مـا يجب أن أعرف حتى أقول : إني استوعبت هذا الدرس

- يجب أن أعرف مدلول الرمز $^{A}_{Z}X$ وإعطاء تركيب النواة الموافقة .
- يجب أن أعرف معنى النظير وأحفظ بعض الأمثلة .
- يجب أن أتعرّف على الأنوية المستقرة وغير المستقرة اعتمادا على مخطط سيقري (Segrè)
- يجب أن أعرف ما معنى نواة مشعّة .
- يجب أن أتعرف كل الجسيمات التي نصادفها في هذا الدرس
- يجب أن أعرف قانون الإنحفاظ .
- يجب أن أعرّف الإشعاعات α ، β ، γ وأكتب معادلة تحول نووي وأطبق فيها قانون الإنحفاظ .
- يجب أن أعرف قانون Soddy والتمكن من استغلال منحنى التناقص $N = f(t)$.
- يجب أن أعرف معنى النشاط الإشعاعي وأهميته ووحدة قياسه .
- يجب أن اعرف معنى الثابت الزمني وزمن نصف العمر وكيفية استنتاجهما من منحنى التناقص .
- يجب أن أعرف كيفية استعمال النشاط الإشعاعي في التأريخ .

ملخص الدرس

النشاط الإشعاعي

- النشاط الإشعاعي هو ظاهرة سببها تحوّل نووي تلقائي لأنوية غير مستقرّة لإعطـاء أنوية أكثر استقرارا وانبعاث إشعـاع .
- كل تحوّل نووي يخضع إلى انحفاظ الشحنة الكهربائية وعدد النوكليونات والطـاقة .

أنواع الإشعاعات

يوجد ثلاثة أنواع رئيسة للإشعاعات هي :

- **الإشعـاع** α (أنوية الهيليوم $^{4}_{2}He$) : $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$. هذا لإشعاع خاص عادة بالأنوية الثقيلة جدا .
- **الإشعـاع** β^- : $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e$. هذا الإشعاع خاص بالأنوية التي تحتوي على عدد أكبر من النوترونات بالنسبة لبروتوناتها .
- **الإشعـاع** β^+ : $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{1}e$. هذا الإشعاع خاص بالأنوية التي تحتوي على عدد أكبر من البروتونات بالنسبة لنوتروناتها .
- **الإشعـاع** γ : هو إشعـاع يرافق عادة الإشعاعات السابقة (α ، β) ، بحيث تكون النواة الناتجة عن هذه الإشعاعات مثارة طاقويا فتشعّ γ (أي تتخلص من الطاقة الزائدة على شكل إشعاع كهرومغناطيسي لكي تستقرّ). $^{A}_{Z}X^* \rightarrow {}^{A}_{Z}Y + \gamma$

(* تدل على أن النواة مثارة)

التناقص

- النشاط الإشعاعي ظاهرة عشوائية ، لا يمكن دراسة تطورها إنفراديا ، بل نستعمل مجموعة كبيرة من الأنوية لنتكلم عن المتوسط .
- التّغيّر $\Delta N(t)$ لعدد الأنوية المشعّة بين اللحظتين t و Δt هو : $\Delta N = -\lambda N \Delta t$
- قـانون التناقص هو $N = N_0\, e^{-\lambda t}$ $N = N_0\, e^{-\lambda t}$ ، حيث N_0 هو عدد الأنوية في اللحظة $t = 0$
- النشــاط A لمـادة مشعّة هو العدد المتوسط للتفككات في وحدة الزمن $A = -\dfrac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N$

النشاط عدد موجب يُقاس بـ (Becquerel) رمزه Bq

الثابت الإشعاعي (λ)

يتعلّق بطبيعة النواة ، ولا يتعلّق بالزمن . يُقاس بـ s^{-1} .

الثابت الزمني (أو ثابت الزمن)

هو الزمن المتوسط لعمر نواة ، مع العلم أن بعض الأنوية تتفكك في مدة زمنية طويلة وبعضها يتفكك في مدة زمنية قصيرة . $\tau = \dfrac{1}{\lambda}$

زمن نصف العمر

هو الزمن اللازم لتفكك نصف العدد المتوسط للأنوية المشعة . $t_{1/2} = \dfrac{ln\,2}{\lambda}$

بطاقة رياضية

الدالة الأسّية

هي دالة معرفة بالعلاقة $f(x) = a^x$ ، يسمى a الأساس ، وهو عدد حقيقي أكبر تماما من 0 ، $a \neq 1$.

إذا كان $a = e$ نسميه الأساس النيبيري ، حيث $e = 2{,}718..$ ، ونكتب $f(x) = e^x$

مشتق الدالة الأسية : إذا كانت $f(x) = e^{bx}$ ، حيث b عدد حقيقي فإن $f'(x) = b\,e^{bx}$

$$\lim_{x \to +\infty} e^x = +\infty \quad ، \quad \lim_{x \to -\infty} e^x = 0$$

الدالة اللوغاريتمية

هي الدالة التي تتميز بالعلاقة $f(x) = log_a\, x$ ، حيث a عدد حقيقي أكبر تماما من 0 ، $a \neq 1$.

