

التناقص الإشعاعي

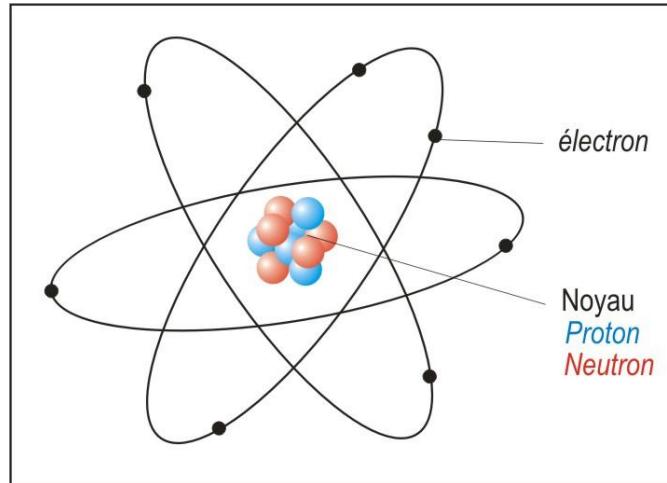
La décroissance radioactive

4

I - استقرار و عدم استقرار النواة :

1 - تركيب النواة :

- تتكون النواة من بروتونات و نوترونات و تسمى هذه المكونات **بالنوبيات nucléon**
- يرمز إلى عدد النوبيات 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 النوبيه بوحدة الكتلة الذرية يرمز لها ب : $1u = 1,66 \cdot 10^{-27} kg$

- تساوي وحدة الكتلة الذرية u : $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون ${}^12_6 C$

- نعلم أن مول واحد من ذرات الكربون يساوي $12 \cdot 10^{-13} kg = 12g$ و يحتوي على $6,02 \cdot 10^{23}$ ذرة من الكربون وبالتالي :

$$1u = \frac{1}{12} \cdot m(C) = \frac{1}{12} \times \frac{M(C)}{N_A} = \frac{1}{12} \times \frac{12 \cdot 10^{-3}}{6,02 \cdot 10^{23}} = 1,66 \cdot 10^{-27} kg$$

2 - النوبيات :

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

❖ أمثلة :

- نوبيات عنصر الكربون : ${}^{14}_6 C$, ${}^{12}_6 C$

- نوبيات عنصر الهيدروجين : ${}^3_1 H$, ${}^2_1 H$, ${}^1_1 H$

سوق أرباعي الغرب

الفيزياء والكيمياء 2 bac

الأستاذ : خالد المكاوي
3 - النظائر الكيميائية :

نظائر عنصر كيميائي هي نوبيات تحتوي على نفس العدد الذي Z (البروتونات) و تختلف في عدد الكتلة A (أي عدد النوترات). يوجد في الطبيعة 92 عنصر كيميائي طبيعي وفي المقابل نجد 350 نوبية طبيعية تكون أن نفس العنصر الكيميائي تقابلها عدة نوبيات.

❖ مثال :

$^{35}_{17}Cl$ ، $^{37}_{17}Cl$ نظيران لعنصر الكلور.

$^{238}_{92}U$ ، $^{235}_{92}U$ نظيران لعنصر الأورانيوم.

❖ تختلف النظائر من حيث وقارتها الطبيعية : abundance

✓ مثال :

النظائر و الوفارة الطبيعية			العنصر	الاوكسجين
$^{18}_8O$	$^{17}_8O$	$^{16}_8O$		
0,204	0,037	99,759	الكربون	
$^{14}_6C$	$^{13}_6C$	$^{12}_6C$		
	0,0001	99,9999		

4 - كثافة المادة النووية :

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

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

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

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

الكتلة الحجمية للنواة :

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

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

❖ ملحوظة :

