الفصل الثالث :مبادئ الإشعاعات والنشاط الإشعاعي

- **مقدمة:**

النشاط الاشعاعي ظاهرة تم اكتشافها على يد العالم **أنطوان هنري بيكرل** و الذي كان يهتم بالأشعة السينية و دراستها، و كان يدرس كل ما يخصها من تفاصيل و اكتشف أن اليورانيوم من العناصر المشعة، و بعدها أكمل العلماء دراسات عن العناصر المشعة، و عن ظاهرة النشاط الاشعاعي و قاموا باكتشاف عناصر أخرى مشعة من بينها الراديوم.

1- النشاط الإشعاعي الطبيعي:

هو خاصية ذرية لبعض المواد حيث تقوم هذه الأخيرة بإصدار إشعاعات مختلفة من تلقاء نفسها، و يرافق هذه الاشعاعات تفكك النواة و تدعى هذه النواة بالنواة المشعة، بينما تسمى النواة التي لا تتفكك بالنواة المستقرة. و يرافق عادة التفكك الإشعاعي تغيرا في A و Z.

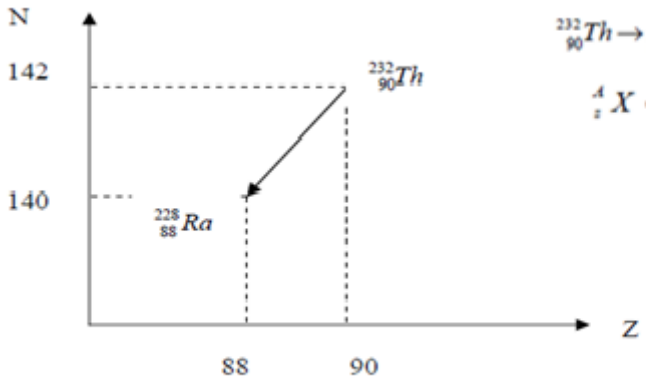
- **طبيعة الإشعاع:**

وجد العالم ***Rutherford*** أن الإشعاعات المنبعثة من المواد المشعة ليست من طبيعة واحدة و اقترح تصنيفها إلى:

الإشعاع $\propto$:

جسيم ألفا أو **أشعة ألفا** أو **دقائق ألفا**، على الرغم من تسميتها أشعة إلا أنها عبارة عن نواة ذرة الهليوم وتتكون من بروتونين ونيوترونين، تتحد في داخل النواة بقوة نووية كبيرة، بحيث تعتبر أشد نوايا العناصر استقرارا وتماسكا.

مثال :



$$^{232}_{90}Th \rightarrow {}^{4}_{2}He(\alpha) + {}^{228}_{88}Ra$$

$$^{A}_{z}X \rightarrow {}^{4}_{2}\alpha + {}^{A-4}_{z-2}Y$$

الشكل 1

إشعاعات β:

جسيم بيتا أو **دقائق بيتا** أو **أشعة بيتا** عبارة عن إلكترون أو بوزيترون ذي سرعة وطاقة عاليتين وينبعث من نوى إشعاعية النشاط مثل البوتاسيوم-40 .وجسيمات بيتا المنبعثة هي شكل من الإشعاعات المتأينة وتعرف أيضاً باسم أشعة بيتا. وتسمى عملية إنتاج جسيمات البيتا بتحلل بيتا .ويُرمز لجسيم بيتا بالحرف الإغريقي بيتا .(β) هنالك نوعان من تحلل بيتا :إما β⁻الذي يصدر إلكترونا، وβ⁺الذي يصدر بوزيترونا .

