ملخص الوحدة 02: التحولات النووية.

01 – النشاط الاشعاعي:

النواة	
الوصف	هي الجزء المركزي من الذرة الذي تتمركز فيه كتلة الذرة وتتكون معظم كتلتها من البروتونات موجبة الشحنة والنيوترونات المتعادلة الشحنة لتكون النواة.
الرمز	**A:** العدد الكتلي (عدد بروتونات + نيترونات). **Z:** الرقم الذري (عدد بروتونات). **N:** عدد النيترونات. حيث: $A = Z + N$. $^{A}_{Z}X$
النظائر	هي أنوية لذرات نفس العنصر الكيميائي تشترك في الرقم الذري Z أي عدد البروتونات وتختلف في العدد الكتلي A أي عدد النيترونات N.

النشاط الاشعاعي	
الوصف	ظاهرة سببها تحوّل نووي تلقائي لأنوية غير مستقرة لإعطاء أنوية أكثر استقرارا وانبعاث اشعاع.
مميزاته	**تلقائي:** يحدث دون تدخل عامل خارجي. **عشوائي:** لا يمكن التنبؤ بوقت حدوثه. **حتمي:** النواة المشعة تتفكك عاجلا أم آجلا. **مستقل:** مستقل عن الضغط ودرجة الحرارة، وأيضا عن التركيب الذي تنتمي اليه النواة.
قياسه	يتم قياس قيمة النشاط الاشعاعي لعينة مشّعة ما بواسطة جهاز يُدعى عداد جيجر.

أنواع النشاط الاشعاعي

الاشعاع	طبيعته	مصدره	الأنوية التي تصدر هذا الاشعاع	معادلة التفكك
α	$^{4}_{2}He$ (نواة الهيليوم)	اجتماع بروتونين ونيترونين $2^{1}_{0}n + 2^{1}_{1}p \rightarrow {}^{4}_{2}He(\alpha)$	الأنوية الثقيلة جدّا $A > 200$	$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He(\alpha)$
β^+	$^{0}_{+1}e$ (بوزيتون)	تحول بروتون الى نيترون: $^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e(\beta^+)$	التي لها **فائض في البروتونات** مقارنة مع نواة أخرى موجودة في واد الإستقرار ولهما نفس العدد الكتلي A.	$^{A}_{Z}X \rightarrow {}_{Z-1}{}^{A}Y + {}^{0}_{+1}e(\beta^+)$ **مثال:** $^{139}_{58}Ce \rightarrow {}^{139}_{57}La + {}^{0}_{+1}e(\beta^+)$
β^-	$^{0}_{-1}e$ (الكترون)	تحول نيترون الى بروتون: $^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e(\beta^-)$	التي لها **فائض في النترونات** مقارنة مع نواة أخرى موجودة في واد الإستقرار ولهما نفس العدد الكتلي A.	$^{A}_{Z}X \rightarrow {}_{Z+1}{}^{A}Y + {}^{0}_{-1}e(\beta^-)$ **مثال:** $^{133}_{58}Ce \rightarrow {}^{133}_{59}Pr + {}^{0}_{-1}e(\beta^-)$
γ	$^{0}_{0}\gamma$ (اشعاع كهرومغناطيسي)	يتبع الاشعاع (β, α) $^{A}_{Z}X \rightarrow {}_{Z-1}{}^{A}Y + (\beta^+) + \gamma$ $^{A}_{Z}X \rightarrow {}_{Z+1}{}^{A}Y + (\beta^-) + \gamma$	النواة التي تصدر الاشعاعات (β, α) تكون مثارة طاقويا فتشع γ فتصبح غير مثارة.	$^{A}_{Z}Y^{*} \rightarrow {}^{A}_{Z}Y + \gamma$

مميزات الجسيمات التي سنصادفها في هذه الوحدة

الجسيم	البروتون $^{1}_{1}p$	النيترون $^{1}_{0}n$	الالكترون $^{0}_{-1}e$	البوزيتون $^{0}_{+1}e$
الكتلة (Kg)	$1{,}673.10^{-27}$	$1{,}675.10^{-27}$	$9{,}1.10^{-31}$	$9{,}1.10^{-31}$
الشحنة (C)	$1{,}602.10^{-19}$	0	$-1{,}602.10^{-19}$	$1{,}602.10^{-19}$

