رقم المذكرة: 02

المـــــــادة: علوم فيزيائية.

المجـــــــال: التطورات الرتيبة.

الـــــــوحـدة: دراسة تحولات نووية.

المســتـــــــوى: سنة ثالثة علوم تجريبية.

الكفاءات المستهدفة:

- يميز بين النشاطات الإشعاعية: γ , β^+ , β^- , α.
- يوظف المنحنى (N , Z) ليكتشف مجالات إستقرار و عدم إستقرار الأنوية.
- يطبق قانون تناقص النشاط الإشعاعي.
- يفسر مخططات تناقص النشاط الإشعاعي باستعمال مجدول أو ألة حاسبة.
- يوظف التحليل البعدي للبحث عن وحدتي λ و τ.
- يحدد مجال إستقرار الأنوية في المنحنى (N , Z).
- يحسب: طاقة الكتلة، طاقة الربط.
- يعبر عن الإنشطة و الإندماج النوويين بمعادلة.
- ينجز الحصيلة الطاقوية لتفاعل نووي.
- يتعامل بصفة مسؤولة إتجاه مختلف الإستعمالات في الميدان النووي.

المحتوى المفاهيمي:

- النشاط الإشعاعي: α , β^- , β^+ و الإصدار γ.
  - ✓ النواة: الإستقرار و عدم الإستقرار.
  - ✓ معادلات التفكك: (إنحفاظ الشحنة الكهربائية و إنحفاظ النويات).
  - ✓ التناقص في النشاط الإشعاعي: التفسير بالإحتمالات.
  - ✓ المعادلة التفاضلية للتطور.
  - ✓ قانون التناقص: $N = N_0 e^{-\lambda t}$.
  - ✓ ثابت التفكك λ، ثابت الزمن $\tau = \frac{1}{\lambda}$،
    زمن نصف العمر $t_{1/2} = \tau \ln 2$.
  - ✓ البيكرال كوحدة قياس النشاط الإشعاعي A.
- تطبيق في مجال التأريخ و الطب.

- الإنشطار النووي و الإندماج النووي:
  - ✓ العلاقة $E = m . C^2$.
  - ✓ النقص الكتلي و طاقة الربط النووي.
  - ✓ منحنى أستون.
  - ✓ معادلة التفاعل النووي.
  - ✓ الحصيلة الطاقوية.
- العالم بين منافع و مخاطر النشاط الإشعاعي.

المراجع:

- ✓ الكتاب المدرسي، الوثيقة المرافقة.
- ✓ المنهاج، دليل الأستاذ.
- ✓ الإنترنت، كتب خارجية.

الوسائل المستعملة:

- ✓ أفلام لبعض التجارب المستعملة.
- ✓ جهاز الكمبيوتر، جهاز العرض.

التقويم:

- ✓ تمرين 16 صفحة 105، تمرين 17 صفحة 106.

المجال : التطورات الرتيبة .

الوحدة : دراسة التحولات النووية .

I- النشاط الإشعاعي $(\alpha, \beta^-, \beta^+)$ و الإصدار γ :

أ- تذكير : 118عنصر كيميائي

1- الذرة : تتكون الذرة من نواة مركزية تحيط بها سحابة إلكترونية ، و تتكون النواة من دقائق صغيرة تدعى النويات (النوكليونات) وهي عبارة عن البروتونات (P) و النوترونات (N) ، يرمز لنواة العنصر الكيميائي بالرمز ${}^{A}_{Z}X$:

حيث : Z : يمثل عدد البروتونات و الإلكترونات (العدد الشحني أو العدد الذري) .

A : يمثل العدد الكتلي $A = Z + N$ ، حيث N : عدد النوترونات .

مثال : ${}^{12}_{6}C$: تحتوي على 6 بروتونات و 6 نوترونات .

${}^{23}_{11}Na$: تحتوي على 11 بروتون و 12 نوترون .

	إلكترون ${}^{0}_{-1}e$	البروتون ${}^{1}_{1}P$	النوترون ${}^{1}_{0}n$
الشحنة (C)	$-1,6.10^{-19}$	$+1,6.10^{-19}$	0
الكتلة (kg)	$9,11.10^{-31}$	$1,67.10^{-27}$	$1,67.10^{-27}$

2- النظائر : هي أنوية ذرات لها نفس العدد (Z) (عدد البروتونات) و لكن تختلف في العدد الكتلي (A) أي في عدد النوترونات (N) .

3- نصف قطر النواة : يعطى نصف قطر النواة بالعلاقة التالية : $R = r_0 . \sqrt[3]{A}$

حيث: R : نصف قطر النواة .

r_0 : نصف قطر البروتون و هو ثابت ، حيث : $r_0 = 1,3\ f\ m$ و : $1\ f\ m = 10^{-15}\ m$.

A : العدد الكتلي .

مثال : نصف قطر نواة الصوديوم $\left({}^{23}_{11}Na\right)$ هو : $R = r_0 . \sqrt[3]{A} = 3,697\ f\ m$.

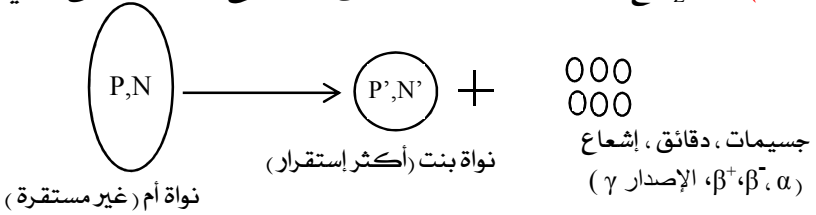
4- حجم النواة : يعطى بالعلاقة التالية : $V_x = \frac{4}{3}\pi\ r_0^3 A$

II- الإستقرار و عدم الإستقرار :

كل بروتونات النواة تحمل شحنة موجبة و هذا ما يؤدي إلى التنافر ، رغم ذلك إلا أننا نلاحظ أن النواة تبقى متماسكة فيما بينها ، و هذا يجعلنا نسلم بوجود قوة أخرى تحافظ على تماسك النواة و تدعى بالقوة النووية القوية تمنع تنافر البروتونات و تضمن تماسك النواة ، و تأثيرها يكون على مدى صغير جدا .

III- النشاط الإشعاعي :

تعريف النشاط الإشعاعي : هو الظاهرة الطبيعية التي يحدث فيها تفكك النواة الام (المغير المستقرة) ${}^{A}_{Z}X$ إلى نواة بنت (أكثر إستقرارا) ${}^{A'}_{Z'}X'$ مع إنبعاث جسيمات أو دقائق أو إشعاع كهرومغناطيسي .



ملاحظة: على حسب نوع الدقيقة يكون لدينا نوع النشاط الإشعاعي.

من خصائصه:

1- تلقائي (عفوي): يحدث دون وسائط خارجية.

2- عشوائي: لا نعرف متى يحدث التفكك التالي و هو يخضع إلى قوانين الإحصاء.

3- حتمي: أي أنه لايمكن إيقاف حدوثه.

ملاحظة: يمكن الكشف عن النشاط الإشعاعي بإستعمال:

1- عداد جيجر، غرفة التأيين، غرفة ويلسون.

IV- معادلات التفكك:

1- قانون الإنحفاظ لـ soddy: في كل تحول نووي يحفظ ما يلي:

- إنحفاظ العدد الذري (Z) أي العدد الذري للمتفاعلات = العدد الذري للنواتج.
- إنحفاظ العدد الكتلي (A) أي العدد الكتلي للمتفاعلات = العدد الكتلي للنواتج.

