# ملخص الوحدة -2- التحولات النووية

## البنية النووية:

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

$r_0$ : هو ثابت بالنسبة لكل الأنوية : $r_0 = 1,3 Fermi$ حيث: $Fermi$ هي وحدة لقياس المسافات الصغيرة جدا $1Fermi = 10^{-15} m$.

**نواة الذرة:** تتألف من جسيمات تسمى النيكليونات ( البروتونات و النيترونات ) 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 النيترونات فهو $N = A - Z$

**النظائر:** هي ذرات تنتمي إلى نفس العنصر الكيميائي لها نفس عدد البروتونات $Z$ و تختلف في العدد الكتلي $A$ النيترونات $N$.

مثل نظائر عنصر الهيدروجين : $^{1}_{1}H$ ، $^{2}_{1}H$ ، $^{3}_{1}H$.

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

**الكتلة الذرية لنواة لها نظائر** $^{A_1}_{Z}X$ ، $^{A_2}_{Z}X$ : $m_X = \frac{Y_1 . m_1 + Y_2 . m_2}{100}$ حيث:الكتلة الذرية للنظيرين $m_1$ ، $m_2$

**في حالة نواة ليس لها نظائر** $^{A}_{Z}X$ : $M = A\,(g/mol)$

**الكتلة الذرية لنواة ليس لها نظائر** $^{A}_{Z}X$ : $m_x \approx A\,\mu$

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

## 1- النشاط الإشعاعي:

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

**خصائص النشاط الإشعاعي:** تلقائي ، عشوائي، حتمي ولا يتأثر بالعوامل الخارجية

**تعريف النواة المشعة :** هي نواة غير مستقرة تتفكك تلقائيا إلى نواة جديدة أكثر إستقرارا، مع إصدار إشعاعات $(\alpha, \beta, \gamma)$

**خصائص بعض الجسيمات:**

| الجسيم | البروتون $^{1}_{1}p$ | النيترون $^{1}_{0}n$ | الإلكترون $^{0}_{-1}e$ | البوزيتون $^{0}_{+1}e$ |
|---|---|---|---|---|
| كتلته (kg) | $1,6724.10^{-27}$ | $1,6747.10^{-27}$ | $9,1.10^{-31}$ | $9,1.10^{-31}$ |
| كتلته بـ ( $\mu$ ) | 1,00728 | 1,00866 | 0,0005 | 0,0005 |
| شحنته (C) | $1,6.10^{-19}$ | 0 | $-1,6.10^{-19}$ | $1,6.10^{-19}$ |

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

**قانوني الإنحفاظ (قانونا صودي):**

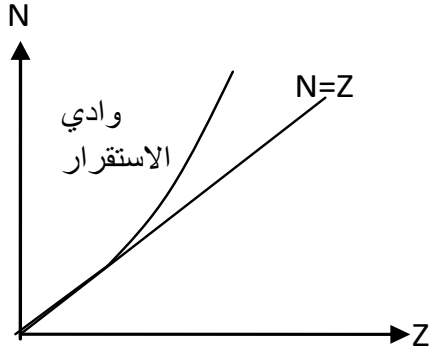
خلال كل تفاعل نووي يتحقق إنحفاظ للعدد الكتلي Aوكذلك إنحفاظ للرقم الذري (أو العدد الشحني ) Z بين طرفي المعادلة :

$$^{A_1}_{Z_1}X_1 + {}^{A_2}_{Z_2}X_2 \rightarrow {}^{A_3}_{Z_3}X_3 + {}^{A_4}_{Z_4}X_4$$

➢ **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) لسيغري Segre :** $N = f\,(Z)$




**الأنوية المستقرة:**

- $Z \prec 20$ : الأنوية المستقرة تتوزع بجوار المستقيم $Z = N$ .
- $Z \succ 20$ : الأنوية تتوزع فوق المستقيم $Z = N$ .