الطاقة النووية

وحدة الكتل الذرية u	تعرف وحدة الكتل الذرية على أنّها $\frac{1}{12}$ من كتلة الكربون 12 والتي نعتبرها m_C ويكون: $1u = \frac{1}{12}.m_C = \frac{1}{12}.\frac{M_C}{N_A} = \frac{1}{12}.\frac{12}{6{,}023.10^{23}} = 1{,}67.10^{-27}Kg$	
وحدة الطاقة $(Jeul)$	$1ev = 1{,}6.10^{-19}Jeul$	$1Mev = 1{,}6.10^{-13}Jeul$
		$1Mev = 10^{6}ev$
تكافؤ كتلة ـ طاقة	$1u \Leftrightarrow 931{,}5\ Mev/C^2$	

القوانين

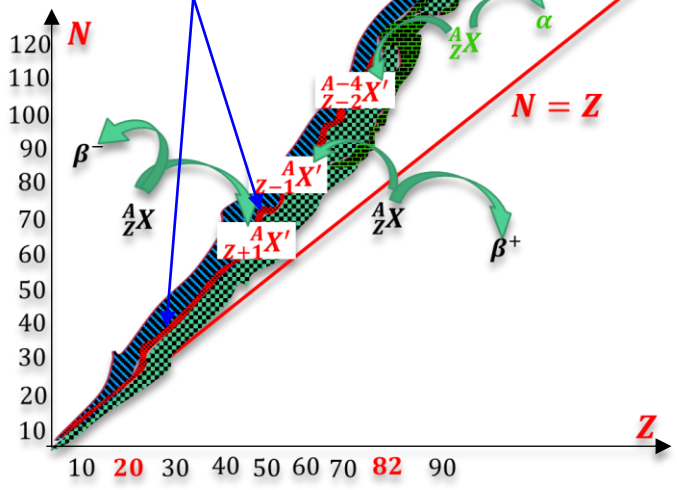
		العبارة الحرفية	ملاحظات
النواة	نصف القطر	$R = r_0\sqrt[3]{A}$	R: نصف قطر النواة، وحدته المتر (m).
	الحجم V_{noyau}	$V_{noyau} = \frac{4}{3}\pi R^3 = A\frac{4}{3}{r_0}^3$	A: العدد الكتلي، (عدد النويّات).
النشاط الاشعاعي	ثابت النشاط الاشعاعي λ	$\lambda = \frac{1}{\tau}$	r_0: ثابت بالنسبة لكل الأنوية وحدته (m) $(r_0 = 1,3.10^{-15}m)$.
	ثابت الزمن τ	$\tau = \frac{1}{\lambda}$	V_{noyau}: حجم النواة، وحدته (m^3).
	زمن نصف العمر أو الدور $t_{1/2}$	$t_{1/2} = \frac{ln\,2}{\lambda} = \tau.ln\,2$	λ: ثابت النشاط الاشعاعي وهو احتمال تفكك نواة مشعة واحدة خلال ثانية واحدة، وحدته (s^{-1}).
	التناقص الاشعاعي $N(t)$	$N(t) = N_0e^{-\lambda t}$	τ: ثابت الزمن وهو متوسط عمر نواة مشّعة، وحدته (s).
	النشاط الاشعاعي $A(t)$	$A(t) = -\frac{\Delta N(t)}{\Delta t} = \lambda.N(t)$ $= \lambda.N_0e^{-\lambda t} = A_0e^{-\lambda t}$	$t_{1/2}$: زمن نصف العمر وهو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية المشّعة الابتدائية $\left(N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}\right)$، وحدته (s).
	التأريخ	$t = \frac{t_{1/2}}{ln\,2}.ln\frac{N_0}{N(t)}$ $= \frac{t_{1/2}}{ln\,2}.ln\frac{A_0}{A(t)}$	$N(t)$: عدد الأنوية المشّعة المتبقية في لحظة t. N_0: عدد الأنوية المشّعة الابتدائية في اللحظة $t = 0$. t: الزمن، وحدته الثانية (s). $A(t)$: النشاط الاشعاعي في لحظة t. A_0: النشاط الاشعاعي في اللحظة $t = 0$.