تحللβ^- (انبعاث الإلكترون) :

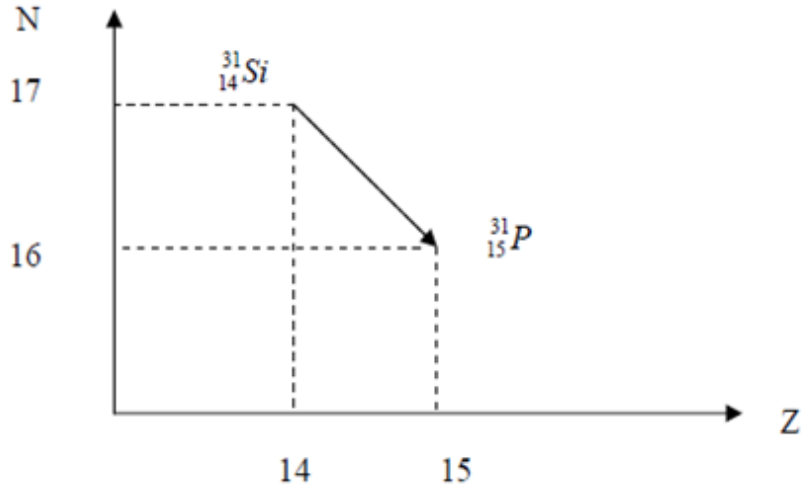
يتشكل النغاتون (الإلكترون) عند تحول نترون في النواة إلى بروتون حسب التفاعل الاتي:

$$ {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}P + {}^{0}_{-1}e\ (B^-) $$

تبث النوكليدات إلكترونات عندما تكون النسبة N/Z مرتفعة جدا.

مثال : $ {}^{31}_{14}Si \rightarrow {}^{31}_{15}P + {}^{0}_{-1}e(\beta^-) $

يكبر Z بمقدر الوحدة وينقص N بمقدار الوحدة (الشكل 2).



الشكل 2

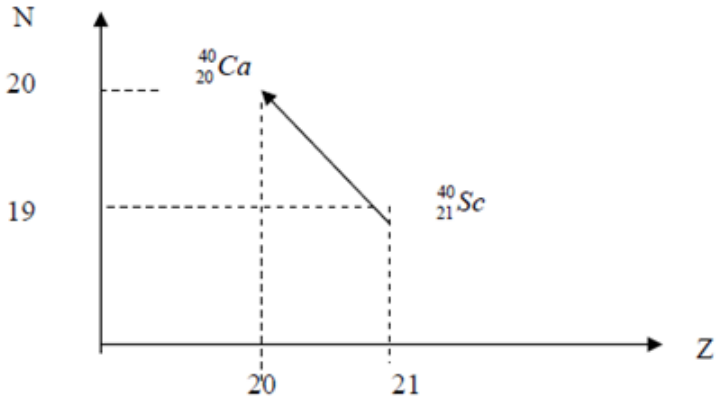
تحلل β+ (انبعاث البوزترون)

يتشكل البوزتون عند تحول بروتون إلى نترون حسب التفاعل الاتي: $^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e(B^{+})$

ينقص العدد الذرى Z بمقدار الوحدة ويكبر N عدد النترونات بمقدار الوحدة .

مثال :

$$^{40}_{21}Sc \rightarrow {}^{40}_{20}Ca + {}^{0}_{+1}e(B^{+})$$



الشكل 3

الشكل 3

إشعاعات γ:

إشعاعات جاما (γ) هي موجات كهرومغناطيسية عالية الطاقة، تتميز بأقصر طول موجي وأعلى تردد في الطيف الكهرومغناطيسي. تُطلق هذه الإشعاعات من نواة الذرة أثناء التحلل الإشعاعي أو تفاعلات أخرى، ولها قدرة اختراق عالية، مما يجعلها خطرة لأنها يمكن أن تسبب ضررًا للحمض النووي وتتطلب حماية بمواد كثيفة مثل الرصاص.

