| المجال : التطورات الرتيـــــــبة | الوحدة 02 : التحـــولات النوويـــــة | المستوى: 3 ع ت + ر+ ت ر<br>الدرس رقم : 02 |
|---|---|---|

# 1 ـ مكتـــسبات قبـــــلية :

## 1 ـ 1 ـ الدالة الأسية :

أ ـ شكلها : $f(x) = a\,e^{bx}$ ، حيث e : الأساس النبيري ، e = 2.71 . a ، b : عددان حقيقيان

معرفة في المجال $]-\infty\ ;\ +\infty[$ .

ب ـ مشتقها : $f'(x) = a\,b\,e^{bx}$ ، $\lim\limits_{x \to +\infty} e^x = +\infty$ ، $\lim\limits_{x \to -\infty} e^x = 0$

جـ ـ خواصها : لكل عدد x و y و عدد حقيقي α : $e^{x+y} = e^x \times e^y$ ، $e^{x-y} = \dfrac{e^x}{e^y}$ ،

$e^{\alpha x} = (e^x)^{\alpha}$

## 1 ـ 2 ـ الدالة اللوغاريتمية النيبيرية :

أ ـ شكلها : $f(x) = \ln x$ ، معرفة في المجال $]0\ ;\ +\infty[$ .

ب ـ مشتقها : $f(x)' = \dfrac{x'}{x}$

ب ـ خواص اللوغاريتم : $\ln 1 = 0$ ، $\ln e = 1$ ،

لكل الأعداد الحقيقية $x \rangle 0$ ، $y \rangle 0$ و a : $\ln(x \times y) = \ln x + \ln y$ ، $\ln \dfrac{x}{y} = \ln x - \ln y$

، $\ln x^a = a \ln x$ .

# 2 ـ البـــنية الـــنوويـــــــــة :

**2 ـ 1 ـ بنية الذرة :** تتكون الذرة من نواة و الكترونات .

تمثل رمزيا نواة الذرة بـ : ${}^{A}_{Z}X$ ، $A = Z + N$

X : رمز العنصر الكيميائي ، A : العدد الكتلي ( عدد النوكليونات ، عدد النويات ) ، Z : الرقم الذري ( عدد البروتونات ) .

| الدقائق | البروتون ${}^{1}_{1}p$ | النوترون ${}^{1}_{0}n$ | الالكترون ${}^{0}_{-1}e$ |
|---|---|---|---|
| العدد | $Z$ | $A - Z$ | $Z$ |
| الكتلة ( kg ) | $1.673 \times 10^{-27}$ | $1.675 \times 10^{-27}$ | $9.1 \times 10^{-31}$ |
| الشحنة ( C ) | $1.602 \times 10^{-19}$ | $0$ | $-1.602 \times 10^{-19}$ |

ملاحظة : وحدة الكتل في المستوي الذري هي : وحدة الكتل الذرية μ حيث : $1\mu = 1.66 \times 10^{-27}\ Kg$

## 2 ـ 2 ـ النيوكليدات و النظائر :

ا ـ النيوكليد : هو نواة ذرة تحتوي على Z بروتون و N نوترون ويرمز له بالرمز : ${}^{A}_{Z}X$ ، $A = Z + N$ .

أمثلة : ${}^{12}_{6}C$ ، ${}^{16}_{8}O$ ، ${}^{238}_{92}U$ ، ${}^{4}_{2}He$ .

ب ـ النظائر : هي ذرات تنتمي لنفس العنصر الكيميائي لها نفس الرقم الذري Z وتختلف في عدد النوترونات N .

أمثلة : ${}^{12}_{6}C$ ، ${}^{13}_{6}C$ ، ${}^{14}_{6}C$ .

**2 ـ 3 ـ القوة النووية القوية :** هي القوة المسؤولة عن تماسك النواة و هي أقوى بكثير من قوة التنافر الكهربائي المتبادل بين البروتونات .



الأستاذ : د . بلـــخير

# 3 ـ النشـــــاط الاشـــعاعـــــــي :

## 3 ـ 1 ـ استقرار الأنوية :

يتعلق بالفرق الموجود بين قوى التجاذب الموجودة بين النويات (القوة النووية القوية ) و قوى التنافر بين البروتونات .

* النواة المستقرة: هي نواة تحافظ دوما على تكوينها .

* النواة غير المستقرة ( نواة مشعة ) : هي نواة $^{A}_{Z}X$ يحدث لها تحول يؤدي الى تشكيل نواة جديدة $^{A'}_{Z'}X$ بإصدار إشعاعات $\alpha$ أو $\beta$ أو $\gamma$ تسمى هذه الظاهرة النشاط الإشعاعي .

* يوجد حوالي 116 عنصر كيميائي يوافقها تقريبا 350 نواة طبيعية ،منها حوالي 60 نواة غير مستقرة ( مشعة ) كما توجد حوالي 2500 نواة اصطناعية غير مستقرة .

## 3 ـ 2 ـ قانون الانحفاظ :

في كل تحول نووي يحفظ مايلي : * الشحنة الكهربائية * العدد الكتلي ( A ) و العدد الذري ( Z ) * الطاقة .

مثال : $^{A_1}_{Z_1}X_1 + {}^{A_2}_{Z_2}X_2 \rightarrow {}^{A_3}_{Z_3}X_3 + {}^{A_4}_{Z_4}X_4$ X : نواة أو جسيما ( بروتون أو نوترون ..... ) .

يتحقق الانحفاظ : $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$ ، $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$ .

