الفصل الثالث:

النشاط الاشعاعي

Radioactivity

I. النقص في الكتلة النوويةDecrease in nuclear mass

لقد وجد تجريبيا انه اثناء أي تفاعل نووي ينتج عنه ضياع في الكتلة قدره(Δm).

$$ {}^{A}_{Z}X + {}^{A'}_{Z'}Y \longrightarrow {}^{A+A'}_{Z+Z'}L + \Delta E_N $$

$$ \Delta m = \left| \sum m_{Produits} - \sum m_{Réactifs} \right| $$

ووجد أيضا انه عند تكوين نواة من نيكليوناتها أي من بروتوناتها ونيتروناتها ينتج عنه ضياع في الكتلة قدره (Δm).

$$ Z\ {}^{1}_{1}P + (A-Z)\ {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{A}_{Z}X + \Delta E_N $$

$$ \Delta m = \left| Z m_p + (A-Z) m_n - m_{{}^{A}_{Z}X} \right| $$

مثال :أحسب النقص الكتلي لنواة الحديد ${}^{56}_{26}Fe$ علما أن:

$$ \begin{cases} m_{({}^{1}_{1}p)} = 1{,}00728\ \text{uma} = 1{,}6720848.\ 10^{-27}\ \text{Kg} \\ m_{({}^{1}_{0}n)} = 1{,}00866\ \text{uma} = 1{,}6743756.\ 10^{-27}\text{Kg} \\ m_{({}^{56}_{26}Fe)} = 55{,}93493\ \text{uma} = 92{,}85198.\ 10^{-27}\text{Kg} \end{cases} $$

الحل:

$$ 26\ {}^{1}_{1}P + \underbrace{(56-26)}_{30}\ {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{56}_{26}Fe + \Delta E_N $$

$$ \Delta m = \left| 26 m_p + \underbrace{(56-26)}_{30} m_n - m_{{}^{56}_{26}Fe} \right| $$

$$ \Delta m = \left| 26 .1{,}6720848 + 30\ .\ 1{,}6743756 - 92{,}85198 \right| .10^{-27} $$

$$ \Delta m = 0{,}58349\ 10^{-27}\text{kg} $$

II. طاقة الربط (التماسك)النووية Nuclear binding energy = E_l = ΔE_N

هي الطاقة التي توفرها النواة لكي ترتبط نوياتها مشكلة نواة أو هي اللازمة لتفكيك النواة الى نويات(بروتونات + نيوترونات)؛ حيث يمكن حسابها من علاقة انشتاين: $\Delta E_N = \Delta m . C^2$

C: سرعة الضوء في الفراغ

Δm: النقص الكتلي(Kg).

III. طاقة الربط لكل نكليون(عامل الاستقرار (Binding energy per nucleon)

هي طاقة الربط للنواة مقسمة على عدد نوياتها وتعطى بالعلاقة: $\frac{\Delta E_N}{A}$ أو $\frac{E_1}{A}$

ووحدتها هي(Mev/N)

A: العدد الكتلي (عدد النويات).

وحدات الطاقة: الجول (J)، الاé فولط (ev)، ميقاالكترون فولط (Mev).

$$1(ev) = 1{,}6\ 10^{-19}\,(J) = 10^{-6}\,(Mev)$$

مثال: حساب طاقة كتلة قدرها: (m = 1uma)

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

$$E = \Delta m\, C^2 = 1{,}66\ .10^{-27}.\ \left(3.10^8\right)^2 = 1{,}49\ .10^{-10} J$$

$$E = \frac{1{,}49\ .10^{-10}}{1{,}6\ .10^{-19}} = 931{,}5\ .10^6\ ev = 931{,}5\ Mev$$

IV. النشاط الاشعاعي Radioactivity

ان انوية بعض العناصر تكون غير مستقرة لان طاقة ربط النكليون في النواة غير كافية وبالتالي تتفكك (تتهافت)تلقائيا معطية عناصر جديدة واشعاعات ولذا سمي بالنشاط الاشعاعي.

