النوى غير المستقرة .

توصف النوى غير المستقرة بأنها مشعة ؟

توجد في الطبيعة نوى مستقرة و أخرى غير مستقرة و تعد العناصر جميعها التي يزيد عددها الذري على (83) غير مستقرة و للوصول إلى حالة الاستقرار تتحول النواة غير المستقرة في الطبيعة إلى نواة أخرى عن طريق التخلص من جزء من طاقتها على شكل انبعاث إشعاعات أو جسيمات فتتغير مكونات النواة (تضمحل) لذا توصف النوى غير المستقرة بأنها مشعة

الإشعاع المنبعث يتألف من ثلاثة أنواع , وهي:-

- 1) جسيمات ألفا (α) : جسيمات موجبة الشحنة تتكون من بروتونين ونيوترونين وهي تماثل نوى هيليوم ${}^4_2\text{He}$.
- 2) جسيمات بيتا (β) : جسيمات سالبة الشحنة وتتكون من إلكترونات e^-
- 3) أشعة غاما (γ) وهي فوتونات ذات طاقة عالية (تردد كبير), وليس لها شحنة وتعتبر جزء من الطيف الكهرومغناطيسي.

* (مصدر هذه الإشعاعات هو نوى العناصر غير المستقرة)

س 27 اذكر قوانين الحفظ الأربعة التي يجب ان تتحقق في الاضمحلال ؟.

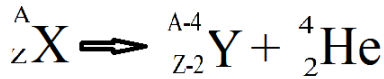
- 1) قانون حفظ الكتلة - الطاقة.
- 2) قانون حفظ الزخم.
- 3) قانون حفظ العدد الكتلي.
- 4) قانون حفظ الشحنة (العدد الذري).

اضمحلال ألفا

اذكر خصائص أشعة ألفا ؟

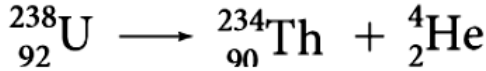
- 1) يتكون الجسيم الواحد منها من بروتونين و نيوترونين لذى فهي أنوية ذرات الهيليوم ${}^4_2\text{H}$
- 2) مشحونة بشحنة موجبة .
- 3) كتلتها كبيرة بالنسبة للإشعاعات النووية الأخرى .
- 4) شحنتها كبيرة بالنسبة للإشعاعات النووية الأخرى.
- 5) نفاذيتها ضعيفة بسبب كبر كتلتها (لا تكاد تخترق الورقة) .
- 6) قدرتها على التأين كبيرة بسبب كبر كتلتها وشحنتها .

عملية اضمحلال ألفا:- يمكن التعبير عن اضمحلال ألفا بالمعادلة التالية:-
أي أن العدد الكتلي ينقص بمقدار (4) والعدد الذري ينقص بمقدار (2).



يخضع اضمحلال ألفا لمبادئ حفظ الكميات الفيزيائية

(1) مبدأ حفظ العدد الكتلي " إن مجموع الأعداد الكتلية للنواتج يساوي العدد الكتلي للنواة الأم "



(2) مبدأ حفظ العدد الذري " يكون مجموع الأعداد الذرية للنواتج مساويا للعدد الذري للنواة الأم " ويعد صورة من صور قانون حفظ الشحنة.

(3) مبدأ حفظ الزخم . " الزخم الخطي للنوى و الجسيمات المتفاعلة أو المضمحلة يساوي الزخم الخطي للنوى والجسيمات الناتجة من التفاعل أو الاضمحلال".

(4) مبدأ حفظ (الطاقة - الكتلة) " إن مجموع الطاقة و الكتلة للنوى و الجسيمات المتفاعلة أو المضمحلة مساويا لمجموع الطاقة و الكتلة للنوى و الجسيمات الناتجة من التفاعل أو الاضمحلال".

س 28 تضمحل نواة اليورانيوم (${}^{232}_{92}\text{U}$) إلى ثوريوم (${}^{228}_{90}\text{Th}$) باعثة جسيم ألفا , اكتب معادلة موزونة تعبر عن الاضمحلال؟؟

اضمحلال بيتا

اذكر خصائص أشعة بيتا ؟

- (1) الكترونات سالبة الشحنة و يعبر عنها بالرمز (${}^{-1}_0e$).
- (2) كتلتها صغيرة جدا.
- (3) سرعة جسيم (β) عالية جدا .
- (4) قدرة تأين جسيم (β) قليلة في الأوساط التي تعبرها علل ؟
- (5) قدرة نفاذ جسيم بيتا كبيرة علل ؟

* تميل بعض النوى الى بعث جسيم بيتا لتتحول الى نواة أكثر استقرارا وتسمى هذه العملية اضمحلال بيتا , وهناك نوعان من جسيمات بيتا التي تنبعث من النواة .

أنواع جسيمات بيتا :

- (1) جسيم بيتا السالب (β^{-1}) : إلكترون سالب الشحنة (${}^{-1}_0e$).
- (2) جسيم بيتا الموجب (β^{+1}) : بوزيترونات موجبة الشحنة (${}^{+1}_0e$).

*اضمحلال بيتا السالبة:- (الالكترونات)

يمكن التعبير عن هذا الاضمحلال بالمعادلة النووية التالية:-

$${}^A_ZX \longrightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e + \bar{\nu}$$
 ضديد نيوترينو

أي يبقى العدد الكتلي ثابتا ويزداد العدد الذري واحدا , أي يزداد عدد البروتونات واحدا ويقل عدد النيوترونات واحدا .
 * علل: انبعاث جسيمات بيتا السالبة من أنوية بعض العناصر المشعة لها على الرغم أن الالكترون ليس من مكونات النواة ؟

ج: عندما يتحلل أحد نيوترونات النواة ينتج إلكترون و بروتون ، وبسبب صغر كتلة الإلكترون ووفق فرضية دي بروي يكون الطول الموجي المصاحب للإلكترون كبيرا مقارنة بأبعاد النواة فتبعثه النواة خارجها ، بينما يبقى البروتون ذو الكتلة الكبيرة داخلها .

* ويتم ذلك حسب المعادلة التالية (معادلة تحلل النيوترون)

$${}^1_0n \longrightarrow {}^1_1p + {}^0_{-1}e + \bar{\nu}$$

وضح المقصود بضديد النيوترينو و لماذا يتبع دائما اضمحلال بيتا السالب ؟
 ضديد النيوترينو ($\bar{\nu}$) : جسيم صغير الكتلة و غير مشحون ينبعث ضديد النيوترينو حاملا جزء من الطاقة التي تبدو ضائعة ليتحقق مبدأ حفظ (الطاقة- الكتلة) و مبدأ الزخم الخطي .

مثال : اضمحلال نواة نظير الكربون إلى نواة النيتروجين.



اضمحلال بيتا الموجبة (البوزيترون)

* يطلق على جسيم بيتا الموجب اسم (البوزيترون).
 البوزيترون: هو جسيم له نفس خصائص الالكترون الا ان شحنته موجبة .

* علل: انبعاث جسيمات بيتا الموجبة من أنوية بعض العناصر المشعة لها على الرغم أن البوزترون ليس من مكونات النواة ؟

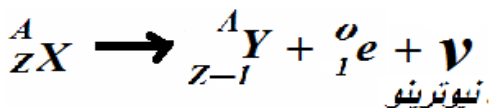
ج: عندما يتحلل أحد بروتونات النواة ينتج نيوترون و بوزترون ، وبسبب صغر كتلة البوزترون ووفق فرضية دي بروي يكون الطول الموجي المصاحب للبوزترون كبيرا مقارنة بأبعاد النواة فتبعثه النواة خارجها ، بينما يبقى النيوترون ذو الكتلة الكبيرة داخلها .

* وضح المقصود بالنيوترينو و لماذا يتبع دائما اضمحلال بيتا الموجب ؟
 النيوترينو (ν) : جسيم صغير الكتلة و غير مشحون . ينبعث النيوترينو حاملا جزء من الطاقة التي تبدو ضائعة ليتحقق مبدأ حفظ (الطاقة- الكتلة) و مبدأ الزخم الخطي .

* ويتم التعبير عن تحلل البروتون بالمعادلة التالية:-

$${}^1_1p \longrightarrow {}^1_0n + {}^0_{+1}e + \nu$$

* أما انبعاث جسيمات بيتا الموجبة (البوزيترونات) فيتم التعبير عنها بالمعادلة التالية:-



اي يبقى العدد الكتلي ثابتا وينقص العدد الذري واحدا , اي يزداد عدد النيوترونات واحدا وينقص عدد البروتونات واحدا بحيث يبقى العدد الكتلي ثابتا.

* مثال : اضمحلال نواة نظير النحاس إلى نواة النيكل .



س 29 ما سبب انبعاث البوزيترون من النواة؟.

ج - نتيجة تحلل البروتون إلى نيوترون وبوزيترون.

س 30 ما الفرق بين الإلكترون والبوزيترون؟.

ج:- البوزيترون جسيم مشابه للإلكترون في جميع خصائصه عدا انه (البوزيترون) موجب الشحنة أما الإلكترون سالب الشحنة.

س 31 هل يمكن لنواة العنصر ان تطلق جسيم الفا وجسيم بيتا معا؟.

ج:- لا يمكن ذلك.

س 32 ما المقصود بالنيوترينو؟.

ج:- هو جسيم ذو كتلة صغيرة جدا اصغر من كتلة الإلكترون (يمكن اعتبارها صفر) ومتعادل كهربائيا وينتج عن تحلل البروتون.

س 33 ما الجسيمات التي تنتج عن تحلل كل من البروتون والنيوترون؟.

