أولاً: البنية النووية:

① - النواة:

- مكونات النواة: تتكون النواة من نوعين من الجسيمات:
بروتونات (P) ونيترونات (n)

	البروتونات (P)	النيترونات (n)
الشحنة q	$q_p = +e = 1,6.10^{-19} C$	$q_n = 0$
الكتلة m	$m_p = 1,6726.10^{-27} kg$	$m_n = 1,6749 \times 10^{-27} kg$
نصف القطر r_0	$r_0 = 1,2.10^{-15} m$	$r_0 = 1,2.10^{-15} m$

- رمز النواة: تمثل نواة عنصر كيميائي X بـ:

$^{A}_{Z}X$ حيث:
- X: نواة العنصر الكيميائي X.
- A: العدد الكتلي.
- عدد النويات.
- عدد البروتون + النيترون $(n+P)$
- Z: العدد الذري
- العدد الشحني.
- عدد البروتونات (P) معناه $P = Z$.

• النويات: هي العناصر التي تسكن في النواة. (بروتونات + إلكترونات)
• عدد النيوترونات: $N = A - Z$ أو $N = A - P$

* مثال: نواة الهيليوم $^{4}_{2}He$:

عدد البروتونات: $Z = P = 2$.
عدد النيوترونات: $N = A - Z = 4 - 2 = 2$.

* مثال ②: لدينا نواة الكزينون: $^{150}_{54}Xe$. أعط تركيب هذه النواة.
- عدد البروتونات $Z = P = 54$.
- عدد النيوترونات $N = A - Z = 150 - 54 = 96$.

② - النظائر:

- هي أنوية لها نفس العدد الذري (الشحني). وتختلف في العدد الكتلي.
- " " " عدد البروتونات. وتختلف في عدد النيوترونات.

مثال: الهيدروجين $^{1}_{1}H$ نظائره: $^{2}_{1}H$ و $^{3}_{1}H$

$^{1}_{1}H$

$^{2}_{1}H$

$^{3}_{1}H$

F Fb.com/bac.saouli
@ Bac_dz

* تنقسم النواة لنوعين :

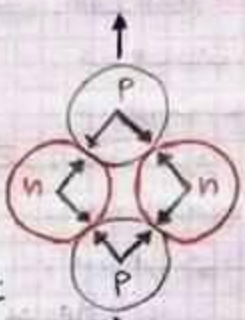
1- نواة غير مستقرة : وهي نواة مستقرة .
- محافظة على تركيبها .

2- نواة مستقرة : . وهي نواة غير مستقرة .
- لا تحافظ على تركيبها .
- يحدث لها تحول تلقائي لتتحول من نواة الأصل (الأم) غير مستقرة إلى نواة متولدة (البنت) أكثر إستقراراً مع إنبعاث إشعاعات

③ - القوة النووية القوية :

هي القوة التي تحافظ على تماسك النواة ضد التنافر الإلكتروستاتيكي (قوى التنافر بين البروتونات) . وهي تربط النيوترونات و البروتونات ببعضها البعض .

نواة الهيليوم $_2^4He$:



← القوة النووية القوية
← قوى التنافر الإلكتروستاتيكي

Fb.com/bac.saaeli
@Bac_dz

ثانيا : النشاط الإشعاعي :

① - الإستقرار النووي :

. النشاط الإشعاعي : هي ظاهرة سببها تحول تلقائي لأنوية غير مستقرة لإعطاء أنوية أكثر إستقراراً مع إنبعاث إشعاعات :
إشعاع α . إشعاع β . إشعاع γ . كلها منبعثة من النواة .
. عند تفكك النواة فإن العدد الكتلي و العدد الذري متساويان في طرفي المعادلة النووية . (قانون صودي) . أي :

$$\left.\begin{array}{l} A_1 + A_2 = A_3 + A_4 \\ Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4 \end{array}\right\} \leftarrow {}^{A_1}_{Z_1}X + {}^{A_2}_{Z_2}Y \rightarrow {}^{A_3}_{Z_3}C + {}^{A_4}_{Z_4}D$$