## 3 ـ 3 ـ خصائص النشاط الاشعاعي :

* عشوائي : لايمكن توقع لحظة اختزال النواة .
* تلقائي : يحدث دون أي تدخل خارجي .
* حتمي : تتفكك النواة غير المستقرة عاجلا أم اجلا .
* مستقل عن التركيب الكيميائي الذي تنتمي اليه النواة المشعة .
* مستقل عن عاملي الضغط ودرجة الحرارة .

## 3 ـ 4 ـ أنواع النشاط الاشعاعي :

أ ـ النشاط الاشعاعي $\alpha$ ( $^{4}_{2}He$ ) : يميز الأنوية الثقيلة ( A ⟩ 200 ، Z ⟩ 83 ) و يتم بانبعاث نواة الهيليوم ( $^{4}_{2}He$ )

حسب المعادلة الاتية : $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$ ، مثال : $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$

نواة الأب — نواة الابن

U : اليورانيوم ، Th : الثيريوم ( صلب )

* النشاط الاشعاعي $\alpha$ ضعيف النفاذية يمكن توقيفه بورق أو بضع سنتيمترات من الهواء .

ب ـ النشاط الاشعاعي $\beta^-$ ( $^{0}_{-1}e$ ) : يميز الأنوية الغنية بالنوترونات حيث يتحول النيترون إلى بروتون و ينبعث الكترون $^{0}_{-1}e$

حسب المعادلة : $^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + \upsilon$ ، $\upsilon$ : نيترون مضاد ( لايملك شحنة و لا كتلة ) .

معادلة التحول النووي هي : $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e + \upsilon$ . مثال : $^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^{0}_{-1}e$

Co : الكوبالت ( صلب ) ، Ni : النيكل ( صلب )

جـ ـ النشاط الاشعاعي $\beta^+$ ( $^{0}_{+1}e$ ) : يميز الأنوية الغنية بالبروتونات حيث يتحول البروتون إلى نيترون و ينبعث بوزيتون ( الكترون موجب $^{0}_{+1}e$ ) حسب المعادلة : $^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e + \upsilon$

معادلة التحول النووي هي : $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e + \upsilon$ . مثال : $^{30}_{15}P \rightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^{0}_{+1}e$

P : الفوصفور ( صلب ) ، Si : السيليسيوم ( صلب )

* النشاط الاشعاعي $\beta$ له نفاذية معتبرة ، يمكن توقيفه ببضع سنتيمترات من الألمنيوم .

د ـ النشاط الاشعاعي $\gamma$ : تكون مصاحبة للنشاطات الاشعاعية السابقة ( $\alpha$ ، $\beta^-$ ، $\beta^+$ ) وهو اشعاع كهرومغناطيسي ( فوتونات ) وليست جسيمات مادية .

معادلة التحول النووي هي : $^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}X + \gamma$

نواة الابن مثارة — نواة الابن مستقرة

مثال : $^{60}_{28}Ni^{*} \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + \gamma$ ، $^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni^{*} + {}^{0}_{-1}e$

* النشاط الاشعاعي $\gamma$ شديد النفاذية و يصعب توقيفه ، يحتاج حوالي 20سم من الرصاص أو عدة أمتار من الخرسانة للوقاية من أخطاره .



الأستاذ : د. بلـــخير

## 3 ـ 5 ـ مخطط segre ، مخطط ( N ، Z ) ، N = f ( Z ) ، Z = f ( N ) :

* ان الأنوية المستقرة تشكل على هذا المخطط ما يعرف بـ مجال الاستقرار ( وادي الاستقرار ) .

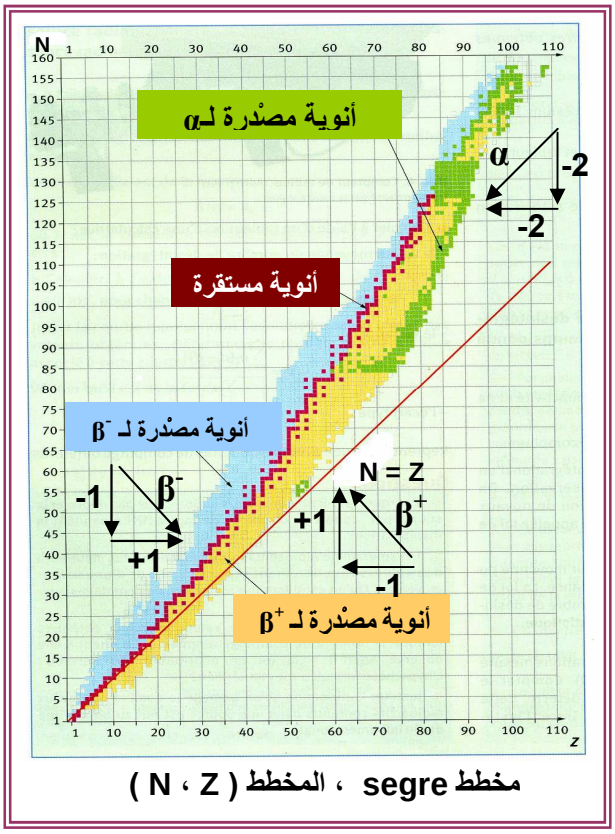
* بالنسبة الأنوية المستقرة :

أ ـ إذا كان( 20 ⟩ Z أو 50 ⟩ A ) فالأنوية تتوزع بجوار المستقيم N = Z .

ب ـ إذا كان ( 20 ⟩ Z أو 50 ⟩ A ) فالأنوية تتوزع فوق المستقيم N = Z .

جـ ـ الأنوية المستقرة تحقق العلاقة :

$$\frac{N}{Z} \leq 1.5 \quad ، \quad Z \geq 83$$



مخطط segre ، المخطط ( N ، Z )

* بالنسبة الأنوية غير المستقرة :

أ * الأنوية الثقيلة ( Z ⟩ 83 أو A ⟩ 200 ) تقع في أعلى مجال الاستقرار وتشع جسيمات α .