إذا كان $a = e$ نسمي اللوغاريتم نيبيريا ونكتب : $f(x) = ln x$

خواص اللوغاريتم :

$$ln 1 = 0 \quad ، \quad ln\,(a \times b) = ln\,a + ln\,b$$

$$ln e = 1 \quad ، \quad ln \frac{a}{b} = ln a - ln b \quad ، \quad ln\, e^b = b\, ln\, e = b$$

على الآلة الحاسبة نستعمل الزر $\boxed{ln}$ لحساب اللوغاريتم النيبيري لعدد وليس الزر $\boxed{log}$

الدرس

1 - استقرار وعدم استقرار الأنوية

أ) نواة الذرة

تتألف نواة ذرة من جسيمات تسمّى النوكليونات (nucléons) ، هي البروتونات والنوترونات ، عدد هذه النوكليونات هو العدد A .

نمثّل نواة بالشكل $_{Z}^{A}X$ ، حيث X هي النواة ، Z : عدد البروتونات (الرقم الذرّي) ، A العدد الكتلي ، أما عدد النوترونات فهو

$N = A - Z$

مثال : النواة $_{11}^{23}\mathrm{Na}$ تحتوي على 11 بروتون و 12 نوترون .

ب) النظائر : مجموعة من الذرات تشترك في الرقم الذري Z وتختلف في العدد الكتلي A .

بعض نظائر الأكسوجين هي $_{8}^{16}O$ ، $_{8}^{17}O$ ، $_{8}^{18}O$. بعض نظائر الكلور هي : $_{17}^{35}Cl$ ، $_{17}^{36}Cl$ ، $_{17}^{37}Cl$

الجسيمات التي نصادفها في هذا الدرس :

البوزيتون $_{+1}^{0}e$	الإلكترون $_{-1}^{0}e$	النوترون $_{0}^{1}n$	البروتون $_{1}^{1}p$	**الجسيم**
$9{,}1 \times 10^{-31}$	$9{,}1 \times 10^{-31}$	$1{,}675 \times 10^{-27}$	$1{,}673 \times 10^{-27}$	**الكتلة** (kg)
$1{,}602 \times 10^{-19}$	$-1{,}602 \times 10^{-19}$	0	$1{,}602 \times 10^{-19}$	**الشحنة** (C)

ينبعث البوزيتون جرّاء التحول المتواصل داخل النواة للبروتونات إلى نوترونات : $_{1}^{1}p \rightarrow {}_{0}^{1}n + {}_{1}^{0}e$

أما عندما يتحول نوترون إلى بروتون ينبعث إلكترون : $_{0}^{1}n \rightarrow {}_{1}^{1}p + {}_{-1}^{0}e$

يوجد حوالي 350 نواة طبيعية ، منها حوالي 60 نواة غير مستقرة . أما الأنوية الاصطناعية فكلها غير مستقرّة

جـ) نصف قطر النواة

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

$\sqrt[3]{x}$: هو الجذر التكعيبي للعدد x ، إذا كان $y = \sqrt[3]{x}$ ، فإن $x = y^3$

r_0 هو ثابت بالنسبة لكل الأنوية . يُعطى $r_0 \approx 1{,}3\ fm$

Fermi هو وحدة لقياس المسافات الصغيرة جدا . $(1\ \text{fermi} = 10^{-15}\ \text{m})$.

مثال : نصف قطر نواة الصوديوم $_{11}^{23}Na$ هو : $R = 1{,}3\ \sqrt[3]{23} = 3{,}7\ fm$

2 – النشاط الإشعاعي

النواة النشيطة إشعاعيا هي نواة غير مستقرة ، وهي نواة تتفكك عاجلا أو آجلا عشوائيا وتلقائيا بواسطة تحوّل نووي تلقائي لإعطاء نواة أكثر استقرارا . أثناء هذا التحول تصدر النواة إشعاعات أهمها : α ، β^- ، β^+ ، γ .

نسمّي النواة المتفككة : **النواة الأب** ، ونسمّي النواة الناتجة : **النواة الإبن**

أ) **قانون الانحفاظ**

في كل تحوّل نووي يُحفَظ مـا يلي :

- الشحنة الكهربائية
- عدد النوكليونــات
- الطـاقة

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

في هذا التحوّل يمكن أن يكون X نواة أو جسيما (بروتون ، نوترون ...) ، بحيث يتحقق الانحفاظ :

$$A_1 + A_2 = A_3 + A_4$$
$$Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$$

ب) **الإشعــاع α**

عبارة عن أنوية الهيليوم $\left({}^4_2He\right)$

$${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2He$$

في هذا التحوّل ينقص عدد البروتونات بـ 2 ، ولدينا : عدد النوترونات قبل التحول هو $N = A - Z$ ، أما بعد التحول فيكون عدد النوترونات $N' = A - 4 - (Z - 2) = A - Z - 2 = N - 2$ ، إذن عدد النوترونات نقُصَ بـ 2 كذلك .

