الفصل الثاني

النشاط الإشعاعي و التفاعلات النووية

1) استقرار نواة الذرة:

أ) النقص في الكتلة النووية ـ طاقة الربط النووي:

كيف يمكن أن يؤدي الجمع بين البروتونات والنيوترونات إلى نواة مستقرة؟ إذا افترضنا أننا بصدد تكوين نواة ذرة معينة انطلاقا من مكوناتها (نيكليونات : بروتونات و نترونات)، نجد أن الكتلة النظرية للنواة المتكونة تساوي مجموع كتل العناصر المكونة لها (كتلة البروتونات + كتلة النترونات).

$$Z \text{ protons} + (A-Z) \text{ neutrons} \longrightarrow \text{noyau}$$

الكتلة النظرية للنواة هي مجموع كتل البروتونات والنيوترونات معزولة:

$$m_{\text{théorique}} = \text{nombre de Protons} \cdot m_p + \text{nombre de neutrons} \cdot m_n$$

$$= Z \cdot m_P + (A-Z) \cdot m_N$$

و قد وجد تجريبا أن هناك فرق بين كتلة النواة المحسوبة انطلاقا من كتلة كلا من البرتونات و النترونات (كتلة نظرية) والكتلة المحصل عليها تجريبيا (كتلة تجريبية أو حقيقية)، هذا الفرق يساوي بالقيمة المطلقة الفرق بين الكتلة المحسوبة و التجريبية و يعطى بالعلاقة التالية:

$$\Delta m = m_{\text{théorique}} - m_{\text{réelle}}$$

ب) <u>طاقة الربط النووية:</u>

ترتبط النيكليونات فيما بينها بقوة تماسك كبيرة تعرف بالقوة النووية بينما الطاقة اللازمة لكسر هذا الارتباط تعرف بطاقة التماسك أو الربط النووي.

حسب آينشتاين، إن أي تغير في الكتلة يرافقه تغير في الطاقة أي أن هذا النقصان في الكتلة يوافق الطاقة المنبعثة عند الجمع بين الجسيمات العنصرية من أجل تكوين النواة. تعطى الطاقة بالعبارة الرياضية التالية:

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

بحيث:

Δm : النقصان في الكتلة (بالكيلوغرام).

c: سرعة الضوء, $c=2.99792458.\ 10^8\ m/s \approx 3.\ 10^8 m/s$

على سبيل المثال :نواة الهليوم

الكتلة النظرية لنواة ذرة الهيليوم هي:

$$m_{\text{théorique}} = Z \cdot m_P + (A-Z) \cdot m_N = (2 \cdot 1.007278 + 2 \cdot 1.008665)\ \text{u.m.a}$$

$= 4.031886 u.m.a$

والكتلة الحقيقية هي: $m_{réelle} = 4{,}001503 u.m.a.$

$$\Delta m = m_{théorique} - m_{réelle}$$

$$\Delta m = (4.031886 - 4.001503)\ u.m.a$$

إذن النقص في الكتلة يساوي: $\Delta m = 0{,}030383 u.m.a$

بمعنى آخر، إذا افترضنا أننا بصدد تكوين نواة الهليوم انطلاقا من مكوناتها (2 بروتونات+ 2 نترونات)، أي أن تكوين نواة الهليوم يحرر طاقة مقدراها:

$$\Delta E = 0.030383 \times 1{,}6605.10^{-27}\ Kg \times (3.10^{8} m/s)^2$$

$$\Delta E = 4.54 \times 10^{-12}\ joules$$

$$\Delta E = 28.3\ Mev$$

ملاحظة :

✓ غالبا ما يتم التعبير عن الطاقات بالإلكترون فولط (eV). والإلكترون فولط هي الطاقة الموافقة لإلكترون خاضع لفرق في الجهد قدره 1 فولط :
مع العلم أن:

$$1\ uma = 1.6605401.\ 10^{-27} Kg$$
$$1\ eV = 1.60218.\ 10^{-19}\ J \approx 1.6.\ 10^{-19}\ J$$
$$1\ MeV = 10^{6}\ eV = 1.6.\ 10^{-13}\ J$$

✓ وحدات أخرى للطاقة:

$1\ cal = 4.18 J$
$1erg = 10^{-7} J$

نستنتج أن تشكيل نواة الهليوم من مكوناتها الأصلية يحرر طاقة مقدرها 28.3 MeV.

على العكس، لتفكيك النواة إلى بروتونات ونيوترونات منفصلة، ينبغي توفير هذه كمية هائلة من الطاقة وهي طاقة ارتباط النواة (طاقة ارتباط النيكليونات المكونة للنواة). هذا يدل على أن ارتباط البروتونات والنيوترونات يتم بإحكام في النواة، وبالتالي فإن النقصان في الكتلة يضمن الاستقرار في النواة.

