

الجزء الرابع

الفصل الرابع عشر: الفيزياء النووية

١-١٤ مقدمة

٢-١٤ خصائص النواة

٣-١٤ استقرار النواة والقوى النووية

٤-١٤ طاقة الربط النووية

٥-١٤ النشاط الإشعاعي الطبيعي

٦-١٤ التحلل الإشعاعي بانبعث جسيمات ألفا

٧-١٤ التحلل الإشعاعي بانبعث جسيمات بيتا

١١-١٤ الشدة الإشعاعية

٨-١٤ التحلل الإشعاعي بانبعث اشعة جاما

١٢-١٤ التفاعلات النووية

٩-١٤ قانون التحلل الإشعاعي

١٣-١٤ التحول النووي بواسطة النيوترونات

١٠-١٤ عمر النصف الفيزيائي

١٤-٢ خصائص النواة

أ- تركيب النواة؛

- تحتوي النواة على عدد محدد من البروتونات (P) والنيوترونات (N)

- وتسمى أيضا بالنيوكلونات

- العدد الذري (Z)؛ يعبر عن عدد البروتونات (P) بالنواة وكذلك

- عدد الإلكترونات (e) بالذرة التي تكون متعادلة كهربيا

- العدد الكتلي (A): مجموع عدد النيوترونات والبروتونات

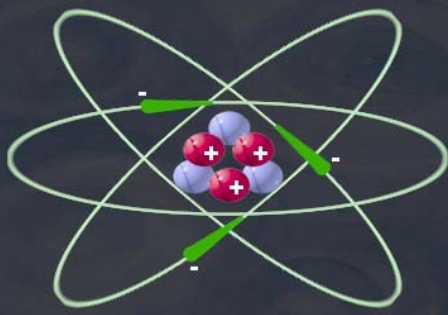
$$(A=N+Z)$$

- يرمز للعناصر المختلفة
$${}_{8}^{16}O \Rightarrow {}_{Z}^{A}X$$

- العناصر الطبيعية؛ يتراوح عددها الذري من ١ (الهيدروجين H) إلى

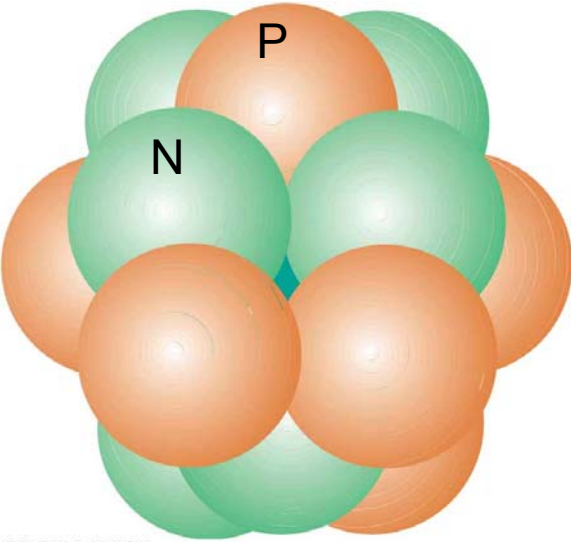
٩٢ (اليورانيوم U)

- العناصر الصناعية؛ $Z > 92$ ، تنتج بواسطة التفاعلات النووية



NEUTRAL ATOM

الذرة - متعادلة



©2004 Thomson - Brooks/Cole

النواة

ب – النظائر:

- نواة لنفس العنصر تحتوي على نفس عدد البروتونات ويختلف عدد النيوترونات



- نظائر أي عنصر لها نفس الخصائص الكيميائية، لأن لها نفس عدد الالكترونات (التركيب الذري) و تختلف خصائصها الفيزيائية.

ج – وحدة الكتلة الذرية (و.ك.ذ.) (u):

١٢/١ من كتلة ذرة نظير الكربون-١٢، أي ان كتلة ذرة الكربون-١٢ تساوي ١٢ ك.و.ذ.

$$1 u = 1.660566 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$E = mC^2 = 1u \times C^2$$