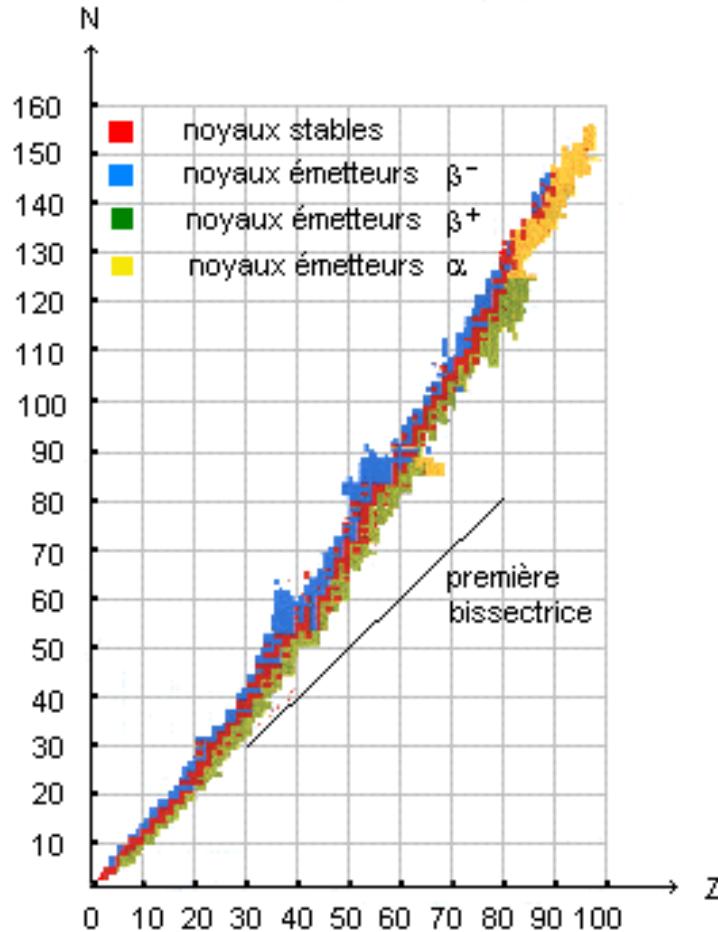
توجد النجوم التي لها كتلة حجمية مماثلة لكتلة الحجمية النووية وتسمى النجوم النوترات لأنها مكونة من النوترات فقط.

5 - النشاط الإشعاعي :

النشاط الإشعاعي تحول تلقائي وغير مرتب في الزمن، تتحول خلاله نواة غير مستقرة إلى نواة أخرى أو إلى حالة إثارة أقل طاقة.

5 - مخطط سيفري (N,Z) : diagramme de sergé

يبين مخطط سيفري موقع النوى المستقرة والنوى المشعة (غير مستقرة).



أ - منطقة الاستقرار :

تحتوي المخطط (N, Z) على منطقة تسمى منطقة الاستقرار و تتضمن النوى المستقرة :

❖ بالنسبة ل $Z < 20$:

تطابق منطقة الاستقرار مع المستقيم ذي المعادلة $N = Z$ مما يدل على أن هذه النوى لها عدد بروتونات يساوي عدد النوترنات و هذا يحقق العلاقة التالية :

$$A = N + Z \Rightarrow A = 2Z$$

❖ بالنسبة ل $Z > 20$:

توجد منطقة الاستقرار فوق المستقيم ذي المعادلة $N = Z$ و يكون عدد النوترنات N أكبر من عدد البروتونات Z و هذا يدل على دور ال�ام الذي تؤديه النوترنات 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 (Z, N ، كثیران $200 < A < 83$) لها نشاط إشعاعي من نوع α .

- نوى تقع فوق منطقة الاستقرار تحتوي على فائض في عدد النوترنات مقارنة مع النوى المستقرة و لها نشاط إشعاعي من نوع β^-

- نوى تقع تحت منطقة الاستقرار تحتوي على فائض في عدد البروتونات مقارنة مع النوى المستقرة و لها نشاط إشعاعي من نوع β^+

II - الحولات النووية التلقائية – النشاط الإشعاعي :

1 - قانون الإنفراط : قانون سودي (Soddy) :

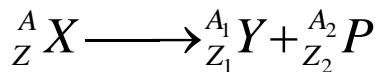
خلال تحول نووي تحفظ الشحنة الكهربائية Z و كذلك العدد الإجمالي للنويات A :

❖ مثال :

سوق أربعة الغرب

الفيزياء والكيمياء 2 bac

الأستاذ : خالد المكاوي



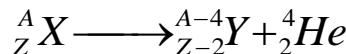
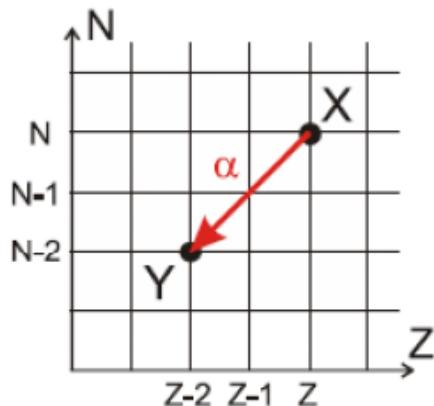
احفاظ الشحنة الكهربائية : $Z = Z_1 + Z_2$

احفاظ عدد الشحنة : $A = A_1 + A_2$

2 - أنواع الأنشطة الإشعاعية :

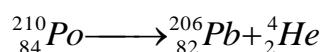
أ - النشاط الإشعاعي α :

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



معادلة التحول النووي :

* مثال : البولونيوم ${}_{84}^{210} Po$ اشعاعي النشاط :



* ملحوظة :

- الأشعة α قليلة الإخراق يمكن لقطعة ورق صغيرة أو طبقة رقيقة من الهواء أن توقفها.