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

حسب قانون الإنحفاظ لصودي:

$$\begin{cases} A_1 + A_3 = A_3 + A_4 \\ Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4 \end{cases}$$

مثال: $^{238}_{92}U \rightarrow ^{234}_{90}Th + ^{4}_{2}He$

حسب قانون صودي العدد الذري محفوظ و العدد الكتلي محفوظ.

2- التفكك α:

الجسيمات (α) هي عبارة عن نواة الهيليوم (^4_2He) منبعثة من نواة مشعة و تكون المعادلة النووية من الشكل:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A-4}_{Z-2}Y + \underbrace{^{4}_{2}He}_{\alpha}$$

مثال: $^{210}_{84}Po \rightarrow ^{206}_{82}Pb + ^{4}_{2}He$

3- التفكك β^-: (نوية غنية بالنوترونات)

- الجسيمات (β^-) هي إلكترونات $(^0_{-1}e)$ و في نفس الوقت ينبعث جسم أخر يدعى النيترينو مضاد $(^0_0\bar{\gamma})$.
- في التحول (β^-) يتحول النيترون إلى بروتون حسب المعادلة التالية: $^1_0n \rightarrow ^1_1P + ^0_{-1}e$

و عليه تكون معادلة التفكك كالتالي: $^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A}_{Z+1}Y + \underbrace{^{0}_{-1}e}_{\beta^-} + ^0_0\bar{\gamma}$

مثال: $^{14}_{6}C \rightarrow ^{14}_{7}N + ^0_{-1}e + ^0_0\bar{\gamma}$

4- التفكك β^+: (نوية غنية بالبروتونات)

5- الجسيمات (β^+) هي عبارة عن بوزيترونات (^0_1e) منبعثة من نواة مشعة بعد تحول بروتون إلى نوترون كما يلي: $^1_1P \rightarrow ^1_0n + ^0_1e$، وتكون معادلة تفكك كالتالي: $^{A}_{Z}X \rightarrow ^{A}_{Z-1}Y + \underbrace{^{0}_{1}e}_{\beta^+} + ^0_0\gamma$

مثال: $^{12}_{7}N \rightarrow ^{12}_{6}C + ^0_1e + ^0_0\gamma$

6- الإصدار γ :

هو إشعاع غير مشحون له خبيعة كهرومغناخيسية و هو يرافق غالبا النشاخات الإشعاعية α ، β^- ، β^+ ، حيث تكون النواة البنت (الناتجة) مثارة و تصدر الإشعاع γ لتستقر و تمثل النواة المثارة بالرمز X^* .

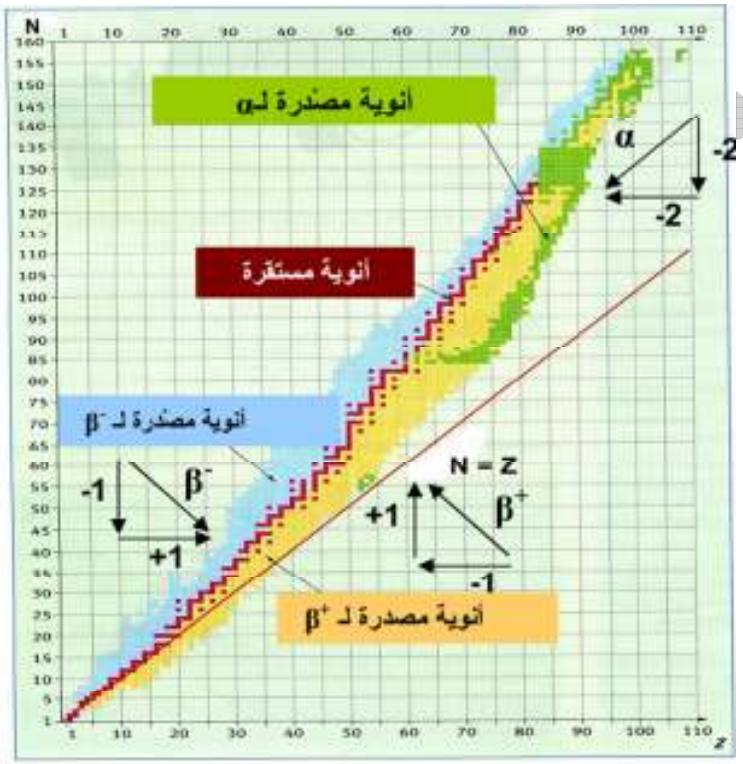
$$^{A}_{Z}X^{*} \rightarrow ^{A}_{Z}X + \gamma$$

مثال : $^{14}_{6}C \rightarrow ^{14}_{7}N^{*} + ^{0}_{-1}e$

$^{14}_{7}N^{*} \rightarrow ^{14}_{7}N + \gamma$ و عليه : $^{14}_{6}C \rightarrow ^{14}_{7}N + ^{0}_{-1}e + \gamma$

7- المخطط (N, Z) لـ segré :

- يحتوي المخطط جميع الأنوية (المستقرة و الغير مستقرة) موزعة في حزم ملونة .
- الشق الأحمر الذي يفصل بين الأزرق و الأصفر يمثل الأنوية المستقرة و يدعى بوادي الإستقرار .
- النقط الصفراء و الزرقاء و الخضراء تمثل الأنوية الغير مستقرة .
  - ✓ النقط الزرقاء تمثل الأنوية الباعثة للإشعاع β^- .
  - ✓ النقط الصفراء تمثل الأنوية الباعثة للإشعاع β^+ .
  - ✓ النقط الخضراء تمثل الأنوية الباعثة للإشعاع α .



مخطط segre، المخطط (N ،Z)

تمرين 4 صفحة 102 :

1. يكون العنصر الكيميائي $^{10}_{4}X$ نظيرا لنواة البيريليوم $_{4}Be$.
2. نعم النواة $^{10}_{4}X$ غير مستقرة لأنها تقع فوق وادي الإستقرار .
3. نمط التفكك الذي يحدث لها هو التفكك β^- .
4. النواة التي تشكلها بعد تفككها هي : $^{10}_{5}X$ ، حيث معادلة التفكك : $^{10}_{4}X \rightarrow ^{A}_{Z}Y + ^{0}_{-1}e$.

و منه النواة الناتجة هي نواة البور $_{5}B$. $\begin{cases} 10 = A + 0 \\ 4 = Z + (-1) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 10 \\ Z = 5 \end{cases}$

V- التناقص الإشعاعي :

تذكير بالعلاقات الرياضية :

أ- الدالة الأسية e : $e = 2,718$.

e^x : دالة معرفة على المجال lR ، خواص الدالة الأسية :

$$\begin{cases} \bullet\ e^x \times e^y = e^{x+y} \\ \bullet\ \dfrac{1}{e^x} = e^{-x} \\ \bullet\ \dfrac{e^x}{e^y} = e^{x-y} \end{cases} \qquad \begin{cases} \bullet\ \left(e^x\right)^y = e^{x.y} \\ \bullet\ e^x = e^y \Rightarrow x = y \\ \bullet\ \left(e^{f(x)}\right)' = f'(x)\ e^{f(x)} \left(\text{الدالة المشتقة}\right) \end{cases}$$

ب- الدالة اللوغارتمية $\ln$:

$\ln x$: دالة معرفة على المجال $]0,+\infty[$

- $\ln 1 = 0$
- $\ln e = 1$

$x \rangle 0$ و $y \rangle 0$ و α ثابت :

- $\ln(x.y) = \ln x + \ln y$
- $\ln\left(\dfrac{x}{y}\right) = \ln x - \ln y$
- $\ln\dfrac{x}{y} = -\ln\dfrac{y}{x}$
- $\ln\dfrac{1}{x} = \ln 1 - \ln x = -\ln x$
- $\ln x = \ln y \Rightarrow x = y$
- $\begin{cases} \ln e^{\alpha x} = \alpha x \ln e = \alpha x \\ e^{\ln \alpha x} = \alpha x \end{cases} \Rightarrow \ln e^{\alpha x} = e^{\ln \alpha x}$

كيف نحاكي تفكك الأنوية المشعة ؟

يمكن إجراء هذه المحاكات بواسطة قطع النرد .

