

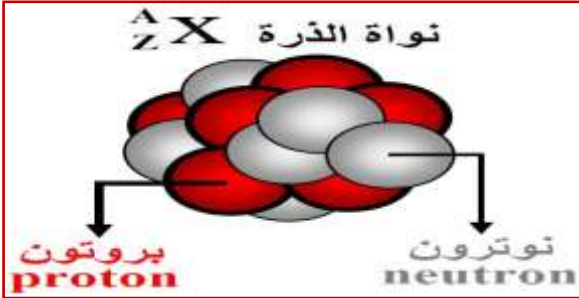
التناقص الإشعاعي

الدرس الرابع

Décroissance radioactive

I. نواة الذرة (تذكير):

1. تركيب النواة:



تتكون نواة الذرة من جسيمات صغيرة تسمى **النويات** التي تنقسم إلى نوعين هما:

- ♦ **البروتونات التي يرمز لعددتها بالرمز Z** و يسمى عدد الشحنة أو العدد الذري أو عدد البروتونات، و هي ذات شحنة موجبة ($q=+e$)، و تقدر كتلتها بـ $1,674927 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$.
- ♦ **النوترونات التي يرمز لعددتها بالرمز N**، و هي ذات شحنة منعدمة ($q=0$)، و تقدر كتلتها بـ $1,672622 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$.

يرمز لمجموع النوترونات و البروتونات بالحرف A ، و يسمى عدد النويات أو عدد الكتلة بحيث: $A = Z + N$. كما يرمز لنواة عنصر كيميائي X بالرمز ${}^A_Z X$.

2. النظائرات:

يطلق اسم النويدة (nucléide) على مجموع النوى التي لها نفس عدد البروتونات ونفس عدد النوترونات. و يرمز لها بالرمز ${}^A_Z X$.

3. نظائر عنصر كيميائي:

نعرف في وقتنا الراهن 118 عنصر كيميائي، لكن هناك أزيد من 1500 نويدة مختلفة، وهذا راجع لكون أن نفس العنصر الكيميائي يمكن أن تقابله عدة نويدات تختلف فيما بينها من حيث عدد النوترونات، تسمى هذه النويدات **بالنظائر**.

ومنه فإن **نظائر عنصر كيميائي** هي نويدات تحتوي على نفس عدد البروتونات Z و أي من حيث قيم عدد النويات A .

4. كثافة المادة النووية:

يبين التجارب أنه يمكن نمذجة نواة ذرة تحتوي على عدد A من النويات، بكرة شعاعها يتغير بتغير عدد الكتلة بحيث: $r = r_0 \cdot A^{1/3}$ مع $r_0 = 1,2 \cdot 10^{-15} \text{ m}$ شعاع ذرة الهيدروجين.

باعتبار أن الكتلة التقريبية لنوية واحدة هي $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$ ، فإن القيمة التقريبية للكتلة الحجمية للنواة ذات الحجم: $V = (3/4) \cdot \pi \cdot r^3$ هي: $\rho = \frac{A \cdot m}{V} = \frac{A \cdot m}{\frac{3}{4} \cdot \pi \cdot r^3}$ و بتعويض r فإننا نجد: $\rho = \frac{3 \cdot m}{4 \cdot \pi \cdot r_0^3}$ و بعد التعويض نجد أن: $\rho = 2,3 \cdot 10^{17} \text{ Kg/m}^3 = 2,3 \cdot 10^8 \text{ tonne/cm}^3$ (تفوق الكتلة الحجمية للأرض و للمشتري)

من هذا نستنتج أن **المادة النووية شديدة الكثافة** حيث أن مكعب ضلعه 1cm من المادة النووية تبلغ كتلته 200 مليون طن. و هناك نجوم لها نفس هذه الكتلة الحجمية تعرف بالنجوم النيوترونية لأنها مكونة من نوترونات فقط و التي اكتشفت سنة 1968 ميلادية.

مثال

تركيب نواة عنصر الكلور ${}^{35}_{17} \text{ Cl}$:

- عدد النويات: $A = 35$
- عدد البروتونات: $Z = 17$
- عدد النوترونات: $N = 35 - 17 = 18$

مثال

- نظائر عنصر الكربون: ${}^{12}_6 \text{ C}$ و ${}^{14}_6 \text{ C}$
- نظائر عنصر الأورانيوم: ${}^{235}_{92} \text{ U}$ و ${}^{238}_{92} \text{ U}$

II. النشاط الإشعاعي.

1. نشاط تاريخي:

اهتم الفيزيائي هنري بيكريل بدراسة ظاهرة **استشعاع** أملاح الأورانيوم، و هي ظاهرة تبعث خلالها هذه الأملاح أشعة مرئية بعد تعريضها لفترة من الزمن لأشعة الشمس.

في **26 فبراير 1896م**، كانت سماء باريس غائمة، مما منع بيكريل على تعريض أملاح الأورانيوم لأشعة الشمس، فوضعها في درج مكتبه مع صفائح فوتوغرافية مكسوة بغشاء من ورق سميك أسود و معتم.