مثال

$$\underbrace{^{137}_{56}Ba^{*}} \rightarrow \underbrace{^{137}_{56}Ba} + {}^{0}_{0}\gamma$$

2- قوانين النشاط الإشعاعي:

- **قانون التهافت الإشعاعي أو التناقص الإشعاعي:**

إن قانون التناقص الإشعاعي يطبق على العناصر المشعة الطبيعية و الاصطناعية، ولا يتأثر التناقص الإشعاعي لا بالحرارة ولا بالتركيب الكيميائي الذي توجد فيه النواة المشعة و لكن عدد الأنوية المشعة في عينة ما يتغير مع الزمن:

ليكن:

dN: التغير في عدد الأنوية المشعة التي تفككت خلال تغير في الزمن dt.

N_0 :عدد الأنوية في اللحظة الابتدائية.

Nt :عدد الأنوية في اللحظة الزمنية t.

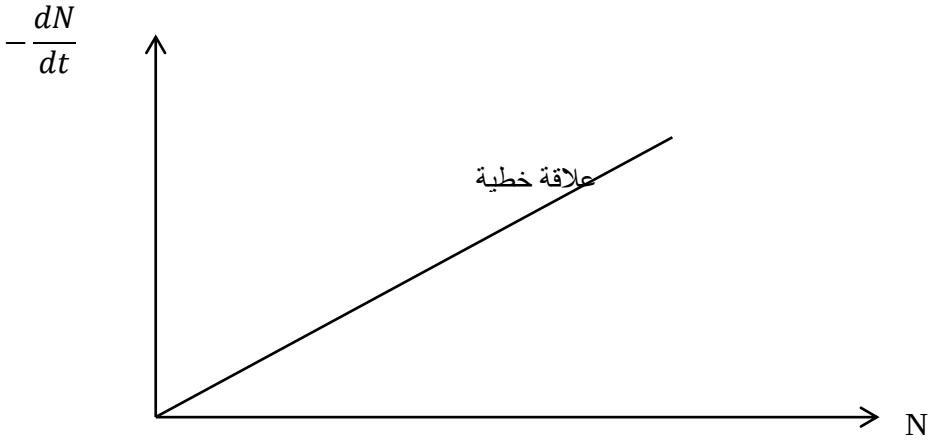
فيكون $dN = N_0 - N_t$ و هي كمية ضائعة

يمكن كتابة سرعة التفكك: $v = -\frac{dN}{dt}$

إشارة (–) توضع لتوضيح أن هناك نقصان في عدد الأنوية.

تبين النتائج أن سرعة التفكك تتناسب طردا مع عدد الأنوية الموجودة في اللحظة t.

تجريبيا نحصل على البيان:



من شكل البيان يمكن كتابة المعادلة:

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

حيث λ الثابت الإشعاعي أو ثابت التهافت.

كما نستطيع كتابة العلاقة (1):

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

بتكامل هذه المعادلة:

$$\int_{N_0}^{N_t} \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt$$

عندما $t = 0$ ، $N = N_0$

$$\ln N \Big]_{N_0}^{N_t} = -\lambda\, t \Rightarrow ln\frac{N_t}{N_0} = -\lambda\, t$$

$$\Rightarrow \boldsymbol{\frac{N_t}{N_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow N_t = N_0 e^{-\lambda t}}$$

و هو قانون التهافت الإشعاعي.

- **الدور T:**

هو الزمن اللازم الذي تتهافت فيه نصف عدد الأنوية الإبتدائي N_0 إذن عند t = T فإن $N = \frac{N_0}{2}$ و منه:

$$N_t = N_0 e^{-\lambda T} \Rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T} \Rightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda T}$$

$$\boldsymbol{\ln 2 = \lambda T \Rightarrow T = \frac{\ln 2}{\lambda}}$$

- نلاحظ أن الدور T لا يتعلق بعدد الأنوية الإبتدائية و لكن يتعلق فقط بالثابت الاشعاعي λ .
- كل نواة لها دور و يختلف الدور من عنصر إلى آخر.

- **الفعالية الإشعاعية (A) أو النشاطية:**

نعبر عن الفعالية الاشعاعية بـ A و هي عدد التهافتات في واحدة الزمن.

