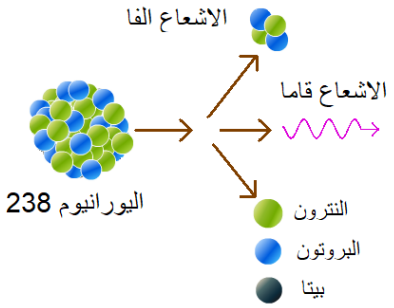
الفصل الثالث النشاط الإشعاعي

1. تعريف النشاط الاشعاعي

يمكن تعريف ظاهرة النشاط الإشعاعي (Radioactivité) على أنها تلك الخاصية التي تمتلكها أنواع معينة من المواد، وتتمثل في انبعاث الطاقة والجسيمات دون الذرية بشكل تلقائي، وهي تعتبر خاصية للنواة الذرية الفردية، ويمكن وصف ظاهرة النشاط الإشعاعي بأنها تحلل نواة الذرة غير المستقرة بشكل تلقائي، لتصبح أكثر استقراراً، وتصل لهذه الحالة بواسطة بعض الطرق المحددة، وذلك ببث جزيئات معينة (ألفا، بيتا أو نيوترونات) أو إشعاع كهرومغناطيسي (جاما) أو كلاهما في أن واحد ، وتحدث هذه الخاصية للعديد من العناصر بسبب هيكلها الداخلي، ونظائر العناصر الصناعية، ويتم التعبير عن المعدل الذي يتحلل به عنصر مشع بالعمر النصفي، وهو الوقت اللازم لنصف أي كمية من النظير المُعطى لتضمحل. يمكن أن يكون النشاط الإشعاعي طبيعيًا أو صناعيًا.

لنشاط الإشعاعي الطبيعي لمادة ما يكون تلقائيًا (الشكل 5). ينتج عن عدم استقرار النواة ويرافقه:

- ظهور نواة جديدة مستقرة أو غير مستقرة.
- انبعاث جسيمات α, β^+, β^-
- انبعاث الإشعاع الكهرومغناطيسي (γ). هذا الإشعاع متكرر للغاية.



الشكل 5 تحلل اليورانيوم 238

في الطبيعة، يوجد حوالي 300 نواة مختلفة، 25 منها مشعة ذات نصف عمر طويل والبعض الآخر لديه نصف عمر أقصر بكثير.

يحدث النشاط الإشعاعي الاصطناعي عن طريق تعريض المادة المستقرة للإشعاع لتصبح غير مستقرة وبالتالي مشعة. من الناحية الكمية، يعتبر النشاط الإشعاعي ظاهرة إحصائية. لهذا السبب من الضروري تقييم سلوك الأنوية من نفس النوع.

يوجد عدة أنواع من الإشعاعات، حيث تمتلك كل منها خصائص مختلفة، ومن أشهر الإشعاعات المؤينة: أشعة غاما: تعتبر أشعة غاما إشعاع كهرومغناطيسي مشابه للأشعة السينية والضوء وموجات الراديو، وهي تستطيع المرور عبر جسم الإنسان، ولكن يمكن لطريق جدران سميكة من الخرسانة أو الرصاص إيقافها. إشعاع بيتا: يتكون إشعاع بيتا من الإلكترونات، وهي تتغلل في الأجسام المختلفة بشكل أكبر من جسيمات ألفا، حيث تستطيع اختراق 1-2 سنتيمتر من الماء، ويمكن إيقافها باستخدام صفائح الألمنيوم

الفصل الثالث النشاط الإشعاعي

بسماك بضع مليمترات. النيوترونات: هي جسيمات غير مشحونة ولا تنتج التأين مباشرة، ولكن يمكن أن يؤدي تفاعلها مع ذرات المادة إلى إنتاج ألفا، أو بيتا، أو جاما، أو أشعة سينية التي تنتج عن التأين، وتتغلغل النيوترونات ويمكن إيقافها فقط بواسطة كتل سميكة من الخرسانة، أو الماء، أو البارا فين. إشعاع ألفا: يتكون إشعاع ألفا من جسيمات ثقيلة ذات شحنة موجبة، وتنبعث من ذرات عناصر كاليورانيوم والراديوم، ويمكن إيقاف إشعاع ألفا بشكل كلي باستخدام ورقة، أو طبقة سطح رقيقة من الجلد، ولكن في حال دخلت المواد التي ينبعث منها إشعاع ألفا إلى الجسم عن طريق التنفس أو الأكل أو الشرب، فإنها يمكن أن تعرّض الأنسجة الداخلية للخطر بشكل ماشر، مما قد يسبب أضراراً بيولوجية.