الإشكالية : نقوم برمي 200 قطعة نرد ثم نحذف النردات التي تظهر الوجه 6 ، ثم نعيد الرمية بالنردات المتبقية ثم نحذف النردات التي تظهر الوجه 6 و نواصل العملية حتى نهاية النردات ، حيث عدد الرميات تمثل 1 ثانية .

تم إنجاز 30 رمية و سجلة النتائج المدونة على الجدول التالي و هذا بإستعمال برنامج محاكاة :

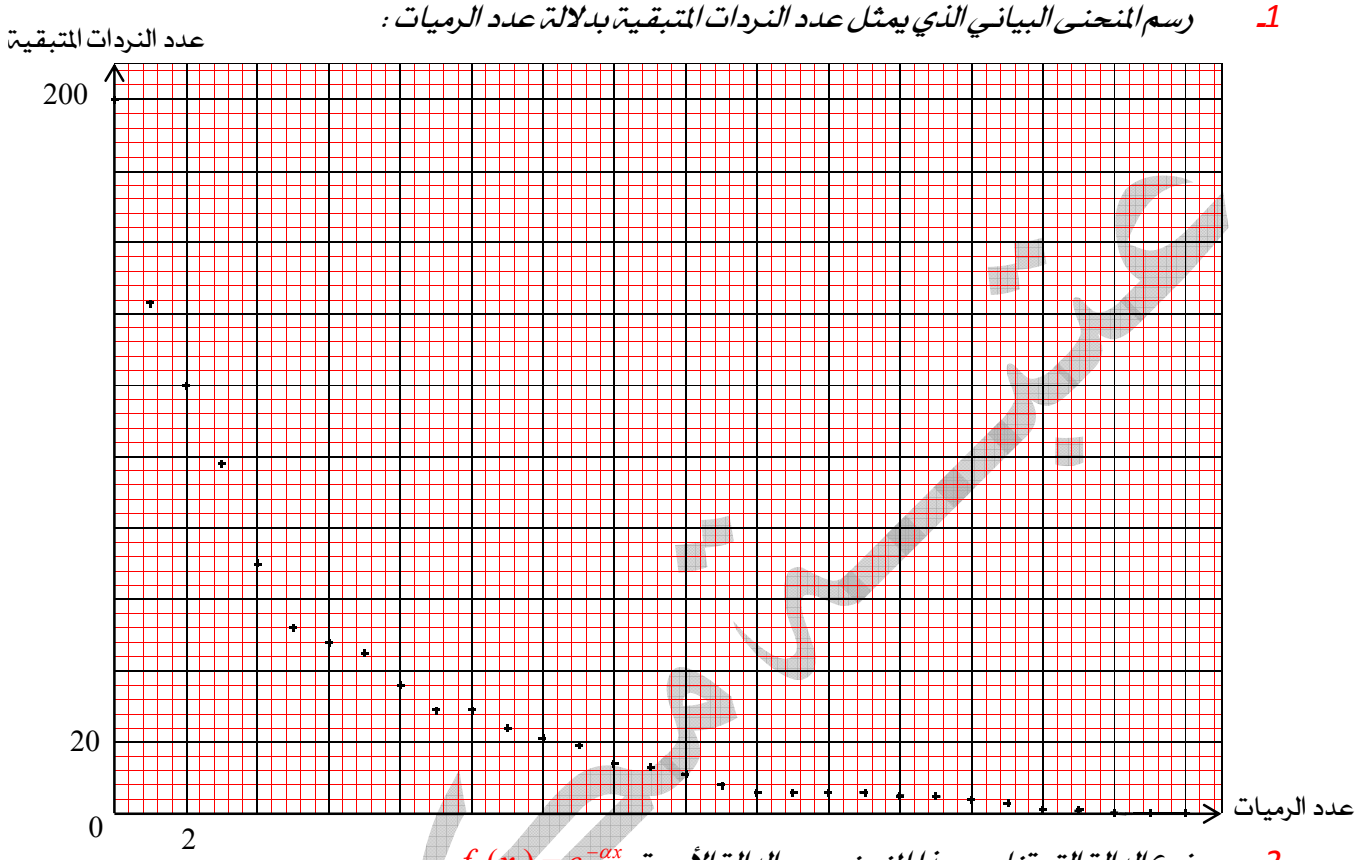
عدد الرميات	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
عدد النردات المتبقية	200	143	120	98	70	52	48	45	36	29	29	24	21	19	14	13

16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
11	8	6	6	6	6	5	5	4	3	1	1	0	0	0

1. أرسم المنحنى البياني الذي يمثل عدد النرات المتبقية بدلالة عدد الرميات .
2. ما نوع الدالة الرياضية التي منحناها يناسب المنحنى الناتج ؟

الإجابة :

1. رسم المنحنى البياني الذي يمثل عدد النرات المتبقية بدلالة عدد الرميات :



2. نوع الدالة التي تناسب هذا المنحنى هي الدالة الأسية $f(x)=e^{-\alpha x}$.

قانون التناقص الإشعاعي :

التناقص الإشعاعي :هو ظاهرة عشوائية (خاضعة لقوانين الإحتمال) .

- لتكن N_0 عدد الأنوية المشعة الإبتدائية عند $t=0$ و $N(t)$ عدد الأنوية المشعة المتبقية عند اللحظة t ، بفعل النشاط الإشعاعي يتناقص عدد الأنوية $N(t)$ ، فعند اللحظة $t+\Delta t$ يكون عدد الأنوية المشعة المتبقية هو: $(N(t)+\Delta N)$ ، حيث : $(\Delta N \langle 0)$.
- إذا عدد الأنوية المتفككة خلال المدة الزمنية Δt هي : $N(t)-(N(t)+\Delta N)=-\Delta N \rangle 0$.
- كلما كان عدد الأنوية $N(t)$ كبيرا كلما إزدادت عدد التفككات خلال المدة الزمنية Δt و من جهة أخرى ΔN يتناسب خردا مع Δt و N وعليه نكتب : $-\Delta N = \lambda \times N \times \Delta t$ ومنه : $\boxed{\Delta N = -\lambda \times N \times \Delta t}$

حيث: λ مقدار فيزيائي يسمى ثابت التفكك أو ثابت النشاط الإشعاعي وحدته (s^{-1}) .