في التفكّك α
تفقد النواة **2** نوترون و **2** بروتون

مثـــال : ${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^4_2He$

جـ) **الإشعــاع β^-** $\left({}^{\ 0}_{-1}e\right)$

ينبعث إلكترون في هذا التحول : ${}^A_ZX \rightarrow {}^{\ \ A}_{Z+1}Y + {}^{\ 0}_{-1}e$

في هذا التحوّل يزداد عدد البروتونات بـ 1 ، ولدينا : $N' = A - (Z + 1) = N - 1$ ، أي أن عدد النوترونات نقُصَ بـ 1 .

في التفكّك β^-
يتحوّل **1** نوترون إلى **1** بروتون

مثـــال : ${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{\ 0}_{-1}e$

د) **الإشعــاع β^+** $\left({}^{\ 0}_{+1}e\right)$

ينبعث بوزيتون في هذا التحوّل : ${}^A_ZX \rightarrow {}^{\ \ A}_{Z-1}Y + {}^{\ 0}_{+1}e$

في هذا التحوّل ينقص عدد البروتونات بـ 1 ، ولدينا : $N' = A - (Z - 1) = N + 1$ ، أي يزداد عدد النوترونات بـ 1 .

في التفكّك β^+
يتحوّل **1** بروتون إلى **1** نوترون

مثـــال : ${}^{12}_{7}N \rightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{\ 0}_{+1}e$

هـ) **الإشعــاع γ**

يرافق هذا الإشعاع عادة كل الإشعاعات السابقة ، بحيث لما تشعُّ نواة إشعــاعا α ، β^- ، β^+ تكون النواة الابن (الناتجة) في حـالة طاقوية مثــارة ، فتريد التخلص من الطاقة الزائدة فتصدر إشعاعا γ لتستقر . نمثل النواة المثارة بإضافة (نجمة) X^* .

الإشعاع γ عبارة عن أمواج كهرومغناطيسية عـالية التواتر (أكبر من 10^{18} Hz) .

$$^{Z'}_{A'}X^* \rightarrow \ ^{Z'}_{A'}X + \gamma$$

نواة إبن مثـارة — نواة إبن مستقرة

مثـال : $^{14}_{6}C \rightarrow \ ^{14}_{7}N^* + \ ^{0}_{-1}e$ ثم تخلّص نواة الآزوت من الطاقة الزائدة : $^{14}_{7}N^* \rightarrow \ ^{14}_{7}N + \gamma$

3 – مخطط Segrè

في هذا المخطط نجد على الفواصل الرقم الذري Z (عدد البروتونات في النواة) وعلى التراتيب عدد النوترونات N .

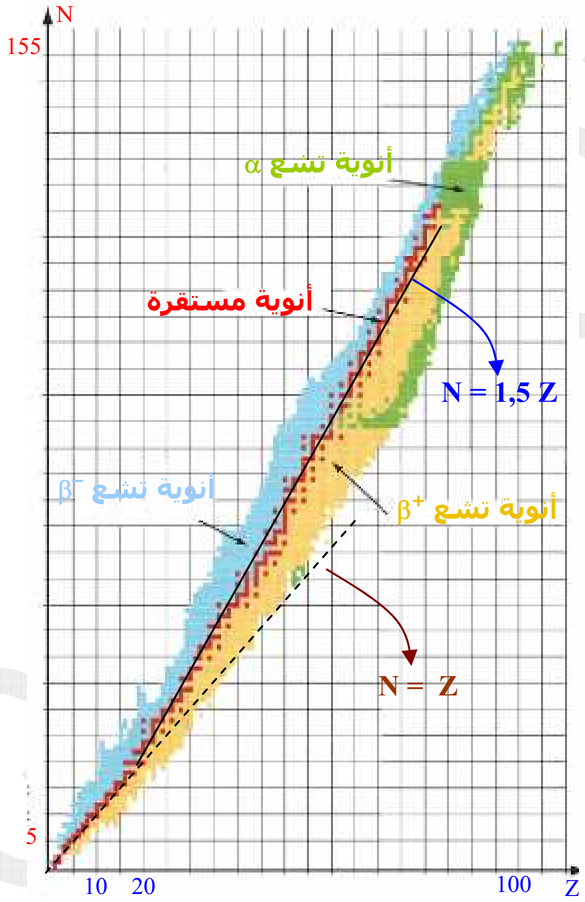
ملاحظة : يمكن في التمارين أن تصادف Z أو A على التراتيب .