1.IV . أنواع الاشعاعات Types of radiation

1. 1.IV. الاشعاع α (α radiation)

على الرغم من تسميتها أشعة إلا أنها عبارة عن نواة ذرة الهليوم ^4_2He وتتكون من بروتونين ونيوترونين .

وهي تمتاز بطاقة عالية وسرعة ضعيفة وهي قليلة النفاذ في المواد.

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

2. 1.IV. الاشعاعβ (β radiation)

وهي جسيمات لها قوة اختراق كبيرة وتكون على نوعين:

1. **الاشعاع** β^- **:**ويسمى النيقاتون e^0_{-1} يؤدي هذا النشاط الى انبعاث الكترون من النواة (يتحول النيترون الى الكترون وبروتون.)

مثال : $^{214}_{82}Pb \longrightarrow {}^{214}_{83}Bi + e^0_{-1}$

2. **الاشعاع** β^+ **:**ويسمى النيقاتون e^0_{+1} يؤدي هذا النشاط الى انبعاث الكترون موجب أو يسمى مضاد الالكترون من النواة (يتحول البروتون الى نيترون و بوزيتون)

مثال: $^{22}_{11}Na \longrightarrow {}^{22}_{10}Ne + e^0_{+1}$

IV.3.1. الاشعاع γ radiation γ

عبارة عن إشعاعات كهرومغناطيسية عالية السرعة لها نفس طبيعة الأشعة الضوئية تتميز بقدرة كبيرة على اختراق المادة .عند انبعاث الأشعة(γ) تنتقل النواة من حالة مثارة(طاقة زائدة)إلى حالة اقل طاقة اكثر استقرار.

مثال:

$$^{60}_{27}Co \longrightarrow {}^{60}_{28}Ni^* + e^0_{-1}$$

$$^{60}_{28}Ni^* \longrightarrow {}^{60}_{28}Ni + \gamma$$

IV. 2. قانون التناقص الإشعاعي (التهافت الإشعاعي (scattering of radiation

بينت الدراسات الأولية لظاهرة النشاط الإشعاعي أنها ذات طبيعة إحصائية إذ تتعلق سرعة التفكك فقط بنوع العنصر المشع وتكون مستقلة عن العوامل الخارجية وتكون في تناسب طردي مع عدد الأنوية المشعة الموجودة في اللحظة الزمنية t

ويعطى النشاط الاشعاعي بالعلاقة: $A = \lambda N = -\frac{dN}{dt}$

A: نشاطية عينة مشعة او هو عدد التفككات التي تنتج في الثانية.

λ: ثابت التفكك الاشعاعي يميز كل عنصر مشع.

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

$$-\int_{N_0}^{N} \frac{dN}{N} = \lambda \int_{0}^{t} dt \Leftrightarrow -[LnN]_{N_0}^{N} = \lambda [t]_0^t$$ نتكامل الطرفين نجد:

$$\Leftrightarrow LnN - LnN_0 = -\lambda t \Leftrightarrow Ln\frac{N}{N_0} = -\lambda t$$

وهو قانون ا

$N(t)$: عدد ا

N_0: عدد الا

يمكن التعبير

$$\frac{m}{M} N_A = \frac{m_0}{M} N_A e^{-\lambda t} \Leftrightarrow \frac{m}{M} = \frac{m_0}{M} e^{-\lambda t}$$

$$\Leftrightarrow n(t) = n_0 e^{-\lambda t} \quad .....(2)$$

بتعويض N،

$$\frac{m}{M} = \frac{m_0}{M} e^{-\lambda t} \Leftrightarrow m(t) = m_0\ e^{-\lambda t} .....(3)$$

$m(t)$: كتلة العينة (الانوية) المشعة عند اللحظة (t).

m_0: كتلة العينة (الانوية) المشعة عند اللحظة 0.