إذا : $\dfrac{\Delta N}{\Delta t} = -\lambda \times N$

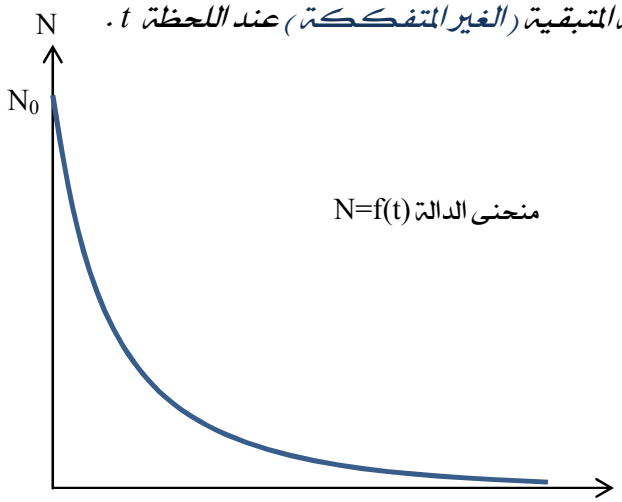
وعندما $\Delta t \to 0$ نكتب : $\dfrac{dN}{dt} = N'(t) = -\lambda N$ ومنه : $\boxed{N'(t)+\lambda N(t)=0}$.....(1)

(1) معادلة تفاضلية من الرتبة الأولى حلها من الشكل : $\boxed{N(t)=N_0\, e^{-\lambda t}}$ وهو **قانون التناقص الإشعاعي**

N_0 : عدد الأنوية المشعة الإبتدائية .

$N(t)$: هو عدد الأنوية المشعة المتبقية (الغير المتفككة) عند اللحظة t .

λ : ثابت التفكك .



منحنى الدالة N=f(t)

زمن نصف العمر (الدور، عمر النصف) : هو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد الأنوية المشعة الإبتدائية :

$N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$.

عبارة زمن نصف العمر :

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

لما $t = t_{1/2}$ فإن :

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

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

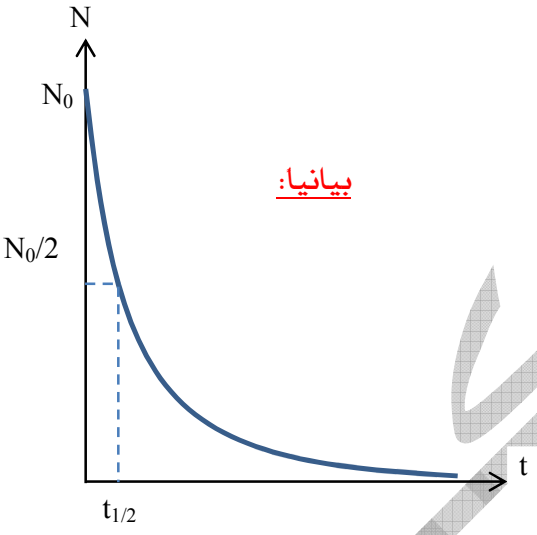
$\frac{1}{2} = e^{-\lambda t_{1/2}}$

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

ومنه $-\ln 2 = -\lambda t_{1/2}$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

بيانيا:



ثابت الزمن : هو الزمن اللازم لتفكك 63% من عدد الأنوية المشعة الإبتدائية N_0 عبارته : $\tau = \frac{1}{\lambda}$

بما أن $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ ومنه : $\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ وعليه : $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{t_{1/2}}{\ln 2}$

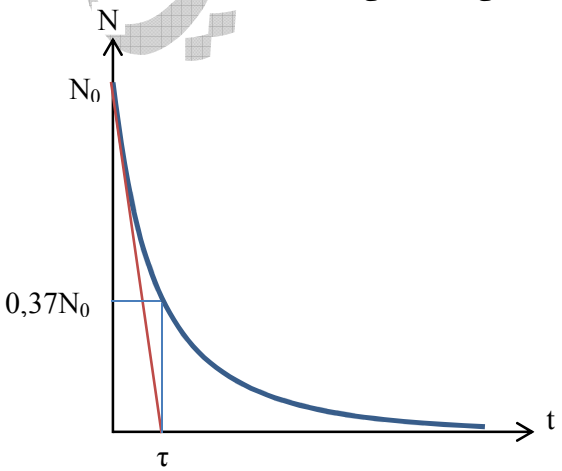
بيانيا : نرسم المماس عند اللحظة $t = 0$ حيث نقطة تقاطع المماس مع محور الأزمنة يمثل τ .

عدد الأنوية المشعة المتبقية في اللحظة $t = \tau$:

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

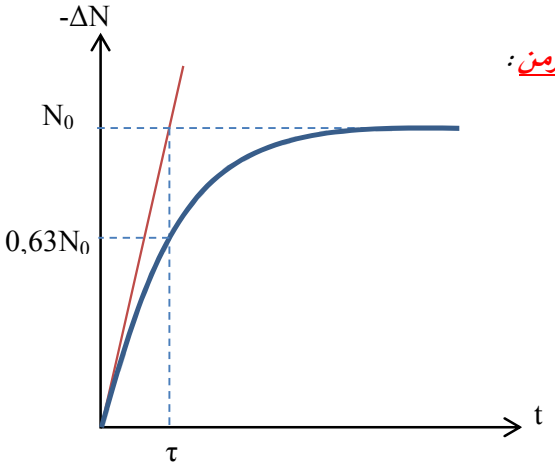
$N(\tau) = N_0 e^{-\lambda \frac{1}{\lambda}}$

$N(\tau) = N_0 e^{-1} = 0{,}37 N_0$



عدد الانوية المتفككة في اللحظة $t = \tau$:

$$-\Delta N(\tau) = N_0 - N(\tau)$$
$$-\Delta N(\tau) = N_0 - 0{,}37N_0$$
$$-\Delta N(\tau) = (1-0{,}37)N_0 = 0{,}63N_0$$



بيان تغيرات عدد الأنوية المتفككة بدلالة الزمن :

$$-\Delta N(t) = N_0 - N(t)$$
$$-\Delta N(t) = N_0 - N_0 e^{-\lambda t}$$
$$-\Delta N(t) = N_0(1-e^{-\lambda t})$$

لما $t = 0$ فإن : $-\Delta N(0) = N_0(1-e^0) = 0$

ما $t = 0$ فإن : $-\Delta N \to N_0$

النشاط الإشعاعي :

تم إكتشاف النشاط الإشعاعي من طرف العالم هنري بكريل 1896 م

النشاط الإشعاعي : هو النسبة بين عدد الأنوية المتفككة $(-\Delta N)$ خلال المدة الزمنية Δt :

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

عندما $\Delta t \to N_0$ ولدينا : $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$ ومنه : $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$

$$\frac{dN(t)}{dt} = N'(t) = -\lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