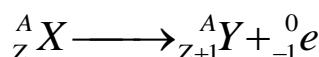
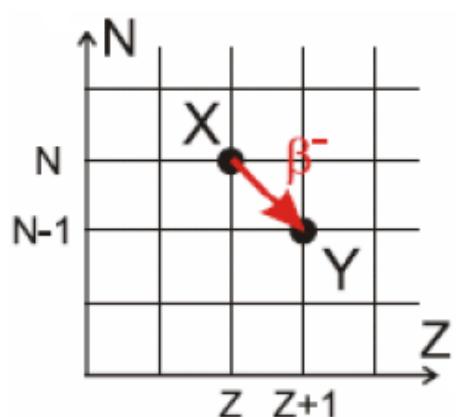
- كثيرة التأين (تسبب في تأين الهواء الذي تمر فيه) .

- ذات طاقة عالية .

- سرعتها $2.10^7 m.s^{-1}$.

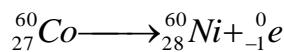
ب - النشاط الإشعاعي β^- :

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



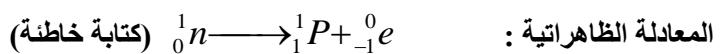
معادلة التحول النووي :

* مثال : الكوبالت ${}_{27}^{60} Co$ اشعاعي النشاط β^- :



* ملحوظة :

- النشاط الإشعاعي β^- يتم داخل النواة و ينتج عن تحول نوترونات إلى بروتونات و فق



المعادلة الظاهرة :

- الأشعة β^- أكثر إخراق من α يمكن توقفها بقطعة من الألومنيوم سمكها بعض المليمترات

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

- ذات طاقة عالية .

- سرعتها $2.10^8 m.s^{-1}$.

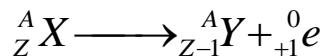
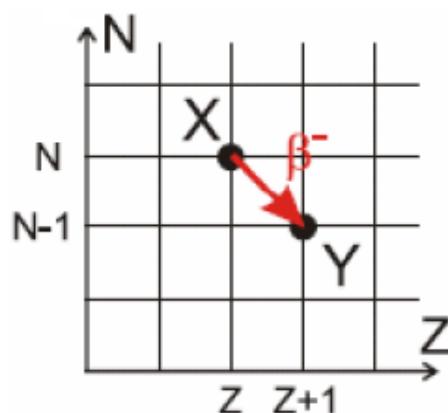
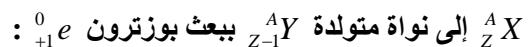
ج - النشاط الإشعاعي γ :

سوق أربعة الغرب

الفيزياء والكيمياء 2 bac

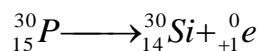
الأستاذ : خالد المكاوي

النشاط الإشعاعي β^+ تفت نووي طبيعي و تلقائي يظهر عموما بالنسبة للعناصر الإشعاعية الإصطناعية حيث تحول خلاله نواة أصلية



معادلة التحول النووي :

❖ مثال : الفوسفور ${}_{15}^{30}P$ إشعاعي النشاط :



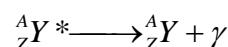
❖ ملحوظة :

تحتاج β^- و β^+ في الشحنة فقط فهما لهما نفس الخصائص.

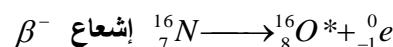
د - النشاط الإشعاعي γ :

النشاط الإشعاعي γ عبارة عن موجات كهرمغنتيسية (فوتونات) ذات طاقة عالية جدا، و هو يواكب الأشطة الإشعاعية α و β^- و β^+

حيث تكون النواة المتولدة في حالة إثارة و لفقدان طاقتها فإنها تتحررها ببعث أشعة γ :



❖ مثال :



❖ ملحوظة :

- طول موجتها $10^{-4} nm$

- سرعتها تساوي سرعة الضوء.

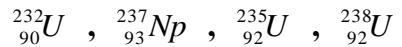
- كثيرة الإخترق أكثر بـ 100 من β يمكن توقيفها بقطعة رصاص سمكها عشرات السنتمترات.

