

ملخص الوحدة -2- التحولات النووية

البنية النووية:

نصف قطر النواة: يعطى نصف قطر النواة بالعلاقة: $R = r_0 \cdot \sqrt[3]{A}$ حيث R هو نصف قطر النواة

r_0 : هو ثابت بالنسبة لكل الأنوية : $r_0 = 1,3 \text{ Fermi}$ حيث: $\text{Fermi} = 10^{-15} \text{ m}$

نواة الذرة: تتألف من جسيمات تسمى النيكليونات (البروتونات و النيوترونات) عدد هذه النيكليونات هو A . تمثل النواة بالشكل ${}^A_Z X$:

حيث: X هي النواة ، Z هو عدد البروتونات ، A هو العدد الكتلي ، أما عدد النيوترونات فهو $N = A - Z$

النظائر: هي ذرات تنتمي إلى نفس العنصر الكيميائي لها نفس عدد البروتونات Z وتختلف في العدد الكتلي A النيوترونات N .

مثل نظائر عنصر الهيدروجين: 1_1H ، 2_1H ، 3_1H .

الكتلة المولية لنواة لها نظائر: $M_X = \frac{Y_1 \cdot A_1 + Y_2 \cdot A_2}{100}$ حيث: Y_1, Y_2 نسبة تواجد النظيرين

الكتلة الذرية لنواة لها نظائر: $m_X = \frac{Y_1 \cdot m_1 + Y_2 \cdot m_2}{100}$ حيث: الكتلة الذرية للنظيرين m_1, m_2

في حالة نواة ليس لها نظائر: $M = A (g/mol)$: ${}^A_Z X$

الكتلة الذرية لنواة ليس لها نظائر: $m_X \approx A \mu$: ${}^A_Z X$

وحدة الكتل الذرية μ : يرمز لها بالرمز μ وتعرف بأنها $\left(\frac{1}{12}\right)$ من كتلة ذرة الكربون 12 حيث: $1u = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}$

1- النشاط الإشعاعي:

النشاط الإشعاعي: هو تحول نووي طبيعي تلقائي يحدث للأنوية غير مستقرة إصدار مع إصدار جسيمات $(\alpha, \beta^-, \beta^+)$ أو إشعاع كهرومغناطيسي (γ) .

خصائص النشاط الإشعاعي: تلقائي، عشوائي، حتي ولا يتأثر بالعوامل الخارجية

تعريف النواة المشعة: هي نواة غير مستقرة تتفكك تلقائيا إلى نواة جديدة أكثر إستقرارا، مع إصدار إشعاعات (α, β, γ)

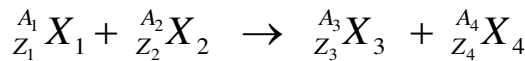
خصائص بعض الجسيمات:

الجسيم	البروتون 1_1P	النيوترون 1_0n	الإلكترون ${}^0_{-1}e$	البوزيترون ${}^0_{+1}e$
كتلته (kg)	$1,6724 \cdot 10^{-27}$	$1,6747 \cdot 10^{-27}$	$9,1 \cdot 10^{-31}$	$9,1 \cdot 10^{-31}$
كتلته بـ (μ)	1,00728	1,00866	0,0005	0,0005
شحنه (C)	$1,6 \cdot 10^{-19}$	0	$-1,6 \cdot 10^{-19}$	$1,6 \cdot 10^{-19}$

➤ **القوة النووية القوية:** هي القوة المسؤولة عن تماسك النواة، وهي أقوى بكثير من قوة التنافر الكهربائي المتبادل بين البروتونات.