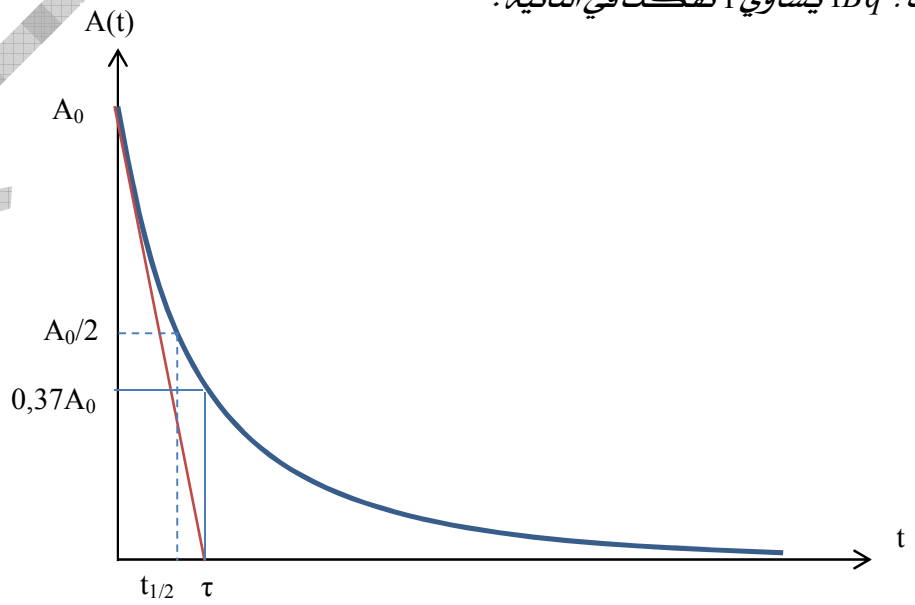
ومنه :

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

$$-\frac{dN(t)}{dt} = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$$

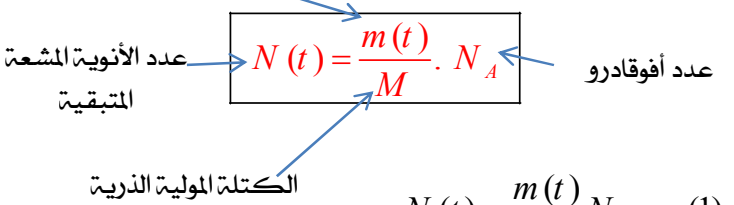
حيث: $A_0 = \lambda N_0$: هو ثابت النشاط الإشعاعي الإبتدائي للعينة المشعة وحدته البيكرايل (Bq)

حيث : $1Bq$ يساوي 1 تفكك في الثانية .



علاقة عدد الأنوية المشعة المتبقية بكتلة النواة :

لدينا : $\begin{cases} 1\ mol \rightarrow N_A = 6,02.10^{23} \ (\text{نواة}) \\ n\ mol \rightarrow N \end{cases}$ ومنه : $N = n.\ N_A$



علاقة كتلة النواة بالزمن :

لدينا في اللحظة t : $N(t) = \frac{m(t)}{M} N_A \ldots\ldots(1)$

وفي اللحظة $t = 0$ لدينا : $N(0) = \frac{m(o)}{M} N_A \ldots\ldots(2)$

كما نعلم أن : $N(t) = N_0\, e^{-\lambda t} \ldots\ldots(3)$

ومنه : من 1 و 2 و 3 نجد :

$$N(t) = N_0\, e^{-\lambda t} = \frac{m(t)}{M} N_A$$

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

$$\boxed{m(t) = m_0\, e^{-\lambda t}}$$

تطبيقات النشاط الإشعاعي للتأريخ :

تمرين 17 صفحة 106 :

1. معادلة التفكك : ${}^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e$
   - قانون الإنحفاظ هو : إنحفاظ العدد الذري Z والعدد الكتلي A .
   - نوع التفكك هو : β^- .
2. حساب الزمن اللازم لتناقص كمية الكربون 14 إلى النصف بعد الممات هو : $t_{1/2} = 5570\ ans$
3. العلاقة بين A و A_0 , λ و t هي : $A = A_0\, e^{-\lambda t}$
4. تعيين تاريخ صنع التابوت :

لدينا : $A = 70\ Bq$ و $A_0 = 120\ Bq$

نحسب عمر القطعة الخشبية من العلاقة : $A = A_0\, e^{-\lambda t}$

ومنه : $\frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t}$

$$\ln\frac{A}{A_0}=\ln e^{-\lambda t}$$

$$\ln\frac{A}{A_0}=-\lambda t$$

$$t=-\frac{1}{\lambda}\ln\frac{A}{A_0}$$

$$t=-\frac{1}{\frac{\ln 2}{t_{1/2}}}\ln\frac{A}{A_0}$$

$$\boxed{t=-\frac{t_{1/2}}{\ln 2}\ln\frac{A}{A_0}} \quad \text{أو} \quad \boxed{t=\frac{t_{1/2}}{\ln 2}\ln\frac{A_0}{A}}$$

ت . ع:

$$t=-\frac{5570}{0,69}\ln\frac{70}{120}=4331\ ans$$

تفاعلات الإنشطار و الإندماج :

1- فرضية أنشتاين 1905 م :

إقترح العالم أنشتاين سنة 1905 م علاقة تربط بين كتلة الجسم (m) في حالة السكون و طاقته الكتلية (E_0) عبر عنها بالعلاقة التالية : $E_0=m\ .\ C^2$ ، حيث : $C=3.10^8(m/s)$ (سرعة الضوء) .

إستنتاج : نستنتج أن كل تغير في الكتلة Δm لجملة ساكنة يوافق تغير في طاقة كتلتها بحيث:

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

2- وحدة الكتلة و الطاقة :

أ- وحدة الكتلة الذرية :

في الفيزياء النووية تكون كتلة النواة و الجسيمات (α,β^-,β^+) صغيرة جدا و لهذا يفضل التعبير عنها بإستعمال وحدة مناسبة و هي وحدة الكتلة الذرية (u)

حيث :

$$1\ u=\frac{1}{12}m_{(^{12}C)}.....(1)$$

نعلم أن 1 مول من الكربون (^{12}C) يزن $12g$ وأن 1 مول يحتوي على $N_A=6,02.10^{23}$ ذرة

ومنه :

$$\begin{cases}6,02.10^{23}\ \text{ذرة} \rightarrow 12.10^{-3}\ kg\\ 1\ \text{ذرة} \rightarrow m_{(^{12}C)}\end{cases}$$

ومنه :

$$m_{(^{12}C)}=\frac{12.10^{-3}}{6,02.10^{23}}$$

بالتعويض في (1) نجد :

$$1\ u=\frac{1}{12}\times\frac{12.10^{-3}}{6,02.10^{23}}$$

$$\boxed{1u=1,66.10^{-27}(kg)}$$

ب- وحدة الطاقة:

في الفيزياء النووية تستعمل وحدة أخرى لقياس الطاقة بدل الجول و هي الإلكترون فولط (eV)

$$1eV = 1,6.10^{-19}(J)$$

بحيث :

$$1MeV = 10^{6}eV$$

$$1GeV = 10^{9}eV$$

إذا :

$$\boxed{1MeV = 1,6.10^{-13}(J)}$$

مثال : $1kg$ يكافئ طاقة قدرها :

- $E_0 = m.C^2 = 1(3.10^8)^2 = 9.10^{16}(J) = 5,625.10^{29}MeV$

$1u$ يكافئ طاقة قدرها :

- $E_0 = m.C^2 = 1,66.10^{-27}(3.10^8)^2 = 1,49.10^{10}(J) = \dfrac{1,49.10^{10}}{1,6.10^{-13}}MeV$

$$\boxed{E_0 = 931,5MeV}$$

أي أن 1 وحدة كتلية ذرية تملك طاقة قدرها $931,5MeV \Leftarrow \boxed{1\ u = 931,5\dfrac{MeV}{C^2}}$

مثال : تعطى كتل الدقائق المشكلة للذرة :

- $m_n = 1,00866\ (u)$
- $m_P = 1,00728\ (u)$
- $m_{é} = 0,000549\ (u)$

أوجد الطاقة الكتلية لهذه الجسيمات بوحدة الـ (MeV) .