ج:- ينتج عن تحلل البروتون : (1) نيوترون (2) بوزيترون (3) نيوترينو
ينتج عن تحلل النيوترون : (1) بروتون (2) إلكترون (3) ضديد نيوترينو

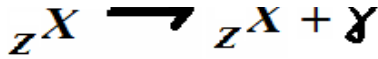
اضمحلال غاما

* اذكر خصائص أشعة غاما ؟

- | | |
|--|------------------------------------|
| (1) موجات كهرومغناطيسية (فوتونات) ليس لها كتلة . | (2) طاقتها عالية جدا. |
| (3) غير مشحونة . | (4) قدرة تأينها منخفضة جدا . علل ؟ |
| (5) قدرة نفاذها عالية جدا. علل ؟ | |

عملية اضمحلال غاما:

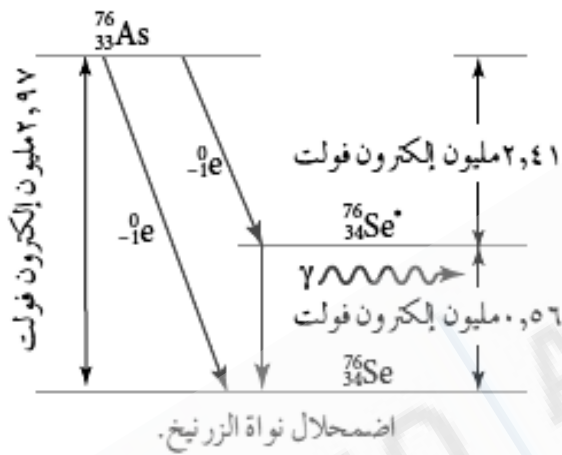
*عندما تبعث نواة ما دقائق ألفا و بيتا فان النواة الناتجة - غالبا - تبقى مثارة لامتلاكها طاقة زائدة عن الوضع الطبيعي لها و لكي تستقر النواة تتخلص من هذه الطاقة باعثة أشعة غاما ، ولا يحدث عندئذ أي تغيير في العددين الكتلي و الذري للنواة الباعثة ويمكن التعبير عن اضمحلال غاما بالمعادلة النووية التالية :



ونلاحظ ان النواة التي تشع غاما لا يتغير عددها الكتلي ولا عددها الذري ، لذلك لا تتحول الى نواة عنصر آخر.

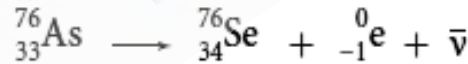
* مثال على اضمحلال غاما:-

ويبين الشكل اضمحلال نواة الزرنيخ ${}^{76}_{33}\text{As}$ المشعة، حيث يمكن أن تصل إلى حالة

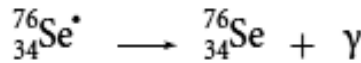
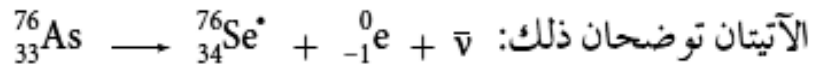


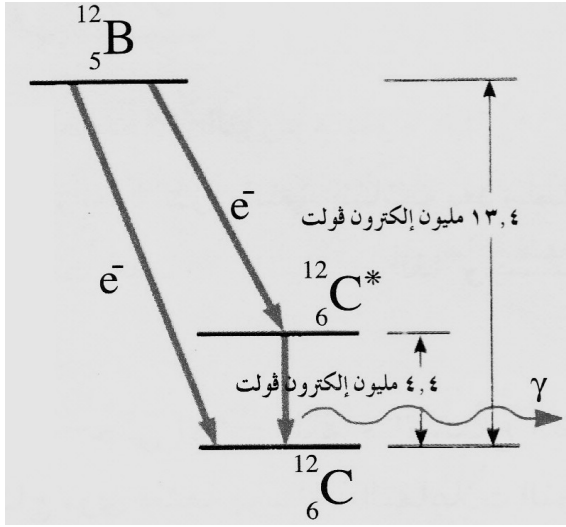
الاستقرار بإنتاج نواة جديدة بإحدى طريقتين:

الطريقة الأولى: وتتم في مرحلة واحدة حيث تبعث نواة الزرنيخ ${}^{76}_{33}\text{As}$ دقيقة بيتا سالبة طاقتها (2,97) مليون إلكترون فولت، وتنتج نواة السيلينيوم ${}^{76}_{34}\text{Se}$ في حالة الاستقرار وفق المعادلة النووية الآتية:



الطريقة الثانية: وتتم في مرحلتين حيث تبعث نواة الزرنيخ ${}^{76}_{33}\text{As}$ دقيقة بيتا سالبة طاقتها (2,41) مليون إلكترون فولت، فتنتج نواة السيلينيوم ${}^{76}_{34}\text{Se}^*$ المثارة، ولكي تصل الأخيرة إلى حالة الاستقرار تبعث أشعة غاما (γ) على هيئة فوتون طاقته (0,56) مليون إلكترون فولت، والمعادلتان النوويتان





س 34 يمثل الشكل المجاور اشعاع نواة عنصر البورون ($^{12}_5\text{B}$) لجسيم

بيتا بطريقتين للوصول الى نواة الكربون $^{12}_6\text{C}$ المستقرة، معتمدا على الشكل اجب عما يلي:-

(1) أكتب معادلة موزونة لاشعاع ذرة البورون وتحولها مباشرة لنواة الكربون في الطريقة الاولى؟.

(2) فسر انبعاث أشعة غاما في الطريقة الثانية؟.

(3) ما مقدار طاقة كل من (جسيم بيتا، أشعة غاما) في الطريقة الثانية؟.

س 35 ما التغير الذي يحدث على كل من العدد الذري و العدد الكتلي لنواة غير مستقرة اذا:-

(1) أطلقت دقيقة ألفا

(2) بعثت اشعة غاما

(3) أطلقت جسيما بيتا

س 36 إن انبعاث البوزيترون في المعادلة النووية الآتية $^{14}_7\text{N} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + ^0_{+1}\beta + \nu$ ناتج عن تحلل :

(ب) بروتون داخل نواة ($^{14}_6\text{C}$)

(د) نيوترون داخل نواة ($^{14}_6\text{C}$)

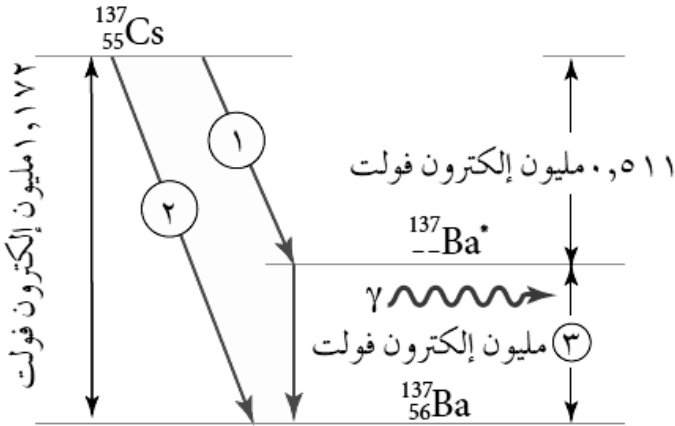
(أ) بروتون داخل نواة ($^{14}_7\text{N}$)

(ج) نيوترون داخل نواة ($^{14}_7\text{N}$)

س 37 أي النوى الآتية تنتج عندما تضمحل نواة البولونيوم $^{210}_{84}\text{Po}$ باعثة دقيقة ألفا:

($^{210}_{82}\text{Pb}$ ، $^{208}_{82}\text{Pb}$ ، $^{206}_{82}\text{Pb}$) ؟

س 38 يمثل الشكل اضمحلال نواة السيزيوم، تأمل الشكل وأجب عن الأسئلة الآتية:



أ) ما نوع الإشعاعات المنبعثة والمشار إليها بالرقم (١) والرقم (٢)؟

ب) احسب طاقة الفوتون المنبعث المشار إليها بالرقم (٣).

ج) اكتب معادلة نووية موزونة تمثل اضمحلال نواة Cs إلى نواة Ba*

س 39 أكمل المعادلات النووية التالية:-

- 1) $^{14}_7\text{N} + \dots \rightarrow ^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{H}$
- 2) $^1_1\text{P} \rightarrow ^1_0\text{n} + \dots + \dots$
- 3) $^{56}_{27}\text{Co} \rightarrow ^{56}_{26}\text{Fe} + \dots + \dots$
- 4) $\dots \rightarrow ^{65}_{28}\text{Ni} + \alpha$
- 5) $^{103}_{45}\text{Rh} + ^1_0\text{n} \rightarrow \dots$
- 6) $^1_0\text{n} + ^{107}_{46}\text{Ag} \rightarrow \dots$
- 7) $^{14}_7\text{N} \rightarrow ^{14}_6\text{C} + \dots + \dots$
- 8) $\dots + ^{26}_{12}\text{Mg} \rightarrow ^{24}_{11}\text{Na} + ^4_2\text{He}$

س 40 أكمل المعادلات النووية التالية مع ذكر اسم الدقيقة (الدقائق) المنبعثة عن كل تفاعل بالكلمات:

- 1) $^1_1\text{P} + ^{27}_{13}\text{Al} \rightarrow ^{24}_{12}\text{Mg} + \dots$
- 2) $^1_0\text{n} \rightarrow ^1_1\text{P} + \dots + \dots$
- 3) $^1_0\text{n} + ^{235}_{92}\text{U} \rightarrow ^{92}_{36}\text{Kr} + ^{141}_{56}\text{Ba} + \dots + \dots + \text{طاقة}$

الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي:

وضح المقصود بسلاسل الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي ؟
هي مجموعة التحولات التلقائية التي تبدأ بنواة نظير مشع لعنصر ثقيل ، وتنتهي بنواة نظير مستقر لعنصر آخر و يصاحب كل تحول انبعاث دقائق الفا او دقائق بيتا .

ما هي أشهر سلاسل الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي ؟

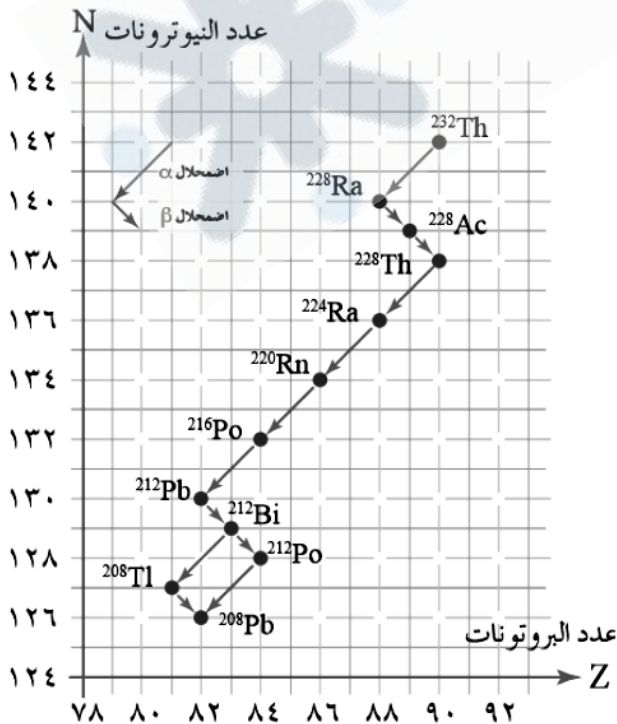
1 - سلسلة اليورانيوم : تبدأ بنظير اليورانيوم $^{238}_{92}\text{U}$

2 - سلسلة الأكتينيوم : تبدأ بنظير اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$

3 - سلسلة الثوريوم : تبدأ بنظير الثوريوم $^{232}_{90}\text{Th}$

ملاحظات : 1- تسمى السلسلة باسم العنصر الأطول عمرا فيها .