2. أنواع النشاط الاشعاعي

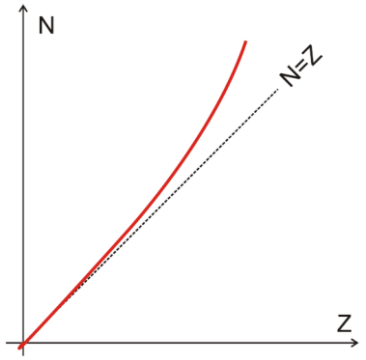
1.2. منحنى الاستقرار

يشير المنحنى الأحمر في التمثيل البياني المقابل الى الموقع التقريبي للأنوية المستقرة.

يمثل N عدد النترونات و Z عدد البروتونات

من حيث المبدأ، تحيط الأنوية المستقرة (الغير مشعة) بالمنحنى N=Z عن كثب بينما تنحرف النوى غير المستقرة عنه (النوى المشعة).

أثناء تفككها تقترب الأنوية المشعة من منحنى الاستقرار عن طريق انبعاث إشعاعات وتحرير الطاقة.



الشكل 6: منحنى الاستقرار

2.2. التفكك α

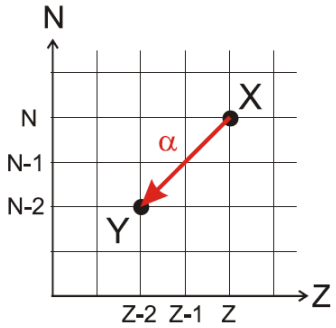
تنبعث بعض النيكلويدات المشعة الثقيلة(N + Z> 200) جسيمات ألفا (أو نوى الهيليوم).وذلك وفق معادلة التوازن:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A-4}_{Z-2}Y + ^{4}_{2}He$$

يُطلق على X اسم "النواة الأم"، وهي Y ابن نواة."

تتوافق X و Y مع عناصر كيميائية مختلفة، كما في المثال:

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow ^{222}_{86}Rn + ^{4}_{2}He$$

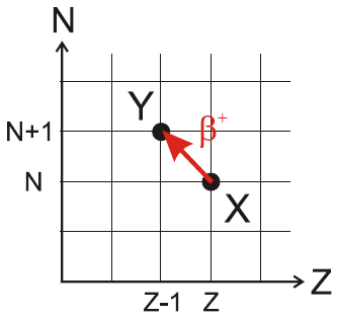


الشكل 07: منحنى التفكك α

الفصل الثالث النشاط الإشعاعي

3.2. التفكك β^+

الأنوية المشعة والتي تحتوي على عدد كبير جدًا من البروتونات (أو عدد قليل جدًا من النيوترونات، وبالتالي تقع على يمين منحنى الاستقرار) تنبعث من البوزيترون (الاشعاع β^+) الذي يأتي من تحلل البروتون إلى بوزيترون ونيترون ونيترينو (يضمن النيوترينو الحفاظ على الزخم والطاقة.) وفق المعادلة:



الشكل 8: منحنى التفكك β^+

$$ {}_1^1\mathrm{p} \rightarrow {}_1^0\bar{\mathrm{e}} + {}_0^1\mathrm{n} + \nu_e $$

ومنه يمكننا كتابة معادلة التفكك β^+: $ {}_Z^A\mathrm{X} \rightarrow {}_{Z-1}^A\mathrm{Y} + {}_1^0\bar{\mathrm{e}} + \nu_e $

X و Y تمثل عناصر كيميائية مختلفة.

4.2. التفكك γ

بعد التحول الإشعاعي للنواة، تكون نواة الابنة عادة في حالة مثارة (*) وتفقد طاقتها عن طريق إصدار واحد (أو أكثر) من فوتونات الطاقة العالية (غاما) وذلك للوصول إلى حالتها المستقرة وفق المعادلة:

$$ {}_Z^A\mathrm{X}^* \rightarrow {}_Z^A\mathrm{Y} + \gamma $$

4. ملاحظات

- كل التفككات السابقة مصحوبة بإطلاق للطاقة: هذه الطاقة موجودة في الإشعاع المنبعث، وبالتالي فإن الجسم الذي يمتص الاشعاع قد يحدث له تأين، تدمير للروابط الكيميائية، تسخين موضعي ...إلخ.
- هناك أنواع أخرى من النشاط الإشعاعي: انبعاث البروتونات والنيوترونات ...
- النيترينوات الإلكترونية ومضادات النيترينوات عبارة عن جسيمات خالية من الشحنة الكهربائية، وكتلة صغيرة جدًا للراحة، ولا تتفاعل إلا قليلاً مع المادة.