**الأنوية المشعة :**

razga-lab

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

**النشاط الإشعاعي $\alpha$** يميز الأنوية الثقيلة $A \succ 200$ هو تفكك طبيعي يصاحبه بانبعاث نواة الهيليوم حسب المعادلة التالية: $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$

**النشاط الإشعاعي $\beta^+$**:هو تفكك طبيعي يتمثل في انبعاث بوزيتون $^{0}_{-1}e$ من النواة، حيث يتحول البروتون إلى نترون حسب المعادلة التالية: $^{1}_{1}P \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e$ فتكون معادلة التحول النووي من نوع $\beta^+$ : $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e$

**النشاط الإشعاعي $\beta^-$**:هو تفكك طبيعي يتمثل في انبعاث إلكترون $^{0}_{-1}e$ من النواة، حيث يتحول النيترون إلى بروتون حسب المعادلة التالية: $^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}P + {}^{0}_{-1}e$ فتكون معادلة التحول النووي من نوع $\beta^-$ : $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e$

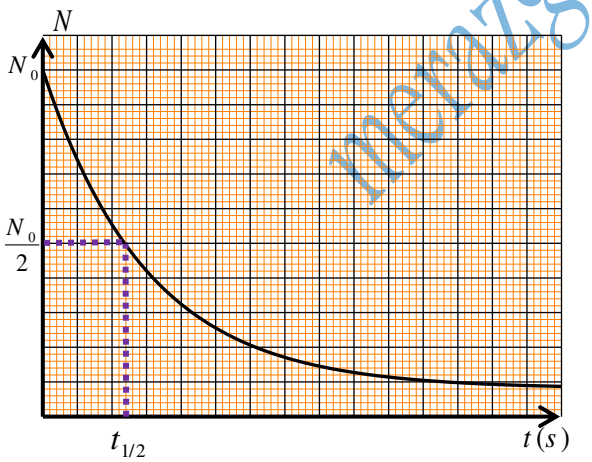
**النشاط الإشعاعي $\gamma$**:عبارة عن إشعاعات كهرومغناطيسية ، وهو إصدار يرافق الأنشطة الإشعاعية $(\alpha, \beta^-, \beta^+)$ حيث تكون النواة البنت في حالة مثارة $^{A}_{Z}X^{*}$ تتخلص من فائض الطاقة بإصدار إشعاع $\gamma$ : $^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma$

**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 : $^{238}_{92}U$ . $^{235}_{92}U$ . $^{237}_{93}Np$. $^{232}_{90}Th$ .

**التناقص الإشعاعي:**

**الطابع العشوائي للتناقص الإشعاعي:**

لا يمكن دراسة تفكك الانوية بنواة واحدة منفردة لأنها لا تسلك نفس السلوك إتجاهالتفكك ،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 الإبتدائية للعينة.

$\lambda$ :ثابت النشاط الإشعاعي (ثابت التفكك) وحدته $(s^{-1})$ .

**ملاحظة:** تعطى عبارة الأنوية المتفككة بالعلاقة:

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

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

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

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

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

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

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

بإدخال الدالة لوغاريتم على العلاقة (1) تصبح كمايلي: $-\lambda t_{1/2} = \ln\frac{1}{2} \Leftrightarrow \lambda t_{1/2} = \ln 2 \Leftrightarrow$ $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$

mermoza-laid

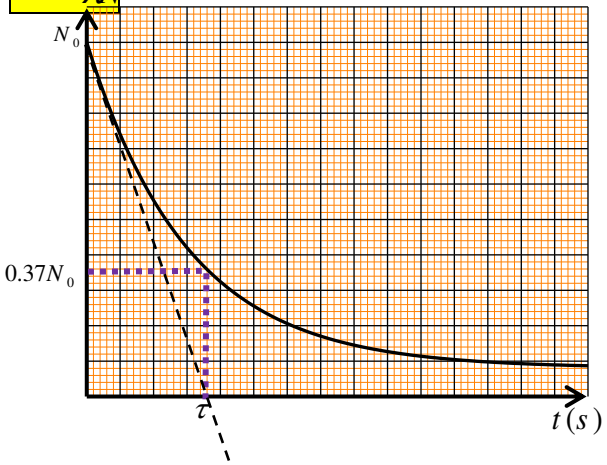
**ملاحظة:** $N(nt_{1/2}) = \frac{N_0}{2^n}$ حيث: $n$ عدد طبيعي

