

التناقص الإشعاعي

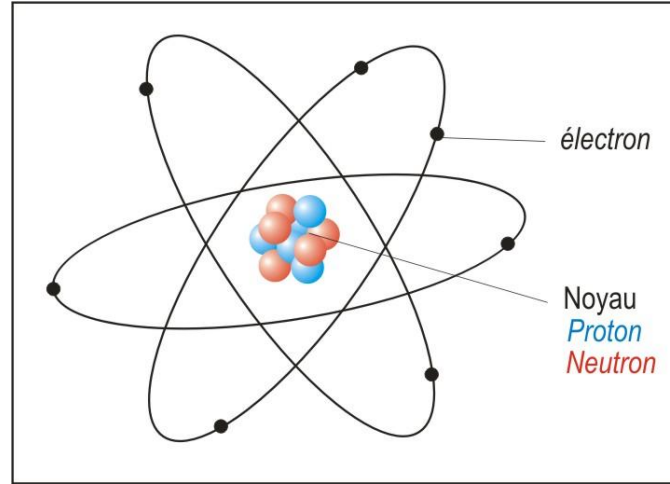
La décroissance radioactive

4

I – استقرار و عدم استقرار النواة :

1 – تركيب النواة :

- تتكون النواة من بروتونات و نوترونات و تسمى هذه المكونات بالنويات **nucléon**.
- يرمز إلى عدد النويات بالحرف **A** و يسمى عدد الكتلة **numéro atomique**.
- يرمز إلى عدد البروتونات بالحرف **Z** و يسمى عدد الشحنة **nombre de masee**.
- يرمز إلى عدد النوترونات بالحرف **N** حيث  $N = A - Z$ .



تمثل النواة ذرة لعنصر كيميائي **X** بالرمز :  ${}^A_Z X$

❖ مثال :

رمز نواة الكلور هو :  ${}^{35}_{17}Cl$

$Z = 17$  بروتون

$N = 35 - 17 = 18$  نوترون

يعبر عن كتلة النوية بوحدة الكتلة الذرية يرمز لها ب :  $1u = 1,66.10^{-27} kg$

- تساوي وحدة الكتلة الذرية  $u$  :  $\frac{1}{12}$  من كتلة ذرة الكربون  ${}^{12}_6C$

- نعلم أن مول واحد من ذرات الكربون يساوي  $12g = 12.10^{-13} kg$  و يحتوي على  $6,02.10^{23}$  ذرة من الكربون و بالتالي :

$$1u = \frac{1}{12} . m(C) = \frac{1}{12} \times \frac{M(C)}{N_A} = \frac{1}{12} \times \frac{12.10^{-3}}{6,02.10^{23}} = 1,66.10^{-27} kg$$

2 – النويدات :

يطلق إسم النوية في الفيزياء الذرية على مجموعة النوى التي تتميز بعدد معين من البروتونات و النوترونات.

❖ أمثلة :

- نويدات عنصر الكربون :  ${}^{14}_6C$  ,  ${}^{12}_6C$

- نويدات عنصر الهيدروجين :  ${}^3_1H$  ,  ${}^2_1H$  ,  ${}^1_1H$

سوق أربعاء الغرب

الفيزياء و الكيمياء 2 bac

الأستاذ : خالد المكاوي

### 3 – النظائر الكيميائية : isotopes chimiques

نظائر عنصر كيميائي هي نويدات تحتوي على نفس العدد الذري  $Z$  (البروتونات) و تختلف في عدد الكتلة  $A$  (أي عدد النوترونات). يوجد في الطبيعة 92 عنصر كيميائي طبيعي و في المقابل نجد 350 نويدة طبيعية لكون أن نفس العنصر الكيميائي تقابله عدة نويدات.

❖ مثال :

$^{35}_{17}\text{Cl}$  ,  $^{37}_{17}\text{Cl}$  نظيران لعنصر الكلور.

$^{238}_{92}\text{U}$  ,  $^{235}_{92}\text{U}$  نظيران لعنصر الأورانيوم.