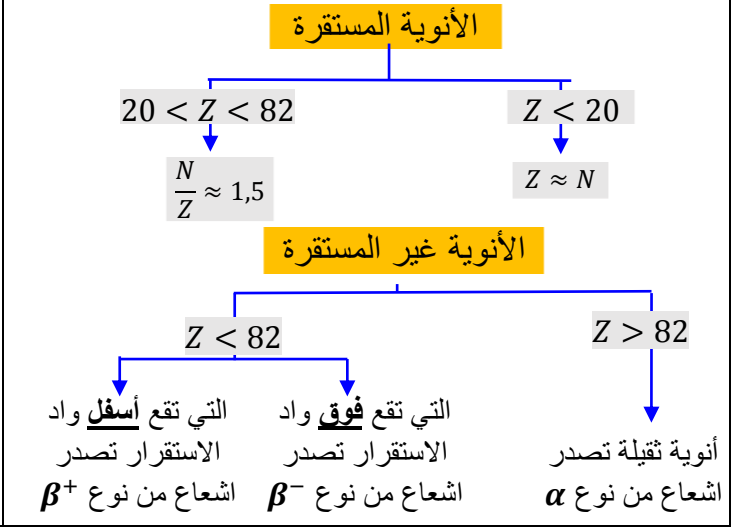
التأريخ بالكربون 14

نؤرخ لجميع الأجسام النباتية أو الحيوانية على سطح الأرض بواسطة الكربون 14 المشع $({}^{14}_{6}C)$ وهذا الأخير ينتج بصفة مستمرة في الغلاف الجوي من خلال قذف آزوت الغلاف الجوي بالنيترونات الكونية: ${}^{1}_{0}n + {}^{14}_{7}N \rightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}P$ الكربون الناتج مشع لدقائق β^- نصف عمره يقدر بـ $5700ans$ نسبته في الغلاف الجوي وفي الكائنات الحيّة تبقى ثابتة. بعد الموت لا يمكن تجدد في الجسم وبما أنه مشع فهذا يؤدي الى نقصانه مع مرور الزمن مما يسمح لنا بتأريخ لحظة الوفاة.

مخطط سيغري (Segrè)

تعريف: يمكن من خلاله معرفة الأنوية المستقرة والأنوية غير المستقرة ونوع الاشعاع الصادر (β, α).



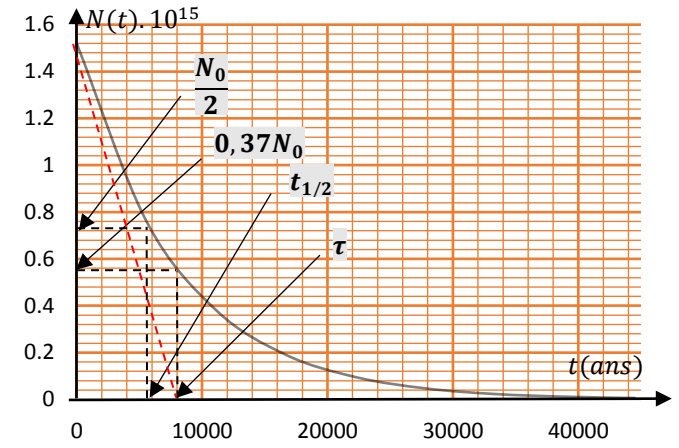


المنحنيات المحتملة في النشاط الاشعاعي

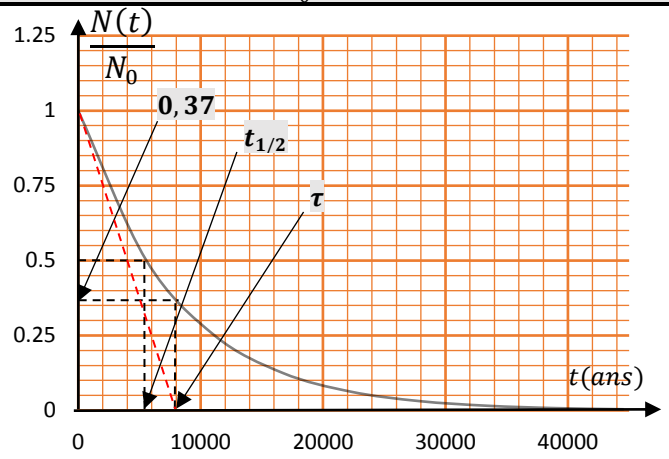
لتكن العيّنة المشعة من الكربون 14 المشّع $(^{14}_{6}C)$ التي تحمل الخصائص التالية:

نواة مشعة $N_0 = 1{,}52.10^{15}$ ، $t_{1/2} = 5570ans$ ، $\lambda = 1{,}244.10^{-4}ans^{-1}$ ، $\tau = 8{,}035.10^{3}ans$

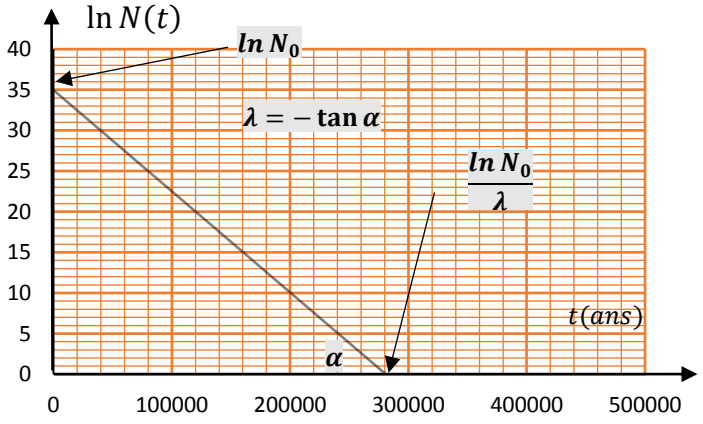
البيان 01: بيان الدالة: $f(t) = N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$



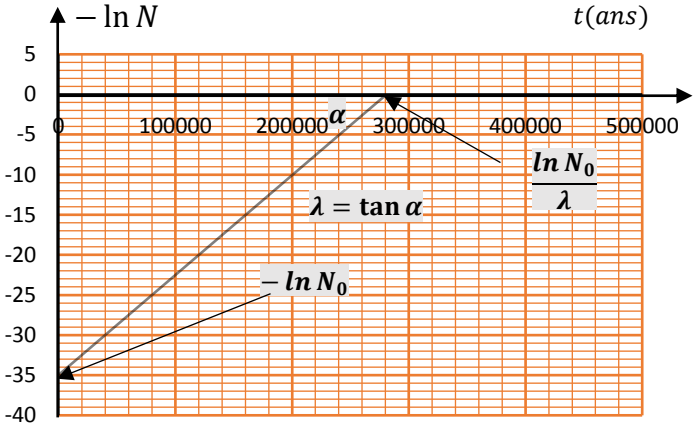
البيان 02: بيان الدالة: $f(t) = \frac{N(t)}{N_0} = e^{-\lambda t}$



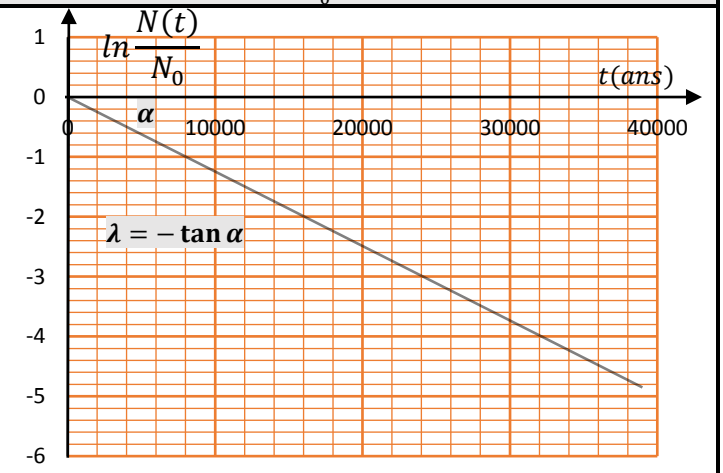
البيان 03: بيان الدالة: $f(t) = \ln N(t) = -\lambda t + \ln N_0$