3. قانون التفكك الإشعاعي

يعتبر التفكك الإشعاعي للأنوية ظاهرة عشوائية: كل تفكك هو حدث مستقل ولا يمكن التنبؤ بالوقت الذي ستخضع فيه نواة معينة لتفكك. عندما تتحلل نواة، فإنها تتحول إلى نواة أخرى، والتي بدورها قد تكون مشعة أو مستقرة.

يكون تفكك الأنوية مستقلاً عن الظروف الفيزيائية (درجة الحرارة والضغط وما إلى ذلك) التي توجد فيها وعن حالتها الكيميائية (حرة أو مجمعة في جزيئات).

- ينطبق قانون التفكك الاشعاعي على كل من الأنوية المشعة طبيعيا مثلما ينطبق على الأنوية المشعة الاصطناعية .
- في عينة معينة، يختلف عدد الذرات المشعة بمرور الوقت.

الفصل الثالث النشاط الإشعاعي

- لا يعتمد التحلل الإشعاعي على الضغط أو درجة الحرارة أو تركيبات المواد الكيميائية التي تشارك فيها الذرات المشعة.
- عندما تكون النواة المتكونة غير مشعة، B ⟵ A (A مشع، B مستقر) لدينا:

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

حيث يمثل A النشاط المطلق هو عدد التفككات لكل وحدة زمنية، وN عدد الذرات المشعة في الوقت "t"، وλ ثابت النشاط الاشعاعي للعنصر المدروس، ومنه فان التطور بمرور الوقت يكون كالاتي: $-\frac{dN}{dt} = \lambda N \Rightarrow -\frac{dN}{N} = \lambda dt \Rightarrow \int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = \int_0^t -\lambda dt \Rightarrow ln\frac{N}{N_0} = -\lambda t$

وعليه فإن: $\boxed{N = N_0 e^{-\lambda t}}$ حيث N_0 يمثل عدد الأنوية الابتدائية و Nt يمثل عدد الأنوية المتبقية خلال الزمن t. ومن خلال المعادلة السابقة يمكننا استنتاج أن عدد الأنوية أو الذرات المشعة يتناقص أضعافا مضاعفة بمرور الوقت.

يمكننا كتابة 1 مول من عنصر مشع له كتلة M:

M ⟵ ذرة Na

N ذرة ⟵ $m(g) \Leftarrow N_0 = \frac{m_0}{M} N_a$ و $N = \frac{m}{M} N_a$

وعليه فإن $\frac{m}{M} N_a = \frac{m_0}{M} N_a e^{-\lambda t}$ لنحصل على $\boxed{m = m_0 e^{-\lambda t}}$

وحدة النشاط الإشعاعي A

يعبر عليها عادة بلانوية المتفككة في الثانية (dps) أو بيكريل (Bq)، او الأنوية المتفككة في الدقيقة (dpm). او الكوري *Curie* بحيث $dps1Ci=3.7\ 10^{10}$.

4. الدور المشع او نصف العمر المشع

تتميز عملية التفكك الاشعاعي بالفترة T والفترة T أو نصف العمر $t_{1/2}$ هي الوقت اللازم لتفكك نصف كمية المادة الابتدائية والتي تعتبر سريعة بالمقارنة للزمن اللازم للتفكك نصف الكمية المتبقية.

يمكن أن يتراوح عمر النصف للنواة المشعة من أجزاء من الثانية إلى مليارات السنين. إنها سمة من سمات نواة معينة.

أمثلة لبعض فترات نصف العمر:

$^{226}_{88}\mathrm{Ra}\ (\alpha):\ \mathrm{T} = 1590\ \mathrm{a\ (années)}\ ;\ ^{238}_{92}\mathrm{U}(\alpha):\ \mathrm{T} = 4{,}5.10^{9}\ \mathrm{a}$

$^{222}_{86}\mathrm{Rn}\ (\alpha):\ \mathrm{T} = 3{,}825\ \mathrm{d\ (jours)}\ ;\ ^{40}_{19}\mathrm{K}:\ \mathrm{T} = 1{,}3.10^{9}\ \mathrm{a}$

لما الزمن $t=T$ فإن $N(T)=N_0/2$

يتفكك نصف الكمية يعني : $\frac{N_0}{2} = Ne^{-\lambda T}$ ومنه

$$\frac{1}{2} = \mathrm{e}^{-\lambda \mathrm{T}} \Rightarrow ln\frac{1}{2} = -\lambda T \Rightarrow ln2 = \lambda T \Rightarrow \boxed{T = \frac{ln2}{\lambda}}$$

ومما سبق نستنتج ان:

- الدور T لا تعتمد على عدد الأنوية الابتدائي.