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

$$\boldsymbol{A = \lambda . m_0 / M . \mathcal{N} A}$$

و يمكن التعبير عنها بـ:

dpm: عدد التهافتات في الدقيقة

dps: عدد التهافتات في الثانية

Ci: الكيري (le curie) حيث:

$$1\ Ci = 3{,}7.10^{10} dps$$

$$1\ mCi = 10^{-3} Ci$$

$$1\ \mu Ci = 10^{-6} Ci$$

سؤال:

أحسب فعالية 1g من الراديوم ^{226}Ra بـ dps علما أن الدور T = 1620 ans و $N_A = 6{,}023.10^{23}$.

الحل:

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N = \frac{\ln 2}{T} . N = \frac{0{,}69}{T} . \frac{1.N_A}{226}$$

1mol ⟶ NA (nbr d'avogadro) ⟶ M (la masse molaire)

N (nbr des noyaux) ⟶ m (la masse)

$$N = \boldsymbol{m . \mathcal{N} A / M}$$

$$A = \frac{0{,}69}{1620 \times 365 \times 24 \times 3600} \times \frac{= 6{,}023.10^{23}}{226}$$

$$A = 3{,}7.10^{10} dps = 1\ Ci$$

الكوري(Le curie): هو الفعالية الإشعاعية لغرام واحد من الراديوم النقي في الثانية (تقريبا) و يساوي $3{,}7.10^{10}$.

$$1\ Ci = 3{,}7.10^{10} dps$$

كما يعبر عن الفعالية الإشعاعية بوحدة البيكرل Bq و يمثل البيكرل إنحلالة واحدة لكل ثانية.

- **علاقة التهافت بدلالة الفعالية:**

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

$$A = \lambda N \Rightarrow N = \frac{A}{\lambda} \Rightarrow$$

$$\frac{A}{\lambda} = \frac{A_0}{\lambda} e^{-\lambda t} \Rightarrow A_t = A_0 e^{-\lambda t}$$

حيث: A_0 هي الفعالية الابتدائية عند الزمن t=0، A_t هي الفعالية عند الزمن t

- **علاقة التهافت بدلالة الكتلة:**

$$N = \frac{m.\mathrm{N_A}}{M}, \qquad N_0 = \frac{m_0.\mathrm{N_A}}{M}$$

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{m.\mathrm{N_A}}{M} = \frac{m_0.\mathrm{N_A}}{M} e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow m_t = m_0 e^{-\lambda t}$$

3-النشاط الإشعاعي الاصطناعي

- **التعريف :**هو إنتاج مواد مشعة من مواد مستقرة عن طريق قذفها بجسيمات دون ذرية مثل جسيمات ألفا، النيوترونات، البروتونات، أو الإشعاعات السينية وجاما.
- **الاكتشاف :**تم اكتشافه بواسطة إيرين وفردريك جوليو-كوري عام 1934، حيث وجدوا أنه عند قذف عناصر مثل الألومنيوم بجسيمات ألفا، يستمر انبعاث الإشعاع حتى بعد إزالة مصدر الجسيمات.
- **الاستخدام :**له تطبيقات في مجالات مثل الطب، حيث يُستخدم لتدمير الخلايا السرطانية، وكذلك في الزراعة لحماية المحاصيل.

1) الإستحالة النووية:

تنتج هذه التفاعلات نوكليدات يساوي عدد كتلتها أو يقارب جدا كتلة النوكليد الذي استخدم كهدف. النوكليدات المتشكلة تكون مستقرة أو مشعة.

مثال :

1- تقذف ذرات الازوت بدقائق α فتولد ذرات الأكسوجين مع البروتون حسب التفاعل الآتي:

$$(1)\ {}^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He\ (\alpha) \rightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{17}_{8}O$$

2- تقذف ذرات الألمينيوم بدقائق فتولد ذرات الفوسفور مع نترون حسب التفاعل الأتي:

$$(2)\ {}^{27}_{13}Al + {}^{2}_{4}He\ (\alpha) \rightarrow {}^{30}_{15}P + {}^{1}_{0}n$$

التوسيمان المختصران للتفاعلين هما: ${}^{27}Al(\alpha,n){}^{30}P$, ${}^{14}P(\alpha,p){}^{17}O$.

