

التناقص الإشعاعي Décroissance radioactive

I - الذرة (تذكير)

1 - نموذج الذرة

تتكون الذرة من نواة وإلكترونات تدور حول هذه الأخيرة .
تتكون النواة من دقائق تسمى بالنويات nucléon البروتونات (p) والنوترونات (n) .

2 - خاصيات نواة الذرة .

نمثل نواة ذرة لعنصر كيميائي X بالرمز ${}^A_Z X$.

X : رمز العنصر الكيميائي

Z : عدد البروتونات و A عدد الكتلة .

عدد النوترونات هو $N=A-Z$.

مثال : أحسب عدد البروتونات وعدد النوترونات لنواة الكلور ${}^{35}_{17}Cl$

3 - النويدات nucléides

في الفيزياء الذرية يطلق اسم النوييدة على مجموعة من النوى تتميز بعدد معين من البروتونات ومن النوترونات .
نعرف نوييدة بإعطاء Z و A . مثلا ${}^{12}_6C$ و ${}^{14}_6C$ نوييدتان لعنصر الكربون .

4 - النظائرية

النظائر ، نوييدات تحتوي على نفس عدد البروتونات وتختلف من حيث عدد النوترونات (من حيث عدد الكتلة A)

مثال : ${}^{35}_{17}Cl$ و ${}^{37}_{17}Cl$ نظيرين لعنصر الكلور .

• **الوفرة الطبيعية** : بالنسبة لخليط طبيعي كتلته m يتكون من نظائر عنصر ما ، نعرف الوفرة الطبيعية θ_i لنظير i كتلته

m_i في هذا الخليط بالعلاقة : $m = \sum m_i \theta_i$ ، ويعبر عنها بالنسبة المئوية .

مثال : الوفرة الطبيعية للأورانيوم : ${}^{234}_{92}U$: 0,006% ، ${}^{235}_{92}U$: 0,718 ، ${}^{238}_{92}U$: 99,276 .

5 - كثافة المادة النووية

تبين التجارب النووية أنه يمكن نمذجة نواة بكرة شعاعها r يتعلق بعدد الكتلة A وفق العلاقة :

حيث أن $r = r_0 A^{1/3}$ شعاع ذرة الهيدروجين .

يمكن استنتاج القيمة التقريبية للكتلة الحجمية للنواة : $\rho = \frac{mA}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3m}{4\pi r_0^3}$

الكتلة التقريبية للنواة : $m=1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$ تكون الكتلة الحجمية التقريبية : $\rho \approx 2.10^{17} \text{kg} / \text{m}^3$ مما يدل على أن النواة أو **المادة**

النوية شديدة الكثافة .

II - النشاط الإشعاعي

نص وثائقي :

في سنة 1986 م اكتشف العالم الفيزيائي الفرنسي بيكريل Hennie Becquerel النشاط الإشعاعي عن طريق الصدفة حينما كان يقوم بأبحاث علمية على أشعة X الحديثة الاكتشاف آنذاك وذلك بتعريض أملاح الأورانيوم لأشعة الشمس ، في 26 فبراير 1896 م كان يوما غائما ، فعذر عليه تعريض هذه الأملاح لأشعة الشمس ، فوضعها في درج مكتبه مع صفائح فوتوغرافية مكسوة بغشاء من ورق سميك أسود ومعتم .

وفي أول مارس من نفس السنة قام بيكريل بتحميض الصفائح الفوتوغرافية فلاحظ بانبهار كبير أنها متأثرة ، رغم عدم تعرضها للأشعة الشمسية . وهذا ما أدى إلى اكتشاف أن أملاح الأورانيوم تبعث تلقائيا أشعة غير مرئية تترك آثارا على صفائح فوتوغرافية .

وسنتان بعد ذلك لاحظ الفيزيائيان بيير كوري وزوجته ماري كوري أن عنصر الطوريوم يبعث نفس الأشعة التي اكتشفها بيكريل . كانت هذه الاكتشافات الخطوة الأساسية لانطلاق أبحاث أخرى أدت إلى التعرف وتصنيف الأشعة المنبعثة من المواد المشعة ، حيث تم التعرف على الأشعة المنبعثة من الأورانيوم من طرف العالمان الإنجليزيان إرنست رودرفورد و فريدريك سودي ، مبينا أنها عبارة عن نوى الهيليوم المتأينة ، وسميت أشعة α ، ويعبر عن هذا الانبعاث بالمعادلة : ${}^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^4_2He$ ، مبينا

في سنة 1900 م تعرف بكيريل على نوع آخر من الإشعاعات النووية وهو الإشعاع β^- . وهو عبارة عن انبعاث إلكترونات ${}^0_{-1}e$ من

نوى الطوريوم Th وفق المعادلة التالية : ${}^{234}_{90}Th \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^0_{-1}e$

وبعد ذلك أبرز العالم الفرنسي بول فيلار وجود الأشعة γ وهي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية غير مرئية .