2 -تبدأ سلاسل الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي بنواة نظير مشع وتنتهي جميعها بنواة أحد نظائر الرصاص المستقر .



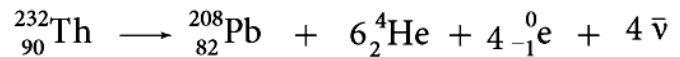
سلسلة الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي لنواة الثوريوم $^{232}_{90}\text{Th}$

* يمثل الشكل سلسلة الاضمحلال الطبيعي لنواة الثوريوم

1 - لاحظ أن نواة الثوريوم تبدأ بإشعاع دقيقة ألفا لتنتج نواة الراديوم والتي تضمحل إلى نواة اكتينيوم باعثة دقيقة بيتا السالبة ، ويستمر الاضمحلال المتتابع للنوى حتى يصل إلى نواة البزموت حيث تواجه النواة أكثر من اضمحلال محتمل لها ، وتنتهي هذه السلسلة بنواة نظير الرصاص المستقر .

2 - بتأمل كامل اضمحلات سلسلة الثوريوم نلاحظ أنه

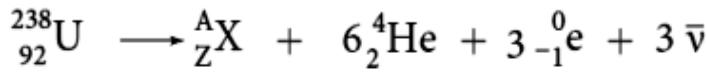
ينبعث (6) دقائق ألفا و (4) دقائق بيتا السالبة عبر أي مسار اضمحلال محتمل يتم اختياره ، لذا يمكن التعبير عن اضمحلات هذه السلسلة جميعها بالمعادلة النووية التالية :



3 - لاحظ أن مبدأ حفظ العدد الذري و الكتلي و حفظ الزخم و حفظ

(الطاقة - الكتلة) تتحقق في جميعها في هذه المعادلة النووية و جميع المعادلات النووية.

س 41 تضمحل نواة اليورانيوم $^{238}_{92}\text{U}$ وفق المعادلة النووية الآتية:



أ) ما العدد الكتلي (A) للنواة الناتجة (X)؟ ب) ما العدد الذري (Z) للنواة الناتجة (X)؟

الحل: أ) وفق مبدأ حفظ العدد الكتلي:

$$A_{\text{اليورانيوم}} = A_{\text{ألفا}} \times 6 + A_{\text{بيتا السالبة}} \times 3 + A_X \quad (\text{لاحظ أن ضديد النيوتريو لا كتلة له})$$

$$238 = A_X \leftarrow (0 \times 3) + (4 \times 6) + A_X \quad \leftarrow 238 = A_X$$

ب) وفق مبدأ حفظ العدد الذري:

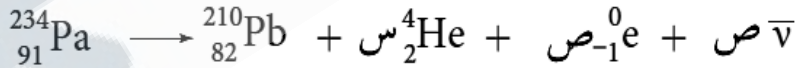
$$Z_{\text{اليورانيوم}} = Z_{\text{ألفا}} \times 6 + Z_{\text{بيتا السالبة}} \times 3 + Z_X \quad (\text{لاحظ أن ضديد النيوتريو لا شحنة له})$$

$$83 = Z_X \leftarrow 3 - 12 + Z_X = 92 \leftarrow ((1-1) \times 3) + (2 \times 6) + Z_X = 92$$

وعليه تكون النواة الناتجة هي: $^{214}_{83}\text{X}$.

س 42 تمر نواة البروتكتينيوم $^{234}_{91}\text{Pa}$ في إحدى سلاسل الاضمحلال الإشعاعي الطبيعي بسلسلة

اضمحلالات إشعاعية لتنتج نواة الرصاص $^{210}_{82}\text{Pb}$ كما في المعادلة النووية الآتية:



حيث (س): عدد دقائق ألفا المنبعثة، (ص): عدد دقائق بيتا السالبة المنبعثة أو عدد جسيمات ضديد النيوتريو. احسب قيمة (س)، و(ص) في السلسلة السابقة.

الحل: نبدأ بإيجاد عدد دقائق ألفا المنبعثة، وذلك بتطبيق مبدأ حفظ العدد الكتلي على معادلة الاضمحلال على النحو الآتي:

$$A_{\text{البروتكتينيوم}} = A_{\text{الرصاص}} + A_{\text{ألفا}} \times \text{س} + A_{\text{بيتا السالبة}} \times \text{ص} = 234 = 210 + (4 \times \text{س}) + (0 \times \text{ص})$$

س = 6 دقائق ألفا.

ولإيجاد عدد دقائق بيتا السالبة نطبق مبدأ حفظ العدد الذري على معادلة الاضمحلال على

النحو الآتي:

$$Z_{\text{البروتكتينيوم}} = Z_{\text{الرصاص}} + Z_{\text{ألفا}} \times 6 + Z_{\text{بيتا السالبة}} \times \text{ص} = 91 = 82 + (2 \times 6) + \text{ص} \times (-1)$$

ص = 3 دقائق بيتا السالبة.

س 43

تمر نواة غير مستقرة بسلسلة اضمحلات إشعاعية، فنجد أن العدد الكتلي للنواة الناتجة يقل بثماني وحدات عن النواة الأصلية بينما يبقى العدد الذري كما هو. نستنتج أن عدد جسيمات ألفا وجسيمات بيتا المنبعثة:

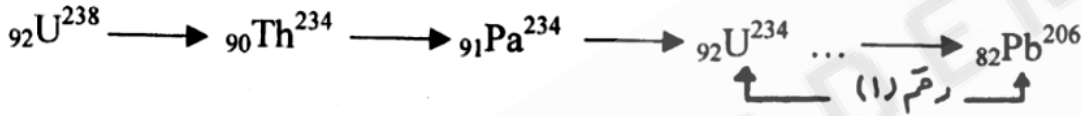
• (٢ ألفا، ٢ بيتا) • (٢ ألفا، ٤ بيتا) • (١ ألفا، ٢ بيتا) • (١ ألفا، ١ بيتا)

س 44

($\begin{smallmatrix} X \\ Z \end{smallmatrix}$) نواة عنصر غير مستقر، أطلقت أربع جسيمات بيتا وجسيم ألفا واحد، فإن النواة الناتجة تكون :

(١) $\begin{smallmatrix} A-4 \\ Z+2 \end{smallmatrix}$ Y (ب) $\begin{smallmatrix} A-2 \\ Z-4 \end{smallmatrix}$ Y (ج) $\begin{smallmatrix} A+2 \\ Z+4 \end{smallmatrix}$ Y (د) $\begin{smallmatrix} A+4 \\ Z-2 \end{smallmatrix}$ Y

س 45 مثلت إحدى سلاسل الاضمحلال الإشعاعي كالآتي :



أولاً : ١- ما اسم السلسلة المبينة ؟

ثانياً : احسب كلاً من : ١- عدد جسيمات ألفا وعدد جسيمات بيتا المنبعثة في الاضمحلات رقم (١).

٢- الكتلة التقريبية لنواة العنصر (Pb) بوحدة الكتلة الذرية.

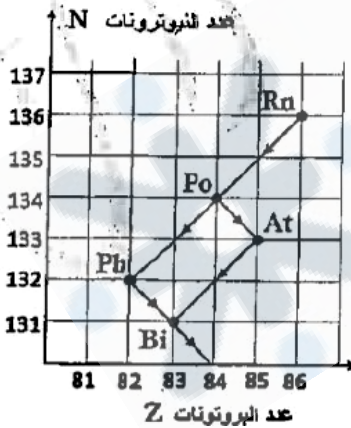
س 46

يبين الشكل المجاور جزءاً من سلسلة الاضمحلال الإشعاعي لليورانيوم (٢٣٨)، معتمداً على الشكل :

١- ما عدد جسيمات ألفا وبيتا المنبعثة من اضمحلال Rn إلى Bi ؟

٢- مثل اضمحلال الرصاص Pb إلى Bi بمعادلة نووية موزونة.

٣- اكتب اثنين من المبادئ التي يخضع لها الاضمحلال الإشعاعي.



أجب عما يأتي:

أ ما اسم هذه السلسلة؟

ب) أي نظائر الرصاص الناتجة الآتية مستقر

($^{206}_{82}\text{Pb}$, $^{210}_{82}\text{Pb}$, $^{214}_{82}\text{Pb}$) ؟ ولماذا؟