* في مخطط ( N، Z ) النواة الابن تنسحب قطريا نحو الأسفل بخانتين عن نواة الأب ( تحدد نوع النظير ) .

* في الجدول الدوري النواة الابن تتواجد في نفس سطر نواة الأب لكن بخانتين قبله ( لا تحدد نوع النظير ) .

ب * الأنوية التى تقع فوق وادي الاستقرار ( عدد نيوتروناتها كثيرة ) تشع جسيمات $\beta^-$ .

* في مخطط ( N، Z ) النواة الابن تنسحب قطريا عن نواة الأب نحو المحور Z ( تحدد نوع النظير ) .

* في الجدول الدوري النواة الابن تتواجد في نفس سطر نواة الأب لكن بخانة بعده ( لا تحدد نوع النظير ) .

جـ * الأنوية التى تقع تحت وادي الاستقرار ( عدد بروتوناتها كثيرة )و تشع جسيمات $\beta^+$ .

* في مخطط ( N، Z ) النواة الابن تنسحب قطريا عن نواة الأب نحو المحور N ( تحدد نوع النظير ) .

* في الجدول الدوري النواة الابن تتواجد في نفس سطر نواة الأب لكن بخانة قبله ( لا تحدد نوع النظير ) .

د * الأنوية غير المستقرة تحقق العلاقة :

$$\frac{N}{Z} \geq 1.5 \quad ، \quad Z \geq 83$$

## 4 ـ تناقص النشاط الإشعاعي :

### 4 ـ 1 ـ البكريل ( Becquerel ) :

* هو وحدة قياس النشاط الإشعاعي و يرمز لها بالرمز ( Bq ) وهي نشاط اشعاعي يقابل تفكك نواة واحدة خلال كل ثانية .

توجد وحدة أخرى لقياس النشاط الشعاعي هي الكيري $1\ Ci = 3.7 \times 10^{10}\ Bq$

* النشاط الإشعاعي يقاس بواسطة جهاز يدعى جهاز جيجر .

قيم نشاطات إشعاعية لبعض المنابع المشعة:

| المنبع المشع | 1 كغ ماء البحر | 1 كغ سمك | 1 إنسان | 1 كغ معدن اليورانيوم | الأشعة في الطب | 1 كغ النفايات النووية | منبع مشع طبي |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| قيمة النشاط الإشعاعي | $10\ Bq$ | $10^2\ Bq$ | $10^4\ Bq$ | $25.10^6\ Bq$ | $70.10^6\ Bq$ | $10^{13}\ Bq$ | $10^{14}\ Bq$ |

### 4 ـ 2 ـ ثابت التفكك λ ( ثابت النشاط الإشعاعي )

ثابت يميز النواة المشعة ويعرف باحتمال تفكك النواة خلال وحدة الزمن ( 1s ) ، ولايتعلق بالزمن ووحدته ( $S^{-1}$ ) .

### 4 ـ 3 ـ المعادلة التفاضلية للتطور:

* احتمال تفكك نواة واحدة خلال ثانية واحدة λ .

* احتمال تفكك نواة واحدة خلال الزمن $\Delta t$ هو $\lambda \Delta t$ .



الأستاذ : د . بلـــخير

* عدة أنوية المتفككة خلال الزمن $\Delta t$ هو $\lambda N(t)\Delta t$ ، حيث $N(t)$ : عدد الأنوية المشعة ( غير المتفككة ) عند t .

* التغيير الحادث ( النقصان ) في عدد الا نوية خلال الزمن $\Delta t$ هو :

$$N(t+\Delta t) - N(t) = \Delta N = -\lambda N(t)\Delta t \quad \text{.....} \quad ①$$

$N(t+\Delta t)$ : عدد الأنوية المشعة ( غير المتفككة ) عند اللحظة $(t+\Delta t)$ .

$N(t)$ : عدد الأنوية المشعة ( غير المتفككة ) عند اللحظة t .

$\Delta N = N(t+\Delta t) - N(t)$ : عدد الأنوية المختفية ( المتفككة ) خلال الزمن $\Delta t$ .

من ① نجد : $\dfrac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda N(t)$ لما $\Delta t \to 0$ تكون $\dfrac{dN}{dt} = -\lambda N(t)$ .... ②

**معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى**

## 4 ـ 4 ـ قانون التناقص الإشعاعي :

المعادلة ② هي معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها من الشكل : ..... ③ $N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$

$N(t)$ : عدد الأنوية المشعة ( غير المتفككة ) عند اللحظة $t$ .

$N_0$ : عدد الأنوية المشعة ( غير المتفككة ) عند اللحظة $t = 0$ .

$\lambda$ : ثابت التفكك ( $s^{-1}$ ) . e : الأساس النبيري ، $e = 2.71$ .