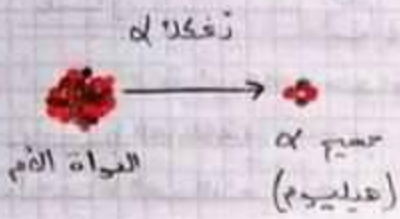
② - أنواع التفككات :

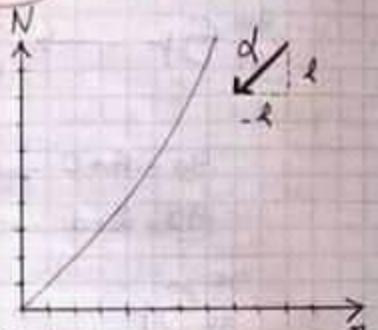
- تفكك α : - هو تفكك خاص بالأنوية الثقيلة.

- ينتج عن هذا التفكك جسيم α : الهيليوم $^{4}_{2}He$

- تكون المعادلة النووية من الشكل :

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





تمثيل جسيم α في مخطط (N-Z)

مثال :

$$^{241}_{95}Am \longrightarrow {}^{A}_{Z}Y + {}^{4}_{2}He$$

حسب قوانين الإنحفاظ :

- إنحفاظ العدد الكتلي : $241 = A + 4 \Rightarrow A = 237$
- إنحفاظ العدد الشحني : $95 = Z + 2 \Rightarrow Z = 93$

ومنه :

$$^{241}_{95}Am \longrightarrow {}^{237}_{93}Np + {}^{4}_{2}He$$

- تفكك β^- : - هو تفكك خاص بالأنوية التي عدد نيتروناتها n أكبر من عدد بروتوناتها p أي $n > p$

- في هذا التفكك يتحول نيترون n إلى بروتون p وينتج عنه جسيم β^- : الإلكترون $^{0}_{-1}e$

- تكون المعادلة من الشكل :

$$^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e \longrightarrow \beta^- \text{ جسيم}$$

F Fb.com/bac.saouli
@ Bac_dz

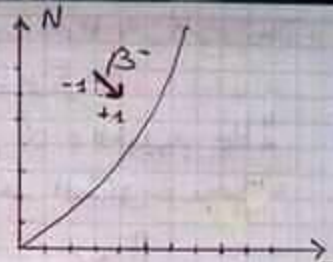
تفكك β^-

$$n \longrightarrow p \longrightarrow {}^{0}_{-1}e$$

نيترون — نواة أم

بروتون — نواة بنت

جسيم β^- (الكترون)



تمثيله في مخطط (N-Z).

مثال:

$$^{90}_{38}Sr \longrightarrow {}^{A}_{Z}Y + {}^{0}_{-1}e$$

حسب قوانين الإنحفاظ:

- إنحفاظ العدد الكتلي: $90 = A + 0 \Longrightarrow A = 90$
- إنحفاظ العدد الشحني: $38 = Z - 1 \Longrightarrow Z = 39$

ومنه

$$^{90}_{38}Sr \longrightarrow {}^{90}_{39}Y + {}^{0}_{-1}e$$

- تفكك β^+: - هو تفكك خاص بالأنوية التي عدد بروتوناتها p أكبر من عدد نيوتروناتها n أي $p > n$.

- في هذا التفكك يتحول البروتون p إلى نيترون n وينتج عنه جسيم β^+ = بوزيترون ${}^{0}_{+1}e$.