المستقيم الذي معادلته N = Z ، والذي يمثل المنصف الأول يسمى مستقيم الإستقرار ، معنى هذا أن الأنوية القريبة من هذا المستقيم بعدد بروتوناتها وعدد نوتروناتها تكون أكثر إستقرارا . (يوجد توازن في العدد بين البروتونات والنوترونات)

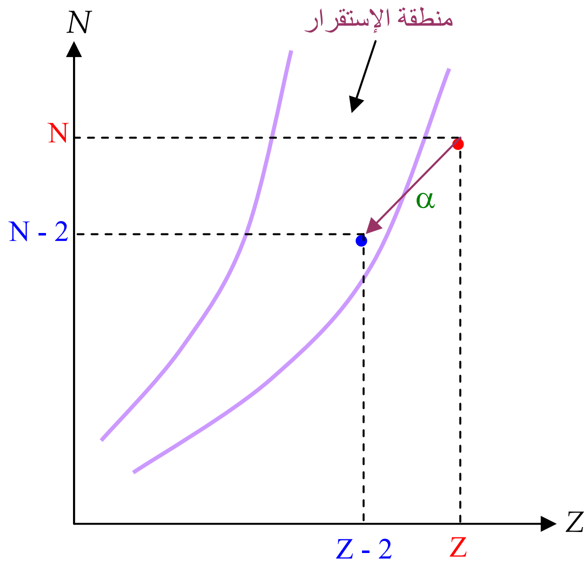
لكي تستقر نواة يجب أن يوجد توازن بين عدد بروتوناتها ونوتروناتها .

- الأنوية التي عدد نوكليوناتها مرتفع تشع α
- الأنوية التي فيها النوترونات كثيرة بالنسبة لنظائرها (*isobare*) المستقرة تشعّ β^- .
- الأنوية التي فيها البروتونات كثيرة بالنسبة لنظائرها (*isobare*) المستقرة تشع β^+

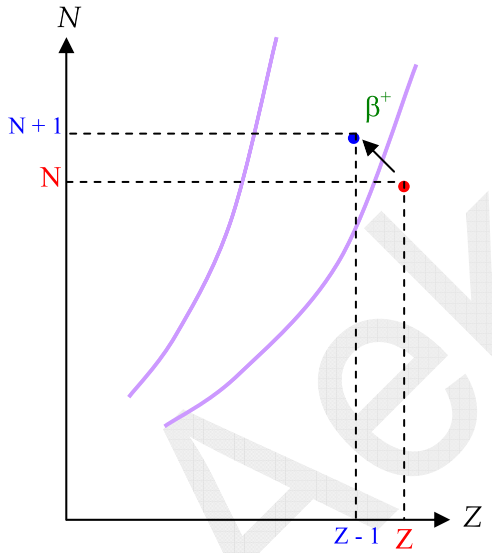
Isobare : معناها نفس العدد الكتلي *A* .



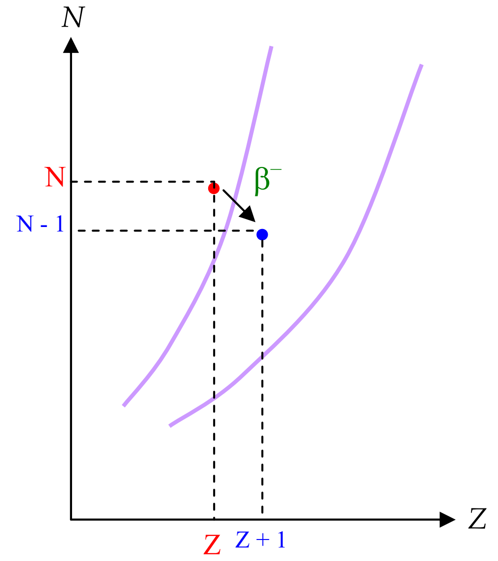
مخطط Segrè - صورة عن Bordas



دخول الأنوية إلى منطقة الاستقرار بعد إصدارها لـ α



دخول الأنوية إلى منطقة الاستقرار بعد إصدارها لـ β^+



دخول الأنوية إلى منطقة الاستقرار بعد إصدارها لـ β^-

4 – قـانون التناقص الإشعـاعي

إن تفكك الأنوية هي ظاهرة عشوائية محضة ، حيث لا يمكن التنبؤ باستمرار تفكك نواة أو توقفها عن ذلك . لهذا لا يمكن دراسة الأنوية انفراديا كما تعودنا ذلك في دراسة تطور حركة نقطة مــادية .

إذن دراسة تفكك الأنوية هي دراسة إحصائية ، معنى هذا أنها تعتمد على القيم المتوسطة ، أي ندرس عينة من الأنوية ونعمم الدراسة على كل الأنوية مجتمعة رغم أن تفكك هذه الأنوية انفراديا لم يكن متماثلا على الإطلاق .