و في مارس من نفس السنة قام بيكريل بتحميض الصفائح الفوتوغرافية فلاحظ بانبهار كبير أنها متأثرة، رغم عدم تعريضها لأشعة الشمس.

و هكذا **اكتشف بيكريل** أن أملاح الأورانيوم تبعث **تلقائيا** أشعة غير مرئية تترك أثارا على الصفائح الفوتوغرافية. و قد أثبت بعد ذلك أن قابلية بعث الأشعة هي خاصية لعنصر الأورانيوم، و سمي هذه الأشعة بـ " **الأشعة الأورانية**".

و ابتداء من سنة **1898م**، لاحظ الفيزيائيان **بيير كوري** و زوجته **ماري كوري** أن عنصر الثوريوم يبعث أيضا الأشعة الأورانية المكتشفة من طرف بيكريل.

تلت ذلك عدة أبحاث أدت إلى تعرف و تصنيف الأشعة المنبعثة من المواد المشعة، حيث تعرف الفيزيائيان الإنجليزيان **إرنست رذرفورد** و **فريدريك صودي** على الأشعة المنبعثة من الأورانيوم **238**، و بينا أنها عبارة عن نوى الهيليوم المتأينة، و سميت **أشعة ألفا α**. و يعتبر عن هذا الإنبعث بالمعادلة: ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{90}^{234}\text{Th} + {}_2^4\text{He}$.

في سنة **1900م**، تعرف بيكريل على نوع آخر من الإشعاعات النووية وهو **الإشعاع بيتا β**. و هو عبارة عن انبعث إلكترونات من نوى الثوريوم وفق المعادلة: ${}_{90}^{234}\text{Th} \rightarrow {}_{91}^{234}\text{Pa} + {}_{-1}^0\text{e}$.

بعد ذلك أبرز الفرنسي **بول فيلار** وجود الأشعة **غاما γ** و هي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية غير مرئية. أدت كل هذه الاكتشافات و تطبيقاتها إلى تطور و إغناء المعارف حول طبيعة نواة الذرة.



فريدريك صودي
(1877م - 1957م)
جائزة نوبل 1921م



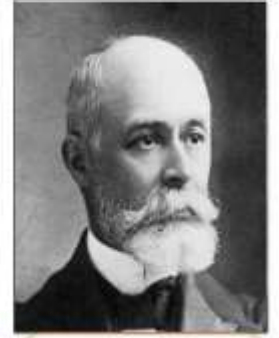
إرنست رذرفورد
(1871م - 1937م)
جائزة نوبل 1908م



ماري كوري
(1867م - 1934م)
جائزة نوبل 1903م و 1911م



بيير كوري
(1859م - 1906م)
جائزة نوبل 1903م

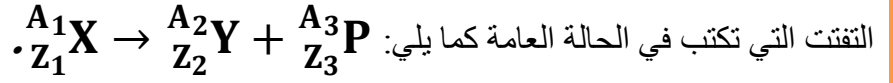


هنري بيكريل
(1852م - 1908م)

- 1) ماذا تعني كلمة **استشعاع**؟
- 2) الاستشعاع ظاهرة يبعث خلالها عنصر كيميائي أشعة مرئية بعد تعريضه لأشعة الضوء. كيف اكتشف بيكريل أن أملاح الأورانيوم تبعث أشعة مرئية؟
- 3) لاحظ تأثر الصفائح الفوتوغرافية رغم عدم تعريضها لأشعة الشمس. هل تم اكتشاف ظاهرة النشاط الإشعاعي بالصدفة أم كان هناك تنبؤ نظري باكتشافها؟ تم اكتشاف النشاط الإشعاعي بالصدفة.
- 4) ما هو النشاط الإشعاعي؟ كيف يمكن الكشف عن المادة مشعة؟
- 5) النشاط الإشعاعي هو تفتت طبيعي و غير مرتقب لنواة مشعة. يتم الكشف عنها بواسطة صفائح فوتوغرافية. أذكر اسمي النواتين المشعنتين اللتين تم التعرف عليهما إلى حدود 1898م.
- 6) النواتين المشعنتين اللتين تم التعرف عليهما إلى حدود 1898م هما نواة الأورانيوم 238 و نواة الثوريوم 234. أذكر أنواع الإشعاعات النووية الواردة في النص و حدد طبيعتها.
- 7) الإشعاع α و هي عبارة عن نواة الهيليوم المتأينة ${}^4_2\text{He}$ و الإشعاع β و هي عبارة عن إلكترونات ${}_{-1}^0\text{e}$. تحقق من انحفاظ كل من عدد الكتلة A و عدد الشحنة Z في معادلتى التحولين الواردين في النص. نلاحظ انحفاظ في عدد الكتلة A و عدد الشحنة Z في معادلتى التحولين الواردين في النص.