IV. 3. النشاط الاشعاعي radioactivity (A) الفعالية المطلقة

عمليا يصعب معرفة عدد الأنوية الأصلية في المادة المشعة أو المتبقية بعد زمن t ، لهذا نقيس عدد الأنوية التي تفككت خلال مدة زمنية معينة وذلك بحساب عدد الاصطدامات التي يسجلها كاشف جيجر Geiger لأن كل صدمة توافق دقيقة تخرج من نواة إذن بالتعريف الفعالية A هي عدد التفككات التي تنتج خلال

وحدة الزمن.

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

بتعويض علاقة N من العلاقة (1) نجد:

$$A = -\frac{d\left(N_0\, e^{-\lambda t}\right)}{dt} = \underset{A_0}{\lambda N_0}\; e^{-\lambda t} \Leftrightarrow A(t) = A_0\, e^{-\lambda t} \text{.....(4)}$$

A(t): نشاطية عينة مشعة عند اللحظة (t).

A_0: النشاطية الابتدائية.

وحدات النشاط الاشعاعي هي:

dps: تفكك في الثانية (désintégration par seconde) او بيكريل (Bq).

dpm : تفكك في الدقيقة (désintégration par minute).

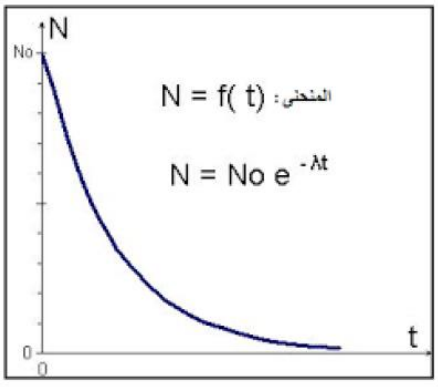
dph: تفكك في الساعة (désintégration par heur).

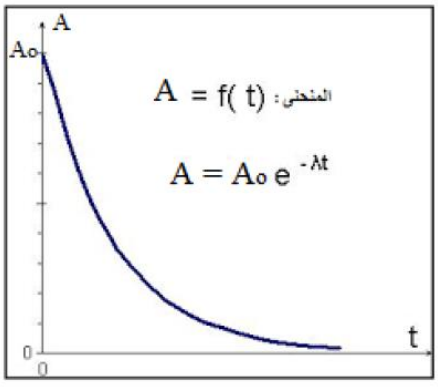
dpa: تفكك في السنة (désintégration par an).

Ci: الكيري (curie) حيث $1Ci = 3,7 \cdot 10^{10}$ dps

4.IV . منحنى التناقص الإشعاعي :

يمثل المنحنيين المقابلين تغيرات كل من عدد الانوية المشعة ونشاط العينة المشعة بدلالة الزمن.





5.IV. الدور الإشعاعي T (زمن نصف العمر $t_{1/2}$) (Half-life)

هو الزمن اللازم لتهافت(تفكك)نصف عدد الانوية المشعة الابتدائية .

تختلف انصاف اعمار العناصر المشعة باختلاف ثابت التفكك الاشعاعي λ.

يمكن كتابة عبارة نصف العمر بدلالة ثابت التفكك كما يلي:

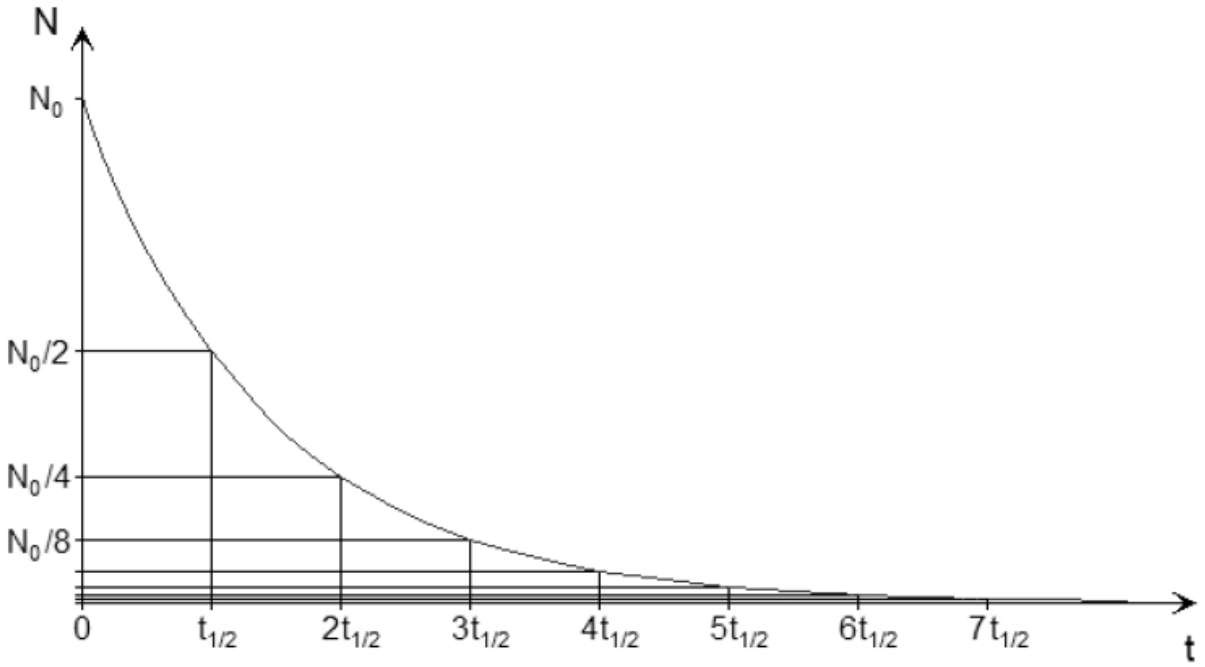
$$t = T = t_{1/2} \Rightarrow N(T) = \frac{N_0}{2}$$

بالتعويض في العلاقة (1) نجد:

$$\frac{N_0}{2} = N_0\, e^{-\lambda T} \Leftrightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda T}$$

$$\Leftrightarrow \mathrm{Ln}\frac{1}{2} = -\lambda T \Leftrightarrow T = t_{1/2} = \frac{\mathrm{Ln}2}{\lambda}$$

كما يمكن إيجاد قيمة الدور الاشعاعي من منحنى التناقص الاشعاعي:



V. الإشعاعية الاصطناعية و التفاعلات الاشعاعية Nuclear Reactions and Artificially Induced Radioactivity

هو نشاط إشعاعي يتم عن طريق تعريض المادة المستقرة للإشعاع لتصبح غير مستقرة وبالتالي مشعة.

معظم النشاط الإشعاعي لا ينتج مواد مشعة أخرى. تم اكتشاف هذا النشاط الإشعاعي بواسطة إيرين جوليو-كوري وفردريك جوليو-كوري عام 1934 . وهو نشاط إشعاعي صناعي (من صنع الإنسان.)

وأظهر إيرين وفردريك أنه عند قذف العناصر الأخف مثل الألومنيوم والبورون بجسيمات α فإنه يستمر انبعاث الإشعاعات، حتى بعد إزالة مصدر α

مثال:

تقذف ذرات الازوت 14 بدقائق α فتولد ذرات الأكسجين 17 مع البروتون حسب التفاعل الآتي:

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

اما الكتابة المختصرة الهذا التفاعل هي: $^{14}_{7}\mathrm{N}(\alpha,\mathrm{p})\,^{17}_{8}\mathrm{O}$.

1.V . تفاعل الانشطار النووي Nuclear fission reaction

هو تفاعل نووي يتم خلاله قذف (تصادم) نواة ثقيلة بنيترون فتنقسم الى نواتان خفيفتان ونيوترونات.