- تكون المعادلة من الشكل:

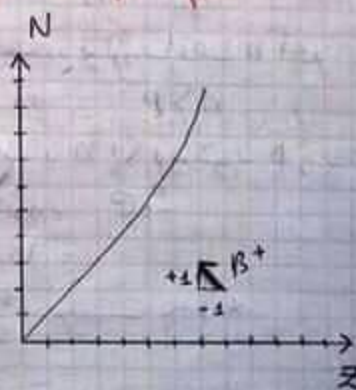
$$^{1}_{1}p \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e \longrightarrow \beta^+ \text{ جسيم}$$

تفكك β^+

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

بروتون — نواة أم

نيترون — نواة بنت



F Fb.com/bac.saouli
@ Bac_dz

مثال :

$$^{11}_{6}C \longrightarrow ^{A}_{Z}Y + ^{0}_{+1}e$$

حسب قوانين الانحفاظ :

- انحفاظ العدد الكتلي : $11 = A + 0 \rightarrow A = 11$
- انحفاظ العدد الشحني : $6 = Z + 1 \Rightarrow Z = 5$

ومنه :

$$^{11}_{6}C \longrightarrow ^{11}_{5}B + ^{0}_{+1}e$$

- الإشعاع γ عاما : - هو إشعاع يرافق عدة تفككات سابقة (ب: α)

بحيث النواة الناتجة عن هذه التفككات مثارة طاقويا.

(أي تتخلص من الطاقة الزائدة كهرومغناطيسيا كي تستقر)

- تكون المعادلة كالتالي :

$$^{A}_{Z}X^{*} \longrightarrow ^{A}_{Z}X + \gamma$$

مثال :

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

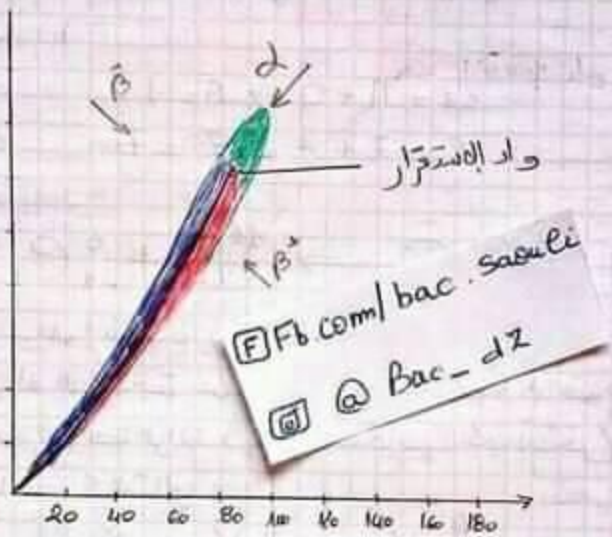
$$^{60}_{28}Ni^{*} \longrightarrow ^{60}_{28}Ni + \gamma$$

النواة الأم (مثارة) — نواة غير مثارة (مستقرة)

Fb.com/bac.saouli

@Bac_dz

③ - مخطط سيغري :



Fb.com/bac.saouli
@ Bac_dZ

• تعريفه: عبارة عن منحنى يمثل N بدلالة Z أي $N = f(Z)$

حيث : . محور الفواصل يمثل Z .

. محور التراتيب يمثل N .

تتمثل أهميته في : معرفة الأنوية المستقرة والغير مستقرة

معرفة نمط الإشعاع .

من دراسة المخطط نجد :

الأنوية

- مستقرة
  - $Z = 20$: $N = Z$.
  - $20 < Z < 82$: $\frac{N}{Z} = 1.5$.
- غير مستقرة
  - $20 < Z < 82$
    - فوق واد الاستقرار تشع β^- .
    - تحت واد الاستقرار تشع β^+ .
  - $Z > 82$: أنوية ثقيلة غير مستقرة تشع α .

④ خصائص النشاط الإشعاعي :

1- عشوائي : لا يمكن التنبؤ بمعرفة اللحظة التي تتفكك فيها النواة.
2- تلقائي : يحدث دون تدخل خارجي.
3- حتمي : أي أن النواة ستتفكك عاجلاً أو آجلاً.
4- مستقل : عن الضغط ودرجة الحرارة.
5- مستقل : عن التركيبة الكيميائية التي تنتمي إليها النواة.