-الطاقة المكافئة لوحدة الكتلة الذرية

$$= 1.660566 \times 10^{-27} \text{ kg} \times (3 \times 10^8 \text{ m/s})^2$$

$$= 0.149 \times 10^{-9} \text{ j}$$

$$= 0.149 \times 10^{-9} \text{ j} / 1.6 \times 10^{-19} \text{ j/MeV}$$

$$= 931.5 \text{ MeV}$$

	Particle	kg	u	MeV
بروتون	Proton	$1.672\ 62 \times 10^{-27}$	1.007 276	938.28
نيوترون	Neutron	$1.674\ 93 \times 10^{-27}$	1.008 665	939.57
الالكترون	Electron	$9.109\ 39 \times 10^{-31}$	$5.48\ 579 \times 10^{-4}$	0.510 999
ذرة هيدروجين	$^1_1\text{H atom}$	$1.673\ 53 \times 10^{-27}$	1.007 825	938.783
نواة هليوم	$^4_2\text{He nucleus}$	$6.644\ 66 \times 10^{-27}$	4.001 506	3 727.38
ذرة كربون-١٢	$^{12}_6\text{C atom}$	$1.992\ 65 \times 10^{-27}$	12.000 000	11 177.9

$$A \propto r^3 \rightarrow r \propto A^{1/3}$$

$$r = r_0 A^{1/3} = 1.2 \times 10^{-15} A^{1/3}$$

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 = \left(\frac{4}{3} \pi r_0^3 \right) A \quad \text{د - حجم النواة:}$$

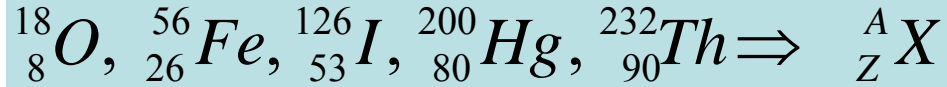
$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V = 8.689 \times 10^{-44} \text{ m}^3 \quad \& \quad \rho = 2.3 \times 10^{17} \text{ kg/m}^3 \quad \leftarrow \text{نواة ذرة الكربون-١٢}$$

$$\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3 \quad \leftarrow \text{الماء}$$

- بمقارنة كثافة كل من الماء والنواة يتضح مدى كثافة النواة أي ان مكونات النواة مضغوطة جدا داخل النواة.

سؤال ١ ص ٦٢١: احسب عدد البروتونات والنيوترونات ونصف قطر لنوى النظائر التالية:



$$r = r_0 A^{1/3} = 1.2 \times 10^{-15} A^{1/3}$$

سؤال ٣: نصف القطر لنواة نظير هو $6 \times 10^{-15} \text{ m}$ ، أوجد العدد الكتلي لهذه النواة؟

$$r = r_0 A^{1/3} = 1.2 \times 10^{-15} A^{1/3} \Rightarrow \therefore A = \left(\frac{r}{1.2 \times 10^{-15}} \right)^3$$

- يعتمد استقرار النواة على قوى الجذب بين مكونات النواة (النيوكليونات)
- القوى النووية؛ قوى جاذبة بين مكونات النواة وهي أكبر من قوة التنافر الكهربائية بين البروتونات، ويمكن تلخيص خصائصها بالنقاط الآتية:

- يظهر أثرها عند المسافات القصيرة فقط،
- يظهر أثرها بين كل النيوكليونات بالنواة أي بين $n:n$ & $n:P$ & $P:P$
- أكبر من القوة الكهربائية داخل النواة بحوالي ٤٠ مرة.
- لا تعتمد على الشحنة الكهربائية،

١٤-٤ طاقة الربط النووية: (حساب مقدار طاقة الربط لكل نيوكليون لذرة نظير الكربون-١٢)

- تحتوي ذرة الكربون-١٢ على ٦ بروتونات و ٦ نيوترونات لذلك فإن كتلتها تساوي؛

$$(6 \times m_p) + (6 \times m_n) = 12.095646 \text{ u}$$

$$M(\text{C-12}) = 11.996706 \text{ u}$$

- ولكن كتلتها الفعلية هي؛

- ويكون الفرق بين كتلة النواة ومجموع كتل مكونات النواة هو؛ $\Delta m = 0.09894 \text{ u}$ والتي تكافئ مقدار من الطاقة (طاقة الربط النووية) تساوي؛ $E = \Delta m (\text{u}) \times 931.5 = \Delta m (\text{u}) \text{ C}^2$

$$B.E./A = 92.2 \text{ MeV}/12 = 7.68 \text{ MeV}$$

- طاقة الربط لكل نيوكليون تساوي؛

- أي أن لكي تتفتت نواة الكربون-12 وتنطلق مكوناتها من البروتونات والنيوترونات لتصبح حرة فأنها تحتاج إلى 92.2 MeV التي تتحول إلى كتلة تضاف إلى كتل النيوكلونات لكي تصبح حرة.