أ) قــانون Soddy

ليكن N_0 عدد الأنوية في عيّنة مشعة في اللحظة $t = 0$. يصبح هذا العدد N في اللحظة t .

يمكن بواسطة جهاز يلتقط الإشعاعات الصادرة من تفكك الأنوية أن نتابع تطوّر تفكك هذه الأنوية .

ليكن N متوسط الأنوية في اللحظة t و ΔN التغير في عدد الأنوية في المدة الزمنية Δt . إن هذا التغير يتناسب مع :

- N : عدد الأنوية في اللحظة t
- $\lambda \Delta t$: احتمال التفكك في المجال الزمني Δt .

λ هو الثابت الإشعــاعي ، يتعلّق بطبيعة النواة و لا يتعلّق بالزمن .

عدد الأنوية يتناقص خلال الزمن ، وبالتالي $\frac{dN}{dt}$ تمثّل سرعة التناقص ، وهذه السرعة سالبة طبعا (تذكر سرعة اختفاء المتفاعلات) .

نكتب إذن $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$ (1)

يمكن كتابة العلاقة (1) على الشكل $\frac{dN}{N} = -\lambda\, dt$ (2)

إن الدالة التي نشتقها ونجد $\frac{f'(x)}{f(x)}$ هي الدالة $\ln f(x) + C$ ، حيث C : عدد حقيقي .

إذن العلاقة (2) تصبح على الشكل : $\ln N = -\lambda t + C$ (3)

تحديد الثابت C :

نعلم أن في اللحظة $t = 0$ يكون عدد الأنوية N_0 ، وهو عددها قبل بدء التفكك . بالتعويض في العلاقة (3) نجد :

وبالتالي $C = ln N_0$

نعوّض C في العلاقة (3) : $ln N - ln N_0 = -\lambda t$ ، أو $ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$ (4)

إذا كان $ln x = a$ ، فإن $x = e^a$ $x = e^a$ ، وبالتالي نكتب العلاقة (4) $\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$ ، ومنه العلاقة النهائية :

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

وحدة قيـاس λ : بما أن N و N_0 من نفس الجنس (عدد أنوية) إذن $e^{-\lambda t}$ مجرّد من الوحدة ، يعني λt ليس له وحدة ، إذن يجب أن تكون وحدة λ هي مقلوب الثانية (s^{-1}) .

ب) **زمن نصف العمر (الدور) $t_{1/2}$**

هو الزمن اللازم لكي يتغيّر عدد الأنوية من N_0 إلى $\frac{N_0}{2}$.

بالتعويض في العلاقة (2) نكتب : $\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda t}$ ، ومنه : $\frac{1}{2} = e^{-\lambda t}$ ، وبإدخال اللوغاريتم على طرفي المعادلة :

$-ln 2 = -\lambda t$ ، ومنه العلاقة :

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

ولدينا $ln 2 = 0,69$

زمن نصف العمر يميز فقط النواة ويقاس بالثانية . ونعبّر عنه كذلك بالساعات والأيام والشهور والسنوات .

^{210}Po : 138 يوم ، ^{210}Bi : 5 أيام ، ^{232}Th : حوالي 14 مليـار سنة .

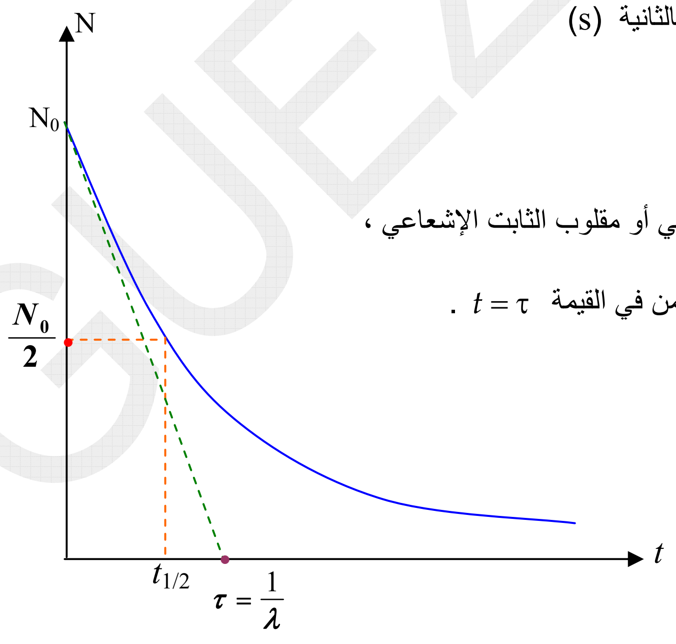
جـ) **الثابت الزمني τ**

هو مقلوب الثابت الاشعـاعي ، $\tau = \frac{1}{\lambda}$ ويُقاس بالثانية (s)