• عينة مشعة : هي عبارة عن مجموعة من الأنوية المشعة. والتي يمكن حسابها بالعلاقة :

$N = n \cdot N_A$ أو $N = \frac{m}{M} \cdot N_A$

Fb.com/bac.saadi
@Bac_dz

حيث :
N : عدد الأنوية الموجودة في العينة
n : كمية المادة للعينة ..... (mol)
N_A : عدد أفوغادرو : $N_A = 6,023 \times 10^{23}$
m : كتلة العينة ..... (g)
M : الكتلة المولية للعينة ..... (g/mol)

• ملاحظة :
العدد الكتلي A عند عنصر معين X هو نفسه الكتلة المولية للعنصر X أي

$M = {}^{A}_{Z}X$

ثالثا : التناقص الإشعاعي :

• بطاقة رياضية •

الدالة الأسية

1- عبارتها : $f(x) = e^x$

2- مجموعة تعريفها : $D_f = \mathbb{R}$

3- المشتقة : مشتق الأس x الدالة نفسها

4- خواص الدالة :

$$e^{x+y} = e^x \cdot e^y$$

$$e^{x-y} = \frac{e^x}{e^y}$$

$$e^{-x} = \frac{1}{e^x}$$

$$e^{x \cdot y} = (e^x)^y$$

لما : $\ln e^x = \ln(1) : e^x = 1$

$$x = \ln(1) = 0$$

الدالة اللوغاريتمية

1- عبارتها : $f(x) = \ln(x)$

2- مجموعة تعريفها : $D_f =]0 ; +\infty[$

3- المشتقة : $f'(x) = \frac{1}{x}$

4- خواصها :

$$\ln(x \cdot y) = \ln x + \ln y$$

$$\ln\left(\frac{x}{y}\right) = \ln x - \ln y$$

$$\ln(x^a) = a \ln(x)$$

$$-\ln(x) = \ln\left(\frac{1}{x}\right)$$

لما : $\ln(x) = 1$

$$e^{\ln(x)} = e^1 = e$$

$$x = e$$

• يعطى قانون التناقص الإشعاعي بالعبارة التالية :

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

F Fb.com/bac.saouli

@ Bac_dz

حيث : $N(t)$: عدد الأنوية في لحظة معتبرة (t) ..... Noyaux

N_0 : { عدد الأنوية الإبتدائية / عدد الأنوية في اللحظة $t=0$ } ..... Noyaux

e : العدد النيبيري

λ : { ثابت النشاط الإشعاعي / إحتمال تفكك نواة واحدة خلال s1 } ..... (s^{-1})

t : اللحظة المعتبرة ..... (s)

• زمن نصف العمر $t_{\frac{1}{2}}$:

• تعريفه : هو الزمن اللازم لتفكك عدد الأنوية الإبتدائية إلى النصف.

• عند $t = t_{\frac{1}{2}}$ ⟸ $N(t_{\frac{1}{2}}) = \frac{N_0}{2}$

نعوضها في قانون التناقص الإشعاعي فنجد :

$$N(t_{\frac{1}{2}}) = N_0 . e^{-\lambda t}$$

$$\frac{N_0}{2} = N_0 . e^{-\lambda t_{\frac{1}{2}}}$$

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

$$-\ln(2) = -\lambda t_{\frac{1}{2}}$$

$$\ln(2) = \lambda t_{\frac{1}{2}}$$

$$t_{\frac{1}{2}} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$ وهي عبارة زمن نصف العمر

F Fb.com/bac.science
@ Bac_dz

حيث : $t_{\frac{1}{2}}$: زمن نصف العمر . . . . . (s)

λ : ثابت الشائم الإشعاعي . . . . . (s^{-1})

• ثابت الزمن τ :

• تعريفه : هو الزمن اللازم لتفكك 63% من عدد الأنوية الإبتدائية.