*** طاقة الربط لكل نيوكليون:**

الطاقة المتحررة من خلال تشكيل نواة ما يعتمد بالطبع على عدد النيكليونات المكونة لها. تعطى طاقة النيكليون الواحد بالعلاقة التالية:

$$\boldsymbol{f = \Delta E / A}$$

حيث A هوالعدد الكتلي.

مثلا:

من أجل نيكليون واحد من لنواة الهيليوم, لدينا:(A= 4)

$$f = \Delta E/A$$

$$f = 28.3 \text{ MeV}/ 4$$

$$f = 7.075 \text{ MeV/nucléon}$$

**** طاقة التماسك النووية لمول من الأنوية:** ΔE_T

$$\mathbf{\Delta E_T(mol) = \Delta E \,.\, N_A}$$

$\mathbf{N_A}$: عدد أفوقادرو.

ΔE: هي طاقة التماسك لنواة واحدة.

مثلا: من أجل 1 مول واحد من أنوية الهيليوم لدينا:

$$\Delta m = 0.030383g = 0.030383.10^{-3}Kg.$$

$$\Delta E = \Delta m.\, c^2$$

$$\Delta E = 0.030383.10^{-3}Kg.(3.10^8 m/s)^2 = 2{,}7.10^{12} \text{ J/mol de noyaux } {}^4He$$

***** المكافئ الطاقوي (ΔE) لوحدة الكتل الذرية (Δm=1uma) بالجول و Mev**

باستعمال علاقة Einstein:

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

لدينا : $\Delta m = 1 \text{ uma} = (1/12).(12/ \mathbf{N_A}).\, 10^{-3} \text{ Kg} = 1.6605401.10^{-27} \text{ Kg}$

$C = 2.99792458.\, 10^8 \text{ m/s} = 3.\, 10^8 \text{ m/s}$ {سرعة الضوء في الفراغ}

حيث:

$$\Rightarrow \Delta E = 1.6605401.10^{-27} \text{ Kg} \,.\, (2.99792458.10^8 m/s)^2$$

$$\Rightarrow \Delta E = 1.492419.\, 10^{-10} \text{Joules}$$

التحويل:

$$1eV = 1.60218.\, 10^{-19} \text{ J}$$

$$\Rightarrow \Delta E = 1.492419.\ 10^{-10}\ \text{joules} = 931.5\ 10^{6}\text{ev} = 931.5\text{Mev}$$

نستنتج أن النقصان في الكتلة مقداره 1uma أي كتلة مقدارها 1.66 $Kg.10^{-27}$ يوافقها تغير في الطاقة و مقدره 931.5Mev.

و منه يمكننا كتابة علاقة آينشتاين بطرقتين:

$$\Delta E\ (\text{Joule}) = \Delta m\ (\text{Kg})\ .\ C^2$$

أو

$$\Delta E\ (\text{Mev}) = \Delta m\ (\text{uma})\ .\ 931.5$$

مثال: نواة ذرة اللثيوم:

- ✓ **حساب الكتلة النظرية لنواة اللثيوم:**

إذا افترضنا أننا بصدد تكوين نواة اللثيوم انطلاقا من مكوناتها (3 بروتونات + 4 نترونات)، نجد أن الكتلة النظرية للنواة المتكونة تساوي مجموع كتل العناصر المكونة لها (كتلة 3 بروتونات+ كتلة 4 نترونات).

$$m_{\text{théorique}} = 3.m_P + 4.m_N$$

$$m_{\text{théorique}} = 3.\ 1.007278 + 4.\ 1.008665$$

$$m_{\text{théorique}} = 7.056494\ \text{u.m.a}$$

- ✓ **حساب النقص في الكتلة:**

إن الكتلة الحقيقية لنواة اللثيوم: $m_{\text{réelle}} = 7.01001\text{uma}$

حيث أن النقصان في الكتلة يعطى بالعلاقة التالية: $\Delta m = m_{\text{théorique}} - m_{\text{réelle}}$

$$\Delta m = 7.056494 - 7.01001 = 0.046484\ \text{uma}$$

نجد نقصان في الكتلة مقداره: $\Delta m = 0.046484\ \text{uma}$

- ✓ **حساب طاقة الربط النووية:**

نعلم أن الطاقة الموافقة لتغير في كتلة مقدراها 1 uma تساوي

$$\Delta E = 931.5\text{Mev}$$

ومنه نستطيع كتابة العلاقة الثلاثية التالية:

$$\begin{cases} 1\ \text{uma} \longrightarrow 931.5\text{Mev} \\ \Delta m\ (\text{uma}) \longrightarrow \Delta E\ (\text{Mev}) \end{cases}$$

ΔE : هي طاقة الربط بين كل النيوكليونات المكونة لنواة اللثيوم.