استثمار :

1 - ما هي طبيعة الأشعة X ؟ ما رتبة قدر طول موجتها μm أو nm ؟

طبيعة الإشعاعات X هي إشعاعات غير مرئية . رتبة قدر طول موجتها nm

$0,001\text{nm} \leq \lambda \leq 10\text{nm}$

2 - كيف اكتشف بيكريل أن أملاح الأورانيوم تبعث أشعة غير مرئية ؟
عند وضعه أملاح الأورانيوم داخل درج مع صفائح فوتوغرافية وبعد يومين تبين له أن الصفائح تأثرت بأشعة شبيهة بالأشعة X أي غير مرئية .

3 - هل تم اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي بالصدفة أم كان هناك تنبؤ نظري باكتشافها ؟
لقد كان هذا الاكتشاف بالصدفة .

4 - ما هو النشاط الإشعاعي ؟ كيف يمكن الكشف عن مادة مشعة ؟
النشاط الإشعاعي هو تحول طبيعي تلقائي لنواة مشعة أي غير مستقرة إلى نواة أخرى وذلك بانبعث إشعاعات نشيطة .
يمكن الكشف عن مادة مشعة بوضعه أمام صفائح فوتوغرافية في غياب الأشعة المرئية .

5 - أذكر النواتين المشعيتين التي تم التعرف عليهما إلى حدود سنة 1898 م .
الطوريوم $^{234}_{90}\text{Th}$ و الأورانيوم $^{238}_{92}\text{U}$

6 - أذكر أنواع الإشعاعات النووية الواردة في النص وحدد طبيعتها .
أشعة α وهي نوى الهيليوم ^4_2He والإشعاع β^- وهي عبارة عن انبعث إلكترونات $^0_{-1}e$ والإشعاع γ عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ..

تحقق من انحفاظ كل من عدد الكتلة وعدد الشحنة في معادلتَي التحولين الواردين في النص .
1 - تعريف النشاط الإشعاعي .

النشاط الإشعاعي تحول طبيعي وتلقائي يسمى كذلك باستحالة نووية، وغير مرتقب في الزمن ، تتحول خلاله نواة غير مستقرة تسمى نواة الأصل إلى نواة أخرى تسمى بنواة متولدة أو إلى حالة إثارة أقل طاقة .

وتسمى النواة غير المستقرة بالنواة المشعة أو نواة إشعاعية النشاط والدقائق المنبعثة بإشعاعات نشيطة .
2 - مخطط سيفري ، مخطط (N,Z) .

عدد النيوترونات N		N = A - Z						
11			^{19}O					
10			^{17}N ^{18}O					
9			^{16}N ^{17}O					
8			^{14}C ^{15}N ^{16}O					
7			^{12}B ^{13}C ^{14}N ^{15}O					
6		^{10}Be	^{11}B ^{12}C ^{13}N					
5		^8Li ^9Be	^{10}B ^{11}C					
4		^6He ^7Li	^{10}C					
3		^6Li ^7Be						
2		^3H ^4He						
1	n	^2H ^3He	^AX النوى المستقرة					
0		^1H	^AX ^AX ^AX النوى غير المستقرة					
0	1	2	3	4	5	6	7	
عدد البروتونات Z								

النشاط الإشعاعي تحول طبيعي وتلقائي يسمى كذلك باستحالة نووية، وغير مرتقب في الزمن ، تتحول خلاله نواة غير مستقرة تسمى نواة الأصل إلى نواة أخرى تسمى بنواة متولدة أو إلى حالة إثارة أقل طاقة .
وتسمى النواة غير المستقرة بالنواة المشعة أو نواة إشعاعية النشاط والدقائق المنبعثة بإشعاعات نشيطة .
2 - مخطط سيفري ، مخطط (N,Z) .

يفسر تماسك النواة بوجود قوى جاذبية بين النويات . لهذه القوى شدة كبيرة جدا وتسمى قوى التأثيرات البينية النووية . وهي أكبر بكثير من التأثيرات البينية الكهروساكنة وقوى التجاذب الكوني وهذا ما يجعل أن النوى مستقرة ومع ذلك توجد نويات غير مستقرة أي تتحول تلقائيا إلى نوى أخرى بعد بعثها إشعاعات نشيطة .
كيف يمكن التنبؤ باستقرار نواة ؟
بواسطة مخطط سيفري يمكن تحديد النوى المستقرة والنوى المشعة ، حيث تمثل كل نواة بمربع صغير أفصوله Z عدد بروتونات النواة وأرتبه N عدد نوترونات النواة . ويسمى المجال الذي يحتوي على النواة المستقرة (المربعات الحمراء) بمنطقة الاستقرار ويحديه من كل جهة النوى غير المستقرة .