- الحرارة والضغط لا يأثران على قيمة الدور T.
- يتميز كل عنصر مشع بدور(نصف عمر) خاص به.

5. التفاعلات النووية الاصطناعية

تحدث هذه التفاعلات عندما يتم قصف النوى بجزيئات دون ذرية مثل بروتون، نيوترون، إلكترون ...

1.5.تفاعل الانشطار

تفاعل الانشطار هو كسر نوى ثقيلة معينة إلى جزأين من الكتل المماثلة، تحت تأثير قذيفة (نيوترون عادة) وإطلاق طاقة كبيرة مثل التفاعل التالي:

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{87}_{35}Br + ^{146}_{57}La + 3\,^{1}_{0}n + E$$

A>200 72<A<162

بمجرد البدء، يستمر التفاعل من تلقاء نفسه وتكون الطاقة المنبعثة فجأة قابلة للانفجار (القنبلة الذرية).

2.5.تفاعل الاندماج النووي

إنه اتحاد نواتين خفيفين جدًا في نواة أثقل بطرد نيوترون أو نواةالبروتون وإطلاق طاقة عالية جدا كما في المثال التالي:

$$^{3}_{1}H + ^{2}_{1}H \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n + E$$

الطاقة المنبعثة من هذا التفاعلكبيرة، لكن التفاعل يتطلب درجة حرارة عالية جدًا حوالي مليون درجة مئوية.القنبلة الهيدروجينية هي تطبيق مباشر لهذه التفاعلات النووية الحرارية. مع العلم أن السيطرة علىالطاقة المنبعثة لم يتم حلها بعد.

6.التحولات النووية

تنتج هذه التفاعلات أنوية ذات عدد كتلي قريب جدًا من النواة الأصلية كما يوضحه الأمثلة الاتية:

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

$$^{27}_{13}Al + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{30}_{15}P + ^{1}_{0}n$$

7.الطاقة ونقص الكتلة في التفاعلات النووية

يتم حساب الطاقة المنبعثة أثناء التفاعلات النووية من خلال مبدأ أينشتاين ووفق المعادلة الاتية:

$$\Delta E = \Delta m\, C^2$$

الفصل الثالث النشاط الإشعاعي

8. تطبيقات النشاط الإشعاعي

1.8.في الكيمياء

- تحديد الهياكل الجزيئية. وآليات التفاعلات
- دراسة ظواهر الامتصاص والانتشار.
- التحقق من كفاءة طرق الفصل والتنقية.
- قياسات ذوبان المواد التي تعتبر غير قابلة للذوبان؛ دراسة التمثيل الغذائي بما في ذلك: دورة الكربون في عملية التمثيل الضوئي للكلوروفيل والتركيب الحيوي للهيموغلوبين وذلك عن طريق النظائر المشعة للكربون والهيدروجين.

2.8. في الطب والبيولوجيا

- استخدام النظائر المشعة في تشخيص الأمراض وعلاجها فمثلا: يقلل اليود 131 فرط نشاط الغدة الدرقية ويساعد في علاج تضخم الغدة الدرقية.
- توفير معلومات قيمة عن آلية التفاعلات البيولوجية.

3.8. تأريخ الصخور والقطع الأثرية

يمكننا التاريخ بالاعتماد على مبدأ أنه أثناء الحياة: هناك توازن بين امتصاص وتفكك الكربون 14. عندما تنتهي الحياة: تنقص هذه العملية، من أقدم الطرق المستعملة هي طريقة يورانيوم-رصاص لتحديد العمر بحيث تعتمد على قياس تراكيز الرصاص 206و207 الناتج من تفكك اليورانيوم.

9. أخطار النشاط الإشعاعي

- لتأثيرات المرضية: السرطانات، اللوكيميا، الآفات المخاطية، إلخ.
- التأثيرات الجينية: ترتبط التأثيرات بالأجيال القادمة.