ج) کم عدد کل من دقائق ألفا ودقائق

بيتا السالبة المنبعثة نتيجة اضمحلال

نواة اليورانيوم $^{238}_{92}\text{U}$ إلى نواة بولونيوم

 ${}_{84}^{218}\text{Po}$

د اکتب معادله نووۍ موزونه تعبر عن

الاضمحلال المذكورة في الفرع
السابق

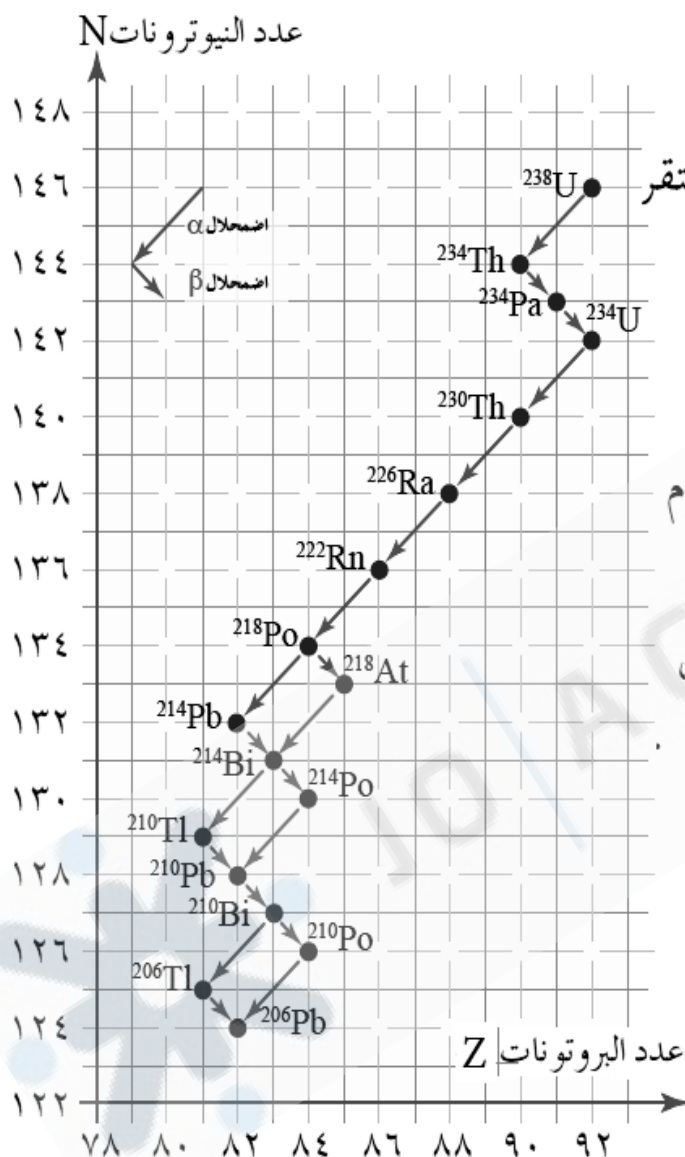
هـ ما العدد الكتلي والعدد الذري

للنواة الناتجة من سلسلة تحولات

تبدأ بنواة الراديوم $^{226}_{88}\text{Ra}$ تنبعث

فيها (٥) دقائق ألفا و (٣)

دقائق بيتا السالبة؟



الإشعاع النووي الصناعي:

ما المقصود بالتفاعل النووي ؟

هي العملية التي يتم فيها إحداث تغيير في مكونات نواة ما .

كيف يتم إحداث تفاعل نووي صناعي ؟

لإحداث تفاعل نووي بين نواة و جسيم يتم تسريع الجسيم (القذيفة) باستخدام أجهزة خاصة يطلق عليها اسم المسارعات النووية ، تكسب القذيفة طاقة حركية كافية تمكنها من اختراق النواة ، و إحداث التحولات النووية ويمكن التعبير عن التفاعل النووي بالمعادلة الآتية :



حيث أن (a): الجسيم القذيفة

(X): النواة الهدف

(C.N)*: النواة المركبة

(Y): النواة الناتجة

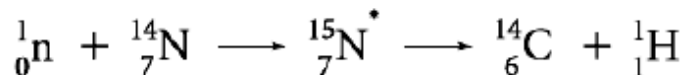
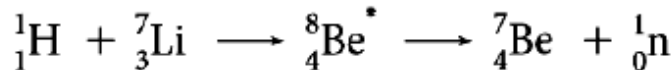
(b): الجسيم الناتج

تمتص النواة الهدف القذيفة فتتشكل نواة مركبة تكون في حالة إثارة و عدم استقرار ، ثم ما تلبث النواة المركبة أن تضمحل في مدة زمنية قصيرة جدا لذلك تعد النواة المركبة حالة انتقالية مؤقتة تتحلل سريعا في التفاعل النووي ويسمى الإشعاع الصادر عنها في هذه الحالة إشعاعا نوويا صناعيا .

* اذكر أمثلة على القذائف في التفاعلات النووية الصناعية ؟

- 1 - النيوترون (${}_0^1n$) : ويعد من أفضل القذائف النووية في إنتاج النظائر المشعة لأنه متعادل كهربائيا فلا يتفاعل مع النواة تجاذبا أو تنافرا.
- 2 - البروتون (${}_1^1H$) .
- 3 - دقات ألفا (${}_2^4He$) .
- 4 - الديوتيريوم (${}_1^2H$) .

* من الأمثلة على التفاعلات النووية التي تنتج إشعاعات نووية صناعية :

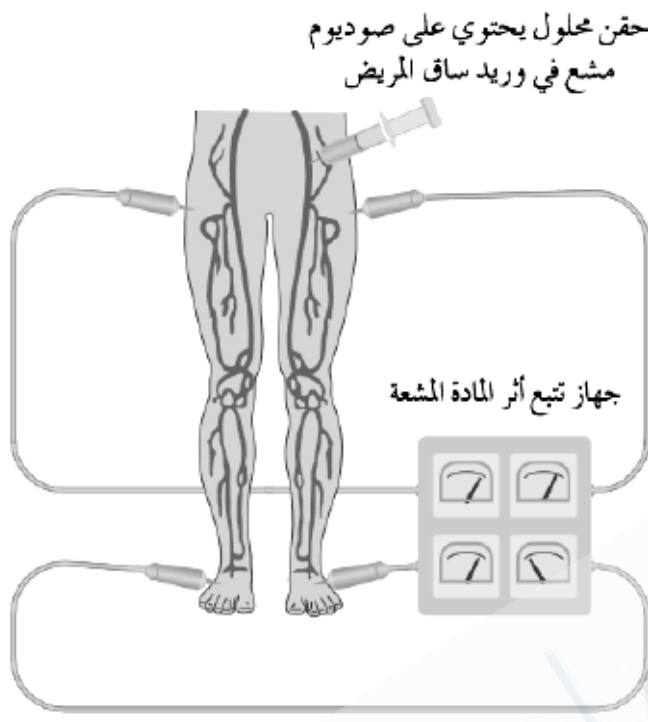


* وضح أهمية التفاعلات النووية الصناعية ؟

تكمُن أهمية التفاعلات النووية الصناعية في إمكانية تحويل عنصر معين إلى عنصر آخر، و إنتاج النظائر المشعة وكذلك الحصول على جسيمات أو أشعة ذات طاقة عالية ، ولقد اتسع نطاق استخدام الأشعة النووية الصناعية و النظائر المشعة في الكثير من مجالات الحياة المختلفة و منها المجال الطبي .

* اذكر تطبيقات عملية على استخدام الأشعة النووية الصناعية و النظائر المشعة ؟

1 - التعقب



أحد استخدامات تعقب الإشعاع في الطب.

يتم الكشف عن وجود الانسدادات في الأوعية الدموية أو غيابها عن طريق تعقب الإشعاع في جسم المريض؛ إذ يحقن محلول يحتوي على صوديوم مشع في وريد ساق المريض، لمعرفة مدى نشاط الدورة الدموية لديه، لاحظ الشكل (٨-١١)، ويستطيع الطبيب باستخدام أجهزة خاصة أن يقتفي أثر المادة المشعة ويعرف ما إذا كان دم المريض ينساب بشكل طبيعي في الأوعية الدموية أم لا، ليتم تحديد موقع الانسداد بدقة ووصف العلاج اللازم.

٢ - العلاج بالإشعاع

يمكن أن يكون الإشعاع النووي مفيداً في الدرجة الأولى في قتل الخلايا السرطانية ذات الانقسامات السريعة، فعندما يتركز الورم في منطقة محددة من الجسم يتم القضاء عليه بتوجيه



جهاز علاج السرطان بالإشعاع.

حزمة ضيقة عالية التركيز من أشعة غاما نحو النسيج السرطاني، وتستخدم أشعة غاما المنبعثة من أحد النظائر المشعة، مثل الكوبالت ^{60}Co ، ويمكن استخدام الأشعة السينية أو البروتونات أو النيوترونات لهذا الأمر، وذلك باستخدام أجهزة خاصة كما في الشكل

* بالرغم من المنافع الكثيرة التي نجنيها من الأشعة النووية عند العلاج بها إلا أن لها أضرارا و أخطارا يصعب تجاهلها لذلك عند العلاج بالإشعاع لابد من مراعاة الأمور التالية لكي يكون الضرر أقل ما يمكن :

- 1 تحديد نوع الإشعاع .
- 2- تحديد طاقة الإشعاع .
- 3 - تحديد العضو المعرض له (الجلد ، العظام ، الكبد ...).
- 4- تحديد زمن التعرض للإشعاع .

ملاحظة هامة :

1 - يعد الإشعاع مصدر خطر حقيقي على صحة الإنسان تبعاً لقدرته على التأين :

أ - إذا كان مصدر الإشعاع داخل الجسم كأن يتناول الإنسان طعاما ملوثا بالإشعاع تكون دقائق ألفا في هذه الحالة أكثر خطورة من غيرها إذ ينتج من عملية التأين التي تحدثها دقائق ألفا (α) تفاعلات كيميائية تؤدي إلى إتلاف خلايا الجسم و أنسجته و تحويل الخلايا السليمة التي تعرضت لها إلى خلايا سرطانية ، و حدوث طفرات و تغيرات في المادة الوراثية قد تؤدي إلى ولادة أطفال مشوهين

ب - إذا كان مصدر الإشعاع خارج الجسم فإن أشعة غاما تعد الأخطر لقدرتها العالية على النفاذ .

2 - تخضع معادلات التفاعل النووي الصناعي لمبادئ حفظ الكميات الفيزيائية الأربعة .

س 48 وضح المقصود بالتفاعل النووي.

ج: التفاعل النووي هو أي تغير في مكونات النواة.

س 49 ما التغيرات التي تطرأ على النواة الهدف عند التحامها بقذيفة في أي تفاعل نووي؟

ج: تمتص النواة الهدف القذيفة مشكلة نواة مركبة في حالة إثارة وعدم استقرار ثم ما تلبث النواة الجديدة أن تضمحل في فترة زمنية قصيرة جداً.

س 50 حدد مع بيان السبب الأشعة النووية الأكثر خطورة على الإنسان عند التعرض لها:

أ) من مصدر خارج جسم الإنسان.

ب) من مصدر داخل جسم الإنسان.

ج: أ. خارج جسم الإنسان: أشعة غاما لأنها أكثر قدرة على النفاذ.

ب. داخل جسم الإنسان: أشعة ألفا لأنها أكثر قدرة على التأين.