$$\Delta E = \Delta m\ (uma) \cdot 931.5 = 0.046484 \cdot 931.5 = 43.276\ Mev$$

أي أن تكوين نواة الهليوم يحرر طاقة مقدراها:43.276 Mev

✓ **حساب طاقة الربط الخاصة بكل نيكليون :**

هي طاقة الربط الخاصة بكل نيوكليون (protons + neutrons)

لدينا بالنسبة لنواة اللثيوم 3 بروتونات + 4 نترونات:

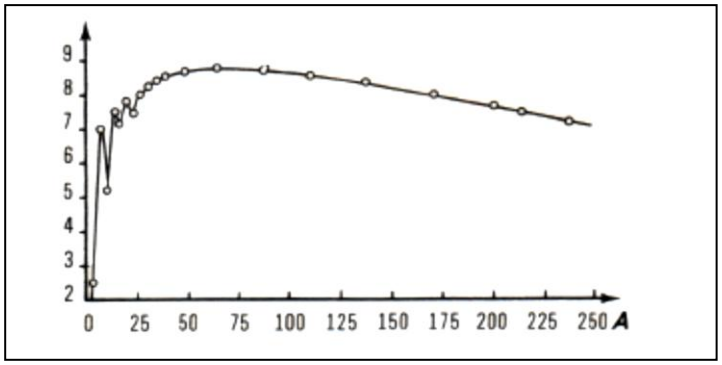
$$f = \Delta E/A = 43.276\ MeV/\ 7 = 6.18\ MeV/_{nucléon}$$

9 – إستقرارالأنوية :

من بين 331 نكليد طبيعي ، 284 منها مستقر ، في حين البقية تتفكك تلقائيا (أي أنها مشعة) إضافة إلى ذلك سمحت التفاعلات النووية بتحضير أكثر من 1000 نكليد اصطناعي كلها مشعة .

{هل هناك علاقة بين إستقرار الأنوية و طاقة الربط النووي من جهة و عدد النيكليونات من جهة أخرى ؟}

أ – **الاستقرار و طاقة الرابطة :**



Courbe d'Aston منحنى أستون

من خلال المنحنى المقابل الممثل لتغيرات طاقة إرتباط كل نكليون بدلالة العدد الكتلي A نلاحظ أنه من أجل بعض الأنوية الخفيفة أن طاقة الربط المتوسطة لكل نيكليون تكون من 6 إلى 7MeV.

المنحنى منتظم و يقدم قيمة عظمى عند 8.75MeV من أجل الأنوية المجاورة لنواة الحديد (A = 56).

ليتواصل الإنخفاظ (التناقص) تدريجيا من أجل الأنوية الثقيلة (طاقة الربط النووي تجاور 7Mev).

من أجل الأنوية الأخف من عنصر الحديد ، تتناقص قيمة طاقة ارتباط كل نكليون بسرعة أكبر أما الأنوية الخفيفة جدا فنلاحظ تعاقب قيم عظمى و صغرى ما يدل أن هذه الأنوية متفاوتة الاستقرار . القمم توافق الأنوية التي تدعى زوج- زوج بحيث يكون Z=N=2n

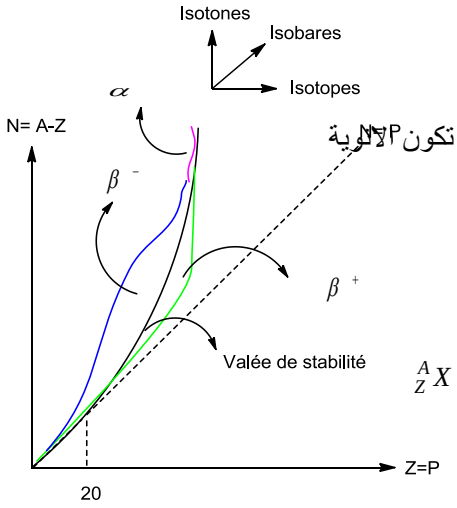
(n عدد صحيح) مثلا: ${}^{4}_{2}He$, ${}^{12}_{6}C$ و ${}^{16}_{8}O$.

يزداد الاستقرار عموما كلما ازدادت طاقة الربط المتوسطة لكل نكليون ($1 < A < 56$). و كلما نقصت طاقة الربط المتوسطة تكون النواة أقل استقرارا أي أكثر إشعاعا ($A > 56$).

ملاحظة :الأنوية المستقرة تكون أعلى المنحنى في حين الغير مستقرة تكون أسفله (تؤدي إلى إنشطار أو إنصهار الأنوية لبلوغ الإستقرار). عموما يزداد الإستقرار عموما كلما زادت قيمة طاقة الربط المتوسطة لكل نيكليون.