استثمار :
1 - ذكر بمدلول الحرف A و Z في التمثيل ^A_ZX ، واعط العلاقة بين A و Z و N .

2 - حدد موضع النوى المستقرة بالنسبة ل $Z < 20$ (النوى الخفيفة) . بماذا تتميز هذه النوى ؟ واستنتج أن A/Z تساوي 2 تقريبا .

النويات المستقرة توجد قريبة من المستقيم $N=Z$ فهي تتميز بكون أن عدد البروتونات يساوي عدد النوترونات . ويحقق عدد الكتلة A العلاقة التالية : $A=2Z$ تقريبا .

3 - بالنسبة ل $Z > 20$ أين توجد هذه النوى بالنسبة للمستقيم $N=Z$ ؟ بماذا تتميز هذه النوى ؟ ما هو استنتاجك ؟
بالنسبة ل $Z > 20$ تكون منطقة الاستقرار فوق المستقيم ذي المعادلة $Z=N$ وتتميز هذه النوى بأن عدد النوترونات أكبر من عدد البروتونات . نستنتج أن استقرار النواة في هذه الحالة لا يمكن أن يحصل إلا إذا كان عدد النوترونات أكبر من عدد البروتونات .

4 - كيف تصبح النسبة A/Z بالنسبة للنوى الثقيلة المستقرة أي بالنسبة ل $Z > 70$ ؟
 $A/Z \approx 2,5$ بالنسبة للنوى الثقيلة .

5 - النواة $^{137}_{56}\text{Ba}$ هل هي مستقرة ؟ هل هي نشيطة إشعاعيا ؟

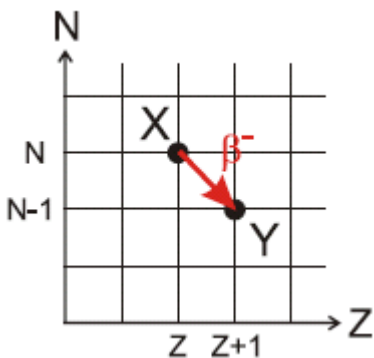
نفس السؤال بالنسبة ل $^{144}_{56}\text{Ba}$ و $^{131}_{56}\text{Ba}$

$^{131}_{56}\text{Ba}$ و $^{144}_{56}\text{Ba}$ و $^{137}_{56}\text{Ba}$ توجد هذه النوى في منطقة الاستقرار ، فهي نوى مستقرة .

6 - في بعض الحالات ، وخلال تحول نووي تلقائي ، تتفتت نوترون داخل نواة إلى بروتون . في أي مجال من المخطط توجد هذه النوى التي تخضع لهذا التحول ؟

يحصل هذا التحول بالنسبة للنوى غير المستقرة وعدد نوترونها أكبر من عدد البروتونات .
خلاصة :

منطقة الاستقرار : بالنسبة ل $Z < 20$ هي المتطابقة مع المستقيم ذي المعادلة $Z=N$ أي أن عدد البروتونات مساو لعدد النيوترونات .
بالنسبة ل $Z > 20$ تتموضع منطقة الاستقرار فوق المستقيم $N=Z$ ويكون في هذه الحالة عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات .
النوى غير المستقرة :
هناك ثلاث حالات :

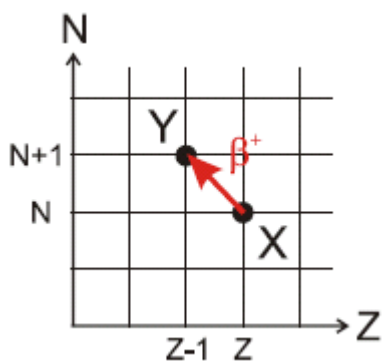


• النواة الأصل A_ZX توجد فوق منطقة الاستقرار .

عدد النيوترونات أكبر من عدد البروتونات في هذه الحالة تكون عندنا استحالة نووية تلقائية حيث تتحول البروتونات إلى نيوترونات ويصاحب هذا التحول انبعاث إلكترونات ${}^0_{-1}e$ تسمى دقائق β^- حيث نحصل على نواة متولدة ${}^A_{Z+1}Y$ والتي تقترب من مجال الاستقرار .

• النواة الأصل A_ZX توجد تحت منطقة الاستقرار .

تتوفر نواة الأصل على أكبر عدد من البروتونات مقارنة مع النيوترونات أي أن هناك استحالة نووية تلقائية حيث تتحول البروتونات إلى نيوترونات مع انبعاث بوزترونات ${}^0_{+1}e$ تسمى دقائق β^+ حيث نحصل على نواة متولدة ${}^A_{Z-1}Y$ والتي تقترب إلى منطقة الاستقرار .