قانوني الإنحفاظ (قانونا صودي):

خلال كل تفاعل نووي يتحقق إنحفاظ للعدد الكتلي A وكذلك إنحفاظ للرقم الذري Z (أو العدد الشحني) بين طرفي المعادلة:



➤ **القانون 01:** إنحفاظ العدد الكتلي A : $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$

➤ **القانون 02:** إنحفاظ العدد الذري Z : $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$

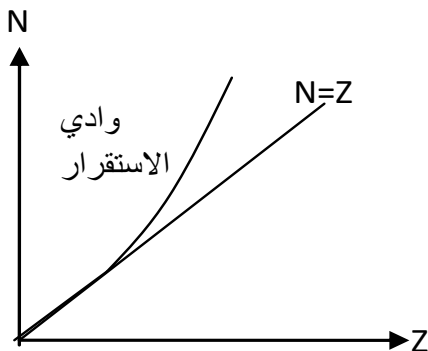
مخطط (N-Z) لسيفري Segre: $N = f(Z)$

الأنوية المستقرة:

- $Z < 20$: الأنوية المستقرة تتوزع بجوار المستقيم $Z = N$.

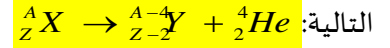
- $Z > 20$: الأنوية تتوزع فوق المستقيم $Z = N$.

الأنوية المشعة:

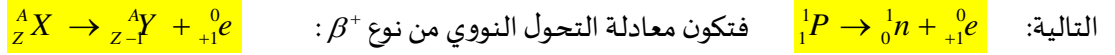


- الأنوية التي تقع فوق وادي الاستقرار (عدد نيوتروناتها كثيرة) تشع جسيمات β^- .
- الأنوية التي تقع تحت وادي الاستقرار (عدد بروتوناتها كثيرة) تشع جسيمات β^+ .
- الأنوية الثقيلة $Z > 82$: تقع في أعلى مجال الاستقرار وتشع جسيمات α .

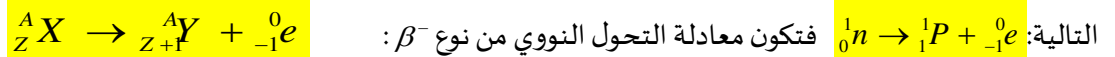
النشاط الإشعاعي α يميز الأنوية الثقيلة $A > 200$ هو تفكك طبيعي يصاحبه بانبعث نواة الهيليوم حسب المعادلة التالية:



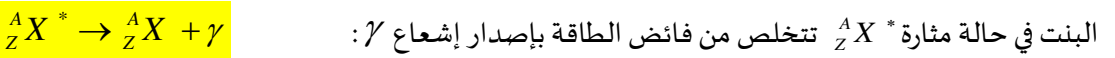
النشاط الإشعاعي β^+ : هو تفكك طبيعي يتمثل في انبعث بوزيترون ${}_1^0e$ من النواة، حيث يتحول البروتون إلى نوترون حسب المعادلة



النشاط الإشعاعي β^- : هو تفكك طبيعي يتمثل في انبعث إلكترون ${}_1^0e$ من النواة، حيث يتحول النيوترون إلى بروتون حسب المعادلة



النشاط الإشعاعي γ : عبارة عن إشعاعات كهرومغناطيسية، وهو إصدار يرافق الأنشطة الإشعاعية (α, β^-, β^+) حيث تكون النواة



العائلة المشعة هي سلسلة من التفككات تصدر من نواة أصلية أي عندما تتحول نواة أصلية غير مستقرة إلى نواة أخرى وإذا كانت هذه الأخيرة غير مستقرة فإنها تتحول بدورها إلى نواة أخرى وهكذا إلى أن نحصل على نواة مستقرة وغير مشعة. وتوجد أربع فصائل مشعة طبيعية

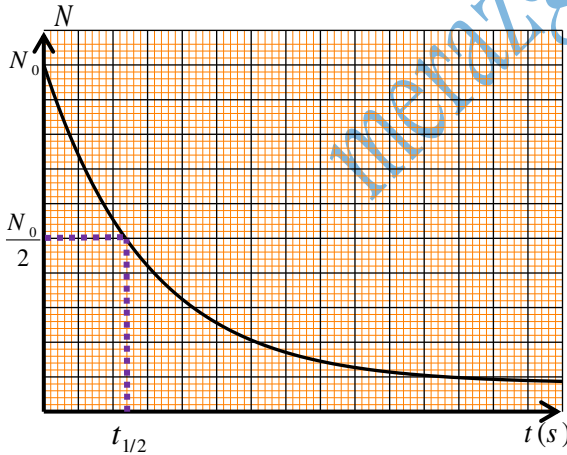


تنحدر من الأنوية التالية:

التناقص الإشعاعي:

الطابع العشوائي للتناقص الإشعاعي:

لا يمكن دراسة تفكك الانوية بنواة واحدة منفردة لأنها لا تسلك نفس السلوك إتجاهات تفكك، معنى هذا أن دراستها تعتمد على القيم المتوسطة أي دراسة إحصائية ذات طابع عشوائي.



قانون التناقص الإشعاعي: $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$

$N(t)$: عدد الأنوية المتبقية في كل لحظة t

N_0 : عدد الأنوية الابتدائية للعينة.

λ : ثابت النشاط الإشعاعي (ثابت التفكك) وحدته (s^{-1}).

ملاحظة: تعطى عبارة الأنوية المتفككة بالعلاقة:

$$N_d(t) = N_0 - N(t)$$

$$N_d(t) = N_0 - N_0 e^{-\lambda t} = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

$$N_d(t) = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$$

زمن نصف العمر (الحياة): هو المدة اللازمة لتفكك نصف عدد الأنوية الابتدائية N_0 للعينة حيث: $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$.

$$t = t_{1/2} \Leftrightarrow N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$$

$$N(t_{1/2}) = N_0 e^{-\lambda t_{1/2}} \Leftrightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{1/2}} \dots \dots \dots (1)$$

$$-\lambda t_{1/2} = \ln \frac{1}{2} \Leftrightarrow \lambda t_{1/2} = \ln 2 \Leftrightarrow$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

بإدخال الدالة لوغاريتم على العلاقة (1) تصبح كمايلي:

حيث: n عدد طبعي

$$N(nt_{1/2}) = \frac{N_0}{2^n}$$

ملاحظة:

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

تعريف ثابت الزمن τ : يميز طبيعة النواة المشعة وهو يمثل تناقص (تفكك) 63% من العينة الابتدائية وحدته (s) ويعطى بالعلاقة

إيجاد قيمة ثابت الزمن τ :

$$\tau = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} = \frac{1}{\lambda}$$

بيان:

- باستخدام منحنى $N(t)$ وبالاعتماد على التعريف نسقط القيمة $0.37N_0$

على المنحنى $N(t)$ فنجد قيمة τ

$$N(\tau) = N_0 e^{-\lambda\tau} \Leftrightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\frac{1}{\tau}\tau} = 0.37N_0$$

$$N(\tau) = 0.37N_0$$

- مماس المنحنى عند اللحظة $t=0$ يقطع محور الفواصل في نقطة فاصلتها: $t = \tau$

النشاط الإشعاعي $A(t)$: نشاط عينة مشعة هو عدد التفككات التي تحدث لعينة مشعة في ثانية واحدة، يرمز له بـ $A(t)$ ، وحدته في

$$A(t) = -\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N(t) = \lambda \cdot N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t}$$

جملة الوحدات الدولية البيكرل (Bq) يعبر عنه بالعلاقة: $A(t) = -\frac{dN}{dt} = \lambda \cdot N(t) = \lambda \cdot N_0 e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t}$

يقاس النشاط الإشعاعي بالبيكريل (Bq) حيث $1Bq$ يعادل تفكك واحد في الثانية كما توجد وحدة أخرى لقياس النشاطية هي الكيري Ci

$$1Ci = 3.7 \times 10^{10} Bq$$

➤ لقياس النشاط الإشعاعي نستعمل جهاز يدعى **عداد جيجر مولر**



التأريخ بقياس النشاط الإشعاعي:

- يتواجد ^{14}C و ^{12}C في الكائنات الحية بنسبة ثابتة.