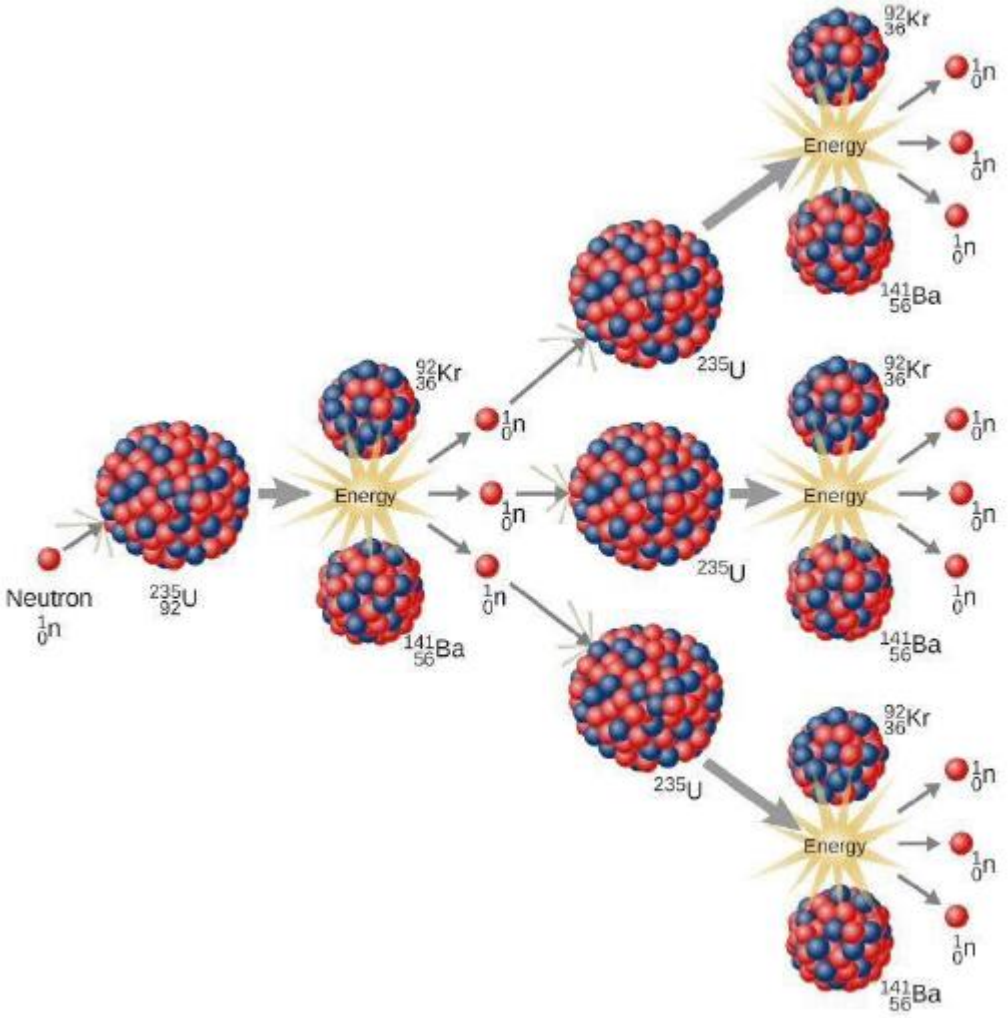
او هو عملية إنقسام نواة ذرة ثقيلة إلى قسمين أو أكثر، وبهذه العملية يتحول عنصر معين إلى عنصر (أخر وينتج عن عملية الانشطار نيوترونات وفوتونات عالية الطاقة (بالأخص أشعة غاماγ)وجسيمات نووية مثل جسيمات ألفاα وأشعة بيتا (β). يؤدي انشطار العناصر الثقيلة إلى تولد كميات ضخمة من الطاقة الحرارية والإشعاعية.