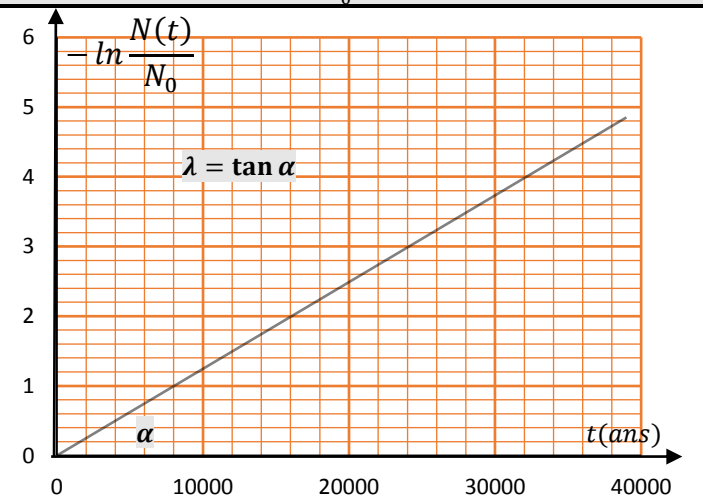
البيان 04: بيان الدالة: $f(t) = -\ln N(t) = \lambda t - \ln N_0$



البيان 05: بيان الدالة: $f(t) = ln\frac{N(t)}{N_0} = -\lambda t$



البيان 06: بيان الدالة: $f(t) = -ln\frac{N(t)}{N_0} = \lambda t$

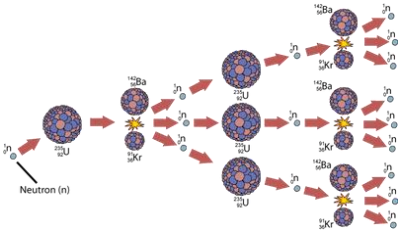


02 – التحولات النووية:

التحول النووي

تعريف	هو تحول يتم على مستوى الأنوية، بحيث تنحفظ الأنوية الأعداد الكتلي للعناصر وأرقامها الذرية.	
معادلة التحول	$^{A_1}_{Z_1}X_1 + {}^{A_2}_{Z_2}X_2 = {}^{A_3}_{Z_3}X_3 + {}^{A_4}_{Z_4}X_4$	
قانون سودي $(Soddy)$	**انحفاظ عدد النويات A**	$A_1 + A_2 = A_3 + A_4$
	انحفاظ العدد الشحني Z	$Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$
الانشطار النووي	هو تحول نووي مفتعل تنشطر فيه نواة ثقيلة تحت تأثير صدمة نترون بطيء لتشكيل نواتين أخف مع انبعاث نيترونات و تتحرر طاقة كبيرة. **مثال:** $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{139}_{54}Xe + 3{}^{1}_{0}n + \gamma$	
الاندماج النووي	هو تحول نووي مفتعل يتم خلاله اندماج نواتين خفيفتين لتشكيل نواة أثقل منهما، وتتحرر طاقة كبيرة. **مثال:** $^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n$	

القوانين

		العبارة الحرفية	ملاحظات
التحولات النووية	**طاقة ـ كتلة**	$E = m.C^2$	E: طاقة الكتلة، وحدتها الجول (j). m: الكتلة، وحدتها الكيلوغرام (Kg). C: سرعة الضوء، وحدته $(m.s^{-1})$. Δm: هو الفرق بين كتلة نواة مشّعة وكتلة نوياتها وهو دائما موجب وحدته (Kg). Z: الرقم الذري. m_p: كتلة البروتون، وحدتها (Kg). m_n: كتلة النيترون، وحدتها (Kg). m_X: كتلة النواة، وحدتها (Kg). E_L: هي الطاقة المقدمة للنواة في حالة راحة من أجل فصل نويّاتها، وحدتها الجول (j). ξ: الطاقة المحررة عندما تتشكل النواة من نوياتها المتفرقة والساكنة، وحدتها الجول (j). E_{lib}: الطاقة المحررة في تحول نووي وحدتها (j). m_i: مجموع كتل المتفاعلات، وحدتها (Kg). m_f: مجموع كتل النواتج، وحدتها (Kg).
	النقص الكتلي Δm	$\Delta m = Z \times m_p + (A - z)m_n - m_X$	
	طاقة الربط النووية E_l	m بالكيلوغرام (Kg): $E_L = \Delta m C^2$ m بوحدة الكتل الذرية (u): $E_L = \Delta m(931,5)$	
	طاقة الربط لكل نويّة ξ	$\xi = \frac{E_l}{A}$	
	الطاقة المحررة من تفاعل نووي E_{lib}	$E_{lib} = (m_i - m_f).C^2$, $E_{lib} = E_{Lf} - E_{Li}$ β $(E_{Lf} - E_{Li})$ لا تصلح إذا كان تحول يصدر جسيم	
	الاستطاعة P	$P = \frac{E_T}{\Delta t}$ نسمي سرعة تحويل الطاقة باستطاعة التحويل P لهذه الطاقة، وحدتها الواط (W).	
	التفاعل التسلسلي	النيترونات الناتجة من تفاعل الانشطار تحدث تفاعلات انشطار أخرى فيكون التفاعل تسلسلي وتتضاعف الآلية وتكون التغذية ذاتية. مثل تفاعل انشطار اليورانيوم $^{235}_{92}U$ وفق المعادلة التالية: $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{91}_{36}Kr + {}^{142}_{56}Ba + 3{}^{1}_{0}n + \gamma$	