- عند موت العضو فإن ^{14}C لا يتجدد لأن التفاعلات مع العالم الخارجي تتوقف وعليه يبدأ

$$\frac{N_{^{14}C}}{N_{^{12}C}} \approx 1.2 \times 10^{-12}$$

في التناقص بينما ^{12}C يبقى ثابت. حيث

- إذا كان نشاط ^{14}C لحظة موته هو A_0 ، والنشاط في اللحظة t بعد موته بمدة طويلة هو $A(t)$ ومنه نحسب عمر العضو من العلاقات

$$t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \left(\frac{A_0}{A(t)} \right) = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \left(\frac{N_0}{N(t)} \right) = \frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \left(\frac{m_0}{m(t)} \right)$$

2- الانشطار النووي والاندماج النووي:

طاقة الكتلة (Albert-Einstein):

تملك كل كتلة m في الكون طاقة كتلة قدرها: $E = m.C^2$ حيث: C سرعة الضوء في الفراغ $C = 2.9964 \times 10^8 m/s$

تقدر الطاقة في جملة الوحدات الدولية بالجول (J) أما على المستوى الذري هناك وحدات أخرى منها:

$$1MeV = 10^6 eV = 1.6 \times 10^{-13} J \quad 1eV = 1.6 \times 10^{-19} J$$

$$1\mu = 931.5 MeV / C^2$$

يمكن أن نحسب الطاقة التي تحررها كتلة قدرها 1μ مقدرة بـ MeV نجد:

النقص الكتلي Δm : لو نحسب مجموع كتل كل من البروتونات و النيوترونات و نقارنها مع كتلة النواة في أي ذرة سنجد أن مجموع كتل

النويات أكبر من كتلة النواة يسمى هذا الفارق في الكتلة بالنقص الكتلي ويعطى بالعلاقة: $\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m(^A_Z X)$

طاقة الربط النووي $E_l(^A_Z X)$: هي الطاقة اللازمة لتفكيك النواة وهي في حالة سكون إلى نكليونها الساكنة، تعطى عبارتها كما يلي:

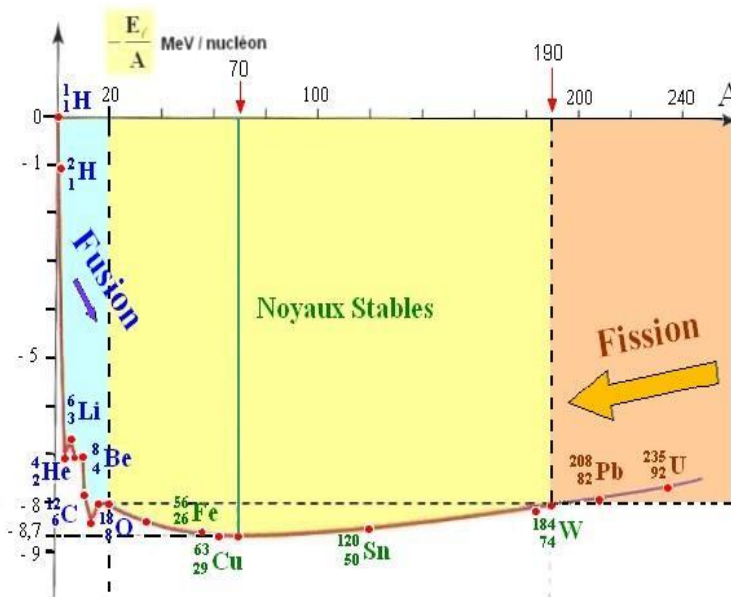
$$E_l(^A_Z X) = [Zm_p + (A - Z)m_n - m(^A_Z X)]C^2$$

تسمح هذه الطاقة بالمقارنة بين الأنوية من حيث الاستقرار، فكلما كانت طاقة الربط لكل نكليون أكبر كانت طاقة الربط لكل نوية (E_{A})

النواة أكثر استقرار، تحسب بالعلاقة: $E_{\text{نواة}} = \frac{E_l}{A} \left(\text{Mev} / \text{nucléon} \right)$

منحنى Aston: $f(A) = \left(\frac{E_l}{A} \right)$ - يوضح مدى إستقرار الأنوية.