- حساب مقدار طاقة الربط النووية بوحدة مليون الكترون فولت (MeV) وكذلك بوحدة الجول (j)

$$B.E.(MeV) = \left[(Z * m_p + Z * m_e + N * m_n) - (M \frac{A}{Z} X) \right] (u) * 931.5 (MeV / u)$$

$$B.E.(j) = \left[(Z * m_p + Z * m_e + N * m_n) - (M \frac{A}{Z} X) \right] (kg) * C^2 (m / s)$$

حيث؛ B.E. : طاقة الربط النووية

Z: عدد البروتونات بالنواة (عدد الالكترونات بالذرة)

N: عدد النيوترونات بالنواة

u: وحدة الكتلة الذرية

m_p : كتلة البروتون

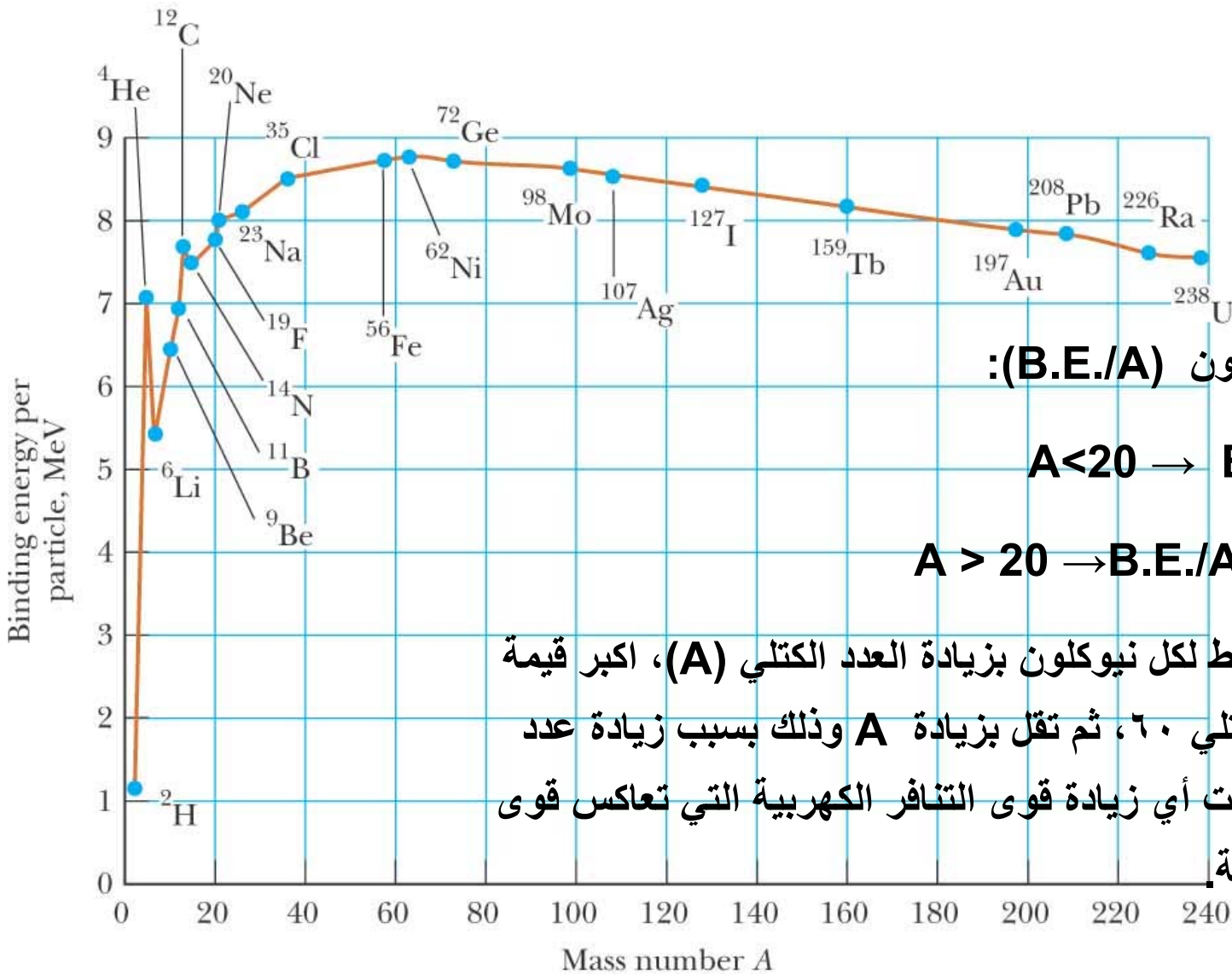
C: سرعة الضوء في الفراغ

m_e : كتلة الالكترون

$$MeV / j = 1.6 \times 10^{-13}$$

m_n : كتلة النيوترون

M: كتلة الذرة



• طاقة الربط لكل نيوكلون (B.E./A):