**تعريف ثابت الزمن $\tau$:** يميز طبيعة النواة المشعة وهو يمثل تناقص (تفكك) 63% من العينة الإبتدائية وحدته (s) ويعطى بالعلاقة $\tau = \frac{1}{\lambda N}$

**إيجاد قيمة ثابت الزمن $\tau$:**

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

**بيانيا:**




- باستخدام منحنى $N(t)$ وبالإعتماد على التعريف نسقط القيمة $0.37N_0$ على المنحنى $N(t)$ فنجد قيمة $\tau$

$$N(\tau) = N_0 e^{-\lambda\tau} \Leftrightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\frac{1}{\tau}\tau} = 0,37N_0$$

$$N(\tau) = 0,37N_0$$

- 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 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 الاشعاس بالبيكريل $(Bq)$ حيث $1Bq$ يعادل تفكك واحد في الثانية كما توجد وحدة اخرى لقياس النشاطية هي الكيري $Ci$ حيث: $1Ci = 3,7\times10^{10}Bq$

➢ لقياس النشاط الإشعاعي نستعمل جهاز يدعى **بعداد 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 في التناقص بينما $^{12}C$ يبقى ثابت. حيث $\frac{N_{^{14}C}}{N_{^{12}C}} \approx 1,2\times10^{-12}$
- 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 الآتية: $t = \frac{t_{1/2}}{Ln2} Ln\left(\frac{A_0}{A(t)}\right) = \frac{t_{1/2}}{Ln2} Ln\left(\frac{N_0}{N(t)}\right) = \frac{t_{1/2}}{Ln2} Ln\left(\frac{m_0}{m(t)}\right)$

merazga-lab

## 2- الإنشطار النووي والإندماج النووي:

**طاقة الكتلة (*Albert-Einstein*):**

تملك كل كتلة $m$ في الكون طاقة كتلة قدرها: $E = m.C^2$ حيث: $C$ سرعة الضوء في الفراغ $C = 2,9964\times10^8 m/s$

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

الإلكترون فولط: $1ev = 1,6\times10^{-19} j$ ميغا الكترون فولط: $1Mev = 10^6 ev = 1,6\times10^{-13} j$

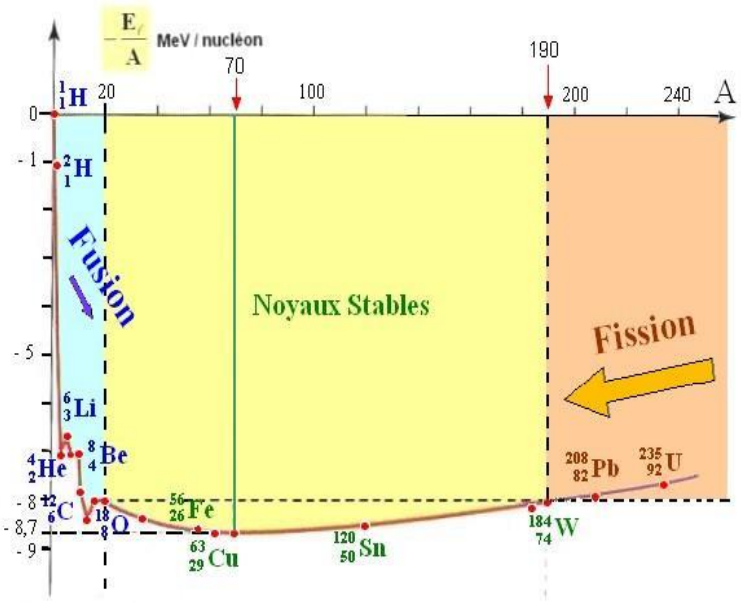
يمكن أن نحسب الطاقة التي تحررها كتلة قدرها $1u$ مقدرة ب $Mev$ نجد: $1\mu = 931,5 Mev/C^2$