ملاحظة : $m$ : كتلة العينة ( g ) ، $N(t) = N_A \dfrac{m}{M}$

$M$ : الكتلة المولية ( g /mole ) ، $N_A$ : عدد افوقادرو ، $N_A = 6.02 \times 10^{23}\ mole^{-1}$

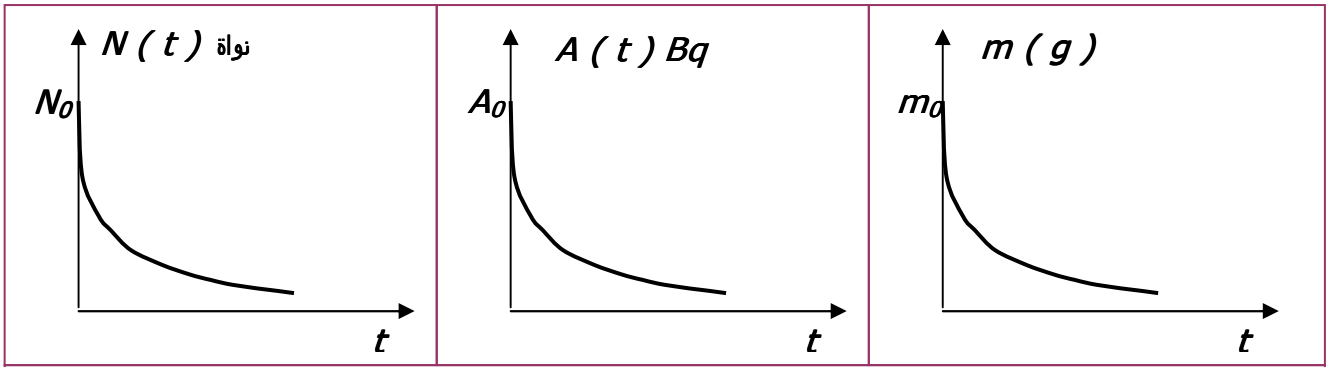
## 4 ـ 5 ـ نشاط منبع مشع ( A ) ( النشاط الإشعاعي ) :

يساوي متوسط عدد الأنوية المتفككة خلال كل ثانية ونكتب : $A = -\dfrac{\Delta N}{\Delta t}$

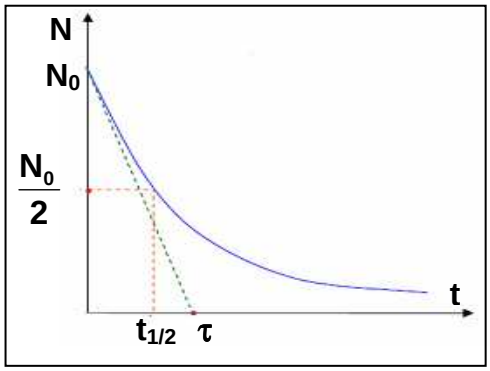
$$\Delta N = -\lambda N(t)\Delta t \quad \Rightarrow \quad A = -\frac{-\lambda N(t)\Delta t}{\Delta t} \quad \Rightarrow \quad A = \lambda N(t) = \lambda N_0\, e^{-\lambda t}$$

$$A_0 = \lambda N_0 \quad \Rightarrow \quad A = A_0\, e^{-\lambda t}$$

ملاحظة : $N = N_0\, e^{-\lambda t} \quad \Leftrightarrow \quad A = A_0\, e^{-\lambda t} \quad \Leftrightarrow \quad m = m_0\, e^{-\lambda t}$




منحـــــــنيات التـــــــــناقص الإشـــــــــعاعـــــــــي




## 4 ـ 6 ـ ثابت الزمن وزمن نصف العمر :

أ ـ ثابت الزمن $\tau$ : هو الزمن اللازم لتفكك 63 % من الأنوية الابتدائية ،

يساوي مقلوب ثابت التفكك $\lambda$ . $\tau = \dfrac{1}{\lambda}$

$\tau$ : ثابت الزمن ( s ) ، $\lambda$ : ثابت التفكك ( $s^{-1}$ ) .

$\tau$ : يمثل فاصلة نقطة تقاطع المماس عند $t=0$ مع محور الزمن ( الشكل )

ب ـ زمن نصف العمر للعنصر المشع $t_{1/2}$ :

هو المدة الزمنية اللازمة لتفكك نصف عدد الأنوية المشعة الموجودة عند اللحظة ( t = 0 ) كما في الشكل .



الأستاذ : د . بلـــــخير

لما $t = t_{1/2}$ فان $N = \frac{N_0}{2}$ نعوض في ③ فنجد $\frac{N_0}{2} = N_0\, e^{-\lambda t_{1/2}}$ ومنه $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \ln 2$

**ملاحظة :**

* يسمى زمن نصف العمر بالدور ويرمز له بالرمز T

**أمثلة :** $^{14}C \rightarrow t_{1/2} = 5730\ ans$ ، $^{238}U \rightarrow t_{1/2} = 4.86 \times 10^{9}\ ans$ ، $^{220}Rn \rightarrow t_{1/2} = 58\ s$

* اذا كان $t = n\, t_{1/2}$ يمكن استعمال العلاقات الآتية : $m = \frac{m_0}{2^n}$ ، $A = \frac{A_0}{2^n}$ ، $N = \frac{N_0}{2^n}$

n : عددالأدوار ( عدد طبيعي )

## 4 ـ 7 ـ تطبيق في مجال التأريخ :

يمكن بواسطة النشاط الاشعاعي تقدير عمر المواد العضوية مثل بقايا الأعضاء النباتية أو الحيوانية باستعمال الكربون $^{14}C$ ، علما أن عنصر الكربون يدخل في تركيب الكائنات الحية ويتكون من النظير المستقر $^{12}C$ و النظير المشع $^{14}C$ بنسبة ثابتة $1.3 \times 10^{-12}$ ، و $^{14}C$ له زمن نصف العمر $t_{1/2} = 5730$ ans ، حيث عند موت العضو فان $^{14}C$ لا يتجدد لأن التفاعلات مع العالم الخارجي تتوقف وعليه يبدأفي التناقص بينما $^{12}C$ يبقى ثابت .