ب- **إستقرارالأنوية و النيكليونات** :كما يمكن معرفة استقرار الأنوية من حيث عدد البروتونات :

- $1 < Z < 20$ الأنوية المستقرة تتبع تقريبا المستقيم $P=N$ $(N/P \approx 1)$
- $20 < Z < 84$ تكون الأنوية أقل استقرارا ونميز نوعين من الأنوية :



- إذا كان $N>P$ أو $N/P>1$ (المنطقة أعلى شريط أو وادي الاستقرار) تكون الأنوية مرسلة لدقائق من نوع β^-

حسب التفاعل النووي التالي:

$$ {}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e $$

- إذا كان $N<P$ أو $N/P<1$ (المنطقة أسفل شريط أو وادي الاستقرار) تكون الأنوية مرسلة لدقائق من نوع β^+

حسب التفاعل النووي التالي:

$$ {}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e $$

-$Z > 84$ من أجل الأنوية الثقيلة أين يكون $N>>P$ أو $N/P>>1$ تصبح الأنوية مشعة وغير مستقرة مرسلة لدقائق من نوع α حسب التفاعل النووي التالي:

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

3 -التفاعلات النووية المصطنعة (المحرضة) :

و تنتج عن قذف بعض الذرات بواسطة دقائق مناسبة و يوجد حاليا أكثر من 1000 تفاعل نووي مصطنع. ويمكن للقذائف أن تكون دقائق α ، بروتونات p ، دوتونات d أو نيترونات n

اصطلاح كتابي : نرمز الى التفاعلات المختلفة بكتابة مكثفة مبينا الدقيقة المنبعثة.

متال :

$$ {}^{23}_{11}\mathrm{Na} + {}^{4}_{2}\alpha \rightarrow {}^{26}_{12}\mathrm{Mg} + {}^{1}_{1}\mathrm{H} $$

الكتابة المكثفة: $^{23}_{11}Na\,(\alpha,P)\,^{26}_{12}Mg$

أ-القذف بالهيليونات : و ينتج عنه تحرير بروتونات أو نيترونات.

- التفاعلات (α,p)

$$^{4}_{2}He + {}^{10}_{5}B \rightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{13}_{6}C^{*} \quad \text{أو} \quad {}^{10}_{5}B\,(\alpha,p)\,{}^{13}_{6}C^{*}$$

- التفاعلات (α,n)

$$^{4}_{2}He + {}^{10}_{5}B \rightarrow {}^{13}_{7}N^{*} + {}^{1}_{0}n \quad \text{أو} \quad {}^{10}_{5}\mathrm{B}\,(\alpha,n)\,{}^{13}_{7}N^{*}$$

- التفاعلات بدون أسر (تستعمل الدقائق α كناقلات للطاقة وهي تضايق إصدار البروتونات دون الانضمام للنواة)

$$^{4}_{2}He + {}^{10}_{5}B \rightarrow {}^{9}_{4}Be + {}^{1}_{1}H + {}^{4}_{2}He$$

ب - القذف بالبروتونات : و ينتج عنه تحرير هيليون أو نيترون أو دوتون.

- **التفاعلات (p,α) :**

بروتونات ذات سرعة عالية:

$$^{1}_{1}H + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{11}_{6}C^{*} \quad \text{أو} \quad {}^{14}_{7}N\,(p\alpha)\,{}^{11}_{6}C^{*}$$

$$^{1}_{1}H + {}^{7}_{3}\mathrm{Li} \rightarrow 2\,{}^{4}_{2}He \quad \text{أو} \quad {}^{7}_{3}\mathrm{Li}\,(p2\alpha)$$

- **التفاعلات (p,n) :**

القذف ببروتونات ذات سرعة عالية جدا:

$$^{1}_{1}H + {}^{63}_{29}Cu \rightarrow {}^{63}_{30}Zn + {}^{1}_{0}n^{*} \quad \text{أو} \quad {}^{63}_{29}Cu\,(p,n)\,{}^{63}_{30}Zn$$

يمكن إصدار عدة نيترونات حسب نوع الهدف و سرعة القذيفة.

$$^{1}_{1}H + {}^{209}_{83}Bi \rightarrow {}^{202}_{84}Po + 8\,{}^{1}_{0}n \quad \text{أو} \quad {}^{209}_{83}Bi\,(p8n)\,{}^{202}_{84}Po$$

القذف ببرتونات ذات سرعة منخفضة:

$$^{1}_{1}H + {}^{9}_{4}Be \rightarrow {}^{10}_{5}B$$

- **التفاعلات (p,d) :** و هي تفاعلات نادرة الحدوث.

$$^{1}_{1}H + {}^{9}_{4}Be \rightarrow {}^{8}_{4}B + {}^{2}_{1}He \quad \text{أو} \quad {}^{9}_{4}Be\,(p,d)\,{}^{8}_{4}Be$$

ج - القذف بالنيترونات : و ينتج عنه إرسال بروتونات أو إنشطار النواة المقذوفة (تفاعل إنشطار).