**النقص الكتلي $\Delta m$:** لو نحسب مجموع كتل كل من البروتونات و النيترونات و نقارنها مع كتلة النواة في أي ذرة سنجد أن مجموع كتل النويات أكبر من كتلة النواة يسمى هذا الفارق في الكتلة بالنقص الكتلي و يعطى بالعلاقة: $\Delta m = Zm_P + (A-Z)m_n - m\left(^A_Z X\right)$

**طاقة الربط النووي $E_l\left(^A_Z X\right)$:** هي الطاقة اللازمة لتفكيك النواة وهي في حالة سكون إلى نكليوناتها الساكنة، تعطى عبارتها كما يلي: $E_l\left(^A_Z X\right) = \left[Zm_P + (A-Z)m_n - m\left(^A_Z X\right)\right]C^2$

**طاقة الربط لكل نوية** $\left(E_{l/A}\right)$: تسمح هذه الطاقة بالمقارنة بين الأنوية من حيث الاستقرار، فكلما كانت طاقة الربط لكل نكليون أكبر كانت النواة أكثر استقرار، تحسب بالعلاقة: $E_{l/A}=\frac{E_l}{A}\left(Mev/nucléon\right)$

**منحني Aston**: $\left(E_{l/A}\right)=f\ (A)$ – يوضح مدى إستقرار الأنوية.



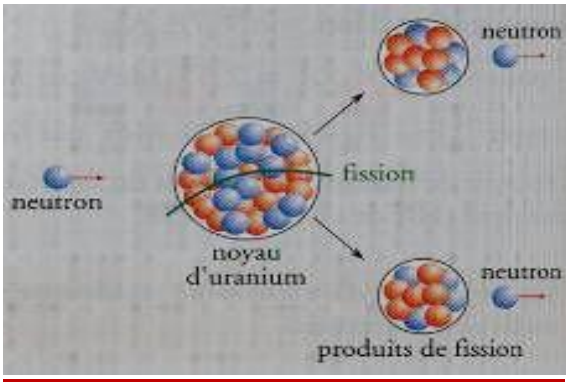

❖ **الحالة الأولى:** $20\prec A\prec 190$

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

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

❖ **الحالة الثالثة:** $1\prec A\prec 20$ الأنوية في هذا المجال أنوية خفيفة وهي أقل استقرارا لأن $\frac{E_l}{A}\prec 8Mev$, إذ يمكنها أن تتحد فيما بينها لتعطي نواة أكثر ثقلا وأكثر استقرار، وتسمى هذه الظاهرة **الاندماج النووي**

**الإنشطار النووي *Fission***: هو تفاعل نووي مفتعل، نقذف فيه نواة ثقيلة بنترون بطيء فتنقسم إلى نواتين خفيفتين نسبيا وأكثر إستقرارا من النواة المنشطرة. ويرافق هذا التفاعل النووي تحرير طاقة ونترونات

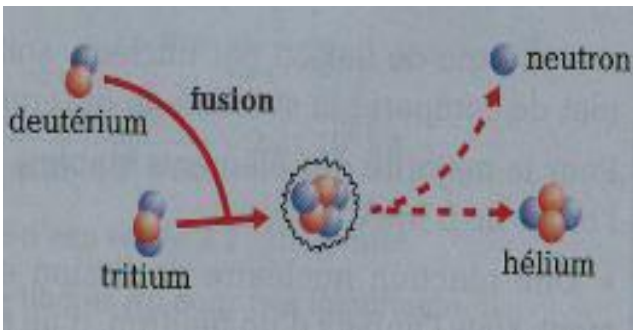



**التفاعل التسلسلي (التفاعل المغذى ذاتيا).**

الحصول على نترونين او ثلاثة نترونات بطاقة كافية لإنشطار أنوية اخرى لذلك نقول عن هذا التفاعل انه **تسلسلي مغذي ذاتيا** ،اختيار النيترون 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 $10^8\ K$ علية وضغط كبير.




**الطاقة المحررة عن تفاعل نووي $E_{lib}$:**

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

Ba-lai