2) الإنشطار النووي:

في هذه التفاعلات النوى الناتجة لديها عدد كتلي محصور بين 72 و 162 ($72 \langle A \langle 162$) أخف بكثير من النواة الهدف التي هي نواة ذات عدد كتلي مرتفع ($A \rangle 200$).

مثال : قذف ذرة الايرانيوم ${}^{235}_{92}U$ بـــنترون ${}^{1}_{0}n$:

$${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{143}_{56}Ba + {}^{90}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n$$

ويمكن أن تكون نوكليدات أخرى مثل:

$${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow \begin{cases} {}^{139}_{54}xe + {}^{95}_{38}Si + 2\,{}^{1}_{0}n \\ {}^{153}_{53}I + {}^{79}_{39}Y + 4\,{}^{1}_{0}n \end{cases}$$

يحرر كل إنشطار طاقة هائلة أكثر من الطاقة التي يحررها تفاعل الإستحالة النووية بـــ 12 مرة.

- **تطبيق :**

النترونات المتحررة من انفجار نواة ${}^{235}U$ تسبب انفجار نوى آخر وتولد هذه النوى بدورها نترونات n أخرى التي تسبب إنفجار آخر، التفاعل تسلسلي في الحالة المذكورة لا يمكن التحكم بالطاقة المتحررة. هذه الأخيرة هي التي تعطي_القنبلة الذرية و المفاعل النووى هو الذي يتحكم في هذه الطاقة المتحررة بامتصاص جزء من نترونات الإنشطار n.

4) تفاعل الإنصهار أو الإلتحام:

تتجمع النوى الخفيفة لتكوين نوى أثقل .

مثال : انصهار نواة الدوتريوم ${}_1^2H={}_1^2D$ والتريسيوم ${}_1^3T={}_1^3H$ لإعطاء نواة الهليوم (النواة الأثقل)

حسب التفاعل التالي: ${}_1^2H+{}_1^3H\rightarrow{}_2^4He+{}_0^1n+E$ (طاقة)

هذا التفاعل هو المستخدم في القنبلة الهيدروجينية.

تحرر تفاعلات الإنصهار كميات هائلة من الطاقة أكثر منها في الإنشطار وتتطلب درجة حرارة كبيرة جدا.

- **طاقة التفاعل النووي:**

إن التفاعلات الإشعاعية (الطبيعية أو الاصطناعية) عامة يرافقها نشر أو إمتصاص طاقة على شكل علاقة إنشتاين $\Delta E=\Delta mC^2$ مع سرعة الضوء $C=3.10^8 m/s$ و Δm (Kg) =مجموع كتل النواتج– مجموع كتل المتفاعلات .فيكون التفاعل ماص أو ناشر للطاقة .

– في حالة $\Delta m\langle 0$ (وهذا يكون غالبا في التفاعلات الإشعاعية الطبيعية فإن التفاعل ناشر للطاقة $(\Delta E\langle 0)$.

– أما في حالة $\Delta m\rangle 0$ فإن التفاعل ماص للطاقة $(\Delta E\rangle 0)$:

مثال :

ليكن التفاعل الإشعاعي : $\underbrace{{}_{88}^{226}\mathrm{Ra}}_{\text{المتفاعلات}}\rightarrow\underbrace{{}_{86}^{222}\mathrm{Rn}+{}_{2}^{4}\mathrm{He}}_{\text{النواتج}}$

المعطيات :

كتلة Ra: 226,0254 uma

كتلة Rn: 222,0175 uma

كتلة He: 4,0026 uma

حساب الطاقة :