$A < 20 \rightarrow \text{B.E./A} < 8 \text{ MeV}$

$A > 20 \rightarrow \text{B.E./A} = 8 - 8.8 \text{ MeV}$

- تزيد قيمة طاقة الربط لكل نيوكلون بزيادة العدد الكتلي (A)، اكبر قيمة لها تكون عند العدد الكتلي 60، ثم تقل بزيادة A وذلك بسبب زيادة عدد البروتونات والنيوترونات أي زيادة قوى التنافر الكهربائية التي تعاكس قوى الترابط (الجذب) النووية.

سؤال ٥ ص ٦٢٢: الوزن الذري لنظير النيكل ${}^{60}_{28}\text{Ni}$ (X) هو 59.930789 u احسب كتلة مكونات نواة هذا النظير؟ طاقة الربط لكل نيوكليون؟

$$(m_e = 5.486 \times 10^{-4} \text{ u}, M(n) = 1.008665 \text{ u}, M(p) = 1.007825 \text{ u})$$

$$M(X) = [M(p) \times Z] + [M(n) \times (A - Z)] = [1.007825 \times 28] + [1.008665 \times 32] = \dots \text{u}$$

$$\Delta m = M(X) - 59.930789 = \dots \text{u}$$

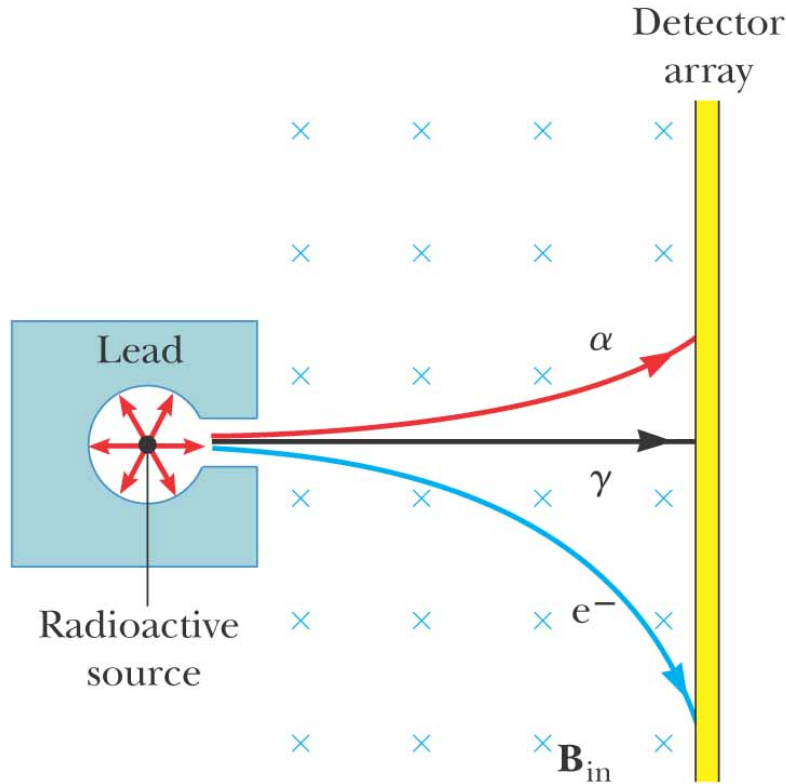
$$B.E = \Delta m \times 931.5 = \dots \text{MeV}$$

طاقة الربط لكل نيوكليون B.E/A

١٤-٥ النشاط الإشعاعي الطبيعي

- عام ١٨٩٦ م: اكتشف النشاط الإشعاعي (انبعاث اشعاعات بشكل طبيعي من العناصر المشعة مثل اليورانيوم)،

- عام ١٨٩٩ م: اكتشف العالم رذرفورد ان الإشعاع الطبيعي هو أما جسيمات ألفا (نواة ذرة الهليوم) و/أو جسيمات بيتا (مثل الالكترن كتلتنا وشحنتنا) و أشعة جاما (موجات كهرومغناطيسية)، كما هو موضح بالرسم