الحل : لدينا : $1u$ تحتوي على $931,5MeV$ و منه :

- $E_{0n} = 1,00866 \times 931,5 = 939,56MeV$
- $E_{0P} = 1,00728 \times 931,5 = 938,28MeV$:
- $E_{0é} = 0,000549 \times 931,5 = 0,513MeV$

3- التناقص الكتلي و طاقة الربط :

أ- النقص الكتلي :

من أجل نواة عنصر كيميائي ${}^A_Z X$ كتلتها $m({}^A_Z X)$ عمليا وجدنا أن كتلة النواة أصغر من مجموع كتل نيكليوناتها و هذا الفرق يدعى بالنقص الكتلي Δm .

حيث :

$$\boxed{\Delta m = Zm_P + (A-Z)m_n - m({}^A_Z X)}$$

مثال : أحسب النقص الكتلي لنواة الهيليوم $({}^4_2 He)$.

$$m_P = 1,00728\ (u)\ ,\ m_{é} = 0,000549\ (u)\ ,\ m_n = 1,00866\ (u)$$

الحل :

$$\Delta m = Zm_P + (A-Z)m_n - m({}^A_Z X)$$

$$\Delta m = (2 \times 1,00728) + (2 \times 1,00866) - 4,0015$$

$$\Delta m({}^4_2 He) = 0,030384(u)$$

و بالحساب نجد أن : $\dfrac{\Delta m({}^4_2 He)}{m({}^4_2 He)} \times 100 = 0,76\ \%$ و هي نسبة الكتلة الناقصة .

ب- خاقة الربط النووي E_l:

هي الطاقة اللازم توفيرها للنواة في حالة السكون لتفكيكها إلى نوكليونات و تعطى بالعلاقة التالية:

$$E_l = \Delta m . C^2$$

ومنه: $E_l = \left(Zm_P + (A-Z)m_n - m(^A_Z X)\right). C^2$

مثال: أحسب خاقة الربط النووي لنواة الهيليوم (^4_2He)

لدينا: $\Delta m = 0,03038U = 0,03038 \times 1,66 \times 10^{-27} kg = 0,0504308.10^{-27} kg$

ومنه: $E_l = \Delta m . C^2 = 0,0504308.10^{-27}.(3.10^8)^2 = 0,453877.10^{-11}(J)$

$$E_l = \frac{0,453877.10^{11}}{1,66.10^{-19}} = 28,367.10^6(eV)$$

$$E_l = 28,367(MeV)$$

ج- خاقة الربط لكل نوية E_A:

خاقة الربط لكل نوية هي نسبة خاقة الربط النووي (E_l) على عدد النويات (A) ونرمزلها بالرمز E_A

ونكتب: $$E_A = \frac{E_l}{A}(MeV / Nuclean)$$

A: عدد الأنوية (العدد الكتلي).

مثال: أحسب خاقة الربط لكل نوية من نواة الهيليوم (^4_2He).

إذا: $$E_A = \frac{E_l}{A} = \frac{28,367}{4} = 7,09(MeV / N)$$

مثال:

لدينا: $E_l(^{56}Fe) = 490MeV \ , \ E_l(^{235}U) = 1800MeV$

حساب خاقة الربط لكل نوية:

$$E_A(^{56}Fe) = \frac{E_l(^{56}Fe)}{A} = \frac{490}{56} = 8,75MeV / N$$

$$E_A(^{235}U) = \frac{E_l(^{235}U)}{A} = \frac{1800}{235} = 7,66MeV / N$$

نلاحظ أن: $\frac{E_l(^{56}Fe)}{A} \rangle \frac{E_l(^{235}U)}{A}$

ومنه نواة الحديد (^{56}Fe) أكثر إستقرارا من نواة اليورانيوم (^{235}U).

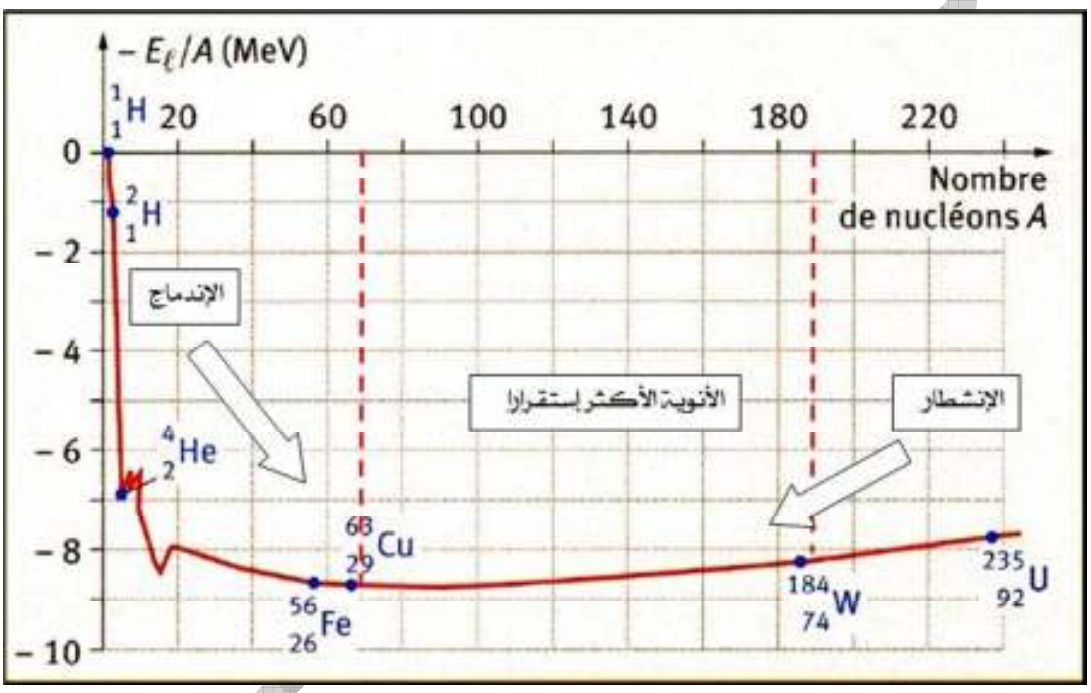
نتيجة:

كلما كانت خاقة الربط لكل نوية $\frac{E_l}{A}$ أكبر كلما كانت النواة أكثر إستقرارا.

د- منحنى أستون (ASTON) :

منحنى أستون هو منحنى $-E_A = -\frac{E_l}{A} = f(A)$ ، يسمح لنا المخطط بمعاينة سريعة للأنوية الأكثر إستقرارا .

- $A < 20$: (أنوية خفيفة) تزداد خاقة الربط لكل نوية $\frac{E_l}{A}$ حتى تبلغ $8\ MeV$ ← تفاعل إندماج .
- $50 < A < 75$: تكون خاقة الربط لكل نوية $\frac{E_l}{A}$ قيمة عظمى $8{,}8\ MeV$ ← أنوية مستقرة .
- $A > 100$: تتناقص خاقة الربط لكل نوية و هي أقل إستقرارا ← تفاعل الإنشطار .