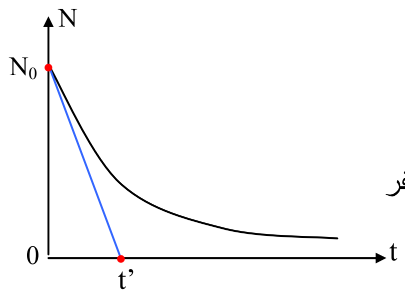
استنتـاج $t_{1/2}$ و τ و λ من البيان $N = f(t)$:

زمن نصف العمر هو فاصلة الترتيب $\frac{N_0}{2}$ ، أما بالنسبة للثابت الزمني أو مقلوب الثابت الإشعاعي ،

نرسم مماس البيان في النقطة $(0 , N_0)$ ، فيقطع هذا المماس محور الزمن في القيمة $t = \tau$.



البرهان الرياضي لتقاطع المماس عند $t=0$ مع محور الزمن في $t'=\frac{1}{\tau}$:



ميل المماس سالب ، وليكن a ، حيث $a=-\frac{N_0}{t'}$ (1)

نعلم أن ميل المماس عند $t=0$ هو كذلك مشتق الدالة $N=f(t)$ وتعويض t بالقيمة صفر

لأن فاصلة التماس هي $t=0$

المشتق هو $a=\frac{dN}{dt}=-N_0\times\lambda$ (2)

نساوي بين العلاقتين (1) و (2) : $-\frac{N_0}{t'}=-N_0\times\lambda$ ، وبالتالي $t'=\frac{1}{\lambda}$ ، وهو المطلوب .

تنبيه : ثابت الزمن دائما أكبر من زمن نصف العمر :

$\tau=\frac{1}{\lambda}$ ، ولدينا $\lambda=\frac{0,69}{t_{1/2}}$ ، وبالتالي : $\tau=\frac{1}{0,69}\times t_{1/2}$ $\boxed{\tau=1,45\times t_{1/2}}$

5 – النشاط A

يمثل النشاط عدد التفككات في الثـانية ، وهو عدد موجب (لأن ΔN سالب) . $A=-\frac{\Delta N}{\Delta t}$ (3)

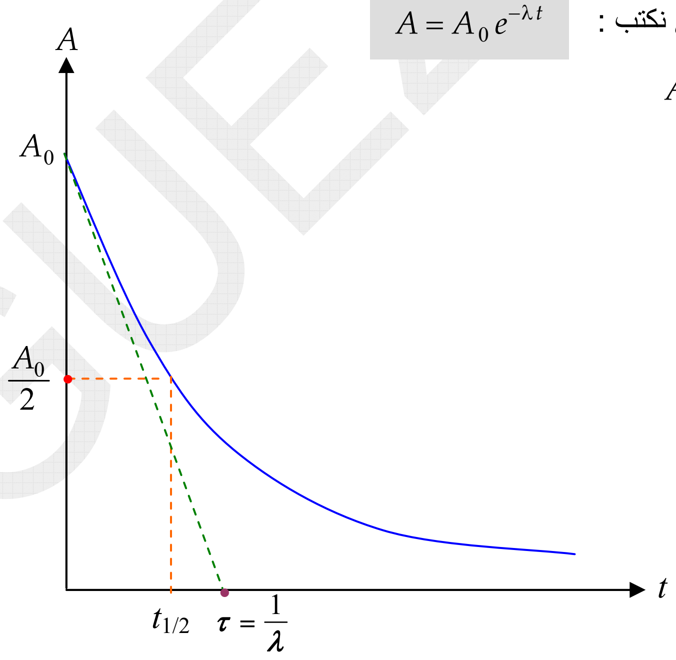
ويقاس بـ Becquerel (Bq) . توجد وحدة أخرى هي Curie (Ci) غير مستعملة في البرنامج . $1\ \text{Ci}=3,7\times10^{10}\ \text{Bq}$

يُقاس النشاط الإشعــاعي بواسطة مقياي يسمّى مقياس جيجر ($Geiger$) ، حيث لما نقرّب هذا الجهاز من عينة مشعّة تحدث الاشعاعات المنبعثة منها أصواتا داخل الجهاز ، فيعتمد عدّ هذه الصوات في تحديد نشاط العيّنة .

نعوّض في العلاقة (3) ΔN بعبارتها : $A=\frac{\lambda N\Delta t}{\Delta t}=\lambda N=\lambda N_0 e^{-\lambda t}$.

نضع $A_0=\lambda N_0$ ونسمّيه النشاط عند اللحظة $t=0$ ، وبالتالي نكتب : $A=A_0 e^{-\lambda t}$

بنفس الطريقة نستنتج $t_{1/2}$ ، λ ، τ من البيان $A=f(t)$



6 – تأثير الإشعاعات على المادة الحية

باستطاعة الإشعاعات ، إذا كانت معتبرة أن تؤثر على خلايا الجسم ، حيث بإمكانها أن تشرّد المـادة وتخرّب الخلايا وتحويلها إلى خلايا سرطانية ، ويزداد هذا الخطر كلما كان منبع الإشعاع أكثر نشاط ، وخاصة بالطاقة التي تحملها الإشعاعات .