2. خلاصة: أ. النشاط الإشعاعي:

النشاط الإشعاعي تحول نووي، يهيم نواة الذرة، حيث تتحول خلاله نواة ${}_{Z_1}^{A_1}X$ غير مستقرة (نواة مشعة أو نواة إشعاعية النشاط) إلى نواة متولدة ${}_{Z_2}^{A_2}Y$ مستقرة أو في حالة إثارة أقل طاقة مع انبعاث دقيقة ${}_{Z_3}^{A_3}P$. فنعتبر عن ذلك بمعادلة

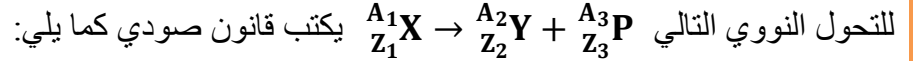


و من أهم خصائص النشاط الإشعاعي أنه:

- ◆ **عشوائي:** لا يمكن التنبؤ بلحظة تفتت نواة مشعة.
- ◆ **تلقائي:** يحدث التفتت دون أي تدخل خارجي.
- ◆ **حتمي:** النواة المشعة ستفتت أجالاً أم عاجلاً.
- ◆ **لا يتعلق بالعوامل الخارجية:** لا يتعلق مثلاً بالضغط أو الحرارة أو المجال الذي توجد فيه العينة المشعة.
- ◆ **لا يتعلق بالروابط الكيميائية:** لا علاقة له بالروابط الكيميائية التي تكونها الذرة التي تضم النواة المشعة ك: UF_6 .

ب. قانون صودي أو قانون الانحفاظ:

ينص **قانون صودي (SODDY)** على أنه خلال تحول نووي ينحفظ عدد الشحنة Z و عدد النويات A . فبالنسبة



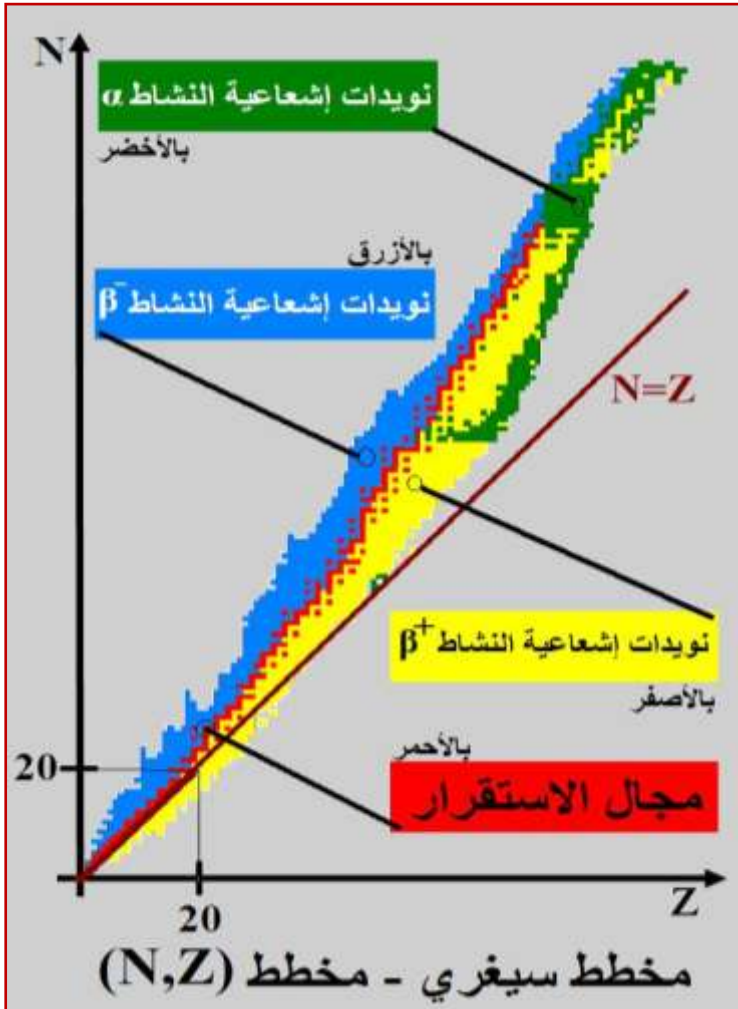
- ◆ **انحفاظ عدد النويات A:** $A_1 = A_2 + A_3$
- ◆ **انحفاظ عدد الشحنة Z:** $Z_1 = Z_2 + Z_3$

3. مخطط سيغري أو مخطط (N,Z):

مخطط سيغري أو مخطط (N,Z) هو مخطط جامع لجميع النويدات المعروفة، حيث توجد مختلف نظائر نفس العنصر الكيميائي على نفس المستقيم الموازي لمحور الأرتيب (N). كما أنه يميز لنا بين مواقع النويدات المستقرة و النويدات المشعة، ممثلاً كل نويدة بمربع صغير.