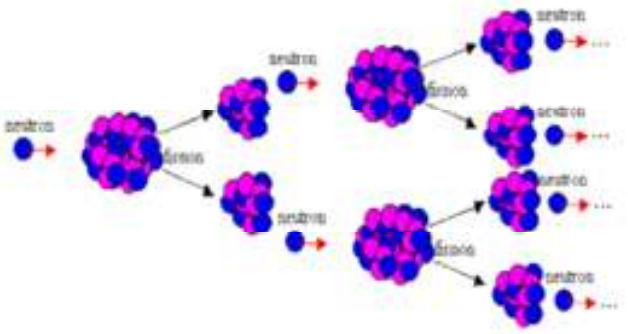
4- الإنشطار و الإندماج النووي :

أ- الإنشطار النووي :

هو تفاعل نووي يتم فيه قذف نواة ثقيلة بنوترون بطيئ فيحولها إلى نواتين خفيفتين مع إنبعاث عدد معين من النوترونات و تحرير خاقة كبيرة .

$$\boxed{{}^1_0n + {}^{A_1}_{Z_1}X_1 \rightarrow {}^{A_2}_{Z_2}X_2 + {}^{A_3}_{Z_3}X_3 + N\ {}^1_0n + énergie(\ \gamma)}$$

$$\begin{cases} 1 + A1 = A_2 + A_3 + N \\ Z_1 = Z_2 + Z_3 \end{cases}$$



أمثلة :

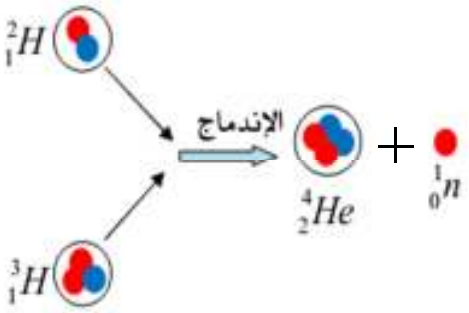
$$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{140}_{54}Xe + 2^{1}_{0}n$$
$$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{92}_{33}Kr + ^{141}_{56}Ba + 3^{1}_{0}n$$
$$^{1}_{0}n + ^{239}_{94}Pu \rightarrow ^{102}_{42}Mo + ^{134}_{52}Te + 3^{1}_{0}n$$

ملاحظة : تفاعل الإنشطار تفاعل تسلسلي (مغذي ذاتيا) .

ب- الإندماج النووي :

هو تفاعل يحدث فيه إلتحام نواتين خفيفتين فتنتج نواة أثقل مع إنبعاث نوترون و إصدار خاقة (γ).

مثال : $^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n + \gamma$



ملاحظة :

- يتم تفاعل الإندماج في درجة حرارة عالية جدا حوالي $10^{6}K$.
- تكون الطاقة المحررة من تفاعل الإندماج على شكل خاقة حركية .

5- الحصيل الطاقوية لتفاعل نووي E_{lib} :

الحالة العامة للإنشطار النووي أو الاندماج النووي .

ليكن التفاعل النووي (الإنشطار النووي أو الإندماج النووي) المنمذج بالمعادلة التالية :

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

توجد خريقتان لحساب الطاقة المحررة (الحصيلة الطاقوية) من خرف تحول نووي .

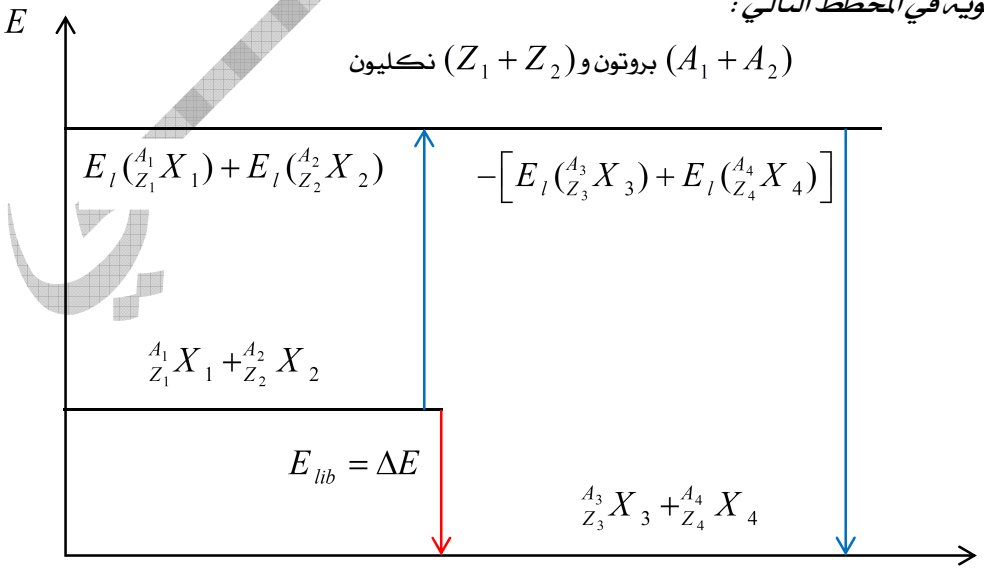
ط1) بإستعمال التغير في الكتلة :

$$E_{lib} = \Delta E = \Delta m . C^2 = (m_i - m_f) . C^2$$
$$E_{lib} = \left[m(^{A_1}_{Z_1}X_1) + m(^{A_2}_{Z_2}X_2) - m(^{A_4}_{Z_4}X_4) - m(^{A_4}_{Z_4}X_4) \right] . C^2$$

ط2) بإستعمال خاقة الربط لكل نوية :

$$E_{lib} = \left[E_l(^{A_4}_{Z_4}X_4) + E_l(^{A_4}_{Z_4}X_4) - E_l(^{A_1}_{Z_1}X_1) - E_l(^{A_2}_{Z_2}X_2) \right]$$

تمثل الحصيل الطاقوية في المخطط التالي :



نلاحظ أن $\Delta E > 0$ أي أن الجملة تحرر خاقة .

تطبيق:

1- أحسب الطاقة المحررة لإنشطار اليورانيوم ^{235}U .

2- إستنتج الطاقة المحررة نتيجة تفاعل $1kg$ من اليورانيوم ^{235}U.

$m(^{235}_{92}U)=235,0439(u);m(^{140}_{54}Xe)=138,9185(u);m(^{94}_{38}Sr)=94,837(u);m(^{1}_{0}n)=1,00866(u)$

الحل:

معادلة التفاعل: $^{1}_{0}n+^{235}_{92}U\rightarrow^{94}_{38}Sr+^{140}_{54}Xe+2^{1}_{0}n$

1- الطاقة المحررة:

$$E_{lib}=\Delta E=(m_i-m_f).C^2$$

$$m_i=m(^{235}_{92}U)+m(^{1}_{0}n)=236,05256(u)$$

$$m_f=m(^{94}_{38}Sr)+m(^{140}_{54}Xe)+2m(^{1}_{0}n)=235,77282(u)$$

$$E_{lib}=(236,05256-235,77282).C^2=0,27974.C^2=260,577(MeV)$$

2- حساب الطاقة المحررة من $1kg$ من اليورانيوم ^{235}U:

$$\left.\begin{array}{l}N_A\rightarrow 235(g)\\ N\rightarrow 1000(g)\end{array}\right\}\Rightarrow N=\frac{1000}{235}N_A=2,56.10^{24}$$

ومنه: $E'_{lib}=\Delta E'=N.E_{lib}=2,56\times10^{24}\times260,577=667,077.10^{24}(MeV)$

ملاحظة:

1- تفاعل الإنشطار هو تفاعل تسلسلي لأن النيترونات المنبعثة تحدث تفاعلات إنشطارية أخرى مولدة خاقة أكبر.