تطبيقات التفاعلات النووية:

الانشطار النووي

* وضع المقصود بالانشطار النووي ؟

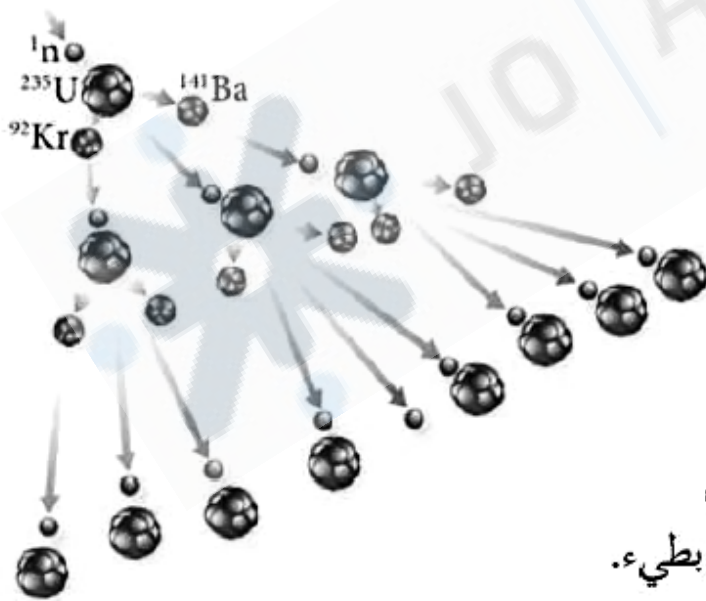
هو تفاعل يحدث فيه انقسام نواة ثقيلة ، عند قذفها بنيوترون ، الى نواتين متوسطتي الكتلة ، ويصاحب ذلك نقص في الكتلة يتحول الى طاقة وفقا لمعادلة اينشتاين في تكافؤ الطاقة و الكتلة .

* كيف تحدث عملية الانشطار النووي ؟

عندما تُقذف نواة ثقيلة كاليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ بنيوترون بطيء فتصبح في حالة إثارة لزم من قصير جداً؛ ما يجعلها نشطة إشعاعياً، وحتى تستقر تنشط إلى نواتين مختلفتين منتجة نيوترونين أو ثلاثة نيوترونات سريعة مع كمية هائلة من الطاقة، كما في أحد الاحتمالات الآتية لتفاعل الانشطار:



تتمكن النيوترونات الناتجة من انشطار نواة اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ من شطر نوّى أخرى من اليورانيوم



$^{235}_{92}\text{U}$ في كتلة من اليورانيوم، وبذا يقود كل

تفاعل انشطار نووي إلى انشطارات نووية

أخرى ويسمى تتابع انشطار النوى الثقيلة مثل

اليورانيوم ($^{235}_{92}\text{U}$) نتيجة قذفها بنيوترونات

تنبعث من نوى يورانيوم انشطرت سابقاً التفاعل

النووي المتسلسل (Nuclear Chain Reaction).

ويوضح الشكل التفاعل المتسلسل الذي يحدث

عند قذف كتلة من اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ بنيوترون بطيء.

التفاعل المتسلسل.

* ما الامور التي يجب مراعاتها لادامة التفاعل المتسلسل ؟

يجب إبطاء سرعة النيوترونات الناتجة من كل انشطار حتى تتمكن من شطر نوى اليورانيوم

الأخرى، ولضمان استمرار التفاعل المتسلسل يجب منع تسرب النيوترونات الناتجة من الانشطار

خارج كتلة اليورانيوم، ويسمى الحد الأدنى من كتلة اليورانيوم اللازم لمنع تسرب النيوترونات وإدامة

حدوث التفاعل المتسلسل، الكتلة الحرجة (Critical Mass).

* ما أهمية تفاعلات الانشطار النووي الصناعي ؟

يعد الانشطار النووي أهم التفاعلات النووية الصناعية وتكمن أهمية هذا التفاعل في كمية الطاقة الكبيرة المتحررة منه؛ إذ إن انشطار (١) كغ من اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ ينتج منه طاقة تبلغ (٥,٣٢ × ١٠^٦) مليون إلكترون فولت، وهذه الطاقة تكفي لتشغيل مصباح قدرته (١٠٠) واط لمدة (٣٠٠٠٠) سنة تقريبًا؛ وهذا ما حدا بالعلماء للاستفادة من هذه الطاقة في النواحي المختلفة في الحياة.

المفاعل النووي

* وضح المقصود بالمفاعل النووي ؟

هو النظام الذي يعمل على توفير الظروف المناسبة لاستمرار تفاعل الانشطار النووي و السيطرة عليه.

* يوجد عدة أنواع من المفاعلات النووية تبعا لطريقة التبريد المستخدمة فيها .

* ما هي أجزاء المفاعل النووي ؟

١ قلب المفاعل، ويتكون من:

أ) مادة الوقود النووي (يورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ أو بلوتونيوم $^{239}_{94}\text{Pu}$): تُحَضَّر في صورة أقراص توضع فوق بعضها داخل أنابيب طويلة مشكّلة ما يعرف بحزم الوقود النووي التي تظهر في الشكل

ب) قضبان التحكم: قضبان من الكادميوم تتحكم في سرعة التفاعل المتسلسل وتعمل آليًا، ذات كفاءة عالية في امتصاص النيوترونات، حيث تفصل بين أنابيب حزم الوقود النووي فتحات مخصصة لإدخال عدد مناسب من قضبان التحكم لكي تمتص بعض النيوترونات عند الحاجة إلى إبطاء عملية الانشطار وإبقائها ضمن المعدل المطلوب، وتسمى هذه العملية التحكم.

ج) المواد المهدئة للنيوترونات: مواد ذات أعداد كتلية صغيرة كالماء العادي H_2O توضع في طريق النيوترونات السريعة الناتجة من تفاعلات الانشطار لتصطدم بها النيوترونات وتقل سرعتها، فتصبح قادرة على إحداث تفاعل انشطار جديد، وتعرف هذه العملية بالتهدئة، وفي أنواع أخرى من المفاعلات تستخدم مواد مهدئة مختلفة كالغرافيت والماء الثقيل D_2O .

٢ المبادل الحراري: يستخدم الماء الساخن جدًا والمضغوط القادم من قلب المفاعل، في تسخين الماء الموجود في المبادل الحراري لإنتاج البخار اللازم لإدارة العنفات (التوربينات) المتصلة بمولدات الطاقة الكهربائية.

٣ الدرع الواقي: يحيط بقلب المفاعل وبالمبادل الحراري للوقاية من التسرب الإشعاعي

٤ المولدات الكهربائية: تحول الطاقة الحرارية والحركية لبخار الماء إلى طاقة كهربائية.

٥ المكثف: يعمل على تحويل بخار الماء الفائض إلى ماء.

٦ أبراج التبريد: تعمل على تزويد المكثف والمبادل الحراري بالماء اللازم.

*** كيف نبدأ بتشغيل المفاعل النووي ؟**

يبدأ تشغيل المفاعل برفع قضبان التحكم ببطء من قلب المفاعل، باستخدام عنفات كهربائية، وعندئذ يبدأ التفاعل المتسلسل، وتظهر الطاقة المتحررة من تفاعلات الانشطار على شكل طاقة حرارية تعمل على تسخين الماء، وإنتاج البخار اللازم لإدارة العنفات المتصلة بمولدات الطاقة الكهربائية.

*** أين تكمن خطورة التعامل مع المفاعل النووي ؟ وما الأمور التي يجب مراعاتها قبل إنشاء المفاعل النووي ؟**

تكمن خطورة التعامل مع المفاعل النووي بفقدان السيطرة عليه أو انفجاره، لذا يجب مراعاة أمور قبل إنشاء المفاعل النووي منها: اختيار أماكن نائية بعيدة عن التجمعات السكانية، وفي الوقت ذاته قريبة من مصادر وافرة للمياه، وضرورة وجود هيئات دولية تضبط بناء المفاعلات وتشغيلها، وتعنى برقابة سلامة تصريف نفايات المواد المشعة عند استبدال وقود المفاعل، وتعنى أيضًا بفحص الحاويات المستخدمة في نقل الوقود النووي باستمرار.

الاندماج النووي

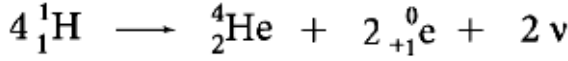
درست في منحني (طاقة الربط النووية لكل نيوكليون - العدد الكتلي) أن طاقة الربط النووية لكل نيوكليون للنوى الخفيفة تكون أقل منها للنوى المتوسطة المستقرة؛ وتحت ظروف معينة يمكن أن تندمج بعض النوى الخفيفة معًا مثل الهيدروجين لإنتاج نوى أثقل، ويصاحب ذلك نقص في الكتلة، ويظهر على شكل طاقة عالية جدًا.

*** وضح المقصود بالاندماج النووي ؟**

هو عملية اتحاد نواتين خفيفتين لتكوين نواة جديدة كتلتها أقل من مجموع كتلتيهما .

* كيف يحدث تفاعل الاندماج النووي ؟

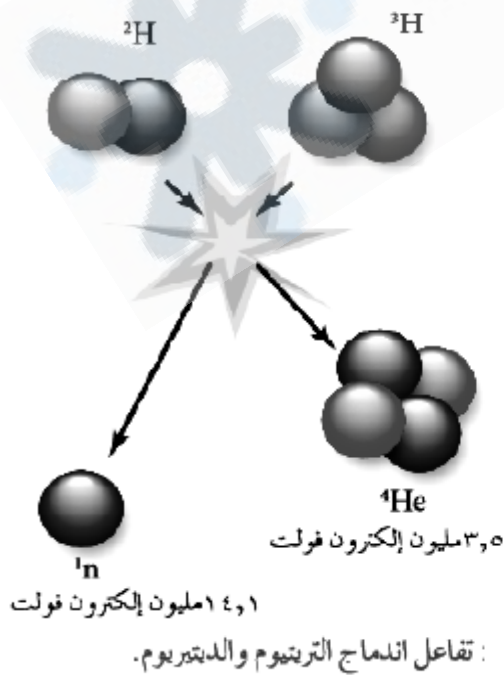
يشكل الهيدروجين معظم كتلة النجوم؛ لذا تستمد بعض النجوم ومنها الشمس طاقتها من سلسلة تفاعلات اندماج رئيسة تعرف بدورة بروتون - بروتون يكون ناتجها النهائي تجمع أربعة بروتونات لتشكل نواة هيليوم ${}^4_2\text{He}$ كما في التفاعل الآتي:



وبما أن النوى الداخلة في تفاعل الاندماج جميعها موجبة الشحنة وصغيرة الحجم فإن رفع درجة حرارتها إلى ما يقارب (٧١٠) كلفن تحت ضغط هائل شرط أساسي لاندماجها؛ حيث تزيد درجة الحرارة من سرعة النوى؛ فتزداد طاقتها الحركية، وتمكنها من الاقتراب كثيراً من بعضها والتغلب على قوة التنافر الكهربائية، فيتم الاندماج النووي؛ لذلك يسمى هذا التفاعل التفاعل النووي الحراري.