❖ تختلف النظائر من حيث وفارتها الطبيعية : abundance

✓ مثال :

النظائر و الوفارة الطبيعية			الأوكسجين	العنصر
$^{18}_8\text{O}$	$^{17}_8\text{O}$	$^{16}_8\text{O}$		
0,204	0,037	99,759		
$^{14}_6\text{C}$	$^{13}_6\text{C}$	$^{12}_6\text{C}$	الكربون	
	0,0001	99,9999		

### 4 – كثافة المادة النووية :

النواة لها شكل كروي يتغير بتغير عدد الكتلة وفق العلاقة التالية :

$$r = r_0 \cdot A^{1/3} \text{ مع } r_0 = 1,2 \cdot 10^{-15} \text{ m}$$

الكتلة التقريبية للنوية هي :  $m = 1,7 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

$$\rho = \frac{m \cdot A}{V} = \frac{m \cdot A}{\frac{4}{3} \pi r^3} = \frac{3m \cdot A}{4 \pi r_0^3 A} = \frac{3m}{4 \pi r_0^3}$$

الكتلة الحجمية للنواة :

$$\rho = \frac{3 \times 1,7 \times 10^{-27} \text{ kg}}{4 \times 3,14 \times 1,2 \times 10^{-15} \text{ m}^3} \approx 2 \cdot 10^{17} \text{ kg} / \text{m}^3 = 2 \cdot 10^8 \text{ tonnes} / \text{cm}^3$$

ومنه نستنتج أن المادة النووية شديدة الكثافة لأن  $1 \text{ cm}^3$  من المادة النووية تساوي 200 مليون طن.

❖ ملحوظة :

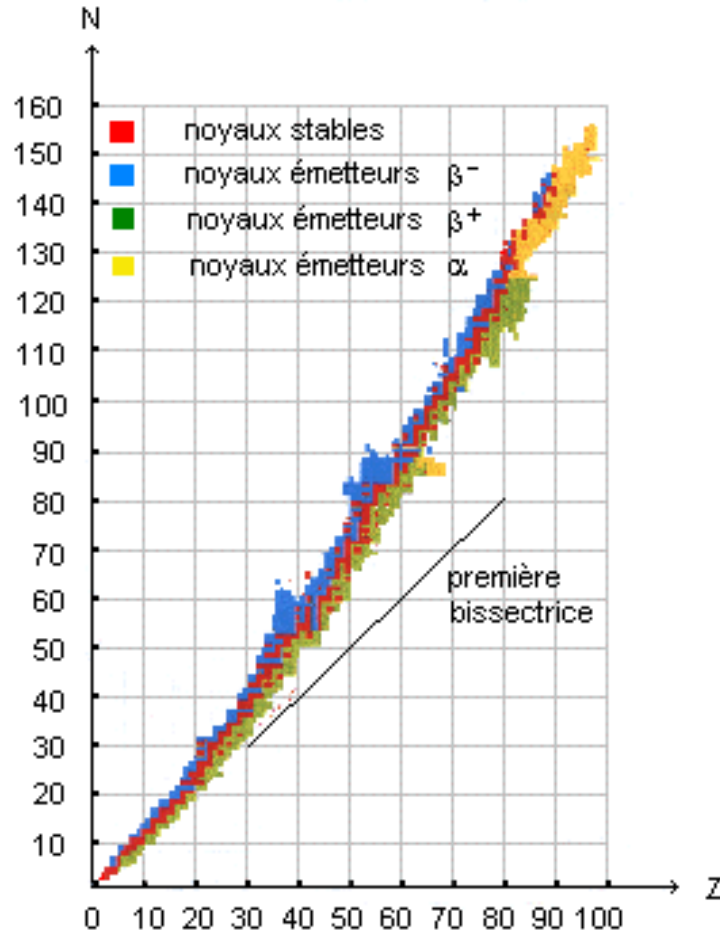
توجد النجوم التي لها كتلة حجمية مماثلة لكتلة الحجمية النووية و تسمى النجوم **النوترونية** لأنها مكونة من النوترونات فقط.

### 5 – النشاط الإشعاعي :

النشاط الإشعاعي تحول تلقائي و غير مرتقب في الزمن, تتحول خلاله نواة غير مستقرة إلى نواة أخرى أو إلى حالة إثارة أقل طاقة.