اذا 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 العلاقة الاتية :

$$t = -\frac{1}{\lambda} \ln \frac{N}{N_0} = -\frac{1}{\lambda} \ln \frac{A}{A_0} = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \frac{A}{A_0}$$

مثال 1 :

كتلة الكربون لشظية من عظم حيوان وجدت في مكان أثري هي $200\ g$ ، تم تسجيل النشاط لها ب $15\ Bq$ . علما أن $^{14}C \rightarrow t_{1/2} = 5730\ ans$ وأن نسبة الكربون $14$ للكربون $12$ هي $1.3 \times 10^{-12}$ ما هو عمر العظم .

علما أن : $N_A = 6.02 \times 10^{23}\ mole^{-1}$ ، $M_C = 12\ g/mol$

الجواب : * عمر العظم يحسب كمايلي : $A = A_0\, e^{-\lambda t} \Rightarrow t = -\frac{1}{\lambda} \ln \frac{A}{A_0} \Rightarrow t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \frac{A}{A_0}$

* لدينا $A = 15\ Bq$ ، $m = 200\ g$ .

* عدد أنوية $C$ ( تقريبا تساوي عدد أنوية $_{12}C$ ) الموجودة في $200\ g$ من العظم :

$$N_1 = N_A \frac{m}{M} \Rightarrow N_1 = 6.02 \times 10^{23} \frac{200}{12} \Rightarrow \boxed{N_1 = 10^{25}\ \text{نواة}}$$

* عدد أنوية $_{14}C$ الموجودة في $200\ g$ من العظم :

$$\frac{N_{^{14}C}}{N_{^{12}C}} = 1.3 \times 10^{-12} \Rightarrow N_{^{14}C} = N_0 = 1.3 \times 10^{-12} \times 10^{25} \Rightarrow \boxed{N_0 = 1.3 \times 10^{13}}$$

* حساب $A_0$ :

$$A_0 = \lambda N_0 \Rightarrow A_0 = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} N_0 = \frac{0.69}{5730 \times 365.25 \times 24 \times 3600} 1.3 \times 10^{13}$$

$$\Rightarrow \boxed{A_0 = 49.61\ Bq}$$

*فيكون عمر العظم :

$$t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} \ln \frac{A}{A_0} = -\frac{1.81 \times 10^{11}}{0.69} \ln \frac{15}{49.61} \Rightarrow \boxed{t = 3.14 \times 10^{11}\ s = 9943\ ans}$$

# 5 ـ التفـاعــلات النــوويـــة:

## 5 ـ 1 ـ علاقة انشطاين :

توصل انشطاين أن كل جسم كتلته ( m ) في حالة سكون يملك طاقة تعطى بالعلاقة :

$$E = m C^2$$

$E$ : طاقة الكتلة، وتقدر بالجول (J)

$m$ : كتلة الجسم، و تقدر بـ (kg)

$C$ : سرعة الضوء في الفراغ $C = 3 . 10^8\ m/s$.

* توجد وحدة أخرى لقياس الطاقة هي الإلكترون فولط *l'électronvolt* رمزها *(eV)* حيث :



الأستاذ : د . بلـــخير

$eV = 1{,}6 . 10^{-19}\ J$ | $1MeV = 10^{6}\ eV$ | $1MeV = 1{,}6 . 10^{-13}\ J$

$1\mu = 1.66 \times 10^{-27}\ Kg = 931.5\ MeV/C^2$

**مثال 2 :**

1/ أحسب طاقة الكتلة E لبروتون كتلته $m = 1{,}67262 . 10^{-27}\ kg$ .

2/ إنّ القنبلة الذرية التي حطمت مدينة نكازاكي في اليابان يوم 9 أوت 1945 حررت طاقة قدرها $8{,}4 . 10^{13}\ J$ .

أحسب رتبة تغير كتلة الجملة.

الحـــــــــــــل:

1/ حساب طاقة الكتلة E للبروتون:

$$E = mc^2 = 1.67262 \times 10^{-27} \times (3 \times 10^8)^2 \quad \Rightarrow \quad \boxed{E = 1.51 \times 10^{-10}\ J}$$

2/ حساب رتبة تغير كتلة الجملة:

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{C^2} = \frac{8.4 \times 10^{13}}{(3 \times 10^8)^2} \quad \Rightarrow \quad \boxed{\Delta m = 9.3 \times 10^{-4} Kg \approx 1g}$$

نلاحظ أن رتبة تغير كتلة الجملة هو 1g

## 5 ـ 2 ـ النقص في كتلة النواة ( الخطأ الكتلي ) :

هو الفرق بين كتلة النواة و كتلة الدقائق النكونة لها ( النويات ) و نكتب : $\Delta m = [Zm_p + (A - Z)\, m_n] - m_{{}^{A}_{Z}X}$

$m_P$ : كتلة البروتون ( $\mu$ ) . $m_n$ : كتلة النوترون ( $\mu$ ) . $m_{{}^{A}_{Z}X}$ : كتلة النواة .

## 5 ـ 3 ـ طاقة تماسك النواة أو طاقة ارتباط النواة ( $E_l$ ) :

هي الطاقة اللا زمة لتفكك النواة الى نويات أوهي الطاقة اللا زمة لارتباط النويات مع بعظها البعض ونكتب : $E_l = \Delta m . C^2$

$E_l$ : طاقة ارتباط النواة ( j ) . $\Delta m$ : التغير في الكتلة ( Kg ) . C = سرعة الضوء في الفراغ $C = 3 . 10^8\ m/s$.

## 5 ـ 4 ـ طاقة التماسك لكل نيوكليون ( E ) :

هي نسبة طاقة ارتباط النواة على العدد الكتلي و نكتب : $E = \frac{E_l}{A}$

E : طاقة تماسك النيوكليون ( J ) . $E_l$ : طاقة ارتباط النواة ( j ) . A : العدد الكتلي .