3 - الفصيلة المشعة :

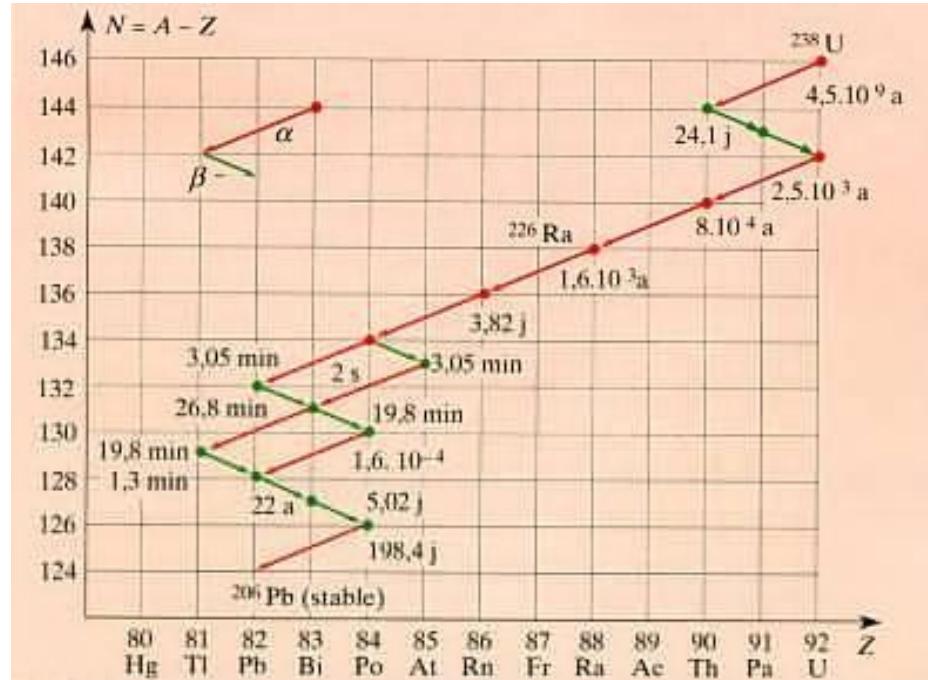
تحول نواة غير مستقرة إلى نواة أخرى و إذا كانت هذه الأخيرة غير مستقرة فإنها تحول هي الأخرى حتى تحصل على نواة مستقرة.

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

- توجد 4 فصائل مشعة تنحدر من النوى التالية :



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



III - التناقض الإشعاعي :

1 - النشاط الإشعاعي :

النشاط الإشعاعي ظاهرة عشوائية تحدث تلقائيا حيث لا يمكن التنبؤ باللحظة التي يحدث فيها التفتت ولا يمكن تغيير خاصيات هذه الظاهرة .

2 - قانون التناقض الإشعاعي :

نعتبر عينة تحتوي على عدد النويدات مشعة في اللحظة t .

يتناقض عدد النويدات ليصبح $N(t)$ عند اللحظة t .

و يصبح عدد النويدات المتبقية عند اللحظة $t + dt$ هو $N(t) + dN(t)$ حيث $dN(t) < 0$ لأن N تتناقض .

إذن خلال المدة dt يكون عدد النويدات المتبقية هو : $N(t) - (N(t) + dN(t)) = -dN(t)$

تبين الدراسة الإحصائية لعينة أن عدد النويدات المتبقية $dN(t)$ - يتناسب مع $N(t)$ عدد النويدات المتبقية و dt :

$$-dN(t) = \lambda N(t).dt \quad \text{حيث}$$

$$\frac{dN(t)}{N(t)} = -\lambda N(t).dt \quad \text{وهي معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى :}$$

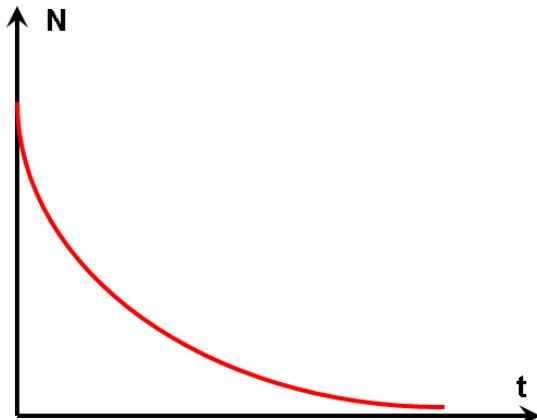
$$N(t) = k.e^{-\lambda t} \quad \text{حلها :}$$

$$N(t=0) = N_0.e^0 = N_0 \Rightarrow k = N_0$$

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

يخضع عدد النوى $N(t)$ المتبقية في عينة مشعة لقانون التناقض الإشعاعي التالي :