### 5 – مخطط $(N, Z)$ مخطط سيغري diagramme de sergé :

يبين مخطط سيغري مواقع النوى المستقرة و النوى المشعة (غير مستقرة) .



### أ – منطقة الإستقرار :

يحتوي المخطط (N,Z) على منطقة تسمى منطقة الإستقرار و تتضمن النوى المستقرة :

❖ بالنسبة ل  $Z < 20$  :

تتطابق منطقة الاستقرار مع المستقيم ذي المعادلة  $Z = N$  مما يدل على أن هذه النوى لها عدد بروتونات يساوي عدد النوترونات و هذا

يحقق العلاقة التالية :  $A = N + Z \Rightarrow A = 2Z$

❖ بالنسبة ل  $Z > 20$  :

توجد منطقة الاستقرار فوق المستقيم ذي المعادلة  $Z = N$  و يكون عدد النوترونات N أكبر من عدد البروتونات Z و هذا يدل على على الدور الهام الذي تؤديه النوترونات في استقرار النواة.

### ب – منطقة الأنشطة الإشعاعية :

نميز بين 3 أنواع من الأنشطة الإشعاعية حسب موقعها بالنسبة لمنطقة الاستقرار :

- نوى ثقيلة و هي ذات عدد كبير من النويات (N, Z كبيران  $A > 200$  و  $Z < 83$ ) لها نشاط إشعاعي من نوع  $\alpha$ .

- نوى تقع فوق منطقة الإستقرار تحتوي على فائض في عدد النوترونات مقارنة مع النوى المستقرة و لها نشاط إشعاعي من نوع  $\beta^-$

- نوى تقع تحت منطقة الإستقرار تحتوي على فائض في عدد البروتونات مقارنة مع النوى المستقرة و لها نشاط إشعاعي من نوع  $\beta^+$

### II – الحولات النووية التلقائية – النشاط الإشعاعي :

#### 1 – قانون الإنحفاظ : قانون سودي ( Soddy ) :

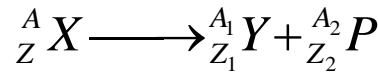
خلال تحول نووي تحفظ الشحنة الكهربائية Z و كذلك العدد الإجمالي للنويات A :

❖ مثال :

الأستاذ : خالد المكاوي

الفيزياء و الكيمياء 2 bac

سوق أربعاء الغرب



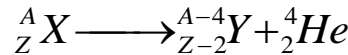
انحفاظ الشحنة الكهربائية :  $Z = Z_1 + Z_2$

انحفاظ عدد الشحنة :  $A = A_1 + A_2$

## 2 - أنواع الأنشطة الإشعاعية :

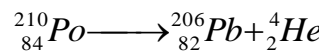
### أ - النشاط الإشعاعي $\alpha$ :

النشاط الإشعاعي  $\alpha$  تفتت نووي طبيعي و تلقائي تتحول خلاله نواة أصلية  ${}^A_Z X$  إلى نواة متولدة  ${}^{A-4}_{Z-2} Y$  ببعث نواة الهيليوم  ${}^4_2 He$  :



معادلة التحول النووي :

❖ مثال : البولونيوم  ${}^{210}_{84} Po$  اشعاعي النشاط  $\alpha$  :



❖ ملحوظة :

- الأشعة  $\alpha$  قليلة الإختراق يمكن لقطعة ورق صغيرة أو طبقة رقيقة من الهواء أن توقفها .

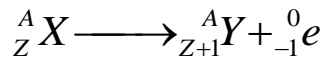
- كثيرة التأين ( تتسبب في تأين الهواء الذي تمر فيه ) .

- ذات طاقة عالية .

- سرعتها  $2.10^7 m.s^{-1}$  .