**مثال 3 :**

تعطى كتلة البروتون $m_p = 1.6727 \times 10^{-27}$ Kg و كتلة النوترون $m_n = 1.6750 \times 10^{-27}\ Kg$ و كتلة نواة الهيدروجين الثقيل $^{2}_{1}H$ : $m = 3.3435 \times 10^{-27}$ Kg أحسب طاقة تماسك نواة هذا النظير .

الحل : تحتوي النواة على بروتون واحد و نوترون واحد و منه :

$$E_l = (m_p + m_n - m)C^2 = \Delta m\, C^2 = 4.2 \times 10^{-30} \times 9 \times 10^{16} \quad \Rightarrow \quad \boxed{E_l = 2.36\ Mev}$$

## 5 ـ 5 ـ استقرار النواة :

* يكون استقرار النواة كبيرا كلما كانت طاقة تماسك النيوكليون أكبر .
* الأنوية المستقرة هي الأنوية التي طاقة تماسكها لكل نيوكليون حوالي 8 Mev .

## 6 ـ منحنى آستون ( Aston ) ، $E = -\frac{E_l}{A} = f(A)$ :

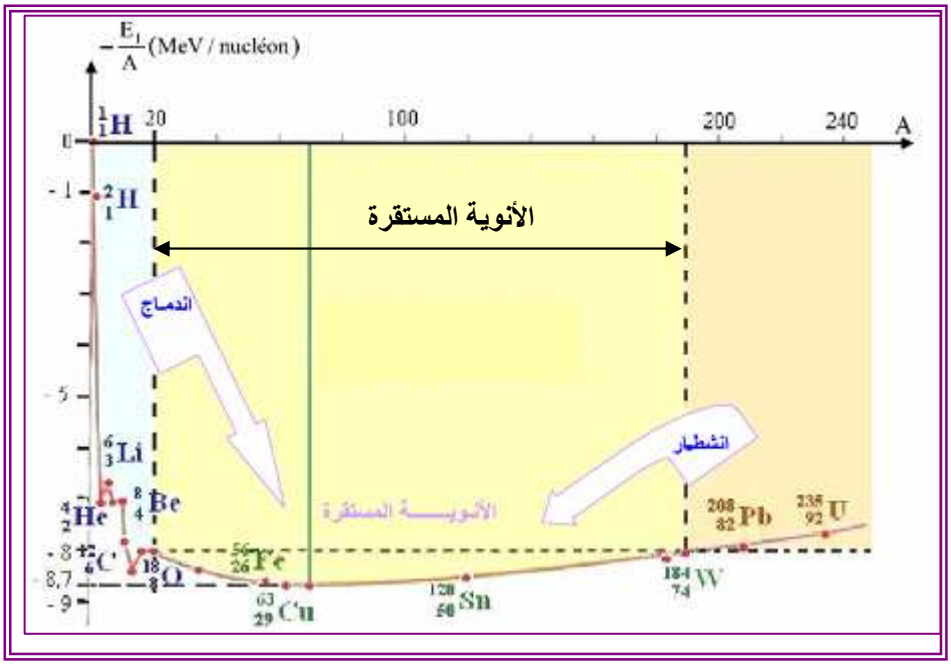
* لما $(\ 190 \rangle A \rangle 20\ )$ مجال الأنوية المستقرة .
* الأنوية غير المستقرة يمكن أن تتحول بطريقتين :

أ ـ الأنوية الثقيلة ( $A \rangle 190$ ) يمكن أن تنشطر الى نواتين خفيفتين تنتميان لمجال الأستقرار .

ب ـ بعض الأنوية الخفيفة مثل ( $^{1}_{1}H$ ، $^{2}_{1}H$ ، $^{3}_{1}H$ ) يمكنها أن تندمج لاعطاء نواة قريبة من مجال الأ ستقرار .



الأستاذ : د . بلـــخير




## 7 ـ الأنشطار والأندماج النوويين :

### 7 ـ 1 ـ التفاعلات النووية المفتعلة :

* النشاط الاشعاعي ظاهرة توافق حدوث تفاعلات نووية تلقائية .
* التفاعل النووي المفتعل ( المستحدث ) هو تفاعل يحدث عند قذف نواة ( هدف ) بنواة ( قذيفة ) حسب التفاعل الأتي :

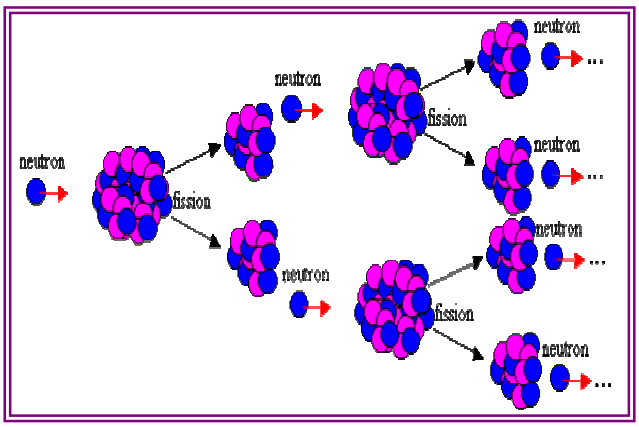
$$^{A_1}_{Z_1}X + ^{A_2}_{Z_2}a \rightarrow ^{A_3}_{Z_3}y + ^{A_4}_{Z_4}b$$

النواة — نواة قذيفة — النواة الناتجة — دقيقة منبعثة

مثال :

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \rightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H$$

### 7 ـ 2 ـ تفاعل الأنشطار النووي :




هو تفاعل نووي يحدث عند قذف نواة ثقيلة ( $A \rangle 200$ ) بنوترون فتنشطر الى نواتين خفيفتين مع اصدار نوترونات أخرى وتحرر طاقة كبيرة .