ويصعب حالياً إجراء تفاعلات الاندماج النووي في المختبرات العلمية، إلا أن خير مثال على حدوثها، التفاعلات الحاصلة في باطن الشمس والنجوم؛ حيث تتوفر درجات الحرارة العالية والضغط الهائل اللازمان لحدوث تفاعل الاندماج النووي.

وتفوق الطاقة لكل نيوكلون الناتجة من تفاعلات الاندماج أضعاف مضاعفة الطاقة لكل نيوكلون الناتجة من تفاعلات الانشطار؛ لذا يسعى العلماء لإنتاج الطاقة على سطح الأرض من دمج نظيري



الهيدروجين: الديتيريوم ${}^2_1\text{H}$ والتريتيوم ${}^3_1\text{H}$ كما في الشكل حيث يكون مجموع كتل النوى الداخلة في التفاعل أكبر من مجموع كتل النوى والجسيمات الخارجة من التفاعل، وتوضح المعادلة النووية الآتية هذا التفاعل:



وللاستفادة من هذا التفاعل يتعين توفير مفاعل نووي حراري لم يخرج بعد عن حيز التجريب، إذ لا تزال أمامه الكثير من العقبات بالرغم من تغلب العلماء على بعض منها، ونأمل أن تكون أنت مستقبلاً أحد من يتغلب على ما تبقى منها.

س 51

وظيفة الجرافيت في المفاعل النووي هي:

- زيادة سرعة النيوترونات.
- إبطاء سرعة النيوترونات.
- امتصاص بعض النيوترونات.
- إيقاف النيوترونات.

س 52

يتم إدخال قضبان الكادميوم في المفاعل النووي من أجل :

- أ (إبطاء سرعة النيوترونات
- ب) زيادة سرعة النيوترونات
- ج) زيادة سرعة التفاعل
- د (امتصاص النيوترونات

س 53

وضح المقصود بكل من: الانشطار النووي، والتفاعل المتسلسل، والمفاعل النووي، والاندماج النووي.

ج:

الانشطار النووي: تفاعل نووي يحدث فيه انقسام نواة ثقيلة عند قذفها بنيوترون، إلى نواتين متوسطتي الكتلة، ويصاحب ذلك نقص في الكتلة يتحول إلى طاقة.

التفاعل المتسلسل: تتابع انشطار النوى الثقيلة مثل اليورانيوم (235) نتيجة قذفها بنيوترونات تنبعث من نوى يورانيوم انشطرت سابقاً

المفاعل النووي: النظام الذي يعمل على توفير الظروف المناسبة لاستمرار تفاعل الانشطار النووي والسيطرة عليه.

الاندماج النووي: عملية اتحاد نواتين خفيفتين لتكوين نواة جديدة كتلتها أقل من مجموع كتلتيهما.

س 54 اذكر:

أ) شرطي حدوث التفاعل المتسلسل. ب) أجزاء مفاعل الماء المضغوط.

- أ. توفر الحد الأدنى من كتلة الوقود النووي اللازم لإدامة التفاعل المتسلسل (الكتلة الحرجة)، ومنع تسرب النيوترونات خارج كتلة اليورانيوم.
- ب. قلب المفاعل ويضم كلاً من: مادة الوقود النووي، وقضبان التحكم في سرعة التفاعل المتسلسل، والمواد المهدئة للنيوترونات، والمبادل الحراري، والدرع الواقي والمولدات الكهربائية والمكثف وأبراج التبريد.

س 55

فسر العبارات الآتية:

- أ) تصنع قضبان التحكم المستخدمة في المفاعل النووي من الكاديوم.
- ب) من الأمور الواجب مراعاتها قبل إنشاء المفاعل النووي ضرورة إشراف هيئات دولية.
- ج:

- أ. لأنها ذات كفاءة عالية في امتصاص النيوترونات.
- ب. لتضبط بناء المفاعلات وتشغيلها، ولتغني برقابة سلامة تصريف نفايات المواد المشعة عند استبدال وقود المفاعل، كما تغني بفحص الحاويات المستخدمة في نقل الوقود النووي باستمرار.

س 56

كيف تضبط كل من الأمور الآتية في المفاعل النووي:

- أ) منع تسرب النيوترونات؟
- ب) التحكم في سرعة التفاعل المتسلسل؟
- ج) إبطاء سرعة النيوترونات الناتجة من تفاعلات الانشطار؟

ج:

- أ. بتوفير الكتلة الحرجة من الوقود النووي وهي الحد الأدنى اللازم لإدامة التفاعل المتسلسل
ب. إدخال عدد مناسب من قضبان التحكم في قلب المفاعل.
ج . عن طريق مواد ذات كتل صغيرة كالغرافيت والماء العادي H_2O والماء الثقيل D_2O توضع في طريق النيوترونات السريعة الناتجة من تفاعلات الانشطار لتصطدم بها النيوترونات وتقل سرعتها فتصبح قادرة على إحداث تفاعل انشطار جديد.

س 57

قارن بين تفاعلي الانشطار والاندماج النوويين من حيث الوقود المستخدم، والطاقة الناتجة، وشروط حدوث كل تفاعل.

تفاعل الاندماج	تفاعل الانشطار	
الهيدروجين في الشمس والديتيريوم والتريتيوم على الارض	يورانيوم $^{235}_{92}U$ أو بلوتونيوم $^{239}_{94}Pu$	الوقود النووي
أضعاف الطاقة الناتجة عن الانشطار	كبيرة جدًا	الطاقة لكل نيوكلون الناتجة
توفر درجة حرارة	وجود نيوترونات بطيئة	شرط حدوث التفاعل

أسئلة الفصل الثامن

١ ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي:

أ أي العبارات الآتية تصف الذرتين ($^{63}_{29}\text{X}$)، ($^{67}_{33}\text{Y}$) وصفاً صحيحاً؟

- أ $N_y < N_x$ ☐ ب $N_y > N_x$ ☐
ج $N_y = N_x$ ☐ د $Z_y = Z_x$ ☐

٢ وظيفة الغرافيت في المفاعل النووي هي:

- أ امتصاص بعض النيوترونات. ☐ ب إيقاف النيوترونات. ☐
ج زيادة سرعة النيوترونات. ☐ د إبطاء سرعة النيوترونات. ☐

٣ أكمل المعادلة النووية الآتية ($^{76}_{33}\text{As} \rightarrow ^{76}_{34}\text{Se} + ^0_{-1}\text{e} + \dots$) عمل الفراغ بأحد الإشعاعات الآتية:

- أ نيوتريينو. ☐ ب ضديد النيوتريينو. ☐ ج غاما. ☐ د ألفا. ☐

٤ لكي يتحول العنصر ^A_ZX إلى العنصر $^A_{Z+1}\text{Y}$ تلقائياً لا بد للعنصر X من أن:

- أ يكتسب نيوتروناً. ☐ ب يبعث دقيقة ألفا. ☐
ج يبعث أشعة غاما. ☐ د يبعث دقيقة بيتا السالب وضديد النيوتريينو. ☐

٥ القوى التي تنشأ بين بروتون وبروتون داخل النواة هي:

- أ جذب نووي فقط. ☐ ب تنافر كهربائي فقط. ☐
ج جذب نووي وتنافر كهربائي. ☐ د تنافر نووي وجذب كهربائي. ☐

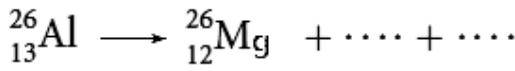
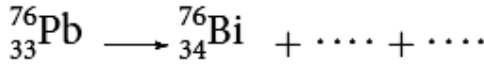
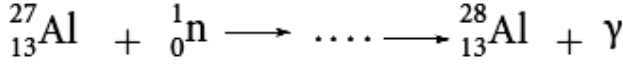
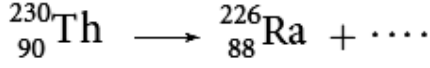
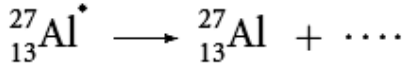
٦ في المعادلة الآتية ($^{208}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{204}_{82}\text{Pb} + ^A_Z\text{X}$)، القيم الصحيحة لكل من (Z ، A) على الترتيب:

- أ (٤، ٢) ☐ ب (٢، ٤) ☐ ج (٤، ٤) ☐ د (٢، ٢) ☐

٧ يعد البوزيترون المنبعث في المعادلة النووية الآتية ($^{64}_{29}\text{Cu} \rightarrow ^{64}_{28}\text{Ni} + ^0_{+1}\text{e} + \nu$) ناتج تحلل:

- أ نيوترون من نواة النيكل ($^{64}_{28}\text{Ni}$) ☐ ب بروتون من نواة النيكل ($^{64}_{28}\text{Ni}$) ☐
ج نيوترون من نواة النحاس ($^{64}_{29}\text{Cu}$) ☐ د بروتون من نواة النحاس ($^{64}_{29}\text{Cu}$) ☐

٢ أكمل المعادلات النووية الآتية بكتابة الرموز والأرقام المناسبة في كل فراغ:



٣ اذكر أهمية واحدة لكل من:

أ مقدار طاقة الربط النووية لكل نيوكليون.

ب قضبان التحكم في المفاعل النووي.

ج الكتلة الحرجة.

د المسارعات النووية.

ه نظير الكوبالت المشع $^{60}_{27}\text{Co}$.

و عملية التعقب في الأوعية الدموية في المجال الطبي.

٤ يمكن للنواة (^A_ZX) أن تضمحل باعثة دقيقة ألفا أو دقيقة بيتا، وضح بالمعادلات النووية المناسبة

التغيرات التي تطرأ على هذه النواة، وذلك عندما تبعث:

أ دقيقة ألفا فقط.

ب دقيقة بيتا السالبة فقط.

٥ في التفاعل النووي الآتي: $^4_2\text{He} + ^{14}_7\text{N} \longrightarrow ^{18}_9\text{F}^* \longrightarrow ^{17}_8\text{O} + ^1_1\text{H}$

أ ما القذيفة المستخدمة؟

ب حدد النواة المركبة في التفاعل.