7 – في المجال الطبي

يمكن استغلال طاقة النشاط الإشعاعي في تدمير الخلايا السرطانية في الجسم . يُستعمل عادة اليود 131 الذي يُشع β^- والذي يوافق زمن نصف عمر يقدّر بـ 8 أيام .

8 - في مجال التأريخ

يُستعمل النشاط الإشعاعي في تحديد عمر الكواكب والصخور والآثار (مثلا عمر مومياء) والبحيرات الجوفية ، وذلك بقيـاس النسبة بين عدد الأنوية الأب والأنوية الابن .

تقدير عمر الصخور

نجد النسبة بين عدد أنوية البوتاسيوم 40 والأرغون 40 .

بواسطة عمر الصخور نستطيع بالتقريب معرفة تاريخ آخر انفجار بركان ، كيف ذلك ؟

نعلم أن الصخور تحتوي على النوكليد المشع ^{40}K ، حيث يعطي هذا النوكليد بمرور الزمن النوكليد المستقر ^{40}Ar

وذلك بواسطة التقاط إلكترون من طبقاته : $^{40}_{19}K + ^{0}_{-1}e \rightarrow ^{40}_{18}Ar + \gamma$ ، ونعلم أن الأرغون عبارة عن غاز أحادي الذرة .

نسبة التفكك $^{40}_{19}K \rightarrow ^{40}_{18}Ar + ^{0}_{-1}e$ ضئيلة جدا .

يتفكك كذلك البوتاسيوم 40 إلى ^{40}Ca حسب المعادلة : $^{40}_{19}K \rightarrow ^{40}_{20}Ca + ^{0}_{-1}e$ ، لكن الفتونات المنبعثة في التحوّل إلى أرغون هي التي تحدد البوتاسيوم الذي يعطي الأرغون .

لما ينفجر البركان وتذوب الصخور فإن غاز الأرغون ينطلق في الجو ، لكن بمجرد أن يخمد البركان وتبرد الصخور وتصبح صلبة فإن كل غاز الأرغون الناتج عن تفكك البوتاسيوم يبقى محجوزا داخل مسامات الصخور .

عندما نحلّل عينة من صخرة موجودة أمام بركان قديم جدا (إذا قلت لي كيف عرفت أنه قديم ، أقول لك : لم أعرف أنه حديث) .

ننزع الشوائب من العينة ونزن كتلة البوتاسيوم 40 وحجم غاز الأرغون 40 ونقوم بالحسابات التـالية :

عدد أنوية البوتاسيوم 40 في اللحظة t : $N_K = \dfrac{m_K}{40} N_A$ ، حيث m_K هي كتلة ^{40}K و N_A هو عدد أفوقادرو .

عدد أنوية الأرغون 40 في اللحظة t : $N_{Ar} = \dfrac{V_{Ar}}{V_M} N_A$ ، حيث V_{Ar} هو حجم Ar و N_A هو عدد أفوقادرو .

عدد أنوية البوتاسيوم عند اللحظة $t = 0$: (أي تاريخ آخر انفجار للبركان) ، مع العلم أن المدة التي يبقى فيها البركان ثائرا لا نأخذها بعين الاعتبار في التأريخ ، لأن أولا هذه المدّة قصيرة وثانيا أن التأريخ تقريبي .

هذا العدد هو $N_{0,K} = N_K + N_{Ar}$ ، وبتطبيق علاقة التناقص نكتب $N_K = (N_K + N_{Ar}) e^{-\lambda t}$ (1)

حيث λ هو الثابت الإشعـاعي للبوتاسيوم 40 .

ندخل اللوغاريتم النيبيري على طرفي العلاقة (1) ونحسب قيمة الزمن t . إن هذا الزمن هو عمر الصخرة التي أخذنا منها العينة ، وبذلك نستطيع إيجاد تاريخ آخر انفجار لهذا البركان (t') بالعملية التالية : $t' = 2012 - t$

تحديد عمر مادة حيّة بعد موتها (مثلا عظم حيوان)

وجد علماء الآثار قطعة من عظم حيوان في مغارة قديمة وأرادوا أن يتعرّفوا على تاريخ وفاة هذا الحيوان .

العمل الذي نقوم به :

نقوم بتنقية عيّنة من العظم ونحتفظ فقط بالفحم الموجود فيها (هذه العملية كيميائية بحتة) . لتكن كتلة العيّنة النقيّة هي m .