منحنى أستون $(Aston)$

تعريف: يمثل سالب طاقة الربط لكل نويّة، أي المقدار $-\left(\frac{E_L}{A}\right)$ بدلالة A عدد النويّات (العدد الكتلي).

نقسم المنحنى إلى ثلاث مناطق:

1. المنطقة الأولى $(20 < A < 190)$:

- تحتوي على أغلب الأنوية المستقرة وتكون فيها $\frac{E_L}{A} > 8$.
- تحتوي هذه المنطقة على منطقة أكثر استقرارا محصورة في المجال: $50 < A < 75$ تكون فيها $\frac{E_L}{A} \approx 8{,}7Mev/nucleon$.

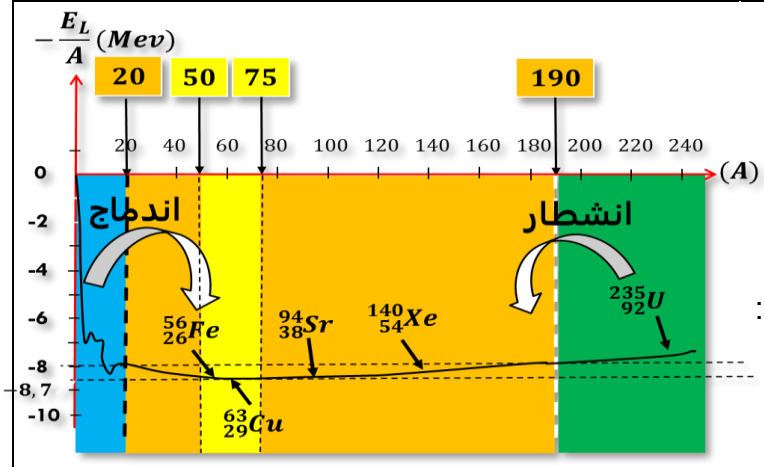
2. المنطقة الثانية $(A < 20)$:

- تحتوي على أنوية خفيفة أقل استقرارا $\frac{E_L}{A} < 8{,}7Mev/nucleon$.
- تحاول هذه الأنوية ان تكون أكثر استقرارا فتسعى **للاندماج** لتكوين نواة أثقل وأكثر استقرارا وبالتالي تنتقل الى منطقة الاستقرار.

3. المنطقة الثالثة $(A > 190)$:

- تحتوي على أنوية ثقيلة أقل استقرارا تكون فيها $\frac{E_L}{A} < 8{,}7Mev/nucleon$.
- تحاول هذه الأنوية ان تكون أكثر استقرارا فتسعى **للانشطار** لتكوين أنوية أخف وأكثر استقرارا وبالتالي تنتقل الى منطقة الاستقرار.

ملاحظة: النحاس $^{63}_{29}Cu$ والحديد $^{56}_{26}Fe$ يعتبران الأكثر استقرارا وهذا ما يفسر توفرهما في الطبيعة.