• عند $t = \tau$ ؛ $N(\tau) = \frac{N_0}{e} = 0,37\, N_0$

نعوضها في قانون التناقص الإشعاعي فنجد :

$$N(\tau) = N_0 . e^{-\lambda \tau}$$

$$\frac{N_0}{e} = N_0 . e^{-\lambda \tau}$$

$$\frac{1}{e} = e^{-\lambda \tau}$$

$$-\ln e = -\lambda \tau$$

$$-1 = -\lambda \tau$$

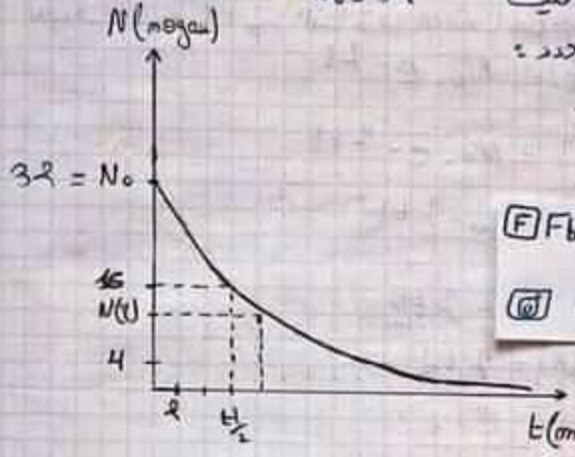
$$1 = \lambda \tau$$

$\tau = \frac{1}{\lambda}$ وهي عبارة ثابت الزمن τ.

• تعيين $t_{\frac{1}{2}}$ و τ بيانيا :

- نأخذ عينة صنعة لعنصر X حيث انطلقنا من البيان التالي حدد :
  - زمن نصف العمر $(t_{\frac{1}{2}})$.
  - ثابت الزمن (τ).

Fb.com/bac.saoudi
@Bac_dz



• تعيين $t_{\frac{1}{2}}$:

عند $t = t_{\frac{1}{2}}$: $N(t_{\frac{1}{2}}) = \frac{N_0}{2} = \frac{32}{2} = 16$ بالإسقاط على البيان نجد $t_{\frac{1}{2}} = 6min$

• تعيين τ :

عند $t = \tau$ $N(\tau) = \frac{N_0}{e} = N_0 \times 0,37$

$N(\tau) = 11,84$

بالإسقاط على البيان نجد $\tau = 4,35 min$.

- يمثل τ : فاصلة نقطة تقاطع المماس عند N_0 مع محور الأزمنة.

• النشاط الإشعاعي (A) :

- تعريفه : هو عدد التفككات خلال 1 ثانية ..... (Bq).

أي خمس تفككات / 1 ثا = 5 Bq .

- يقاس بجهاز يسمى عداد جيجر مولر.

- يعطى بالقانون :

$$A(t) = -\frac{\Delta N(t)}{\Delta t}$$

وإذا كان الزمن صغير :

$$A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$$

لدينا :

$$A(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = -(N(t))'$$

$$A(t) = -(N_0 . e^{-\lambda t})'$$

$$A(t) = -(-\lambda . N_0 . e^{-\lambda t})$$

$$A(t) = \lambda . N_0 . e^{-\lambda t} \quad \ldots \quad (1)$$

وعند $t = 0$:

$$A(0) = \lambda . N_0 . e^{-\lambda (0)}$$

$$A(0) = \lambda . N_0 . e^{0}$$

$$A_0 = \lambda . N_0 \quad \ldots \quad (2)$$

نعوض (2) في (1) :

$$A(t) = \underbrace{\lambda . N_0}_{A_0} . e^{-\lambda t}$$

تصبح :

$$A(t) = A_0 . e^{-\lambda t}$$

كما لدينا :

$$N(t) = N_0 . e^{-\lambda t} \quad \ldots \quad (3)$$

نعوض (3) في (1) :

$$A(t) = \lambda . \underbrace{N_0 . e^{-\lambda t}}_{N(t)}$$

تصبح :

$$A(t) = \lambda . N(t)$$

F Fb.com/bac.saouli
@ Bac_dz

رابعا : التفاعلات النووية :

تنقسم التفاعلات النووية إلى قسمين : تفاعلات تلقائية وتفاعلات مفتعلة.