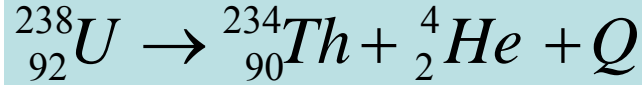


- عام ١٩٠٢ م: اوضح رذرفورد النقاط الآتية:

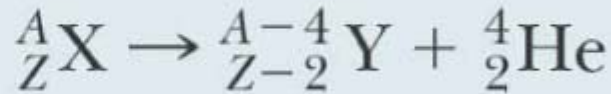
- النشاط الإشعاعي ليس إلا تحللا أو تفكك للنواة غير المستقرة والتي تتحول لنواة عنصر آخر،
- يصبح تفكك أو التحلل الإشعاعي لنواة ممكن إذا كتلة النواة أكبر من كتلتي النواة الناتجة عن التحلل وكتلة أي من جسيمات ألفا أو بيتا.

٤-١ التحلل الإشعاعي :

- انبعاث جسيمات ألفا؛



Alpha decay



$$- Q (\text{طاقة التفكك}) = [M_X - (M_Y + M_\alpha)](u) * 931.5 \quad (\text{MeV})$$

- شرط انبعاث جسيمات ألفا ان تكون $Q > 0$

- الطاقة المنبعثة والمصاحبة للتفكك الإشعاعي بانبعاث جسيمات ألفا تتوزع بين النواة الناتجة عن

التفكك الإشعاعي (Y) وجسيم ألفا الذي يستحوذ على معظم الطاقة المنبعثة حيث أن كتلتها اقل

بكثير من كتلة النواة Y.

- انبعاث جسيمات بيتا؛

- جسيم بيتا هو جسيم مصدره النواة وله نفس شحنة وكتلة الالكترون،

- تكون النواة غير مستقرة وتتبعث منها جسيمات بيتا عندما يحيد نسبة

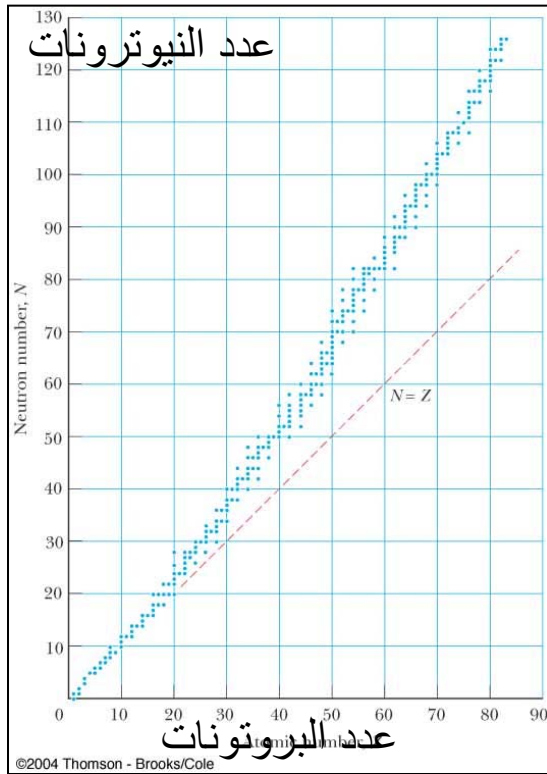
النيوترونات إلى البروتونات عن قيمة محددة كما هو موضح بالرسم

البياني، حيث ان نسبة استقرار النواة بالنسبة لانبعاث بيتا هي ١؛ للنوى

الخفيفة ($A < 40$) & ١,٢ للنوى المتوسطة & ١,٦ للنوى الثقيلة.

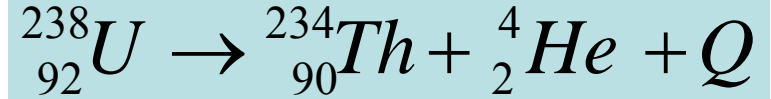
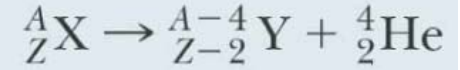
- تتبعث جسيمات بيتا السالبة عند زيادة عدد النيوترونات وبيتا الموجبة أو الأثر الالكتروني

عند زيادة عدد البروتونات



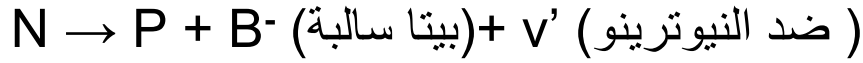
- انبعاث جسيمات ألفا؛

Alpha decay

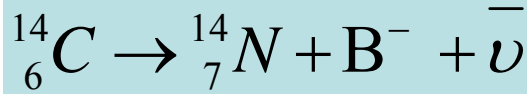


- Q (MeV)- طاقة التفكك = $[M_X - (M_Y + M_\alpha)](u) * 931.5$

- انبعاث جسيمات بيتا سالبة:



Beta decay (e^-) ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + e^- + \bar{\nu}$

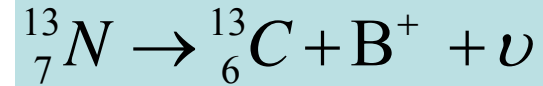


Q (MeV)- طاقة التفكك = $[M_X - (M_Y + M_e)](u) * 931.5$

- انبعاث جسيمات بيتا موجبة:



Beta decay (e^+) ${}^A_ZX \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + e^+ + \nu$



Q (MeV)- طاقة التفكك = $[M_X - (M_Y + M_e)](u) * 931.5$

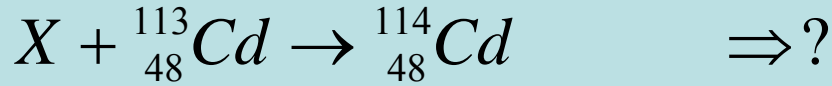
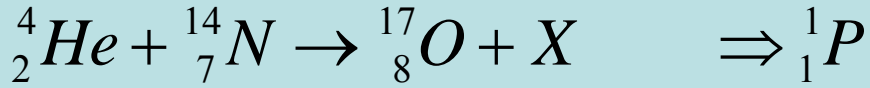
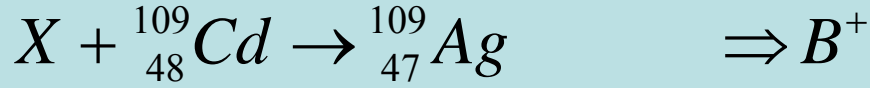
- انبعاث اشعة جاما:

بعد التفكك الإشعاعي وانبعاث جسيمات ألفا أو بيتا، قد تحتوي النواة الناتجة من التفكك على طاقة زائدة تكون النواة في حالة إثارة. لكي تستقر تتخلص النواة من الطاقة الزائدة بانبعاث أشعة جاما وهي موجات كهرومغناطيسية.

Gamma decay ${}^A_ZX^* \rightarrow {}^A_ZX + \gamma$

سؤال ٦: ما هو الجسيم المجهول (X) في التفاعلات النووية التالية:

علما بأن:



البروتون →



النيوترون →



جسيم ألفا →



سؤال ٨: هل يمكن لنظير الرادون-٢٠٤ (${}_{86}^{204}\text{Rn}$) ان يتحلل إلى البولونيوم-٢٠٠ (${}_{84}^{200}\text{Po}$) بانبعث جسيمات ألفا، وإذا كان ممكنا ما هي كمية الطاقة المتحررة؟ علما بان

$$[M(\text{Rn-204})=203.9923 \text{ u}, M(\text{Po-200})=199.98282\text{u}, M(\text{He-4})= 4.002603 \text{ u}]$$

- للإجابة على هذا السؤال لابد من معرفة شرط انبعث جسيمات ألفا وهو ← $Q > 0$ أي ان

- اذا كانت قيمة الطاقة أكبر من صفر فانبعث جسيمات ألفا يكون ممكن،.....

$$Q (\text{طاقة التفكك}) (\text{MeV}) = [MX - (MY+M\alpha)](\text{u}) * 931.5$$

$$=[M(\text{Rn-204})-(M\text{po-200}+M\text{He-4})]*931.5$$

سؤال ٩ ص ٦٢٣: احسب اعلى طاقة لجسيمات بيتا سالبة المنبعثة من نظير الكربون-١٤ ؟

$$M(^{14}_6\text{C})=14.003242 \text{ u} \ \& \ M(^{14}_7\text{N})=14.003074 \text{ U} \ \& \ M(e)=$$

$$Q \text{ (MeV)} - \text{طاقة التفكك} = [M_x - (M_y + M_e)] (u) * 931.5$$

سؤال 10 ص ٦٢٣: احسب اعلى طاقة لجسيمات بيتا الموجبة المنبعثة من نظير البوتاسيوم-٣٧؟

$$M(^{37}_{19}\text{K})=36.973365 \text{ u} \ \& \ M(^{37}_{18}\text{Ar})=36.966772 \text{ U} \ \& \ M(e)= \text{ u}$$