• حالة النوى الثقيلة (N , Z) كبيران جدا

لكي $A > 170$ تقترب من منطقة الاستقرار تتفتت باعثة نوى الهيليوم 4_2He تسمى بالدقائق α . ونحصل على نواة متولدة ${}^{A-4}_{Z-2}Y$.

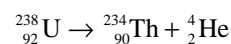
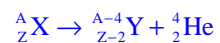
في غالب الأحيان يصاحب هذا التحولات انبعاث إشعاعات كمهمغنطيسية γ وهذا يلاحظ عندما تكون النواة الأصلية في حالة مثارة حيث تتوفر على وفرة من الطاقة .

III - قوانين الانحفاظ والمعادلات النووية للأنشطة الإشعاعية α, β, γ .

يمكن نمذجة الأنشطة الإشعاعية بمعادلات نووية تخضع لقانون صودي .

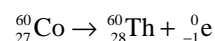
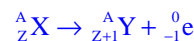
نص القانون : خلال تحول نووي تحفظ الشحنة الكهربائية Z كذلك العدد الإجمالي للنويات A .

1 - معادلة النشاط الإشعاعي α

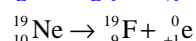
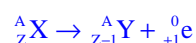


يلاحظ أنه خلال هذا التحول يتحقق قانون صودي .

2 - معادلة النشاط الإشعاعي β^-

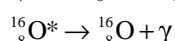
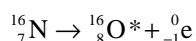
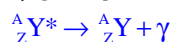


3 - معادلة النشاط β^+



4 - معادلة النشاط الإشعاعي γ

الإشعاع γ عبارة عن موجات كمهمغنطيسية ذات طاقة كبيرة جدا ، وهو يواكب الأنشطة الإشعاعية α, β^- و β^+ ، حيث تكون النواة المتولدة في حالة إثارة ولفقدان إثارتها تفقد الطاقة وذلك ببعث إشعاعات γ معادلة الإشعاع γ تكتب على الشكل التالي :



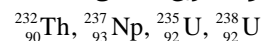
${}^{16}_8O^*$ نواة متولدة في حالة مثارة

${}^{16}_8O$ نواة متولدة في حالتها الأساسية .

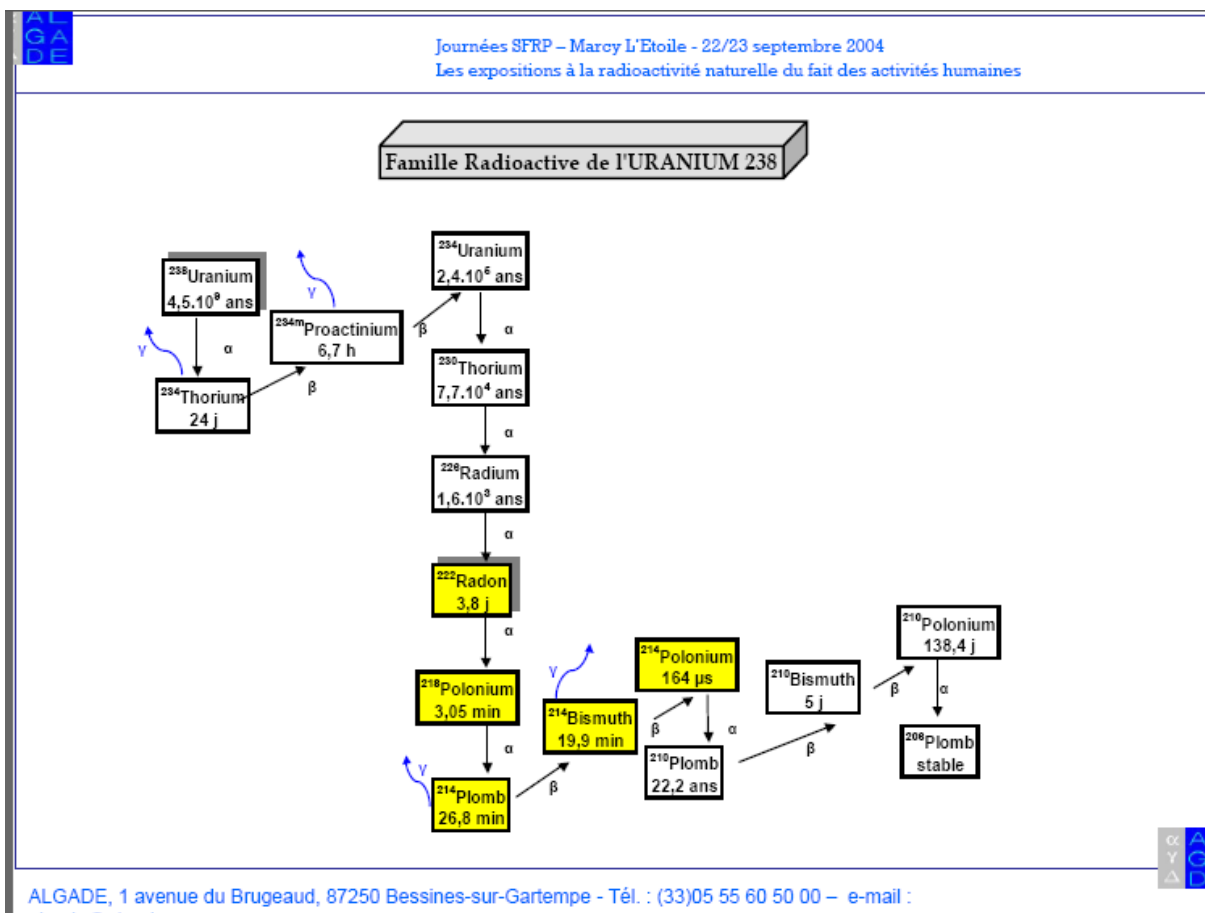
5 - الفصيلة المشعة .