2- تفاعل الإندماج ينتج خاقة أكبر من تفاعل الإنشطار.

3- $1g$ من اليورانيوم يحرر خاقة تعادل إحتراق $1,8$ خن من البيترول.

4- $1g$ من التربسيو يحرر خاقة تعادل إحتراق $13,5$ خن من البيترول.

5- إذا كانت خاقة الربط للنواتج أكبر من خاقة الربط للمتفاعلات فإن التفاعل يحرر خاقة و العكس صحيح.

6- في الإنشطار النواتين الناتجتين تشعان β^- و تكون في حالة إثارة.

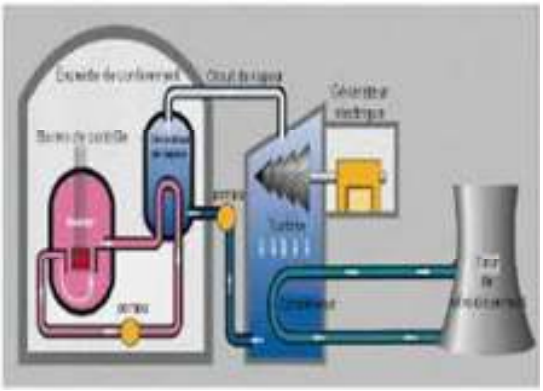
العالم بين منافع و مخاخر النشاط النووي :

- ✓ نشاخات توثيقية يقدمها التلاميذ تتناول فوائد توظيف المواد المشعة في حياة الإنسان (الطب ، إنتاج الطاقة الكهربائية بالإندماج ....) و أثارها المضرة بالنسبة للإنسان و البيئة .

مبدأ المفاعل النووي :

المفاعل النووي هو تركيب يسمح بتحقيق تفاعل الإنشطار النووي و التحكم فيه ، تستعمل فيه قضبان من مادة البور أو الكاديوم حيث تمتص الفائض من النترونات لتجنب أي إنفجار فيتم التحكم في التدفق النتروني الذي يسمح بتعطيل أو تعجيل التفاعل التسلسلي .

الوقود المستعمل غالبا هو ديوكسيد اليورانيوم UO_2 المخصب إلى 3% من اليورانيوم ^{235}U الذي يوضع في قلب المفاعل النووي .



في المفاعل البخاري تحت ضغط (PWR) كما في الشكل :
بحيث يستعمل الماء كسائل حامل للحرارة (fluide caloporteur) ، حيث يضبط درجة الحرارة و يحد من سرعة النترونات و هو يجري في دارتين :

- دارة أولية يكون فيها الماء سائلا في درجة حرارة تقارب $345°c$ و تحت ضغط كبير حوالي $115Bar$ يحول إلى بخار .
- ماء الدارة الثانية عند درجة حرارة $271°c$ و تحت ضغط $56Bar$ ، يؤدي ذلك إلى تدوير عنفة المنوب (التوربين) .

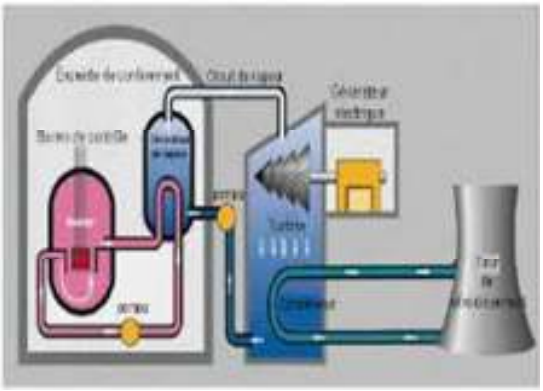
العالم بين منافع و مخاخر النشاط النووي :

✓ نشاخات توثيقية يقدمها التلاميذ تتناول فوائد توظيف المواد المشعة في حياة الإنسان (الطب ، إنتاج الطاقة الكهربائية بالإندماج ....) و أثارها المضرة بالنسبة للإنسان و البيئة .

مبدأ المفاعل النووي :

المفاعل النووي هو تركيب يسمح بتحقيق تفاعل الإنشطار النووي و التحكم فيه ، تستعمل فيه قضبان من مادة البور أو الكاديوم حيث تمتص الفائض من النترونات لتجنب أي إنفجار فيتم التحكم في التدفق النتروني الذي يسمح بتعطيل أو تعجيل التفاعل التسلسلي .

الوقود المستعمل غالبا هو ديوكسيد اليورانيوم UO_2 المخصب إلى 3% من اليورانيوم ^{235}U الذي يوضع في قلب المفاعل النووي .



في المفاعل البخاري تحت ضغط (PWR) كما في الشكل :

بحيث يستعمل الماء كسائل حامل للحرارة (fluide caloporteur) ، حيث يضبط درجة الحرارة و يحد من سرعة النترونات و هو يجري في دارتين :

- دارة أولية يكون فيها الماء سائلا في درجة حرارة تقارب $345°c$ و تحت ضغط كبير حوالي $115Bar$ يحول إلى بخار .
- ماء الدارة الثانية عند درجة حرارة $271°c$ و تحت ضغط $56Bar$ ، يؤدي ذلك إلى تدوير عنفة المنوب (التوربين) .

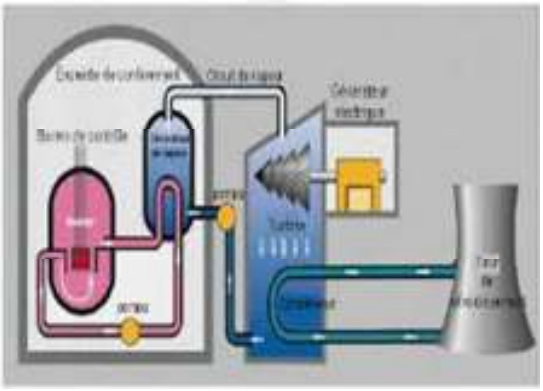
العالم بين منافع و مخاخر النشاط النووي :

✓ نشاخات توثيقية يقدمها التلاميذ تتناول فوائد توظيف المواد المشعة في حياة الإنسان (الطب ، إنتاج الطاقة الكهربائية بالإندماج ....) و أثارها المضرة بالنسبة للإنسان و البيئة .

مبدأ المفاعل النووي :

المفاعل النووي هو تركيب يسمح بتحقيق تفاعل الإنشطار النووي و التحكم فيه ، تستعمل فيه قضبان من مادة البور أو الكاديوم حيث تمتص الفائض من النترونات لتجنب أي إنفجار فيتم التحكم في التدفق النتروني الذي يسمح بتعطيل أو تعجيل التفاعل التسلسلي .

الوقود المستعمل غالبا هو ديوكسيد اليورانيوم UO_2 المخصب إلى 3% من اليورانيوم ^{235}U الذي يوضع في قلب المفاعل النووي .



في المفاعل البخاري تحت ضغط (PWR) كما في الشكل :

بحيث يستعمل الماء كسائل حامل للحرارة (fluide caloporteur) ، حيث يضبط درجة الحرارة و يحد من سرعة النترونات و هو يجري في دارتين :

- دارة أولية يكون فيها الماء سائلا في درجة حرارة تقارب $345°c$ و تحت ضغط كبير حوالي $115Bar$ يحول إلى بخار .
- ماء الدارة الثانية عند درجة حرارة $271°c$ و تحت ضغط $56Bar$ ، يؤدي ذلك إلى تدوير عنفة المنوب (التوربين) .