ملاحظات :

*تستعمل هذه التفاعلات في القنبلة الذرية وفي المفاعلات النووية .
*ان انشطار ( 1 g ) من $^{235}U$ يحرر طاقة قدرها $8.5 . 10^9$ j .
*ان تفاعلات الأنشطار النووي هي تفاعلات تسلسلية .

مثال :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{141}_{56}Ba + ^{92}_{36}Kr + 3^{1}_{0}n$$

**مثال 4 :**

أحسب الطاقة المتحررة من اتشطار نواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$ في تفاعل الانشطار النووي التالي :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{95}_{42}Mo + ^{139}_{57}La + 2^{1}_{0}n + 7^{0}_{-1}e$$

تعطى : $m_U = 234.993517\ \mu$ $m_{La} = 138.874824\ \mu$ $m_{Mo} = 94.882704\ \mu$

$m_e = 0.000548\ \mu$ $m_n = 1.008665\ \mu$

الحل :

* حساب الطاقة المتحررة من اتشطار نواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$ : $E_l = \Delta m . C^2$

* حساب $\Delta m$ : $\Delta m = [( m_{Mo} + m_{La} + 2m_n + 7m_e ) - ( m_U + m_n )]$

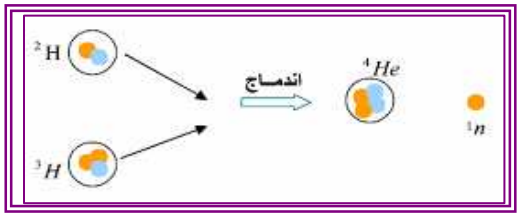


الأستاذ : د . بلـــخير

$$\Delta m = -0.223488\ \mu$$

$$E_{lib} = -0.22348 \times 1.66 \times 10^{-27}(3\times10^{8})^{2} \quad \Rightarrow \quad E_{lib} = -3.34 \times 10^{-11}\ J$$

$$E_{lib} = -\frac{3.34\times10^{-11}}{1.6\times10^{-19}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{E_{lib} = 208\times10^{6}\,ev = 208\ Mev}$$




## 7 ـ 3 ـ تفاعل الاندماج النووي :

هو تفاعل نووي يحدث عند التحام نواتين خفيفتين أثناء التصادم لتشكيل نواة ثقيلة مع انبعاث ( نوترونات ، بروتونات ) و تحرر طاقة كبيرة .

ملاحظات :

* تفاعل الاندماج النووي صعب التحقيق بسبب التنافر و الاستقرار حيث يحدث عند درجة حرارة عالية ( تقارب $10^{8}\ K^{0}$ ) و تحت ضغط كبير .
* تفاعل الاندماج النووي يحدث في الشمس و في النجوم ، وعند انفجار القنابل الهيدروجينية
* ان الطاقة المتحررة من تفاعل الاندماج تكون أكبر من 5 حتى 10 مرات من الطاقة الناتجة من تفاعل الانشطار من أجل نفس كتلة الوقود .

مثال 5 :

أحسب الطاقة المتحررة من تفاعل الاندماج النووي التالي : $\boxed{{}^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n}$

$m_{{}^{2}_{1}H} = 2.01355\ \mu \qquad m_{{}^{3}_{1}H} = 3.01550\ \mu \qquad m_{{}^{4}_{2}He} = 4.00150\ \mu \qquad m_{n} = 1.008665\ \mu$

الحل :

* حساب الطاقة المتحررة من تفاعل الاندماج النووي السابق : $E_l = \Delta m \cdot C^{2}$
* حساب $\Delta m$ : $\Delta m = [(m_{{}^{4}_{2}He} + m_n) - (m_{{}^{2}_{1}H} + m_{{}^{3}_{1}H})]$

$$\Delta m = -1.889\times10^{-2}\ \mu$$

$$E_{lib} = -1.889\times10^{-2}\times1.66\times10^{-27}(3\times10^{8})^{2} \quad \Rightarrow \quad \boxed{E_{lib} = -28.22\times10^{-13}\ J}$$

$$E_{lib} = -\frac{2.82\times10^{-12}}{1.6\times10^{-19}} \quad \Rightarrow \quad \boxed{E_{lib} = 17.62\times10^{6}\,ev = 17.62\ Mev}$$

## 7 ـ 4 ـ الطاقة المحررة في تفاعل نووي( $E_{lib}$ ) :

* في التفاعلات النووية تكون دوما كتلة النواتج أصغر من من كتلة المتفاعلات ( $\Delta m < 0$ ) .

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

X : يمكن أن يكون جسيم أو نواة .

$$E_{lib} = \Delta m \cdot C^{2} = [\,m_f - m_i\,] \cdot C^{2} = [\,(m_{X_3} + m_{X_4}) - (m_{X_1} + m_{X_2})\,] \cdot C^{2}$$

$E_{lib}$ : الطاقة المحررة في تفاعل نووي أو التغيير في طاقة الجملة ( J ) .
$m_i$ : الكتل الابتدائية ( مجموع كتل المتفاعلات ) ( Kg ) .
$m_f$ : الكتل انهائية ( مجموع كتل النواتج ) ( Kg ) .
$E_{lib}$ هي التغيير في طاقة الجملة أي $\Delta E = E_f - E_i$
$\Delta E < 0$ : معناه الجملة أعطت طاقة للوسط الخارجي .