تتحول نواة أصلية غير مستقرة إلى نواة أخرى , إذا كانت هذه الأخيرة غير مستقرة , فإنها بدورها تتحول إلى نواة أخرى , وهكذا إلى أن نحصل على نواة مستقرة وغير مشعة . نسمي مجموع النوى الناتجة عن نفس النواة الأصلية فصيلة مشعة famille radioactive /

توجد أربع فصائل مشعة طبيعية تنحدر من النوى التالية :



مثال فصيلة الأورانيوم 238 :



VI – التناقص الإشعاعي

1 – الصيغة العشوائية للنشاط الإشعاعي

النشاط الإشعاعي ظاهرة عشوائية تحدث تلقائيا ، إذ لا يمكن التنبؤ باللحظة التي يحدث فيها التفتت ولا يمكن تغيير خصائص هذه الظاهرة .

النشاط التجريبي 3

تفتت نواة ظاهرة عشوائية غير مرتقبة في الزمن ، ذلك أنه لا يمكن التنبؤ بحدوث نشاط إشعاعي لنواة في لحظة معينة . غير أنه يمكن معرفة احتمال وقوعه خلال مدة زمنية معينة Δt .

السيزيوم ${}_{55}^{137}\text{Cs}$ إشعاعي النشاط β^- و 93% من النويدات الناتجة عن تفتته لا تكون في حالتها الأساسية ، لذلك تبعث أشعة γ .

في البرنم التالي : Radioactive نمذج النويدات التي تحتوي عليها عينة من السيزيوم بكرات خضراء .

عند اللحظة $t=0$ نأخذ $N=120$ عدد النوى الموجودة في العينة .

خلال كل مدة زمنية $\Delta t = 1\text{s}$ نقيس عدد النوى المتفتتة .

نجز 1000 تعدادا متتاليا .

نرمز لعدد المرات التي نحصل فيها على القيمة n_i ب x_i

فنحصل على الجدول التالي :

1 – أكتب معادلة التفاعل النووي خلال تفتت نواة السيزيوم 137 .

2 – نمثل عي منحنى بالعصي x_i بدلالة n_i فنحصل على الشكل التالي ،

2 – 1 هل يتم تعداد جميع الدقائق المنبعثة من السيزيوم 137 ؟

n_i	x_i
0	84
1	248
2	264
3	209
4	106
5	61
6	27
7	8

2 - 2 ماذا يبين العمود ذي الأفصول 4 ؟ و ما القيمة الأكثر ترددا ؟

3 - باعتمادك على الجدول أعلاه ،

- أحسب الوسط الحسابي والانحراف والانحراف الطرازي لهذه المجموعة من الفياسات .

$$\bar{n} = \frac{\sum n_i x_i}{\sum n_i} \quad \text{نعطي : علاقة الوسط الحسابي}$$

$$V = \frac{\sum x_i n_i^2}{\sum x_i} - \bar{n}^2 \quad \text{علاقة الانحراف}$$

$$\sigma = \sqrt{V} \quad \text{الانحراف الطرازي}$$

4 - ما أهمية الطراز الحسابي ؟

يمكن الوسط الحسابي من تقدير عدد التفتتات خلال المدة الزمنية Δt وباستعمال الانحراف الطرازي يمكن تحديد مجال التشتت :

$$\text{بتقة } 95\% \text{ في المجال } [\bar{n} - 2\sigma, \bar{n} + 2\sigma]$$

$$\text{أو بتقة } 99\% \text{ في المجال } [\bar{n} - 3\sigma, \bar{n} + 3\sigma]$$

5 - عدد التفتتات خلال المدة الزمنية Δt بين اللحظتين t و $t + \Delta t$ نقدره ب \bar{n} .