حيث λ : تسمى ثابتة النشاط الإشعاعي (أو ثابتة التفتت) و حدتها s^{-1} و هي تميز طبيعة النويدات المشعة و N_0 عدد النوى اللحظة $t=0$:



3 - ثابتة الزمن - عمر النصف :

أ - ثابتة الزمن τ :

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

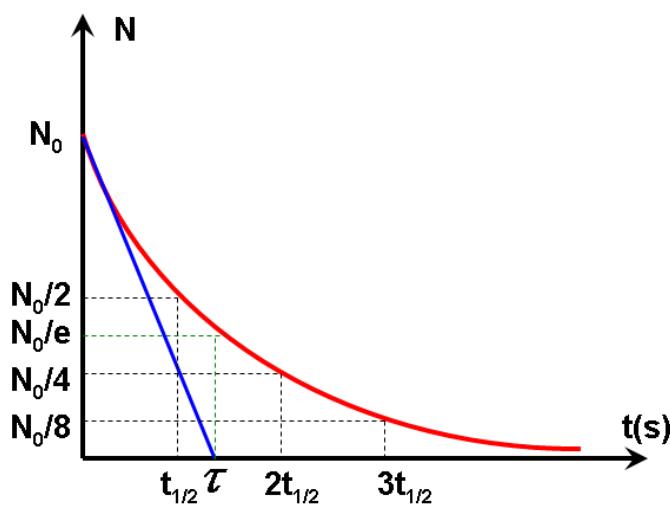
يصبح قانون التناقص الاشعاعي كالتالي : $N(t) = N_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

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

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

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

τ هو أقصى تقطيع المماس للمنحى ($N = f(t)$) 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.

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

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

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

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

$$N(t) = \frac{N_0}{2^n} \quad \text{مع} \quad n = \frac{t}{t_{1/2}}$$

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

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

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

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

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

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

4- نشاط عينة مشعة (سرعة التفتت) :

❖ تعريف :

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

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

وحدة هي بيكرييل Bq (Becquerel) يمثل 1Bq تفتت واحد في الثانية.

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

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

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

✓ يتم قياس النشاط الإشعاعي بواسطة عداد جيجر . Geiger

❖ أمثلة :

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

سوق أرباعي الغرب

الفيزياء والكيمياء 2 bac

الأستاذ : خالد المكاوي

❖ تطبيق :

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

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

2 - علما أنه عند اللحظة $t = 74h$, أصبحت كتلة العينة $m = 2mg$

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

4 - أحسب عمر النصف للصوديوم المشع $^{24}_{11}Na$ ؟

5 - أوجد ثابتة النشاط الاشعاعي λ للصوديوم $^{24}_{11}Na$ ؟

نعطي : عدد أفوكادرو : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} mol^{-1}$

IV - التاريخ بالنشاط الاشعاعي :

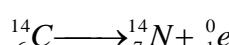
1 - التاريخ بالكريون 14 :

تحتوي جميع الكائنات الحية (الإنسان و الحيوان و النبات) على الكريون الذي تبادله عن طريق الجو (التنفس و التركيب الضوئي) أو التغذية .

يتوفر عنصر الكريون أساسا على على نظيرين الكريون $^{12}_{6}C$ و هو مستقر و الكريون $^{14}_{6}C$ و هو اشعاعي النشاط β^- الناتج عن تفاعل نوى الأزوت مع نوترونات الأشعة الكونية :



و عند موت الكائنات الحية تبدأ نسبة الكريون $^{14}_{6}C$ بالتناقص وفق معادلة التفتت التالية :



بتطبيق قانون التناقص الاشعاعي :

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

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

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

مع $t_{1/2} = 5600 ans$ عمر نصف

$a(t)$: نشاط العينة

a_0 : نشاط عينة شاهد لها نفس الكتلة

2 - التاريخ بطرق أخرى :

توجد طرق التاريخ تستعمل فيها نويدات مشعة عمر نصفها كبير جدا. وتمكن من تاريخ عينات أكثر قدما.

لتاريخ عينات قديمة جدا كالصخور يستعمل الأرانيوم ^{238}U ذي العمر عمر النصف $t_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9 ans$ وقد مكن تقدير عمر نصف

الكرة الأرضية وهو حوالي $4,5 ans$

❖ تطبيق :