و هو ينتج عن قذف نواة ثقيلة كنواة اليورانيوم أو البلوتينيوم بواسطة نيترونات مسرعة ، ما يؤدي إلى إنتاج أنوية ذات بين 35 إلى 60 (متوسطة) بالإضافة إلى نيترونات.

مثال :

- تفاعلات الأسر

$$^{79}_{35}Br + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{80}_{35}[Br]^{*} \rightarrow ^{80}_{36}Kr + ^{0}_{-1}\beta$$

$$^{238}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{239}_{92}[U]^{*} \rightarrow ^{239}_{93}Np^{*} + ^{0}_{-1}\beta$$

سمح تفاعل الأسر باصطناع فوج من عناصر ذات العدد الذري $Z\rangle 92$

- **التفاعلات** (n,p) **:**

$$^{1}_{0}n + ^{32}_{16}S \rightarrow ^{1}_{1}H + ^{32}_{15}P$$

- **التفاعلات** (n,kn) **:**

يتمثل في قدف نوى ثقيلة التي تنفلق و تنقسم الى نواتين أو أكثر عددها الذري Z متوسط مع اصدار طاقة معتبرة.

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{143}_{56}Ba + ^{83}_{36}Kr + 10\ ^{1}_{0}n$$

ج- التفاعلات مع الدوتونات d :

$$^{2}_{1}H + ^{10}_{5}B \rightarrow ^{1}_{0}n + ^{11}_{6}C^{*}$$

$$^{2}_{1}H + ^{10}_{5}B \rightarrow ^{11}_{5}B + ^{1}_{1}H$$

$$^{2}_{1}H + ^{10}_{5}B \rightarrow 3\,^{4}_{2}He$$

وتكون تفاعلات الالتحام ممكنة.

$$^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{1}_{1}H + ^{3}_{1}H$$

د – الإندماج النووي : و فيه يتم إتحاد نواتين خفيفتين لتشكيل نواة أثقل أكثر استقرارا.

مثال:

$$^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n + \Delta E$$
$$\Delta E = 17.6MeV$$

4 – العائلات المشعة : و يوجد هنالك 3 عائلات مشعة طبيعيا (رئيسية) :

أ - عائلة اليورانيوم U-238

ب- عائلة الثوريوم Th-232

ج- عائلة اليورانيوم Ac-U-232

د – عائلة البلوتونيوم Pu-241 : و هي عائلة إصطناعية.

5- قانون Soddy et Fajans أو قانون إنحفاظ العدد الكتلي و إنحفاظ الشحن : في تفاعل نووي هناك دائما إنحفاظ في العدد الكلي للنكليوينات A و كذا العدد الكلي للشحن Z .

مثال: أحسب x و y .

$$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{206}_{82}Pb + \ x\,{}^{4}_{2}He + \ y\,{}^{0}_{-1}e$$

$$238 = 206 + 4x + 0 \Rightarrow x = 8$$
$$92 = 82 + 2x \quad y \Rightarrow y = 6$$

6- طاقة التفاعلات النووية :

تتطلب التفاعلات النووية طاقات معتبرة و يخضع التبادل الطاقوي لعلاقة أنشتاين *Einstein* $E = \Delta m \cdot C^2$.

في التفاعلات النووية لا يوجد هناك إنحفاظ في الكتلة ، بالعكس التحولات النووية يصاحبها دائما نقص في الكتلة Δm يوافق تحرير طاقة نووية المعطاة بالعلاقة :

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

$$\Delta m = \sum m_{produits} - \sum m_{réactifs}$$

مثال: أحسب طاقة التفاعل النووي التالي:

$$^{230}_{90}Th \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{226}_{88}Ra$$

علما أن: $Th : 230.1047$ $He : 4.0039$ $Ra : 226.0957$

$$\Delta m = \sum m_{produits} - \sum m_{réactifs}$$
$$\Delta m = 4.0039 + 226.0957 - 230.1047$$
$$\Delta m + 0.0051\, u.m.a$$

$$\Delta E = \Delta m \cdot C^2$$
$$\Delta E = 0.0051 \times 1.66.10^{-27} Kg \times (3.10^8 m/s)^2$$
$$\Delta E = 7.65.10^{-13} J$$
$$\Delta E = \frac{7.65.10^{-13}}{1.6.10^{-13}} MeV$$
$$\Delta E = 4.78 MeV$$

2) النشاط الإشعاعي الطبيعي:

أ) مقدمة :

تم اكتشاف النشاط الإشعاعي الطبيعي من طرف هنري بيكريل في 1896 حيث لاحظ أن أملاح اليورانيوم يمكن أن تصدر إشعاعات قادرة على تشويه لوحات فوتوغرافية، و برهن أن هذه الظاهرة هي خاصية ذرية لعنصر اليورانيوم و يحافظ على هذه الخاصية مهما كانت الأملاح التي يدخل هذا العنصر في تركيبها. لا تتأثر هذه الظاهرة بأي عامل من العوامل الفيزيائية المعروفة (الضغط و درجة الحرارة..) إذن فهي ميزة ذرية.