❖ الحالة الأولى: $20 < A < 190$



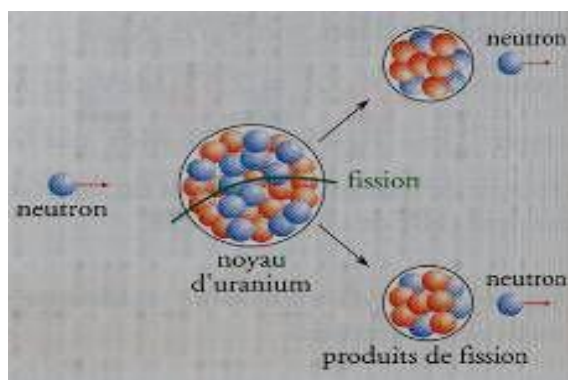
الأنوية المحصورة في هذا المجال تملك طاقة ربط لكل نوية قيمتها المتوسطة حوالى $8,7\text{Mev}$ ، هذه الأنوية هي **الأكثر استقرارا**. مثال: $^{56}_{26}\text{Fe}$ $^{63}_{29}\text{Cu}$

❖ **الحالة الثانية:** $A > 190$ هذا المجال يوافق الانوية الثقيلة، وهي أنوية قليلة الاستقرار، إذ يمكنها أن تنشط الى نواتين خفيفتين وأكثر استقرار، وتسمى هذه الظاهرة الانشطار النووي.

❖ الحالة الثالثة: $20 < A < 1$ الأنوية في هذا المجال أنوية خفيفة وهي أقل استقرارا لأن $\frac{E_I}{A} < 8 \text{ Mev}$, إذ يمكنها أن

تتحد فيما بينها لتعطي نواة أكثر ثقلا وأكثر استقرار، وتسمى هذه الظاهرة الاندماج النووي

الانشطار النووي Fission: هو تفاعل نووي مفتعل، نقذف فيه نواة ثقيلة بـ نوترون بطيء فتنقسم إلى نواتين خفيفتين نسبيا وأكثر إستقرارا من النواة المنشطرة. ورافق هذا التفاعل النووي تحرر طاقة ونيوترونات.

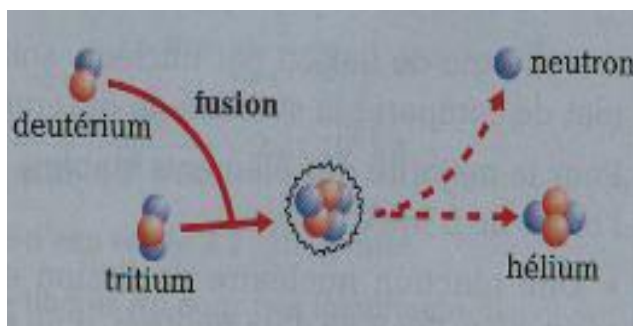


التفاعل التسلسلي (التفاعل المغذي ذاتيا).

الحصول على نترونين أو ثلاثة نترونات بطاقة كافية لإنشطار أنوية أخرى لذلك نقول عن هذا التفاعل انه تسلسلي مغذي ذاتيا ، اختيار النيوترون لأنه عديم الشحنة لا يتنافر مع النواة .

الاندماج النووي Fusion:

هو تفاعل نووي مفتعل، يتم خلاله دمج نواتين خفيفتين لتكوين نواة أثقل مع تحرير طاقة هائلة. كما أنه صعب الحدوث بسبب قوى التأثيرات البينية التنافرية لذلك وجب توفير درجة حرارة $10^8 K$ عالية وضغط كبير.



الطاقة المحررة عن تفاعل نووي E_{lib} :

$E_{lib} = \Delta m . C^2 = (m_i - m_f) C^2$ في التفاعلات النووية تكون دوما كتلة المتفاعلات أكبر من كتلة النواتج