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

الوحدات هي:(الجول)J للطاقة ΔE ,Kg للكتلة Δm و m/s لسرعة الضوء C.

$$\Delta m=[222{,}0175+4{,}0026]-226{,}0254$$
$$= -0{,}0053 \ \ uma$$

نعلم أن:

$$1\,uma = 1,66 \cdot 10^{-27}\,Kg$$

$$\Delta m = -0,0053 \times 1,66.10^{-27} = -8,8.10^{-30}\,Kg$$

$\Delta m < 0$ إذن التفاعل ناشر للطاقة

$$\Delta E = -8,8.10^{-30}.(3.10^{8})^{2} = -7,9.10^{-13}\,J$$

هذه طاقة لذرة واحدة من Ra

لمول من الذرات:

$$\Delta E = -7,9.10^{-13} \times 6,02.10^{23} = -47,6.10^{10}\,J$$

3- العائلات أو الأسر الإشعاعية:

يمكن أن تكون النواة المتشكلة عند تهافت ما مشعة فتولد بنفسها نواة أخرى غير ثابتة و التي تتهافت بدورها لإعطاء عنصر آخر وهكذا حتى نصل إلى العنصر الغير مشع. هذه النوكليدات تشمل سلسلة كاملة من العناصر المشعة يظهر أحدها بعد الآخر ويشكل مجموعها أسرة مشعة.

لقد أمكن تصنيف النوكليدات المشعة الطبيعية الثقيلة في اسر ثلاث:

- أسرة الأورنيوم التي تساوي أعداد كتلة النوكليدات فيها $4n+2$ حيث n عدد تام.
- أسرة الأكتينيوم- أورانيوم التي تساوي أعداد الكتلة فيها $4n+3$
- أسرة التوريوم التي تساوي أعداد الكتلة فيها $4n$.

تنتهي كل من هذه الأسر الثلاث إلى نظير ثابت من الرصاص Pb.

و هناك أسرة إصطناعية وهي أسرة النبتونيوم التي تساوي أعداد الكتلة فيها $4n+1$ و تنتهي هذه الأسرة بعنصر Bi.

4- تطبيقات الإشعاعية:

للإشعاعية الطبيعية والاصطناعية عدة تطبيقات جد مهمة منها:

1.تستغل الطاقة التي يحررها إنشطار الأنوية داخل مفاعل نووي للحصول على الطاقة الكهربائية.

2.بعد معرفة الإنسان للإشعاعية والطاقة الهائلة المخزنة في النواة تمكن من صناعة السلاح النووي.

3- تستخدم الإشعاعية الطبيعية في تحديد عمر بعض المستحثات والصخور والمياه الجوفية و القطع الاثرية التي تعود إلى العصور القديمة سواء بالاعتماد على ^{14}C أو ^{236}U اوعناصر مشعة أخرى.

4- كما يستخدم في الطب ^{226}Ra لإتلاف الخلايا المصابة بداء السرطان.

كما لا يخلو النشاط الاشعاعي من المخاطر ومنها:

1-إن تعرض الإنسان للإشعاع النووي قد يسبب لو الإصابة بمختلف أنواع الأمراض السرطانية، ويعتمد ذلك على مقدار الجرعة الإشعاعية والمنطقة التي تتعرض للإشعاع.

2-هناك من الأدلة ما يشير إلى إن تعرض الأعضاء التناسلية إلى جرعات معينة من الإشعاع يؤدي إلى إصابة الإنسان بالعقم.

3-يحدث تلف في خلايا المخ وخلايا النخاع الشوكي وخلايا الجهاز الهضمي والتنفسي، مما يؤدي إلى الإصابة بسرطانات خطيرة ،من بينها: سرطان الدم، وسرطان الرئة ،وسرطان الغدة الدرقية، وسرطان العظام، والإصابة بعتمة عدسة العين، واورام خبيثة أخرى.

4-تلوث المسطحات المائية والمياه الجوفية و التربة والطبيعة.