بواسطة نفس البرنامج نسجل عدد النوى المتبقية خلال المدة الزمنية Δt فنحصل على المنحنى التالي :

5 - 1 حدد المدة الزمنية $t_{1/2}$ التي تقلص خلالها عدد نوى السيزيوم إلى النصف . نسمي $t_{1/2}$ عمر النصف .

5 - 2 أحسب النسبة $\frac{t_{1/2}}{\tau}$ وقارنها مع $\ln 2$. ماذا تستنتج ؟

2 - قانون التناقص الإشعاعي

- نعتبر عينة تحتوي على N_0 من نوى المشعة في اللحظة $t=0$. ونعتبر $N(t)$ عدد النوى المتبقية في اللحظة t أي التي لم تفتت بعد .

$N(t) + dN(t)$ عدد النوى المتبقية في اللحظة $t + dt$ بما

$N(t)$ تتناقص إذن $dN(t) < 0$. أي أن عدد النوى المتفتتة بين

اللحظتين t و $t + dt$ هو $N(t) - (N(t) + dN(t)) = -dN(t)$

الاحتمال P لتفتت $-dN$ نويذة خلال dt هو نسبة عدد الحالات المرجحة إلى الحالات الممكنة :

$$P = -\frac{dN}{N}$$

وهذا الاحتمال يتناسب مع dt

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

وهي معادلة تفاضلية من الدرجة الأولى حلها يكتب على الشكل التالي :

$$N(t) = Ke^{-\lambda t} \quad \text{تحدد الثابتة } K \text{ حسب الشروط البدئية : } N(t=0) = N_0 = K$$

الجاء λt لا بعد له أي أن $\left[\lambda \right] = \frac{1}{[t]} = s^{-1}$ وبالتالي فإن وحدة λ هي s^{-1}

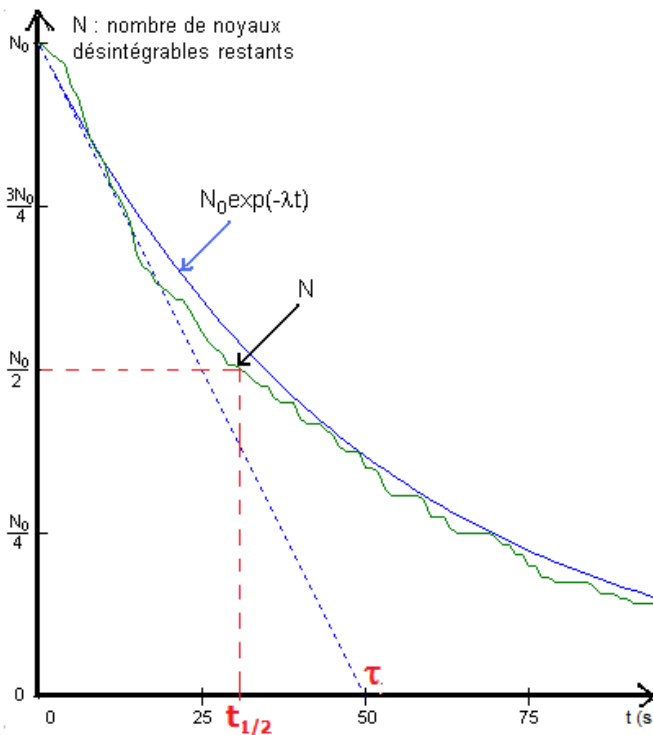
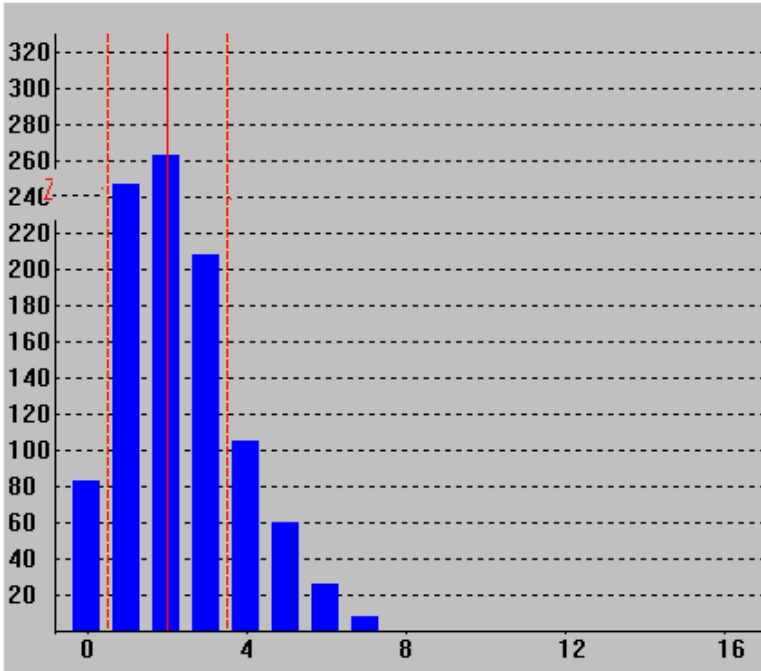
يخضع عدد النوى $N(t)$ المتبقية في عينة مشعة لقانون التناقص الإشعاعي التالي : $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ ، حيث :