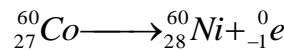
### ب - النشاط الإشعاعي $\beta^-$ :

النشاط الإشعاعي  $\beta^-$  تفتت نووي طبيعي و تلقائي تتحول خلاله نواة أصلية  ${}^A_Z X$  إلى نواة متولدة  ${}^A_{Z+1} Y$  ببعث إلكترون  ${}^0_{-1} e$  :



معادلة التحول النووي :

❖ مثال : الكوبالت  ${}^{60}_{27} Co$  اشعاعي النشاط  $\beta^-$  :



❖ ملحوظة :

- النشاط الإشعاعي  $\beta^-$  يتم داخل النواة و ينتج عن تحول نوترونات إلى بروتونات و فق

المعادلة الظاهرية :  ${}^1_0 n \longrightarrow {}^1_1 P + {}^0_{-1} e$  (كتابة خاطئة)

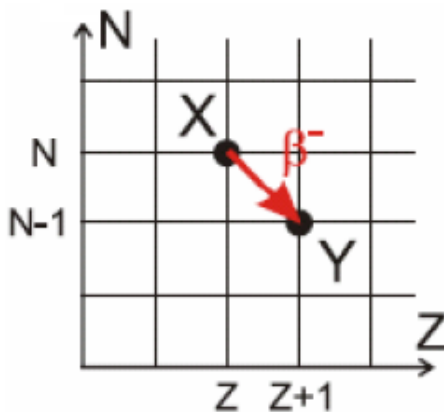
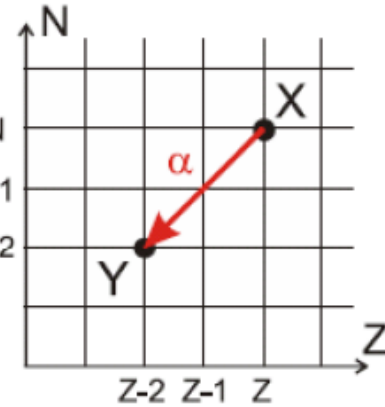
- الأشعة  $\beta^-$  أكثر إختراق من  $\alpha$  يمكن إيقافها بقطعة من الألومنيوم سمكها بعض المليمترات

- كثيرة التأين ( تتسبب في تأين الهواء الذي تمر فيه ) .

- ذات طاقة عالية .

- سرعتها  $2.10^8 m.s^{-1}$  .

### ج - النشاط الإشعاعي $\beta^+$ :



الأستاذ : خالد المكاوي

الفيزياء و الكيمياء 2 bac

سوق أربعاء الغرب

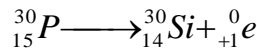
النشاط الإشعاعي  $\beta^+$  تفتت نووي طبيعي و تلقائي يظهر عموما بالنسبة للعناصر الإشعاعية الإصطناعية حيث تتحول خلاله نواة أصلية

إلى نواة متولدة  ${}^A_Z X$  ببعث بوزترون  ${}^0_{+1}e$  :



معادلة التحول النووي :

❖ مثال : الفوسفور  ${}^{30}_{15}P$  اشعاعي النشاط  $\beta^+$  :



❖ ملحوظة :

تختلف  $\beta^+$  و  $\beta^-$  في الشحنة فقط فهما لهما نفس الخصائص.

### د - النشاط الإشعاعي $\gamma$ :

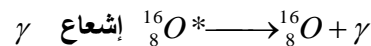
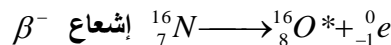
النشاط الإشعاعي  $\gamma$  عبارة عن موجات كهرومغناطيسية (فوتونات) ذات طاقة عالية جدا، و هو يواكب الأنشطة الإشعاعية  $\alpha$  و  $\beta^-$  و  $\beta^+$

حيث تكون النواة المتولدة في حالة إثارة و لفقدان طاقتها فإنها تتحررها ببعث أشعة  $\gamma$  :



معادلة الإشعاع :

❖ مثال :



❖ ملحوظة :

- طول موجتها  $10^{-4} \text{ nm}$

- سرعتها تساوي سرعة الضوء.

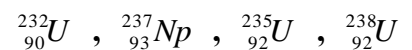
- كثيرة الإخترق أكثر ب 100 من  $\beta$  يمكن توقيفها بقطعة رصاص سمكها عشرات السنتيمترات.