1- التفاعلات التلقائية : هي تفاعلات عفوية (α . β^- . β^+) لا يمكن فعل أي شيء عندما أو التحكم فيها.

2- التفاعلات المفتعلة : تحت شروط معينة . يمكن افتعال تفاعلات نووية وذلك بـ : قذف نواة بجسيم α أو بنترون أو نواة أخرى لتتشكل نواة أخرى غير مستقرة و يرافق ذلك إصدار جسيم آخر (β^- ; β^+ ; α) .

مثل: قذف الآزوت بجسيم α ينتج عنه الأوكسجين و بروتون :

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}P$$

- في التفاعل النووي المفتعل : تبقى الأعداد الكتلية والشحنية محفوظة في الطرفين ($14+4 = 17+1$) و ($7+2 = 8+1$)

النظم الطاقوي للتفاعلات النووية :

1- وحدة الكتلة الموحدة : إن الكتل الذرية المستخدمة في التفاعلات النووية صغيرة جداً. لمقارنة الكتل النووية يستخدم الفيزيائيون وحدة تدعى بـ : وحدة الكتلة النووية (u) حيث :

$$1\,u = 1{,}66 \cdot 10^{-27}\ kg$$

2- طاقة الكتلة الموحدة :

- إن الكتلة و الطاقة متكافئتان . يمكن للكتلة أن تتحول لطاقة كما يمكن للطاقة أن تتحول لكتلة.

- كل مادة كتلتها m إذا تحولت لطاقة. فإنها تعطي طاقة كتلية (E) تعطى بالعلاقة : $E = m \cdot c^2$ ← طاقة أينشتاين

حيث :

(E) : طاقة كتلية . . . . . (J) .

(m) : الكتلة . . . . . (m) .

(C) : سرعة الضوء في الخلاء . . . . $3 \cdot 10^{+8}\ m.s^{-1}$.

إذا أعطيت الكتلة بوحدة الكتلة الذرية (u) تصبح العلاقة :

$$E = \left(m \cdot 931,5 \frac{MeV}{c^2}\right) \cdot c^2$$

$$E = m \cdot 931,5 MeV$$

FB.com/bac.saadi
@Bac_dz

حيث :

(E) : طاقة كتلية ..... (MeV)

(m) : الكتلة ..... (u)

ولدينا :

$1u = 931,5 \frac{MeV}{c^2}$

$1eV = 1,6 \cdot 10^{-19} J$

$1MeV = 1,6 \cdot 10^{-13} J$

3- النقص الكتلي :

- النويات : هي العناصر التي تتكون منها النواة . تمتلك هاته النويات في حالة السكون و إنفصال عن بعضها كتلة و طاقة كتلية أكثر أهمية من نواة التي تنتمي لها هاته النويات
- إن الفرق بين كتلة نواة X و كتل مكوناتها من النويات يدعى بعبارة الكتلة أو نقص الكتلة . وهو يعطى بالعلاقة التالية :

$\Delta m = m$ (النويات المتفرقة) $- m$ (النواة)

أي

$$\Delta m = (Z m_p + (A-Z) m_n) - m_X$$

حيث :

m_p : كتلة البروتون ..... (u) أو (kg)

m_n : كتلة النيترون ..... (u) أو (kg)

m_X : كتلة نواة X ..... (u) أو (kg)

- هذا الفارق في الكتلة يتحول لطاقة تحافظ على ربط مختلف النويات في النواة تدعى هذه الطاقة بطاقة الربط . و هي كذلك الطاقة الواجب إمدادها لتفكيك النواة إلى مختلف النويات الحرة و تعطى بالعلاقة :

$$E_e = \Delta m c^2$$

حيث :

E_e : طاقة ربط النواة ..... (J)