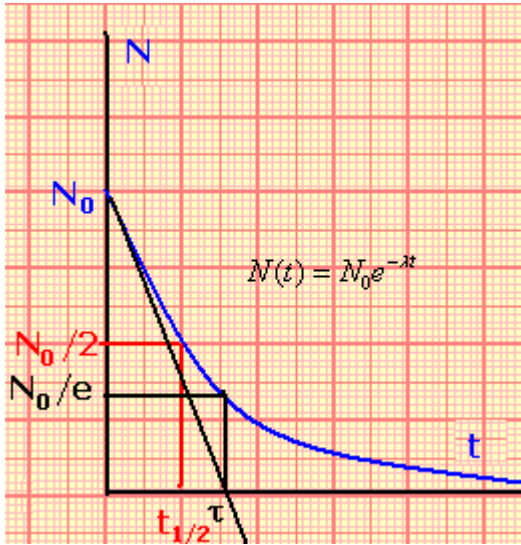
λ تسمى ثابتة النشاط الإشعاعي أو ثابتة التفتت . وهي تميز طبيعة النويذة المشعة و N_0 عدد النوى في اللحظة $t=0$.

3 - ثابتة الزمن - عمر النصف

أ - ثابتة الزمن τ

يمكن ثابتة النشاط الإشعاعي λ من تعرف زمن مميز لنويذة مشعة معينة ،





يسمى ثابتة الزمن رمزها τ وتعرف بالعلاقة : $\tau = \frac{1}{\lambda}$

τ تميز طبيعة النوييدة المشعة . وحدة τ هي s (الثانية)
يصبح قانون التناقص الإشعاعي كالتالي :

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

عند اللحظة $t = \tau$ نأخذ N(t) القيمة :

$$N(\tau) = N_0 e^{-1} \Rightarrow N(\tau) = 0,37N_0$$

وهو ما يمثل نقصانا في عدد النوى البدئية N_0 بنسبة 63% .
وتجدر الإشارة إلى أن المماس للمنحنى الأسّي عند اللحظة $t=0$ يقع محور الأفاصيل عند التاريخ $t = \tau$.

ب - عمر النصف $t_{1/2}$ لنوييدة مشعة .

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

$$\text{عند } t = t_{1/2} \text{ لدينا } N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2} \text{ أي أن}$$

$$N_0 e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{N_0}{2} \Rightarrow e^{-\lambda t_{1/2}} = \frac{1}{2}$$

$$\text{Ln}(e^{-\lambda t_{1/2}}) = -\text{Ln}2 \Rightarrow \lambda t_{1/2} = \text{Ln}2$$

$$t_{1/2} = \frac{\text{Ln}2}{\lambda} = \tau \text{Ln}2$$

مثال : نوييدة الأورانيوم 238 عمرها النصف هو $t_{1/2} = 4,5.10^9$ ans

نوييدة الكربون 14 عمرها النصف هو 5600ans

نوييدة سيزيوم 137 عمرها النصف 30ans

وييدة بولونيوم 212 عمرها النصف 3.10^{-7} s

4 - نشاط عينة مشعة activité radioactive

أ - تعريف

نشاط عينة a(t) تحتوي على عدد N(t) من النوى المشعة هو عدد النوى المفتتة في وحدة الزمن . تعبيره :

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

وحدة a(t) هي بيكريل (Bq)

1Bq يمثل تفتتا واحدا في الثانية .

$$\text{من العلاقة } -dN(t) = \lambda N(t)dt \Rightarrow a(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = \lambda N(t)$$

بتعويض N(t) في العلاقة $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ نجد :

$$a_0 = \lambda N_0 \text{ بحيث ان } a(t) = \lambda N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow a(t) = a_0 e^{-\lambda t}$$

يفاس النشاط الإشعاعي بواسطة عدادات . مثلا عداد جيجر Geiger

ب - أمثلة لنشاط مصادر مشعة

رجل كتلته 70kg نشاطه 7000Bq

لتر من ماء معدني نشاطه 10Bq

1kg من السمك نشاطه 100Bq

1kg من البلوتونيوم نشاطه الإشعاعي 2.10^{12} Bq

مصدر طبي مشع نشاطه الإشعاعي 10^{14} Bq .