### 3 - الفصيلة المشعة :

تتحول نواة غير مستقرة إلى نواة أخرى و إذا كانت هذه الأخيرة غير مستقرة فإنها تتحول هي الأخرى حتى نحصل على نواة مستقرة.

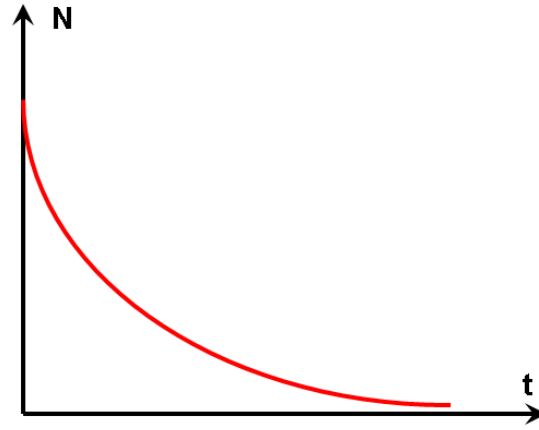
❖ الفصيلة المشعة : هي مجموع النوى الناتجة عن نفس النوى الأصلية .

- توجد 4 فصائل مشعة تنحدر من النوى التالية :



❖ مثال : الفصيلة المشعة للأورانيوم  ${}^{238}_{92}U$  حيث النواة المستقرة هي الرصاص 206





3 - ثابتة الزمن - عمر النصف :

أ - ثابتة الزمن  $\tau$  :

ثابتة الزمن  $\tau$  هي ثابتة تميز النوييدة المشعة و تعرف بالعلاقة :  $\tau = \frac{1}{\lambda}$

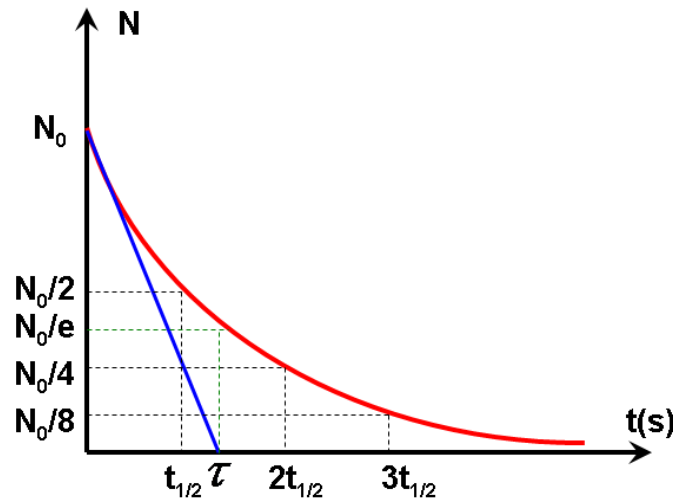
يصبح قانون التناقص الاشعاعي كالتالي :  $N(t) = N_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

عند اللحظة :  $t = \tau$   $N(t = \tau) = N_0 \cdot e^{-\frac{\tau}{\tau}} = N_0 \cdot e^{-1}$

$$N(t) = 0,37 N_0$$

إذن عند اللحظة  $t = \tau$  يتبقى من العينة 37% و هو ما يمثل نقصان في عدد النوى البدنية  $N_0$  بالنسبة 67% .

$\tau$  هو أفصول تقاطع المماس للمنحنى  $N = f(t)$  مع محور الأفاصيل عند  $t = 0$



ب - عمر النصف  $t_{1/2}$  :

عمر النصف  $t_{1/2}$  هو المدة الزمنية اللازمة لتفتت نصف عدد نوى عينة.

$$N(t = t_{1/2}) = \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_{1/2}} \quad \text{عند } t = t_{1/2}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}$$

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

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

$$N(t) = \frac{N_0}{2^n}$$

مع

$$n = \frac{t}{t_{1/2}}$$

$$n = 0 \Rightarrow N(t) = N_0$$

$$n = 1 \Rightarrow N(t) = \frac{N_0}{2}$$

$$n = 2 \Rightarrow N(t) = \frac{N_0}{4}$$

$$n = 3 \Rightarrow N(t) = \frac{N_0}{8}$$

$$n = 4 \Rightarrow N(t) = \frac{N_0}{16}$$

$$n \rightarrow \infty \Rightarrow N(t) = \frac{N_0}{2^\infty} \rightarrow 0$$

#### 4 - نشاط عينة مشعة ( سرعة التفكك ) :

❖ تعريف :