أما في العام 1898 قام بيار وماري كوري و لأول مرة بعزل من اثنين من العناصر المشعة للغاية : الراديوم والبولونيوم. قام إرنست رذرفورد باكتشاف الأشعة α وβ في سنة 1899 و الأشعة γ في سنة 1903 , كما اكتشف في 1902 مع سودي فردريك { مكتشف وجود النظائر سنة 1910} بأن التفكك الإشعاعي يحول عنصر كيميائي إلى عنصر كيميائي آخر (تحويل transmutation).

تتمثل الإشعاعية الطبيعية في تفكك تلقائي لبعض العناصر (N/Z>1,51) المسماة بالعناصر المشعة و التي تبدو غير مستقرة و تؤدي إلى استحالات حقيقية (صحيحة) تدعى تهافتا (أو تفكك) و الذي يكون متبوعا دوما بإصدار إشعاع.

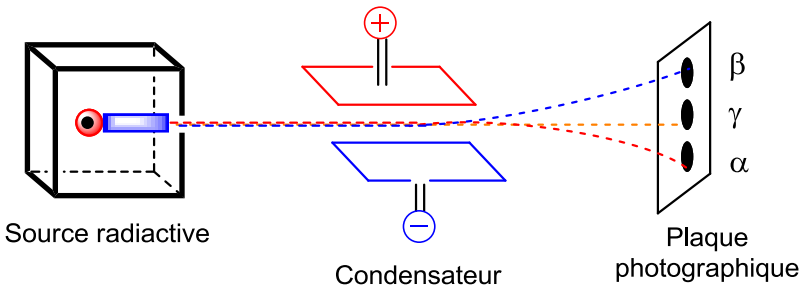
ب) أنواع الإشعاع:

تم تعيين مختلف الإشعاعات بواسطة جهاز ويلسون Wilson حيث إذا مررنا في الفضاء حزمة من إشعاع منبعث من مصدر مشع في مجال الحقل الكهربائي الناشئ بين لوحي أو لبوسي مكثفة ،فإننا نلاحظ أن اسوداد اللوحة الفوتوغرافية الموضوعة في طريق الإشعاع يكشف عن أثر ثلاث نقاط. نستخلص أن:

-**الأشعة α**: وتنحرف نحو اللوحة المشحونة (-) أي أنها تتكون من جسيمات مشحونة إيجابيا،

- **الأشعة β**: وتنحرف نحو لوحة مشحونة (+) أي أنها تتكون من جسيمات سالبة الشحنة،

- **الأشعة γ** : لا تحيد فهي تتكون إذن من جسيمات عديمة الشحنة.

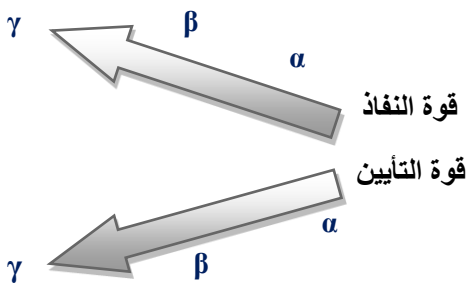


د) طبيعة و مصدر الأشعة:

	الأشعة α	الأشعة β	الأشعة γ
الطبيعة	هي عبارة عن أنوية ذرة الهيليوم $^4_2\mathrm{He}$ المتحركة بسرعة كبيرة جدا **(20 000 km/s)** وتعرف كذلك بالهيليونات شحنتها تساوى $+2e$.	الكترونات $^0_{-1}e$ صادرة عن الذرات المشعة بسرعة كبيرة جدا قد تصل الى 290000 كلم/ثا. و للحصول على هذه السرع يجب استعمال توترات مسرعة أعلى من مليون فولط.	و هي كالأشعة السينية أو الضوء، مكونة من أمواج كهرومغناطيسية ذات أطوال موجية قصيرة جدا
المصدر	إرسال دقائق ^4_2He	تفكك نيترون إلى بروتون و إلكترون $^1_0n \longrightarrow {}^0_{-1}e + {}^1_1\mathrm{p}$	ناتج عن تفكك من نوع α او β ، الأنوية المثارة تستقر بإرسال فوتون γ
	$^A_ZX \longrightarrow {}^4_2\alpha + {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^0_0\gamma$	$^A_ZX \longrightarrow {}^0_{-1}\beta + {}^A_{Z+1}\mathrm{Y} + {}^0_0\gamma$	$^A_ZX* \longrightarrow {}^A_ZX + {}^0_0\gamma$