لماذا استعمل العالم ويليام فرانسيس أستون في رسم منحناه $\left(-\frac{E_L}{A}\right)$ ولم يستعمل $\left(\frac{E_L}{A}\right)$؟

العالم $Farancis\ William\ Aston$ انجليزي والعالم $Newton$ كذلك انجليزي، حيث أن نيوتن يقول بأن الاجسام تكون أكثر استقرارا كلّما اقتربت من مركز الأرض، أي عندما تكون طاقتها الكامنة الثقالية أصغر ما يمكن، أراد العالم أستون الحفاظ على نفس الفكرة، لكن باستقرار الأنوية، فجعل الأنوية الأكثر استقرارا في الأسفل، فلهذا استعمل $\left(-\frac{E_L}{A}\right)$.

إذا **القضية منهجية وليست علمية** (الطاقة المحررة في تفاعل نووي تحسب بكتلة المتفاعلات ناقص كتلة النواتج، لأنّ الكتلة تتحول الى طاقة ..).

الحصيلة الطاقوية لتحول نووي

- ليكن التفاعل النووي التالي:

$$^{A_1}_{Z_1}X_1 + ^{A_2}_{Z_2}X_2 = ^{A_3}_{Z_3}X_3 + ^{A_4}_{Z_4}X_4$$

يتم حساب الطاقة المحررة من هذا التفاعل بالاعتماد على:

العلاقة الأولى: $\Delta E = [m_i - m_f].C^2$

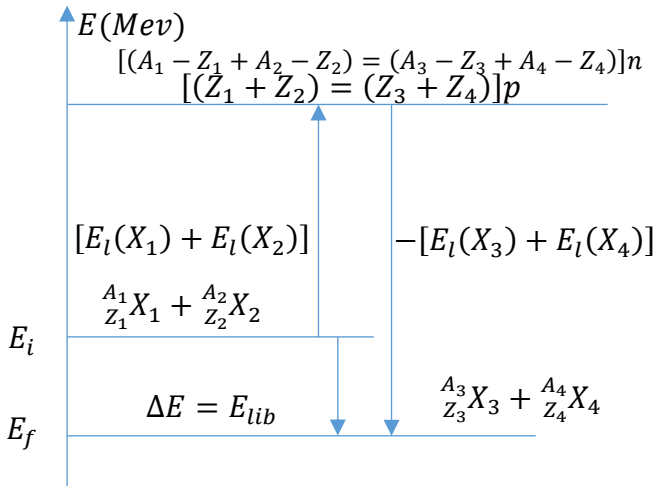
$$\Delta E = [[m(X_1) + m(X_2)] - [m(X_3) + m(X_4)]].C^2$$

العلاقة الثانية: (لا تصلح إذا كان تحول يصدر جسيم β)

$$\Delta E = [E_{L.f} - E_{L.i}]$$

$$\Delta E = [E_l(X_3) + E_l(X_4)] - [E_l(X_1) + E_l(X_2)]$$

- $[E_l(X_1) + E_l(X_2)]$ الطاقة التي تكتسبها الجملة عند تفكك النواتين X_1 و X_2 الى نوياتهما متفرقة وساكنة.
- $[E_l(X_3) + E_l(X_4)]$ الطاقة التي تحررها الجملة عند تشكل النواتين X_3 و X_4 انطلاقا من نوياتهما متفرقة وساكنة.
- E_{lib}: الطاقة المحررة.



ملاحظة:

- $\Delta E < 0$ المجموعة **تحرر** طاقة الى الوسط الخارجي.
- $\Delta E > 0$ المجموعة **تكتسب** طاقة من الوسط الخارجي.

الإجابة على بعض الأسئلة النظرية

كيف يتم قياس النشاط الاشعاعي؟

نقيس النشاط الاشعاعي بواسط **عداد جيجر**.

ماهي خصائص النشاط الاشعاعي؟

تلقائي (عفوي): يحدث دون وسائط خارجية.

عشوائي: لا نعرف متى يحدث.

حتمي: النواة غير المستقرة تتفكك عاجلا او آجلا.

ماهي النواة المشعّة؟

هي نواة غير مستقرّة تتفكك تلقائيا لتنتج نواة ابن أكثر استقرارا مع اصدار لجسيمات α أو β^+, β^- وقد تصاحبها أشعة γ.

هل يتعلق زمن نصف العمر $t_{1/2}$ بـ:

✓عدد الأنوية N_0 ✓نوع النظير المشع ✓درجة الحرارة ✓الضغط؟

زمن العمر $t_{1/2}$ يتعلق **بنوع النظير المشع** فقط.