ج أي النواتج يمتلك طاقة حركية أكبر ما يمكن؟

د ما مبادئ حفظ الكميات الفيزيائية التي يجب أن تتحقق في هذا التفاعل؟

٦ احسب:

أ الطاقة اللازمة لفصل نواة النيكل $^{60}_{28}\text{Ni}$ إلى مكوناتها، علمًا بأن كتلة نواة النيكل تساوي (٥٩,٩٣٠٨) و.ك.ذ.

ب طاقة الربط النووية لكل نيوكليون في نواة الليثيوم ^3Li . إذا علمت أن فرق الكتلة بين كتلة نواة الليثيوم ومجموع كتل مكوناتها يساوي ($\Delta = 0.0628$) و.ك.ذ.

٧ قارن بين دقائق ألفا ودقائق بيتا وأشعة غاما بعمل الجدول الآتي:

أوجه المقارنة	نوع الإشعاع	دقائق ألفا	دقائق بيتا	أشعة غاما
الطبيعة	جسيمات			
الشحنة		إما سالبة (الإلكترون) أو موجبة (البوزيترون)		
الكتلة		تساوي كتلة الإلكترون وأقل من كتلة ألفا		
القدرة على النفاذ		تساوي سرعة الضوء		
السرعة		كبيرة		
القدرة على التأين		كبيرة نسبيًا		

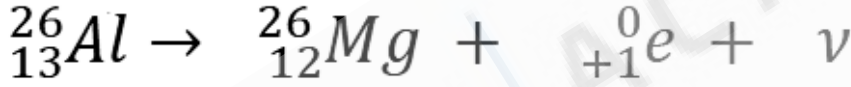
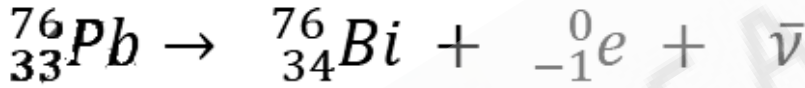
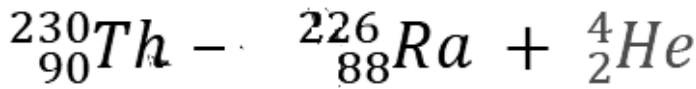
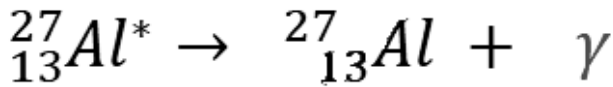
٨ إذا علمت أن كتلة نواة الأكسجين $^{16}_8\text{O}$ تساوي (١٥,٩٩٤٩) و.ك.ذ، وكتلة نواة الفضة $^{107}_{47}\text{Ag}$ تساوي (١٠٦,٩٠٥١) و.ك.ذ. يبين أي النواتين أكثر استقرارًا، مدعماً إجابتك رياضياً.

٩ تمر نواة اليورانيوم $^{235}_{92}\text{U}$ في الطبيعة بسلسلة اضمحلال، فإذا كانت أول خمسة اضمحلالات على الترتيب لها: ($\alpha, \beta^-, \alpha, \beta^-, \alpha$)، جد العدد الذري والعدد الكتلي للنواة الناتجة في نهاية هذه الاضمحلالات.

إجابات اسئلة الفصل الثامن

س 1	رقم الفقرة	1	2	3	4	5	6	7
رمز الإجابة	ج	د	ب	د	ج	ب	د	د

السؤال الثاني:



السؤال الثالث:

- أ. تحدد أي الأنوية أكثر استقرارًا.
- ب. التحكم في سرعة التفاعل المتسلسل.
- ج. إدامة حدوث التفاعل المتسلسل.
- د. تسريع الجسيم (القذيفة) وإكسابها طاقة حركية كافية تمكنها من اختراق النواة وإحداث التحولات النووية.
- هـ. يتم توجيه أشعة غاما عالية التركيز المنبعثة من نظير الكوبالت المشع ${}_{27}^{60}\text{Co}$ نحو النسيج السرطاني في منطقة الورم وقتل الخلايا السرطانية ذات الانقسامات السريعة.
- و. الكشف عن وجود أو غياب الانسدادات في الأوعية الدموية.

السؤال الرابع:

- أ. تفقد بروتونين ونيوترونين؛ أي يقل عددها الذري بمقدار 2 كما يقل عددها الكتلي بمقدار 4.
- ب. عدد نيوتروناتها يقل بمقدار واحد، نتيجة تحللها، ويزداد تبعًا لذلك عدد بروتوناتها بمقدار واحد؛ أي يزداد العدد الذري بمقدار 1 بينما يبقى العدد الكتلي ثابتًا.

السؤال الخامس:

أ. دقائق ألفا (${}^4_2\text{He}$).

ب. ${}^{18}_9\text{F}^*$.

ج. الهيدروجين لأن كتلته أقل.

د. مبدأ حفظ العدد الذري ومبدأ حفظ العدد الكتلي ومبدأ حفظ الزخم ومبدأ حفظ الطاقة-الكتلة.

أ. لنواة النيكل: $32 = 28 - 60 = N$ ، $28 = Z$

فرق الكتلة $\Delta K = (Z \times K_p + N \times K_n) - K_{\text{النواة}}$

$$59.9308 - (1.0087 \times 32 + 1.0073 \times 28) =$$

$$59.9308 - (32.2784 + 28.2044) =$$

$$59.9308 - 60.4828 = -0.552 \text{ و.ك.د.}$$

$$\text{ط.ر} = \Delta K \times 931.5$$

$$514.19 = 931.5 \times 0.552 = \text{مليون إلكترون فولت.}$$

$$\text{ب. ط.ر} = \Delta K \times 931.5 = 931.5 \times 0.0628 = 58.498 = \text{مليون إلكترون فولت.}$$

السؤال السابع:

الطبيعة	دقائق ألفا	دقائق بيتا	أشعة غاما
الطبيعية	جسيمات	جسيمات	أشعة كهرومغناطيسية (فوتونات)
الشحنة	موجبة	إما سالبة (الإلكترون) أو موجبة (البوزيترون)	لا شحنة لها
الكتلة	كبيرة	تساوي كتلة الإلكترون وأقل من كتلة ألفا	لا كتلة لها
السرعة	قليلة	عالية	تساوي سرعة الضوء
القدرة على النفاذ	قليلة	كبيرة	كبيرة جدًا
القدرة على التأيين	كبيرة نسبيًا	متوسطة	منخفضة جدًا

السؤال الثامن

النواة التي تكون طاقة الربط لكل نيوكلليون لها أكبر تكون أكثر استقرارًا.

$$\text{لنواة الأكسجين: } 8 = Z, \quad 8 = 8 - 16 = N$$

$$\text{فرق الكتلة } \Delta K = (Z \times K_p + N \times K_n) - K_{\text{النواة}}$$

$$15.9949 - (1.0087 \times 8 + 1.0073 \times 8) =$$

$$15.9949 - (8.0696 + 8.0584) =$$

$$0.1331 = 15.9949 - 16.128 = \text{و.ك.ذ.}$$

$$\text{ط} = \Delta K \times 931.5 = 931.5 \times 0.1331 = 123.98 \text{ مليون إلكترون فولت.}$$

طاقة الربط لكل نيوكلليون = طاقة الربط / العدد الكتلي

$$\text{طاقة الربط لكل نيوكلليون} = 16/123.98 = 7.75 \text{ مليون إلكترون فولت/نيوكلليون.}$$

$$\text{لنواة الفضة: } 47 = Z, \quad 60 = 47 - 107 = N$$

$$\text{فرق الكتلة } \Delta K = (Z \times K_p + N \times K_n) - K_{\text{النواة}}$$

$$106.9051 - (1.0087 \times 60 + 1.0073 \times 47) =$$

$$\text{ط} = \Delta K \times 931.5 = 931.5 \times 0.1331 =$$

$$123.98 \text{ مليون إلكترون فولت.}$$

طاقة الربط لكل نيوكلليون = طاقة الربط / العدد الكتلي

$$\text{طاقة الربط لكل نيوكلليون} = 16/123.98 =$$

$$7.75 \text{ مليون إلكترون فولت/نيوكلليون.}$$

$$\text{النواة الفضة: } 47 = Z, \quad 60 = 47 - 107 = N$$

$$\text{فرق الكتلة } \Delta K = (Z \times K_p + N \times K_n) - K_{\text{النواة}}$$

$$106.9051 - (1.0087 \times 60 + 1.0073 \times 47) =$$

$$106.9051 - (60.522 + 47.3431) =$$

$$8.36 \text{ مليون إلكترون فولت/نيوكلليون. وعليه تكون نواة الفضة أكثر استقرارًا من نواة الأكسجين.}$$

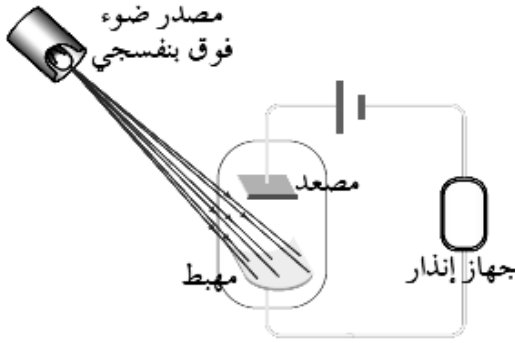
$$9 - \text{لنواة } {}^{235}_{92}\text{U} : \text{ستنتج بعد سلسلة الاضمحلالات المذكورة لليورانيوم النواة } {}^{223}_{88}\text{X}$$

$${}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow 3 {}^4_2\alpha + 2 {}^0_{-1}\beta + {}^A_Z\text{X}$$

$$223 = 12 - 235 = A \leftarrow 235 = 0 \times 2 + 4 \times 3 + A$$

$$88 = 4 - 92 = A \leftarrow 92 = 1 \times 2 + 2 \times 3 + Z$$

أسئلة الوحدة الثالثة



١ يوضح الشكل رسماً تخطيطياً لأحد أجهزة الإنذار ضد السرقة، الذي يعد أحد التطبيقات العملية على الظاهرة الكهروضوئية. يصدر عن الجهاز صوت تحذيري إذا حدث قطع في مسار الأشعة فوق البنفسجية، ادرس الشكل، وأجب عن الأسئلة الآتية:

- ما وظيفة كل من المهبط والمصعد في الخلية الكهروضوئية؟
- صف ما يحدث في الخلية الكهروضوئية عند سقوط الأشعة فوق البنفسجية على المهبط، وعند حدوث قطع في مسار الأشعة.
- هل يتأثر عمل الجهاز إذا زاد تردد الأشعة الساقطة على المهبط أو زادت شدتها؟ وضح إجابتك.
- إذا كان اقتران الشغل لفلز المهبط (٢) إلكترون فولت، فأجب عما يأتي:
 - ما المقصود باقتران الشغل للفلز؟
 - إذا كانت الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات المنبعثة تساوي ٣ إلكترون فولت، فاحسب تردد الأشعة فوق البنفسجية.