ه) خصائص الأشعة:

	الأشعة α	الأشعة β	الأشعة γ
قدرة الاختراق	**ضعيفة جدا** يمكن توقيفها ببضع سنتيمترات من الهواء أو بواسطة ورقة رفيعة	**كبيرة نسبيا** يمكنها اختراق صفيحة من الألمنيوم بسمك السنتيمتر	**كبيرة جدا** يمكنها اختراق درع من الرصاص بسمك 20 سنتيمتر
قدرة التأيين	**عالية جدا**	**أقل بكثير من الأشعة α**	**ضعيفة بالمقارنة مع الأشعة α**



ملاحظة : هناك إشعاع رابع هو الإشعاع β^+ (البوزيترون Positron) إلا أن هذا الإشعاع يكون ناتجا عن تفاعلات اصطناعية فقط.

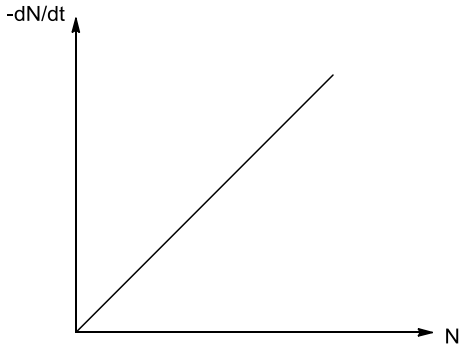
$$ {}^{A}_{Z}X^{*} \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}\beta $$

$$ {}^{1}_{1}p \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}\beta $$

3- قانون التهافت الإشعاعي (حركية التفاعلات النووية التلقائية):

يتبع تفاعل التهافت التلقائي لنوى مشعة حركية من الدرجة الأولى حيث يكون عدد النوى المتهافتة فـي ظرف زمني معين متناسبا طردا مع النوى المتبقية.

ليكن لدينا حالة بسيطة:



${}^{A}_{Z}X^{*}$ مشع $\longrightarrow$ X غير مشع		
t = 0 :	N_o	0
t :	N_t	$N_o - N_t$

- N_0 هو عدد الأنوية غير المستقرة الابتدائية عند اللحظة t=0.
- N_t هو عدد الأنوية غير المستقرة المتبقية عند اللحظة t.
- $N_o - N_t$ هو عدد الأنوية المستقرة المتشكلة أو عدد الأنوية غير المستقرة المتفككة.

عند اللحظة t + dt يتناقص عدد الأنوية غير المستقرة N_t بكمية dN و هو عدد الأنوية غير المستقرة التي تهافتت (أو عدد الأنوية المستقرة التي تشكلت) خلال اللحظة dt .

تعطى سرعة تحول الأنوية المشعة بالعلاقة :

$$ \frac{-dN}{dt} = \lambda\ N \quad \text{(تدل الاشارة – على التناقص)} $$

أي أن سرعة تفكك هذه الأنوية يناسب طردا مع عدد الأنوية غير المستقرة أو المشعة $\frac{-dN}{dt} \alpha\ N$

λ : **ثابت الاشعاعية** $[temps]^{-1}$

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

$$ \Rightarrow \int_{N_o}^{N_t} \frac{dN}{N} = -\lambda . \int_{o}^{t} dt $$

$$ \Rightarrow LnN_t - LnN_o = -\lambda\, t $$

$$\Rightarrow Ln\frac{N_t}{N_o} = -\lambda\, t$$

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

بصيغة أخرى: $\boxed{N_t = N_o\, e^{-\lambda t} \quad \text{أو} \quad N_o = N_t\, e^{+\lambda t}}$

و هي عبارة قانون التهافت الإشعاعي. هذا القانون ينطبق على كل أنواع الإشعاع أو النشاط الاشعاعي سواء كان طبيعي أو مصطنع و الذي يبين أن عدد الأنوية غير المستقرة أو المشعة يتناقص أسيا مع الزمن.

ملاحظة: يمكن **التعبير عن** قانون التهافت الإشعاعي بالكتل:

$$\begin{cases} M \longrightarrow NA \\ m_0 \longrightarrow N_0 \end{cases}$$

$$N_0 = \frac{m_0 \times NA}{M}$$

$$N_t = \frac{m_t \times NA}{M} \quad \text{و}$$

$$N_t = N_o\, e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{m_t \times NA}{M} = \frac{m_0 \times NA}{M}\, e^{-\lambda t}$$

$$\Rightarrow \quad m_t = m_o\, e^{-\lambda t}$$

من الأسهل استعمال الدور الإشعاعي T عوض عن ثابت الإشعاعية التعبير عن سرعة التهافت.