مثال 6 :

أ حسب الطاقة المتحررة في التفاعل التالي : $\boxed{{}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{149}_{58}Ce + {}^{84}_{34}Se + 3\,{}^{1}_{0}n}$

المعطيات : $m_U = 235.044\ \mu \qquad m_{Se} = 83.918\ \mu \qquad m_{Ce} = 148.928\ \mu$

$1\ \mu = 1.66\times10^{-27}\ Kg \qquad m_n = 1.009\ \mu$

الحل :

* حساب الطاقة المتحررة من التفاعل السابق : $E_l = \Delta m \cdot C^{2}$



الأستاذ : د . بلـــخير

* حساب $\Delta m$ :

$$\Delta m = [(\ m_{Ce} + m_{Se} + 3\ m_n) - (\ m_U + m_n\ )\ ] = [\ m_{Ce} + m_{Se} + 2\ m_n - \ m_U\ ]$$

$$\Delta m = -\ 0.18\ \mu$$

$$E_{lib} = -\ 0.18 \times 1.66 \times 10^{-27}(3 \times 10^{8})^2 \quad \Rightarrow \quad E_{lib} = -\ 2.69 \times 10^{-11}\ J$$

$$E_{lib} = -\frac{2.69 \times 10^{-11}}{1.6 \times 10^{-19}} \quad \Rightarrow \quad E_{lib} = 167.9 \times 10^{6}\ ev = 167.9\ Mev$$

## 7 ـ 5 ـ العلاقة بين الطاقة المحررة في تفاعل نووي( $E_{lib}$ ) و طاقة تماسك النواة أو طاقة ارتباط النواة ( $E_l$ )

$$E_{lib} = [\ E_l\ (\ {}^{A_1}_{Z_1}X_1\ ) + E_l\ (\ {}^{A_2}_{Z_2}X_2\ )\ ] - [\ E_l\ (\ {}^{A_3}_{Z_3}X_3\ ) + E_l\ (\ {}^{A_4}_{Z_4}X_4\ )]$$

## 7 ـ 6 ـ الحصيلة الطاقوية لتفاعل نووي :

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

الحصيلة الطاقوية تسمح بتعيين طاقة التفاعل $\Delta E = E_{lib}$ حيث :

$$\Delta E = [\ E_l\ (\ {}^{A_1}_{Z_1}X_1\ ) + E_l\ (\ {}^{A_2}_{Z_2}X_2\ )\ ] - [\ E_l\ (\ {}^{A_3}_{Z_3}X_3\ ) + E_l\ (\ {}^{A_4}_{Z_4}X_4\ )]$$

$$\Delta E = [\ (\ m_{X_3} + m_{X_4}\ ) - (\ m_{X_1} + m_{X_2}\ )\ ]\ .\ C^2$$

$$\Delta E = E_f - E_i = [\ m_f - m_i\ ]\ .\ C^2$$

تمثل الحصيلة الطاقوية في المخطط التالي: نلاحظ أن $\Delta E < 0$

أي أنّ الجملة تحرر طاقة ( الطاقة المحررة $\Delta E = E_{lib}$ ) .

أمثلة :

أ- تفاعل الانشطار: مثال : انشطار اليورانيوم 235:

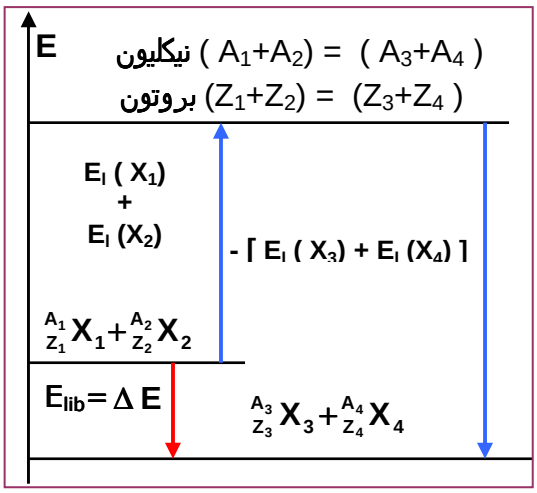
${}^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{140}_{54}Xe + 2\ {}^{1}_{0}n$

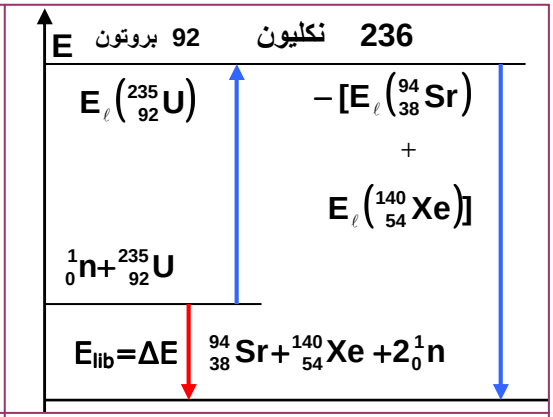
الحصيلة الطاقوية: الشكل ـ 1 ـ

ب ـ تفاعل الاندماج : مثال: اندماج نواتين من الهليوم 3 :

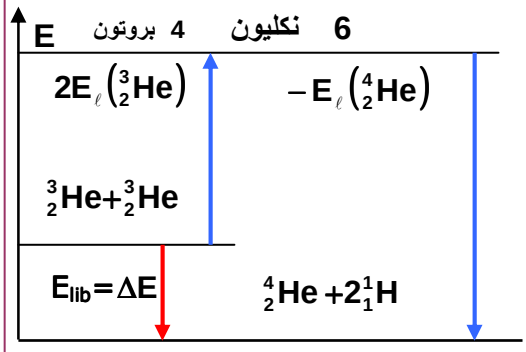
${}^{3}_{2}He + {}^{3}_{2}He \rightarrow {}^{4}_{2}He + 2\ {}^{1}_{1}H$

الحصيلة الطاقوية: الشكل ـ 2 ـ




الشكل ـ 1 ـ




الشكل ـ 2 ـ