٢ يشير بور في أحد فروضه المتعلقة بذرة الهيدروجين إلى أن الإلكترون يشع طاقة أو يمتصها إذا انتقل من مستوى طاقة (مدار) إلى مستوى طاقة آخر فقط، فإذا كان الإلكترون موجود في المدار الثالث ($n = 3$) عند لحظة معينة فأجب عن الأسئلة الآتية:

- يمتص إلكترون ذرة الهيدروجين أو يشع مقادير محددة من الطاقة. فسر ذلك.
- ما أقل طاقة وما أكبر طاقة يمكن أن يشعها الإلكترون؟
- جد نصف قطر المدار الثالث.
- احسب للإلكترون في المدار الثالث كل من:
 - الزخم الزاوي
 - الزخم الخطي
 - السرعة
 - طول موجة دي بروي المصاحبة له

٣ إحدى الفرضيات المهمة في فيزياء الكم "الطبيعة المزدوجة لكل من الإشعاع والمادة":

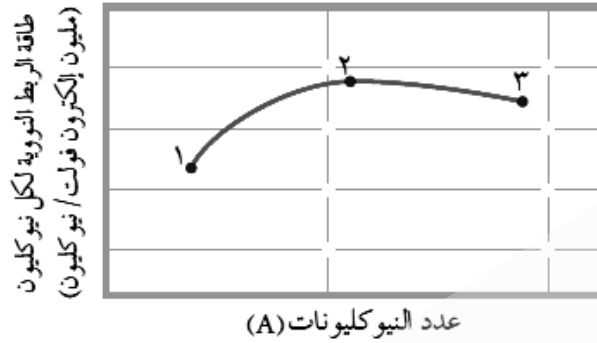
أ بين ما تعنيه هذه العبارة.

ب اذكر دليلاً عملياً يدعم سلوك الإشعاع بوصفه جسيماً، وآخر يدعم سلوك المادة بوصفها موجة.

٤ إذا علمت أن طاقة الربط النووية لنواة النتروجين $^{14}_7\text{N}$ تساوي (١٠٨) مليون إلكترون فولت:

أ وضح المقصود بطاقة الربط النووية.

ب احسب كتلة نواة النتروجين.



٥ يوضح الشكل المجاور التمثيل البياني للعلاقة

بين عدد النيوكليونات، وطاقة الربط النووي

لكل نيوكليون، وتشير الأرقام (٣، ٢، ١)

على المنحنى في الشكل إلى ثلاثة نظائر:

أ وضح المقصود بالنظائر.

ب رتب تنازلياً هذه النظائر وفق الطاقة اللازمة لفصل نيوكليون واحد من نواة كل منها.

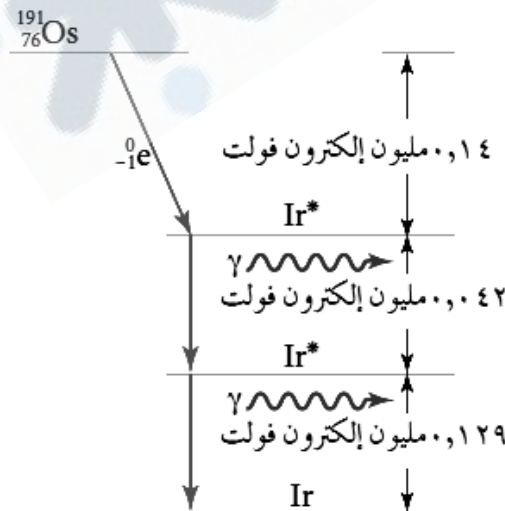
٦ تضمحل نواة أوزميوم $^{191}_{76}\text{Os}$ باعثة دقيقة بيتا سالبة طاقتها (٠,١٤) مليون إلكترون فولت في

المرحلة الأولى لاحظ الشكل، ثم أشعة غاما طاقتها ٠,٠٤٢ مليون إلكترون فولت في المرحلة

الثانية، ثم أشعة غاما طاقتها (٠,١٢٩) مليون إلكترون فولت في المرحلة الثالثة لكي تصل إلى

حالة الاستقرار.

تأمل الشكل ثم أجب عما يأتي:



أ جد العدد الذري والعدد الكتلي للنواة الناتجة

المستقرة وفق المعادلة الآتية.



ب ما الطاقة التي يجب أن تبعثها نواة Os في مرحلة

واحدة حتى تستقر؟

إجابات اسئلة الوحدة

السؤال الأول:

- أ. المهبط: تنبعث منه إلكترونات عند سقوط الأشعة فوق البنفسجية عليه
المصدر: يجمع الإلكترونات المنبعثة من المهبط
ب. عند سقوط الأشعة ينشأ تيار كهربائي ناتج عن انتقال الإلكترونات الضوئية من
المهبط إلى المصدر، وعند حدوث قطع في مسار الأشعة ينقطع التيار.
ج. لا، لأن كل منهما يعمل على زيادة التيار الكهروضوئي

د. ■ ما المقصود باقتران الشغل للفلز؟

أقل طاقة تلزم لتحرير إلكترونات من سطح الفلز بدون تزويده بطاقة حركية

■ إذا كانت الطاقة الحركية العظمى للإلكترونات الضوئية المنبعثة تساوي 3 إلكترون فولت، فاحسب تردد الأشعة فوق البنفسجية.

$$h\nu = \phi + K_{\text{max}}$$

$$5 = 2 + 3 \text{ إلكترون فولت}$$

$$15 \text{ هيرتز} = 10 \times 1.6 \times 5 = 10 \times 6.63 / 19 = 10 \times 34 = 10 \times 1.21 = 15 \text{ هيرتز}$$

السؤال الثاني:

أ. لأن الطاقة كماء، فالطاقة التي يمكن أن يمتصها أو يشعها هي فقط التي تعمل على نقله من مستوى طاقة إلى مستوى آخر.

ب. أقل طاقة يشعها عندما ينتقل من المستوى (ن = 3) إلى المستوى (ن = 2)،

$$\text{أي أن: } \Delta E = E_3 - E_2 = | -3.4 | - | -1.51 | = 1.89 \text{ إلكترون فولت}$$

أكبر طاقة يشعها عندما ينتقل من المستوى (ن = 3) إلى المستوى (ن = 1)،

$$\text{أي أن: } \Delta E = E_3 - E_1 = | -3.4 | - | -13.6 | = 10.2 \text{ إلكترون فولت}$$

$$12.09 = | -13.6 | - | -1.51 | = 12.09 \text{ إلكترون فولت}$$

$$\text{ج. نق} = \text{نق}^2 \leftarrow \text{نق}^3 = 10 \times 5.29 = 3 \times 10^{11} = 2 \times 10^{10} = 4.76 \times 10^{10} \text{ م}$$

$$\text{د. ■ ك ع نق} = \text{ن ه} / 2 = \pi \times 3 \times 6.63 \times 10^{34} = 3.14 \times 2 \times 10^{34} = 3.16 \times 10^{34} \text{ كغ م}^2/\text{ث}$$

$$\text{■ خ = ك ع} = \text{ك ع نق} / \text{نق}$$

$$= 10 \times 3.16 / 10 \times 4.76 = 10 \times 6.64 = 10 \times 6.64 \times 10^{25} \text{ كغ م}^2/\text{ث}$$

$$\text{■ ع = خ / ك}$$

$$= 10 \times 6.64 / 10 \times 9.11 = 10 \times 7.29 = 10 \times 7.29 \times 10^5 \text{ م}^2/\text{ث}$$

$$\text{■ } \lambda = \text{ه} / \text{خ}$$

$$= 10 \times 6.63 / 10 \times 6.64 = 10 \times 1 = 10 \times 1 \times 10^9 = 1 \text{ نم}$$

السؤال الثالث:

- أ. أن أي منهما يمكن أن يسلك سلوكًا موجيًا أو سلوكًا جسيميًا.
ب. يسلك الإشعاع كجسيم (فوتون) عندما يتفاعل مع المادة (الإلكترون) كما في الظاهرة الكهروضوئية أو ظاهرة كومبتون. وتسلك المادة (الإلكترونات) كموجة عند نفاذها من رقيقة معدنية، حيث تشكل نمطًا من الحيود.

السؤال الرابع:

- أ. هي مقدار الطاقة الخارجية التي يجب أن تزود بها النواة لفصل مكوناتها عن بعضها نهائيًا.
ب. طر = $\Delta K = 931.5 \times 108 \leftarrow \Delta K = 931.5 \times \Delta K \leftarrow \Delta K = 0.1159$ و.ك.ذ

لنواة النتروجين: $7 = Z$ ، $7 = 7 - 14 = N$

فرق الكتلة $\Delta K = (Z \times K_p + N \times K_n) - K_{النواة}$

$$0.1159 = (1.0073 \times 7 + 1.0087 \times 7) - K_{النواة}$$

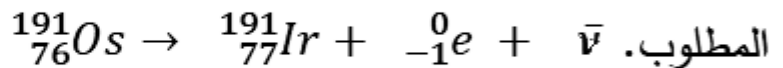
$$0.1159 = 14.112 - K_{النواة} \leftarrow K_{النواة} = 13.9961 \text{ و.ك.ذ}$$

السؤال الخامس:

- أ. ذرات للعنصر نفسه تتساوى أنويتها في العدد الذري وتختلف في العدد الكتلي.
ب. $1 < 2 < 3$

السؤال السادس:

- أ. نكتب المعادلة النووية ثم بتطبيق مبدأ حفظ العدد الكتلي ومبدأ حفظ العدد الذري نجد



- ب. الطاقة التي تبعثها نواة (Os) = $0.129 + 0.042 + 0.14 = 0.311$ مليون إلكترون فولت.