كيف تفسر وجود أنوية مستقرة وأنوية غير مستقرة؟

توجد الأنوية مستقرة: لوجود القوى النووية القويّة في النواة التي تعمل على ربط النيترونات بالبروتونات.

توجد الأنوية غير المستقرة: وذلك لعدّة أسباب منها:

1. الأنوية التي بها عدد كبير من النكليونات $A > 200$ تعتبر أنوية ثقيلة نتوقع لها تفكك من نوع α.
2. الأنوية التي لها **فائض في النترونات** مقارنة مع نواة أخرى موجودة في واد الإستقرار ولهما نفس العدد الكتلي A.نتوقع لها تفكك من نوع β^-.
3. الأنوية التي لها **فائض في البروتونات** مقارنة مع نواة أخرى موجودة في واد الإستقرار ولهما نفس العدد الكتلي A.نتوقع لها تفكك من نوع β^+.

ماذا يمثل المخطط $N - Z$؟ وماهي أهميته؟

المخطط $N - Z$: يمثل توضع الأنوية حسب عدد البروتونات والنترونات.

أهميته: تحديد الأنوية المستقرة والأنوية غير المستقرة كما يوضح نوع الاشعاع الصادر (β, α).

ما هو الزمن الموافق لتفكك عيّنة مشعّة كليّا؟

الزمن الموافق لتفكك عيّنة مشعّة كليّا هو: $t = 5\tau = 5\frac{t_{1/2}}{ln\,2}$

ما الفرق بين التحول النووي التلقائي والتحول النووي المفتعل؟

التحول النووي التلقائي: يحدث دون مؤثر خارجي مثل التفككات الاشعاعية $(\beta^-, \beta^+, \alpha)$.

التحول النووي المفتعل: يحدث بوجود مؤثر خارجي مثل الانشطار والاندماج.

هل يمكن الاعتماد على طاقة ربط نواة لمقارنة استقرار الأنوية؟

لا يمكن الاعتماد على طاقة ربط نواة لمقارنة استقرار الأنوية ولذلك نلجأ الى طاقة ربط لكل نكليون (ξ) فكلّما كانت طاقة الربط لكل نكليون كبيرة كانت النواة أكثر استقرارا.

عرّف علاقة التكافؤ كتلة-طاقة لأينشتاين:

كل جسيم يملك يمتلك كتلة m في الكون له طاقة E تعطى بالعبارة التالية: $E = m.C^2$.

عرّف واحدة الكتل الذرية u: تمثّل كتلة نويّة واحدة.

هي كتلة $\frac{1}{12}$ من ذرة واحدة من الكربون 12: $1u = \frac{1}{12}m(^{12}_{6}C)$

في تفاعل الانشطار لماذا نقذف النواة بنترون؟

لأنّ النترون عديم الشحنة.

ماذا يمثّل منحنى أستون؟ وماهي أهميته؟

منحنى أستون: يمثل سالب طاقة الربط لكل نكليون $\left(-\frac{E_L}{A}\right)$ بدلالة العدد الكتلي A.

أهميته: تحديد مجال الأنوية الأكثر استقرارا، والأنوية القابلة الانشطار، والقابلة للاندماج.

لماذا يسمى تفاعل الانشطار تفاعل تسلسلي مغذى ذاتيا؟

النيترونات الناتجة من تفاعل الانشطار تحدث تفاعلات انشطار أخرى فيكون التفاعل تسلسلي وتتضاعف الآلية وتكون التغذية ذاتية.

على أي شكل تظهر الطاقة المحررة من تفاعل الانشطار؟

تظهر على شكل: **طاقة حركية**، **طاقة حرارية**.

استغلال الطاقة النووية

يتم استغلال الطاقة النووية في انتاج الطاقة الكهربائية وكوقود لبعض الغواصات والصواريخ والطائرات السريعة، كما تستغل في المجال العسكري وذلك بإنتاج القنابل النووية.

المفاعل النووي

تركيب يسمح بتحقيق تفاعل الانشطار النووي والتحكم فيه.

من أكبر مشاكل المفاعلات النووية هي الفضلات النووية نظرا لطول أنصاف العمر لبعض العناصر (مثل اليود الذي له نصف عمر $t_{1/2} = 1{,}75.10^7 ans$) لذا تستوجب شروط تخزين خاصة.