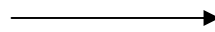
$$Q \text{ (MeV)} - \text{طاقة التفكك} = [M_x - (M_y + M_e)] (u) * 931.5$$

١٤-٩ قانون التحلل الإشعاعي:

- شدة للإشعاعات المنبعثة من المادة المشعة تعتمد على عدد النوى (N) لغير مستقرة (المشعة)،
- عملية التحلل الإشعاعي هي عملية احصائية أي ان كل نواة يحتمل تفككها في أي لحظة،
- عدد النوى المحتمل تفككها إشعاعيا خلال وحدة الزمن

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{N_0 - N}{t_0 - t} = -\lambda N$$

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



قانون التحلل الإشعاعي:

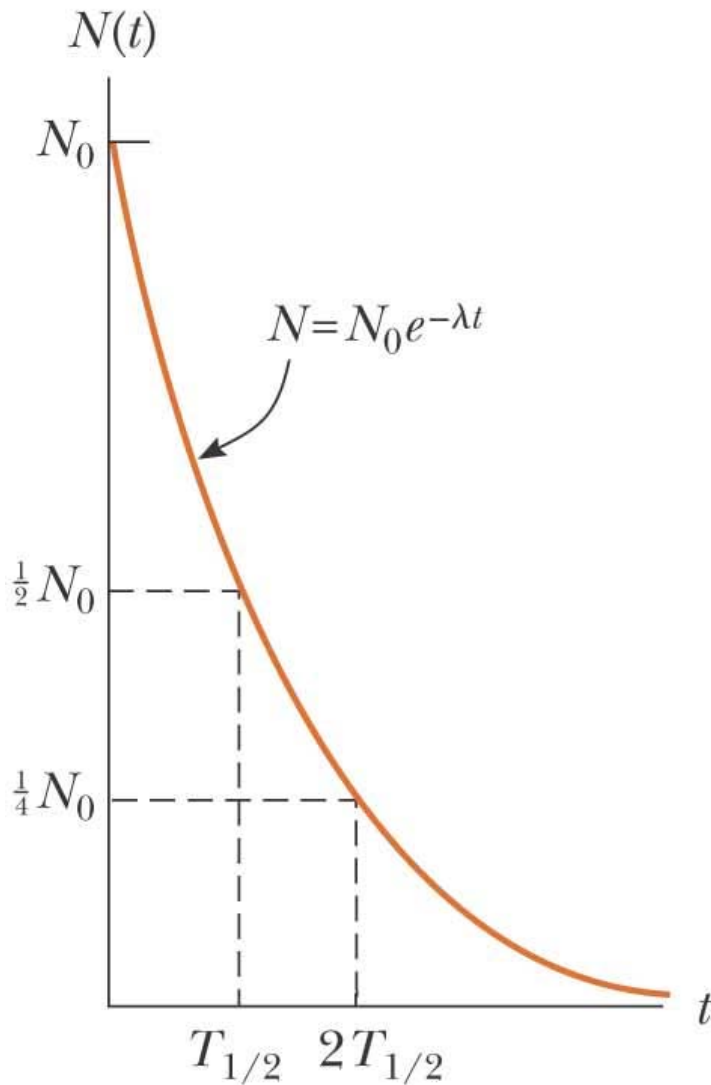
حيث: N عدد النوى عند الزمن t

N_0 عدد النوى عند الزمن t_0

λ ثابت التفكك

١٤-١٠ عمر النصف الفيزيائي: $T_{1/2}$

- الزمن اللازم لتفكك نصف عدد النوى المشعة



$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_{1/2}}$$

$$2 = e^{\lambda T_{1/2}}$$

$$\ln 2 = \lambda T_{1/2} \Rightarrow 0.693 = \lambda T_{1/2}$$

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0.693}{\lambda}$$

سؤال ١١ ص ٧٢٣: كم من الوقت تستغرق لكي يتفكك ٨٠% من نوى نظير الصوديوم-٢٢،
نصف عمره الفيزيائي ٢٢ سنة؟

$$\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{22 * 365 * 24 * 60 * 60} = \dots\dots s^{-1}$$

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \ln \frac{N_0}{N} = \lambda t$$

$$t = \frac{\ln \frac{100}{80}}{\lambda}$$

١٤-١١ الشدة الإشعاعية (النشاط الإشعاعي)

- هو معدل الزموني للتفكك الإشعاعي لمادة مشعة،

$$R = \left| \frac{dN}{dt} \right| = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

$$R = R_0 e^{-\lambda t}$$

- R_0 معدل التفكك عند زمن $t=0$

-وحدة الشدة الإشعاعية:

- كوري (Ci) = 3.7×10^{10} بيكريل (Bq)

- بيكريل = تفكك لكل ثانية

سؤال ١٢: ما هي الشدة الإشعاعية لجرام واحد من نظير الراديوم-٢٢٦ حيث نصف عمره الفيزيائي ١٦٢٢ سنة؟

$$R = \lambda N$$

$$\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} = \frac{0.693}{1622 * 365 * 24 * 60 * 60} = \dots\dots s^{-1}$$

$$N = \frac{\text{Avegado No.} * wt}{\text{Mol. Wt.}}$$

$$= \frac{6.022 \times 10^{23} (\text{atom / mole} - g) \times 1 (g)}{226 (g / \text{mole})} = \dots$$

سؤال ١٣ : عينة من الذهب-٢٠٠ المشع كتلتها 5.103×10^{-8} kg وشدتها الإشعاعية ١٠٠٠ Ci ، احسب نصف العمر الفيزيائي؟

$$R = \lambda N$$

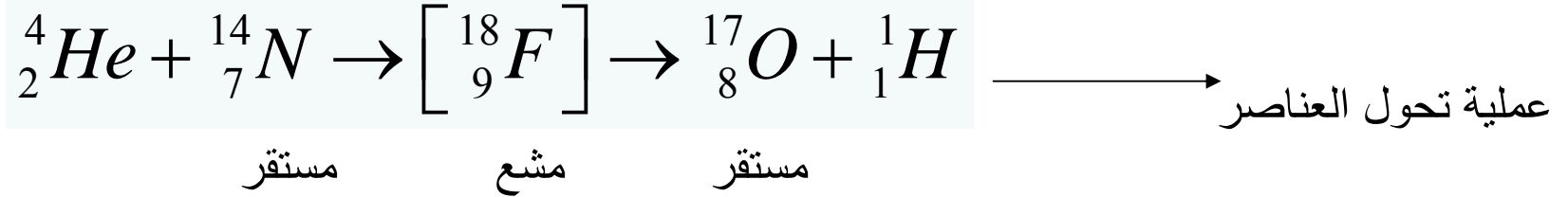
$$N = \frac{\text{Avegado No.} * wt}{\text{Mol. Wt.}}$$

$$= \frac{6.022 \times 10^{23} (\text{atom / mole} - g) \times 5.103 \times 10^{-8} \times 1000 (g)}{200 (g / \text{mole})} = \dots$$

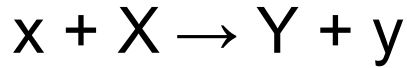
$$\lambda = \frac{R}{N}$$

$$\lambda = \frac{0.693}{T_{1/2}} \Rightarrow T_{1/2} = \frac{0.693}{\lambda}$$

١٤-١٢ التفاعلات النووية:



- ويمكن التعبير عن التفاعلات النووية بالمعادلة الآتية



- الطاقة المحررة تساوي

$$Q (j) = [(M_x + M_X) - (M_y + M_Y)] (kg) C^2 (m/s)$$

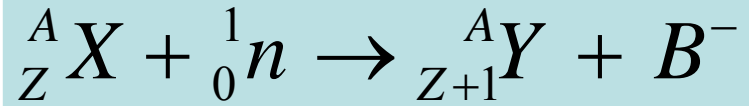
$$Q (MeV) = [(M_x + M_X) - (M_y + M_Y)] (u) 931.5$$



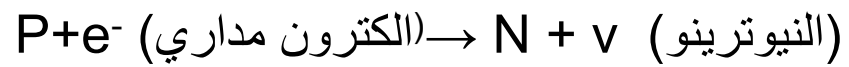
- ونظرا لأن قيمة الطاقة المحررة المحسوبة سالبة فذلك يعني لحدوث التفاعل لابد ان يكون الطاقة الحركية لجسيم ألفا والتي ستتحوّل إلى كتلة ليصبح الطرف الأيسر مساويا أو أكبر من مجموع الكتل في الطرف الأيمن لكي يتم التفاعل.

- استخدمت المعجلات النووية لتسريع الجسيمات النووية وقذف النوى لإنتاج نظائر صناعية غير موجودة بالطبيعة والتي قد تكون مستقرة أو مشعة.

١٤-١٣ التحول النووي بواسطة النيوترونات:



- الأثر الالكتروني:



$$Q \text{ (MeV)} = [(M_x + m_e) - M_y](u) * 931.5$$

طاقة التفكك - (MeV) Q