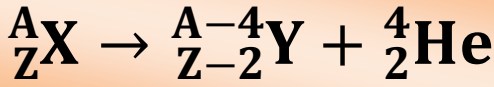
و يقسم مخطط سيغري كما يلي:

- ◆ **بالنسبة للنويدات ذات $Z \leq 20$:** يحتوي هذا المجال على نويدات مستقرة ممثلة باللون الأحمر. كما تسمى هذه المنطقة **بمنطقة الاستقرار**، تلتقي هذه الخيرة مع المستقيم ذي المعادلة $N=Z$ ، مما يدل على أن هذه النوى تتميز بعدد البروتونات Z مساو لعدد النوترونات N بمعنى أن $A=2Z=2N$.
- ◆ **بالنسبة للنويدات ذات $Z > 20$:** تكون منطقة الاستقرار في هذا المجال فوق المنصف الأول $(N=Z)$ ، حيث عدد النوترونات N أكبر من عدد البروتونات Z بالنسبة لكل نويدة، مما يفسر أن استقرار النواة لا يمكن أن يحصل إلا إذا كان عدد النوترونات أكبر من عدد البروتونات.



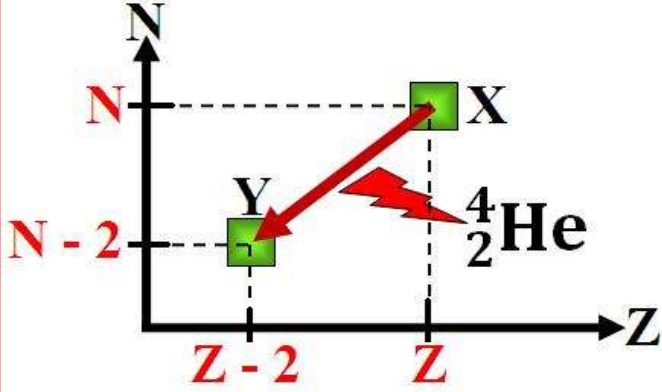
4. التحولات النووية التلقائية:

أ. النشاط الإشعاعي α :

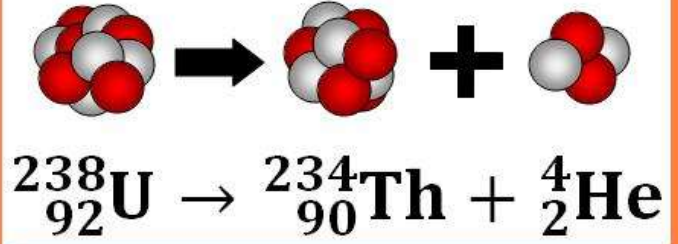


النشاط الإشعاعي α تفتت طبيعي و تلقائي، تتحول خلاله نواة أصلية A_ZX إلى نواة متولدة ${}^{A-4}_{Z-2}Y$ أكثر استقراراً، مع انبعاث دقيقة نواة الهيليوم ${}^4_2\text{He}$. و تكتب معادلة هذا التحول النووي كما يلي:

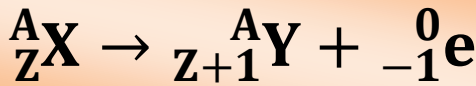
يخص هذا النشاط الإشعاعي النويدات الثقيلة (ذات $A > 200$)، كما أن الأشعة α قليلة الاختراق حيث يمكن لورقة صغيرة أن توقفها، و تمثل هذا النشاط في مخطط سيغري كما يوضح الشكل أسفله.



مثال

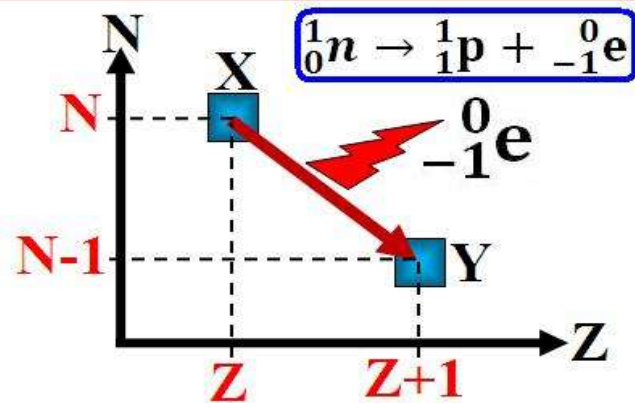


ب. النشاط الإشعاعي β^- :

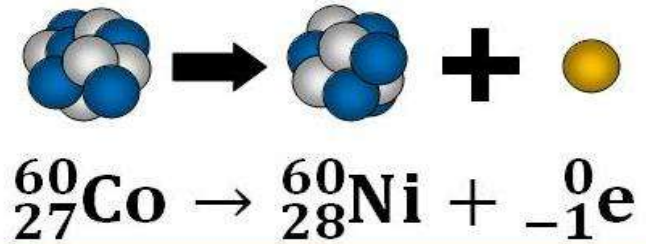


النشاط الإشعاعي β^- تفتت طبيعي و تلقائي، تتحول خلاله نواة أصلية A_ZX إلى نواة متولدة ${}^A_{Z+1}Y$ أكثر استقراراً، مع انبعاث دقيقة و التي هي عبارة عن إلكترون ${}^0_{-1}e$. و تكتب معادلة هذا التحول النووي كما يلي:

من خلال معادلة التحول النووي نلاحظ أن للنواة الأصلية و المتولدة نفس عدد النويات A رغم أنه قد إزداد بروتوناً، و هذا يفسر بأن هذا النشاط الإشعاعي عبارة عن تحول نوترون إلى بروتون و ذلك حسب المعادلة الظاهرانية أسفله، كما أنه تتميز به النويدات ذات وفرة في النوترونات، و نمثله في مخطط سيغري كما يوضح الشكل أسفله.