يجب أن نعلم أن في هذه العينة يوجد النظائر ^{12}C ; ^{13}C ; ^{14}C ، حيث أن ^{12}C ; ^{13}C مستقرّان أما ^{14}C فهو نظير مشعّ حيث أنه يتفكك كالتالي : $^{14}_{6}C \rightarrow ^{14}_{7}N + \beta^-$.

نحسب عدد أنوية ^{12}C في العيّنة ، حيث نهمل عدد أنوية ^{13}C و ^{14}C بسبب نُدرة وجودها في العيّنة ونكتب $N_{12} = \frac{m}{12} N_A$

ونعلم أن في أنسجة الكائن الحي توجد كل نظائر الكربون السابقة الذكر ، فكلّما تناقص النظير ^{14}C من هذه الأنسجة يعوّضه الكائن عن طريق التنفس وعمليات معقّدة أخرى ، فهناك نسبة ثابتة في كل الكائنات الحيّة بين عدد أنوية ^{14}C و ^{12}C وهي :

$$\boxed{\frac{N_{14}}{N_{12}} \approx 1,3 \times 10^{-12}} \quad (1)$$

بمجرّد أن يموت الكائن الحي تشرع هذه النسبة في التناقص (انقطاع التنفّس) ، لأن ^{14}C يشرع في التفكك بدون أن يُعوّض ، أما النظير ^{12}C عدد أنويته لا يتغيّر لأنه مستقر إشعاعيا .

باستعمال النسبة (1) نستنتج عدد أنوية ^{14}C في العيّنة في اللحظة التي مات فيها الحيوان ، والتي كنّا قد أهملناها أمام عدد أنوية ^{12}C عندما قمنا بحساب N_{12} ، حيث : $N_{14} = 1,3 \times 10^{-12} \times N_{12}$

كيف نحسب عدد أنوية ^{14}C التي كانت في العيّنة لحظة وفاة الحيوان ؟

نأتي بعيّنة مماثلة من عظم حديث ونقرّب منها مقياس جيجر فيعطينا قيمة نشاط ^{14}C في اللحظة $t=0$ ، ونستنتج عدد أنوية ^{14}C بواسطة العلاقة $N_{0,14} = \frac{A_0}{\lambda}$.

والآن لكي نجد عمر العظم نطبّق علاقة التناقص الإشعاعي $N_{14} = N_{0,14}\, e^{-\lambda t}$

$\frac{N_{14}}{N_{0,14}} = e^{-\lambda t}$ ، وبإدخال اللوغاريتم النبيري على طرفي العلاقة وتعويض $\lambda = \frac{ln 2}{t_{1/2}}$ نجد :

$$\boxed{t = \frac{t_{1/2}}{ln 2} \times ln \frac{N_{0,14}}{N_{14}}}$$

حيث $t_{1/2}$ هو زمن نصف عمر ^{14}C و t هو عمر العظم .

ملاحظة : يمكن أن نحسب عمر العظم إذا كانت لدينا قيمتا النشاط الابتدائي (A_0) والنشاط لحظة وجود العظم (A) وذلك بالعلاقة :

$$\boxed{t = \frac{t_{1/2}}{ln 2} \times ln \frac{A_0}{A}}$$

تحديد عمر بحيرة جوفية

أثناء التنقيب عن البترول صادف المهندسون بحيرة مائية تحت سطح الأرض ، فأراد علماء الفيزياء معرفة عمر هذه البحيرة ، أي الزمن الفاصل بين تشكل البحيرة إلى أن عثر عليها مهندسوا البترول (طبعا التاريخ تقريبي) .

نعلم أن الماء يحتوي على الكلور ، ومن بين نظائر الكلور المشعة هو $^{36}_{17}Cl$ ، حيث يتفكك عادة حسب المعادلة $^{36}_{17}Cl \rightarrow ^{36}_{18}Ar + \beta^-$
حيث أن الماء السطحي الموجود بجوار البحيرة (ماء الآبار مثلا) يحتوي على نسبة ثابتة من $^{36}_{17}Cl$ ،لأن هذا النوكليد يتجدد بفعل تلامسه الدائم مع الجو . ولكن بمجرد أن يصبح الماء محجوزا في البحيرة فإن $^{36}_{17}Cl$ لا يتجدّد لأنه لا يلامس الجو .

العمل الذي نقوم به :

نأخذ عيّنة من ماء البحيرة ونكشف بواسطة مقياس جيجر عن نشاط $^{36}_{17}Cl$ فيها ، وليكن هذا النشاط هو A .

نأخذ عيّنة مماثلة من ماء سطحي بجوار البحيرة ونقوم بقياس نشاط $^{36}_{17}Cl$ فيها . إن هذا النشاط هو النشاط الابتدائي لعيّنة ماء البحيرة .

ليكن $t_{1/2}$ هوزمن نصف عمر النوكليد $^{36}_{17}Cl$.

نجد عمر البحيرة من العلاقة :

$$t = \frac{t_{1/2}}{ln 2} \times ln \frac{A_0}{A}$$