Δm : الفارق في الكتلة ..... (kg)

c : سرعة الضوء في الفراغ ..... $(m.s^{-1})$ 3.10^{+8}

خامسا : الإنشطار و الإندماج :

1- طاقة الربط لكل نوية :

• إذا كانت طاقة ربط نواة ما هي Ee . وعدد نوياتها A . طاقة الربط Ee تتوزع على جميع النويات بشكل متساوي . بحيث يعطى نصيب كل نوية المتوسط من الطاقة بالعبارة :

$$E = \frac{Ee}{A}$$

حيث : (E) : طاقة الربط لكل نوية . . . . . (MeV/nucléon)
(Ee) : طاقة الربط . . . . . (MeV)
(A) : العدد الكتلي .

• كلما كانت E أكبر ، كلما كانت النواة أكثر إستقرارا .

2- منحنى أستون :

• تعريفه : عبارة عن منحنى يمثل طاقة الربط لكل نوية (E) بدلالة العدد الكتلي A وهذا بالنسبة لجميع النوية الموجودة في الطبيعة .

من دراسة المنحنى نجد :

الأنوية :

- خفيفة ($A < 50$) : نلاحظ أن (E) تزداد بازدياد (A) من 1MeV إلى 8MeV .
- متوسطة ($50 < A < 75$) : تتميز بأن لها طاقة ربط لكل نوية $E = 8,5\ MeV$ فهي ذات إستقرار كبير .
- ثقيلة ($A > 100$) : جميع هذه الأنوية أقل إستقرار من الأنوية المتوسطة .

Fb.com/bac.saaci
@Bac_dz

- بعض الأنوية الثقيلة ($A > 190$) يمكن أن يحدث لها إنشطار نووي. فتعطي نواتين أكثر إستقراراً من النواة المنشطرة. تقعان في مجال الإستقرار لمنحنى أستون.
- بعض الأنوية الخفيفة ($A < 20$) يمكن أن يحدث لها إندماج نووي فتعطي نواة واحدة أكثر إستقراراً من النواتين المندمجتين.
- بإستغلال منحنى أستون يمكن التمييز المناطق التي يحدث فيها إندماج نووي من تلك التي يحدث فيها إنشطار نووي.

3- الإنشطار: هو تفاعل نووي مفتعل يحدثه نترون بطيء عند قذفه على نواة ثقيلة إنشطارية. تنتج نواتان متوسطتان وتتحرر بعض النترونات (من 2 - 3 نيترونات) كما تتحرر طاقة كبيرة.

مثال: $^{1}_{0}n + \underbrace{^{235}_{92}U}_{\text{نواة أم}} \longrightarrow \underbrace{^{82}_{35}Br}_{\text{نواة بنت}} + \underbrace{^{149}_{57}La}_{\text{نواة بنت}} + 3\,^{1}_{0}n + y$

4- الإندماج: هو تفاعل نووي مفتعل تندمج فيه نواتان خفيفتان لتتشكل نواة أكبر منهما وتتحرر طاقة نووية كبيرة.

مثال: $^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \longrightarrow ^{4}_{2}He$

5- الحصيلة الطاقوية لتفاعلات الإنشطار والإندماج:

كل تفاعل نووي (إنشطار أو إندماج) يصحبه إكتساب أو تحرر الطاقة. تعطى هذه الطاقة بعلاقة أينشطاين:

$$E_{lib} = |\Sigma m(\text{متفاعلات}) - \Sigma m(\text{نواتج})| \cdot C^2$$

حيث:

Σm (متفاعلات): مجموع كتل الأنوية المتفاعلة ... (kg)

Σm (نواتج): مجموع كتل الأنوية الناتجة ... (kg)

(E_{lib}): الطاقة المحررة من تفاعل نووي ... (J)

(C): سرعة الضوء في الفراغ ... $3.10^{8}\ m.s^{-1}$

Fb.com/bac.saoulei

@Bac_dz