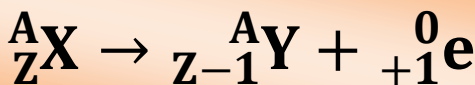


مثال

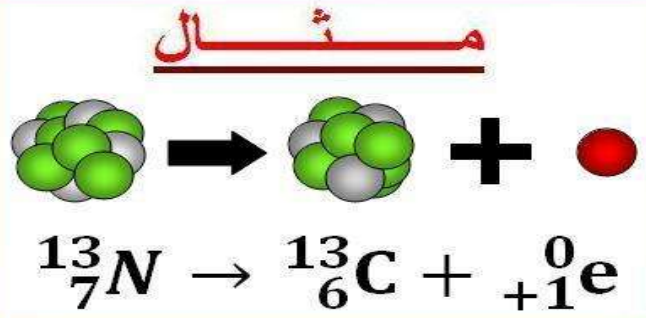
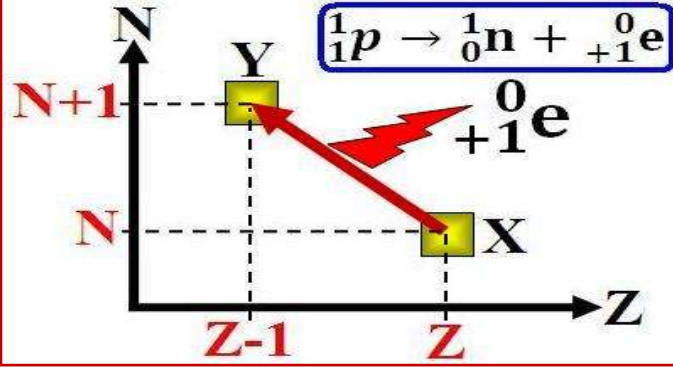


ج. النشاط الإشعاعي β^+ :

النشاط الإشعاعي β^+ تفتت طبيعي و تلقائي، تتحول خلاله نواة أصلية A_ZX إلى نواة متولدة ${}^A_{Z-1}Y$ أكثر استقراراً، مع انبعاث دقيقة و التي هي عبارة عن بوزيترون ${}^0_{+1}e$ ، الذي هو دقيقة لا تختلف عن الإلكترون إلا في إشارتها الكهربائية $(q(\text{positron}) = +e)$ ، و تكتب معادلة هذا التحول النووي كما يلي:

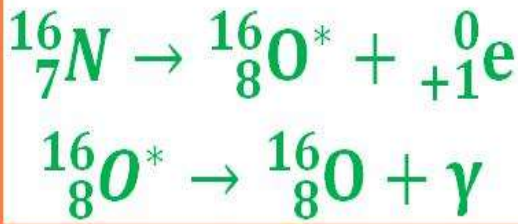


في هذا التحول النووي يكون للنواة المتولدة و النواة الأصلية نفس عدد النويات A، غير أن عدد بروتوناتها أقل بوحدة، و عدد نوتروناتها أكثر بوحدة، و هذا يفسر بأن هذا التحول النووي ماهو إلا تحول بروتون إلى نوترون حسب المعادلة الظاهرانية أسفله. و نمثله في مخطط سيغري كما يوضح الشكل التالي.

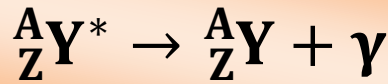


د. النشاط الإشعاعي: γ

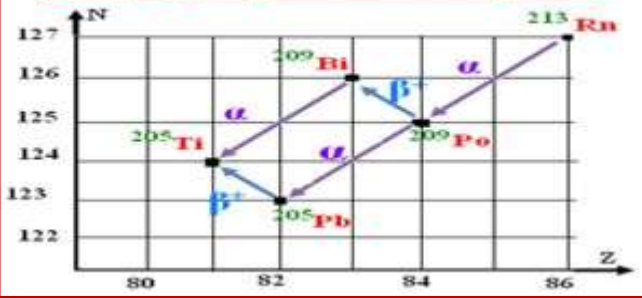
مثال



يمكن للنواة المتولدة عن أحد التفتتات α أو β^- أو β^+ في حالة طاقة أكبر من حالتها الأساسية المستقرة. نقول أن النواة المتولدة مثارة و نرسم لها بالرمز ${}^A_Z\text{Y}^*$. لتفقد هذه النواة المثارة إثارتها تكتفي ببعث فائض من الطاقة على شكل موجات كهرومغناطيسية، طول موجتها صغير جدا ($\lambda < 1\text{pm}$). تكتب معادلة هذا الإشعاع على الشكل التالي:



الفصيلة المشعة للرادون 213



5. الفصيلة المشعة:

في بعض الأحيان، تكون النوية الناتجة عن النوية الأصلية خلال نشاط إشعاعي غير مستقرة، فتتفتت بدورها إلى نواة أخرى، وهكذا إلى أن نحصل في الأخير على نوية مستقرة تنتمي لمجال الاستقرار في مخطط سيغري. و نسمي مجموع النويدات الناتجة عن نفس النوية الأصلية بالفصيلة المشعة. (أنظر جانبه)

6. تطبيق 1:

الأسئلة

- تتحول نوية الأورانيوم 238 (${}^{238}_{92}\text{U}$) إلى نوية الرصاص 206 (${}^{206}_{82}\text{Pb}$)، على إثر سلسلة من التفتتات التلقائية و المتتالية من طراز α و β^- حسب المعادلة التالية: ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + x \cdot \alpha + y \cdot \beta^-$
- 1) تعرف على الدقيقتين α و β^- .
 - 2) باستعمال قانون صودي حدد x و y .

الأجوبة

- 1) بالنسبة للنشاط الإشعاعي α الدقيقة المنبعثة هي نواة الهيليوم ${}^4_2\text{He}$ بالنسبة للنشاط الإشعاعي β^- الدقيقة المنبعثة هي إلكترون ${}^0_{-1}\text{e}$ و منه تكتب المعادلة كما يلي: ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + x \cdot {}^4_2\text{He} + y \cdot {}^0_{-1}\text{e}$
- 2) حسب قانون صودي:

انحفاظ عدد الكتلة: $238 = 206 + 4x + 0y = 206 + 4x$ فنجد أن: $x = 8$.

انحفاظ عدد الشحنة: $92 = 82 + 2x - y = 82 + 16 - y$ فنجد أن: $y = 6$.

و بالتالي تكتب المعادلة كما يلي: ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + 8 \cdot {}^4_2\text{He} + 6 \cdot {}^0_{-1}\text{e}$

III. قانون التناقص الإشعاعي.

1. الصيغة العشوائية للنشاط الإشعاعي:

إن القياسات المتتالية لعدد التفتتات خلال مدة زمنية Δt ، تعطي نتائج مختلفة لا يمكن التنبؤ بها، إذن فالنشاط الإشعاعي ظاهرة عشوائية، إذ لا يمكن التنبؤ مسبقا بلحظة تفتت النواة و لا حتى تغيير خاصيات و مميزات هذه الظاهرة.

إن الدراسة الإحصائية لهذه الظاهرة تمكن من التنبؤ بالتطور الزمني لعينة مشعة، حيث تخضع هذه العينة لقانون التناقص الإشعاعي. (رذرفورد و صودي سنة 1902م)

2. قانون التناقص الإشعاعي:

علاقات رياضية مهمة

دالة اللوغاريتم الأسية $f(x) = \exp(x) = e^x$

- معرفة على المجال \mathbb{R} .
- $\exp(0) = e^0 = 1$
- $e^{(a+b)} = e^a \cdot e^b$
- $e^{-a} = \frac{1}{e^a}$
- $\frac{e^a}{e^b} = e^{a-b}$
- $(e^a)^b = e^{a \cdot b}$
- المشتقة: $(e^{f(x)})' = f'(x) \cdot e^{f(x)}$

$$\ln e^x = x \quad \text{و} \quad e^{\ln x} = x \quad \text{و} \quad x = \ln y \Leftrightarrow y = e^x$$

دالة اللوغاريتم النبيري $f(x) = \ln(x)$

- معرفة على المجال $]0; +\infty[$.
- $\ln(1) = 0$
- $\ln(a \cdot b) = \ln(a) + \ln(b)$
- $\ln\left(\frac{a}{b}\right) = \ln(a) - \ln(b)$
- $\ln\left(\frac{1}{a}\right) = -\ln(a)$
- $\ln x^n = n \cdot \ln x$
- المشتقة: $(\ln(f(x)))' = \frac{f'(x)}{f(x)}$

نعتبر عينة تحتوي على N_0 من النويدات المشعة عند اللحظة $t=0$ ، و بما أن بعضها يتفتت مع مرور الزمن فإننا نعتبر $N(t)$ عدد النويدات التي لم تتفتت (المشعة) عند اللحظة t و أن $N(t) + dN$ هو عدد النويدات المتبقية في العينة عند اللحظة $t + dt$ مع $dN < 0$ لأن $N(t)$ يتناقص. إذن عدد النوى المتفتتة بين اللحظتين t و $t + dt$ هو:

$$N(t) - (N(t) + dN) = -dN$$

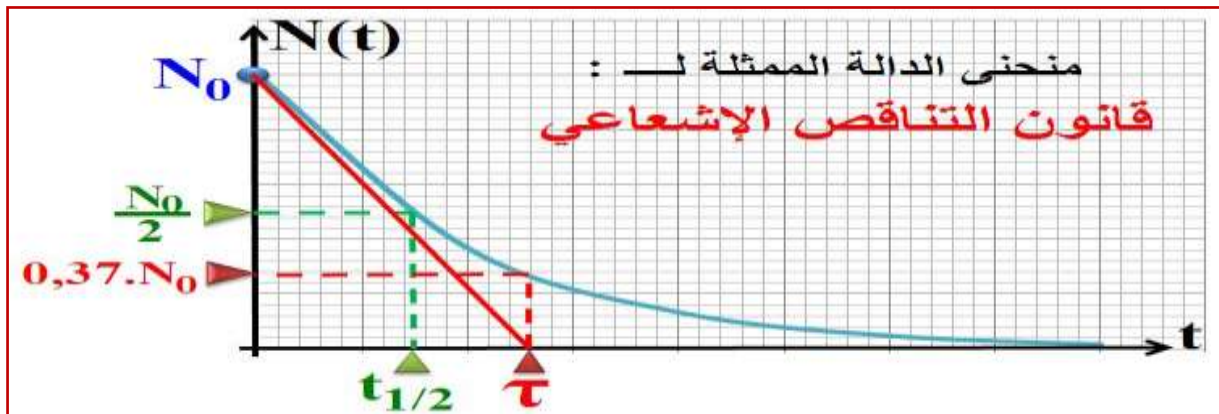
و قد أكدت التجارب أن $-dN$ يتناسب مع $N(t)$ و dt أي أن: $-dN = \lambda \cdot N(t) \cdot dt$ و منه نحصل على المعادلة التفاضلية من الدرجة الأولى التالية: $-\frac{dN}{N} = \lambda \times dt$ و التي يكتب حلها كما يلي: $N(t) = k \cdot e^{-\lambda t}$ (1).

تحدد الثابت k بالاعتماد على الشروط البدئية بحيث عند اللحظة $t=0$ لدينا: $N(t=0) = N_0$ و بالتعويض في المعادلة (1) نجد: $N(t=0) = k \cdot e^{-\lambda \cdot 0} = k = N_0$ و منه نحصل على قانون التناقص الإشعاعي الذي نعبر عنه بالعلاقة التالية:

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

مع:

- N_0 عدد النويدات غير المتفتتة (المشعة) عند اللحظة $t = 0$.
- λ تسمى الثابتة الإشعاعية أو ثابتة التفتت و هي ثابتة تميز النوية و لا تتعلق بالشروط البدئية، و وحدتها هي (s^{-1}) .



3. ثابتة الزمن لعينة مشعة:

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

تمكن ثابتة التفتت λ من التعرف على زمن مميز يخص النوييدة المشعة المدروية، يسمى بثابتة الزمن، يرمز لها بالرمز τ ، ووحدتها الثانية (s) وتعرف بالعلاقة التالية:

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

عند اللحظة $t = \tau$ تأخذ $N(t)$ القيمة: $N(\tau) = N_0 \cdot e^{-1} = 0,37 \cdot N_0$ وهذا معناه نقصانا في عدد النويدات المشعة البدئية N_0 بنسبة 63%.

و تمثل τ نقطة تقاطع المماس للمنحنى عند اللحظة $t=0$ مع محور الأفاصيل. (أنظر منحنى الشكل السابق)

4. عمر النصف لعينة مشعة:

عمر النصف $t_{1/2}$ المدة الزمنية اللازمة لتفتت نصف عدد نوى العينة عند اللحظة $t = t_{1/2}$ ، بحيث:

$$(1) N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$$

$$(2) N(t_{1/2}) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}$$

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

$$\lambda \cdot t_{1/2} = \ln 2 \quad \text{أي أن: } \frac{1}{2} = e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}$$

و منه عمر النصف لنوييدة مشعة يعرف بالعلاقة التالية:

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

(أنظر منحنى الشكل السابق)

5. نشاط عينة مشعة:

نشاط عينة $a(t)$ تحتوي على عدد $N(t)$ من النوى المشعة هو عدد النويدات المتفتتة في وحدة الزمن، و يعبر عنه بالعلاقة: $a(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = \lambda \cdot N(t)$ و بوضع $a_0 = \lambda \cdot N_0$ نشاط عينة مشعة عند اللحظة $(t=0)$ ، نجد:

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

ملاحظات:

- من خلال العلاقة نستنتج أن منحنى $a(t)$ عبارة عن دالة أسية تناقصية.
- وحدة $a(t)$ هي البيكريل becquerel و نرمز لها بالرمز (Bq)، حيث كل 1Bq يمثل تفتتاً واحداً في الثانية.
- هناك أجهزة عدة لقياس النشاط الإشعاعي نذكر منها: عداد جيجر - عداد جيجر مولر - عداد بالإيماض ...

6. تطبيق 2:

الأسئلة

- نوييدة اليود $^{131}_{53}\text{I}$ إشعاعية النشاط β^- ، عمر نصفها $t_{1/2} = 8 \text{ jours}$. خلال فحص طبي ابتلع مريض كمية من اليود 131 كتلتها $1 \mu\text{g}$.
- أكتب معادلة تفتت اليود 131 علما ان النواة المتولدة هي كزينون Xe .
 - أعط قانون التناقص الإشعاعي الذي تحققه الكتلة m .