مثال:

$$^{1}_{0}\mathrm{n} + {}^{235}_{92}\mathrm{U} \longrightarrow {}^{142}_{56}\mathrm{Ba} + {}^{91}_{36}\mathrm{Kr} + 3\,{}^{1}_{0}\mathrm{n} + \Delta E_{lib}$$

النيترونات الناتجة من تفاعل الانشطار يمكنها ان تصطدم بانوية أخرى محدثة لها انشطار كذلك وتنتج نيترونات أخرى التي تصطدم بدورها بأنوية أخرى وينتج عنه عددا أكبر من النيترونات تشترك في

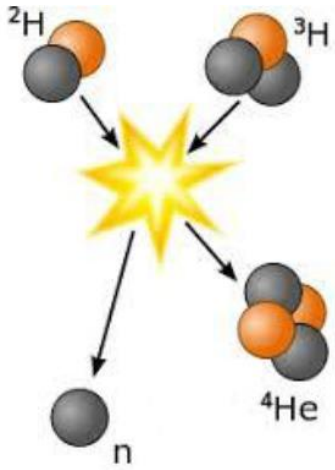
التفاعل وهكذا سمي الانشطار النووي التسلسلي(انظر الشكل.)



V. 2. تفاعل الاندماج(الالتحام)النووي Nuclear fusion reaction

الاندماج النووي عملية تتجمع فيها نواتان ذريتان لتكوين نواة واحدة أثقل .ويلعب اندماج الأنوية الخفيفة مثل البروتون وهو نواة ذرة الهيدروجين والديوترون نواة الهيدروجين الثقيل والتريتيون وهو نواة التريتيوم دور ا هائلا في العالم وفي الكون، حيث ينطلق خلال هذا الاندماج كمية هائلة من الطاقة تظهر على شكل حرارة وإشعاع كما يحدث في الشمس، فتمدنا بالحرارة والنور والحياة .فبدون هذا التفاعل ما وُجدت الشمس وما وُجدت النجوم، ولا حياة من دون تلك الطاقة المسماة طاقة الاندماج النووي .وتنتج تلك الطاقة الهائلة عن فقد في وزن النواة الناتجة عن الاندماج النووي، وهذا الفقد في الكتلة يتحول إلى طاقة طبقا لمعادلة ألبرت أينشتاين التي تربط العلاقة بين الكتلة والطاقة.

امثلة:



$$^{1}_{1}H + {}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{2}_{1}H + e^{0}_{+1} + \Delta E_{lib}$$

$$^{2}_{1}H + {}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{1}H + e^{0}_{+1} + \Delta E_{lib}$$

$$^{3}_{1}H + {}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He + \Delta E_{lib}$$

تطبيق:

احسب الطاقة الناتجة عن تفاعل الاندماج التالي:

$$^{3}_{1}H + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}H + {}^{1}_{0}n + \Delta E_{lib} \quad /$$

$m_{{}^{3}_{1}H} = 3{,}01604$ uma
$m_{{}^{2}_{1}H} = 2{,}0141$ uma
$m_{{}^{4}_{2}He} = 4{,}0026$ uma
$m_{{}^{1}_{0}n} = 1{,}00866$ uma

الحل:

$$\Delta E_{lib} = \Delta m\,(Kg) \,.\, C^2 = \Delta m\,(uma) \,.931{,}5\,(Mev)$$

$$\Delta m = \left|\sum m_{Produits} - \sum m_{Réactifs}\right| = \left|m_{{}^{4}_{2}He} + m_{{}^{1}_{0}n} - \left(m_{{}^{3}_{1}H} + m_{{}^{2}_{1}H}\right)\right| = 0{,}0188 \text{ uma}$$

$$\Delta E_{lib} = 0{,}0188 \,.\, 931{,}5 = 17{,}5122 \text{ Mev}$$