النشاط الإشعاعي هو عدد النوى المتفككة في وحدة الزمن نعبر عنه بالعلاقة :

$$a(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$$

وحدته هي بيكريل Bq (Becquerel) يمثل 1Bq تفكك واحد في الثانية.

$$a(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = -\frac{d}{dt} N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$a(t) = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot N(t)} = \lambda \cdot N(t)$$

$$a_0 = \lambda \cdot N_0 \text{ مع } a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

✓ يتم قياس النشاط الإشعاعي بواسطة عداد جيجر Geiger .

❖ أمثلة :

النشاط ب Bq	المصدر المشع
7000	رجل كتلته 70kg
10	1l من الماء المعدني
100	1kg من السمك
$2.10^{12}$	1kg من البلوتونيوم



الأستاذ : خالد المكاوي

الفيزياء و الكيمياء 2 bac

سوق أربعاء الغرب

❖ تطبيق :

في اللحظة  $t = 0$  لدينا عينة من الصوديوم المشع  $^{24}_{11}\text{Na}$  كتلتها  $m_0 = 64\text{mg}$  :

1 - ما هو عدد النوى الموجودة في العينة عند اللحظة  $t = 0$  ؟

2 - علما أنه عند اللحظة  $t = 74h$ , أصبحت كتلة العينة  $m = 2\text{mg}$  :

2 - 1 ما هو عدد النوى الموجودة في العينة عند اللحظة  $t = 74h$  ؟

2 - 2 أحسب عمر النصف للصوديوم المشع  $^{24}_{11}\text{Na}$  ؟

2 - 3 أوجد ثابتة النشاط الإشعاعي  $\lambda$  للصوديوم  $^{24}_{11}\text{Na}$  ؟

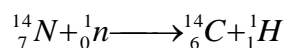
نعطي : عدد أفوكادرو :  $N_A = 6,02.10^{23}\text{mol}^{-1}$

#### IV - التأريخ بالنشاط الإشعاعي :

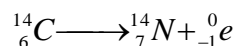
##### 1 - التأريخ بالكربون 14 :

تحتوي جميع الكائنات الحية ( الانسان و الحيوان و النبات ) على الكربون الذي تتبادلته عن طريق الجو ( التنفس و التركيب الضوئي ) أو التغذية .

يتوفر عنصر الكربون أساسا على نظيرين الكربون  $^{12}_6\text{C}$  و هو مستقر و الكربون  $^{14}_6\text{C}$  و هو إشعاعي النشاط  $\beta^-$  الناتج عن تفاعل نوى الأزوت مع نوترونات الأشعة الكونية :



و عند موت الكائنات الحية تبدأ نسبة الكربون  $^{14}_6\text{C}$  بالتناقص وفق معادلة التفتت التالية :



بتطبيق قانون التناقص الإشعاعي :

$$a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$\frac{a(t)}{a_0} = e^{-\lambda \cdot t}$$

$$\ln \frac{a(t)}{a_0} = -\lambda \cdot t = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t$$

$$t = -\frac{t_{1/2}}{\ln 2} \cdot \ln \frac{a(t)}{a_0}$$

مع  $t_{1/2} = 5600\text{ans}$  عمر نصف

$a(t)$  : نشاط العينة

$a_0$  : نشاط عينة شاهد لها نفس الكتلة

##### 2 - التأريخ بطرق أخرى :

توجد طرق التأريخ تستعمل فيها نويدات مشعة عمر نصفها كبير جدا. ويمكن من تأريخ عينات أكثر قدما.

لتأريخ عينات قديمة جدا كالصخور يستعمل الأرانسيوم  $^{238}\text{U}$  ذي العمر عمر النصف  $t_{1/2} = 4,5.10^9\text{ans}$  وقد مكن تقدير عمر نصف

الكرة الأرضية وهو حوالي  $4,5\text{ans}$

❖ تطبيق :