- (3) أحسب كتلة اليود 131 المتبقية في جسم هذا الشخص بعد 30 يوما من الابتلاع.
 (4) أحسب المدة الزمنية اللازمة لكي تبقى في الجسم النسبة 1% من كتلة اليود 131 المبتلعة.

الأجوبة

- (1) اليود 131 إشعاعي النشاط β^- أي أن معادلة التفتت هي: ${}_{53}^{131}\text{I} \rightarrow {}_{54}^{\text{A}}\text{Xe} + {}_{-1}^0\text{e}$
 نحدد a و z وذلك حسب قانون صودي:
 انحفاظ عدد الكتلة: $131 = a + 0$ فنجد أن: $a = 131$
 انحفاظ عدد الشحنة: $53 = z + (-1)$ فنجد أن: $z = 54$
 وبالتالي تكتب معادلة التفتت كما يلي: ${}_{53}^{131}\text{I} \rightarrow {}_{54}^{131}\text{Xe} + {}_{-1}^0\text{e}$
- (2) لدينا قانون التناقص الإشعاعي هو: $n(t) = n_0 \cdot e^{-\lambda t}$ ونعلم أن: $\frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$ أي أن: $N = N_A \times \frac{m}{M}$ نعوض في العلاقة السابقة فنجد: $N_A \times \frac{m(t)}{M} = N_A \times \frac{m_0}{M} \cdot e^{-\lambda t}$
 $m(t) = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$ يكتب كما يلي:
- (3) كتلة اليود 131 المتبقية في جسم هذا الشخص بعد 30 يوما من الابتلاع:
 لدينا: $m(t) = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$ أي $m(t) = m_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t}$ تعبير عددي: $m(30) = 1 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{8} \times 30}$ أي أن:
 $m(30) = 7,4 \cdot 10^{-2} \mu\text{g}$
- (4) الزمنية اللازمة لكي تبقى في الجسم النسبة 1% من كتلة اليود 131 المبتلعة:
 لدينا: $m(t') = m(1\%) = m_0 \cdot e^{-\lambda t'}$ أي: $m_0 \times \frac{1}{100} = m_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t'}$ ومنه: $t' = \frac{\ln 100}{\ln 2} \times t_{1/2}$
 وبالتطبيق العددي نجد: $t' = 53,150 \text{ j} = 53 \text{ j } 03 \text{ h } 36 \text{ min}$

IV. التاريخ بالنشاط الإشعاعي.

1. مبدأ التاريخ:

يعتمد الجيولوجيون و علماء الآثار على عدة تقنيات مختلفة تمكنهم من تحديد أعمار الحفريات و الصخور والمومياء... و من بين هذه التقنيات نجد تلك التي تعتمد على النشاط الإشعاعي. فالصخور و الحفريات ... تحتوي على نويدات مشعة يتناقص عددها مع مرور الزمن. و بذلك يمكن تأريخ عينة بقياس نشاطها الإشعاعي و مقارنته مع نشاط عينة أخرى مرجعية. كما أنه كلما كان عمر العينة المراد تأريخها كبيرا و جب استعمال طريقة تعتمد على نويدات ذات عمر نصف كبير.

2. التاريخ بالكربون 14:

تتبادل الكائنات الحية الكربون مع الجو و مع المركبات العضوية.

يتوفر عنصر الكربون أساسا على نظيرين هما الكربون 12، و هو نويدة مستقرة، و كذلك الكربون 14، وهو إشعاعي النشاط β^- ، حيث أن هذا الأخير موجود بكمية ضئيلة بسبب ضعف وفارته الطبيعية 0,0001% حيث يوجد في أي تركيب كيميائي بهذه النسبة من الوفرة.

يتكون هذا العنصر ذو $t_{1/2} = 5600 \text{ ans}$ نتيجة تفاعل نوى الأزوت مع نوترونات الأشعة الكونية حسب المعادلة النووية التالية:

14 إن هذه النسبة توجد في كل الكائنات الحية، و عند موتها تتناقص هذه النسبة أسيا نتيجة تفتت نويدة الكربون و عدم تعويضها، و ذلك وفق معادلة التفتت التالية:

و بالاستعانة بالعلاقة السابقة: $a(t) = a_0 \cdot e^{-\lambda t}$ يمكن تحديد عمر عينة بالعلاقة التالية:

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

حيث $a(t)$ نشاط العينة المراد تأريخها عند اللحظة t ، و a_0 نشاط العينة المرجعية.

3. التأريخ بطرق أخرى:

لتأريخ عينات قديمة جدا كالصخور، يستعمل على سبيل المثال الأورانيوم 238 الذي عمر نصفه $4,4 \cdot 10^9$ سنة. قد مكن استعمال التأريخ بالأورانيوم 238 من تقدير عمر الأرض و الذي يقدر بحوالي 4.55 مليار سنة.