1. **<u>الدور الإشعاعي</u>** $T = t_{1/2}$ **:** هو الزمن اللازم الذي تقتضيه نصف العينة (نصف عدد الأنوية الغير مستقرة الابتدائية) لتتهافت.

$$t = T \Rightarrow N_t = \frac{N_o}{2}$$

$$N_t = N_o\, e^{-\lambda t}$$

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

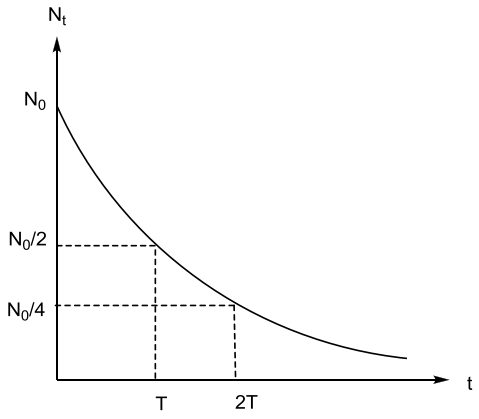
$$\Rightarrow \frac{N_0}{N_t} = e^{\lambda t}$$

$$\Rightarrow \ln \frac{N_o}{N_o/2} = \lambda\, T$$

$$\Rightarrow \ln 2 = \lambda\, T$$

$$\Rightarrow \ln 2 = \lambda\, T$$

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



- يتغير الدور $[T]$ من بعض الثواني مثل البولونيوم Po-214 دوره $T = 1{,}5.10^{-4}$ sec الى ملايير السنين مثل الثوريوم Th-232 ans $T = 1{,}39.10^{10}$.
- الدور الاشعاعي لا يتعلق ب عدد الأنوية الابتدائية.
- الدور الاشعاعي لا يتأثر بالعوامل الطبيعية من ضغط و درجة حرارة.
- لكل مادة مشعة دور خاص و ثابتة اشعاعية خاصة.

ب- الفعالية (النشاطية) الاشعاعية :

هي عدد الأنوية المشعة أو الغير المستقرة التي تتهافتت في وحدة الزمن. وهي أيضا السرعة اللحظية لاختفاء الأنوية الغير مستقرة فهي متناسبة طردا مع عدد الأنوية الغير مستقرة.

$$A_t = \frac{-dN}{dt} = \lambda\ N_t$$

$$t = 0 : \qquad N_t = N_o \quad \Rightarrow A_0 = \lambda\ N_0$$

A_o: النشاطية الابتدائية.

A_t: النشاطية النهائية.

$$\frac{-dN}{N} = \lambda\ dt \longrightarrow A_t = A_o\ e^{-\lambda t}$$

$[A]$ يعطى ب : التهافت في وحدة زمنية *d.p.temps*

- التهافت في الثانية *dps* *أو البيكرل (Becquerel : Bq)*
- التهافت في الدقيقة *dpmn*
- التهافت في السنة *dpan*

يمكن إعطاء النشاطية بوحدة الكوري Curie (Ci) الذي يعرف بالنشاطية الموافقة لتفكك 1g من الراديوم Ra خلال 1 ثانية. يرفق تفاعل التهافت إصدار دقائق α وإشعاعات γ حسب التفاعل:

$$^{226}_{88}Ra \longrightarrow ^{222}_{86}Rn + ^{4}_{2}\alpha + ^{0}_{0}\gamma$$

مثال :

أحسب النشاطية الموافقة لـتفكك 1غرام من الراديوم Ra-226 علما أن الدور الإشعاعي لهذا العنصر يساوي 1580 ans .

$$T = 1580\ ans = 1580 \times 365 \times 24 \times 60 \times 60\ sec$$

$$\lambda = \frac{ln\,2}{T} = 1.385.10^{\ 11}\ s^{-\ 1}$$

$$N = \frac{N_A}{226} = 2{,}665.10^{21}\ \text{نواة}$$

نشاطية 1g من Ra :

$$A = \lambda N = 1{,}385.10^{\ 11} \times 2{,}665.10^{21} = 3{,}69.10^{10}\ dps$$

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

مثال:

1- تساوي النشاطية الابتدائية لغرام واحد من اليورانيوم Uranium الخصب U-238 $3{,}88.10^{11}$ dpan و الذي له دور يقدر بـ $4{,}52.10^{9}$ ans , أحسب ثابت أفوغادرو *Avogadro* .

2- تساوي فعالية السريوم Cerium المشع $3\,\mu Ci$ عند اللحظة t و بعد 8 أيام تتناقص بـ $1\,\mu Ci$ ، أحسب ثابت الاشعاعية λ ثم الدور T .