V - التأريخ بالنشاط الإشعاعي

يستعمل الجيولوجيون وعلماء الآثار تقنيات مختلفة لتحديد أعمار الحفريات والصخور . ومن بين هذه التقنيات نجد تلك التي تعتمد على النشاط الإشعاعي .

تحتوي الصخور والحفريات على نوييدات مشعة حيث يتناقص عددها مع مرور الزمن . وبقياس نشاطها ومقارنتها مع نشاط عينة أخرى مرجعية يمكن تأريخها .

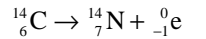
كلما كان عمر العينة المراد تأريخها كبيرا جدا وجب استعمال طريقة تعتمد نوييدات ذات عمر نصف أكبر .

1 - التأريخ بالكربون 14

نعلم أن عنصر الكربون يتوفر أساسا على نظيرين ، الكربون 12 وهو مستقر والكربون 14 وهو إشعاعي النشاط b^- موجود بكميات ضئيلة بسبب ضعف وفارته الطبيعية (0,0001%) حيث يوجد بهذه الوفرة في كل تركيب كيميائي يحتوي على الكربون . مثلا ثائي أوكسيد الكربون يحتوي على هذه النسبة .

وجود هذا النظير هو نتيجة تفاعل نوى الأزوت مع نوترونات الأشعة الكونية وفق المعادلة التالية : ${}^{14}_7\text{N} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^1_1\text{H}$ كيف يتم التأريخ بالكربون 14 ؟

نفترض أنه خلال 40000 سنة نسبة الكربون 14 في الفضاء ثابتة مع مرور الزمن .
نعلم كذلك أن جميع الكائنات الحية تتبادل الكربون مع الجو من خلال التنفس التركيب الضوئي و التغذية ، أي أن هذه النسبة الثابتة توجد في كل الكائنات الحية . وعند موتها تتناقص هذه النسبة بسبب تفتت نوى الكربون 14 وفق المعادلة التالية :



وبتطبيق قانون التناقص الإشعاعي : $a(t) = a_0 e^{-\lambda t}$

علما أن $t_{1/2} = 5600 \text{ans}$ نحسب $\lambda = \frac{\text{Ln}2}{t_{1/2}}$

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

$$\text{Ln} \frac{a(t)}{a_0} = -\lambda t \Rightarrow t = -\frac{1}{\lambda} \text{Ln} \frac{a(t)}{a_0}$$

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

يفاس نشاط $a(t)$ لكتلة معروفة من عينة (1g مثلا)

يفاس النشاط a_0 لنفس الكتلة من عينة شاهدة حالية .

ملحوظة : تستعمل هذه الطريقة ، التأريخ بالكربون 14 ، فقط بالنسبة لعينات عمرها أقل من 40000 سنة . وهذا راجع لكون العينات الأطول عمرا تحتوي على كمية ضئيلة من الكربون 14 ولا يمكن قياس نشاطها .

2 - التأريخ بطرق أخرى

توجد طرق أخرى للتأريخ تستعمل فيها نويدات مشعة عمر نصفها كبير جدا . وتمكن من تأريخ عينات أكثر قدما .
مثلا ، لتأريخ عينات قديمة جدا كالصخور ، يستعمل الأورانيوم 238 . لأن عمر نصفه كبير جدا واستعمال هذا النظير قد مكن من تقدير عمر الكرة الأرضية وهو حوالي 4,55 مليار سنة وعمر نصف هذا النظير $t_{1/2} = 4,468.10^9 \text{ans}$.

تمرين تطبيقي : أعطى قياس النشاط الإشعاعي لعينة من الفحم كتلتها غرام واحد ، أخذت من موقد نار يرجع

إلى ما قبل التاريخ ، القيمة $a(t) = 4,0.10^{-2} \text{Bq}$.

أحسب عمر الموقد ما قبل التاريخ ، علما أن نشاط غرام من الفحم الموجود في الوقت الحاضر هو $a_0 = 0,23 \text{Bq}$

عمر النصف للكربون 14 هو $t_{1/2} = 5600 \text{ans}$

الجواب :

لنحدد عمر الموقد :

وبتطبيق قانون التناقص الإشعاعي : $a(t) = a_0 e^{-\lambda t}$

علما أن $t_{1/2} = 5600 \text{ans}$ لدينا $\lambda = \frac{\text{Ln}2}{t_{1/2}}$

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

$$\text{Ln} \frac{a(t)}{a_0} = -\lambda t \Rightarrow t = -\frac{1}{\lambda} \text{Ln} \frac{a(t)}{a_0}$$

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

تطبيق عددي :

$$t = -\frac{5600}{\text{Ln}2} \cdot \text{Ln} \left(\frac{4.10^{-2}}{0,23} \right) = 14132 \text{ans}$$