الوحدة 5: التحولات النووية

مكتسبات قبلية:

1/ بنية النواة:

^A_ZX

A: العدد الكتلي (عدد النوكليونات)

Z: العدد الشحني (عدد البروتونات) الذري

N: عدد النترونات $N = A - Z$ و $A = Z + N$

تركيب النواة (مكونات النواة)

البروتونات	النترونات
رمز البروتون ^1_1P	رمز النترون ^1_0n
عدد البروتونات Z	عدد النترونات N
$m_p = 1{,}6 \times 10^{-27}\,Kg$	$m_N = 1{,}67 \times 10^{-27}\,Kg$
$q_p = 1{,}6 \times 10^{-19}\,C$	$q_n = 0$ (نعت)

ملاحظات

- كتلة نواة: $m_{ذرة} \simeq m_{نواة} \simeq A \cdot m_p \simeq A \cdot m_n$
- شحنة نواة: $q_{نواة} = Z|e^-|$
- A = الكتلة المولية = النويات = النكليونات

هام جدا لا تنسي!

2/ النظائر:

هي أنوية تنتمي لنفس العنصر الكيميائي تشترك في العدد الشحني Z وتختلف في العدد الكتلي A (عدد النترونات N)

$^{A_1}_ZX$ ؛ $^{A_2}_ZX$ ؛ $^{A_3}_ZX$ ؛ $^{A_4}_ZX$

3/ القوة النووية القوية:

إن بقاء النواة متماسكة رغم وجود التنافر بين البروتونات دليل على وجود قوة نووية قوية تتغلب على قوى التنافر بين البروتونات

NOTE = العدد الذي يميز النواة هو Z

في كل التحول قانوني الانحفاظ صودي:

$^{A_1}_{Z_1}X + ^{A_2}_{Z_2}X \rightarrow ^{A_3}_{Z_3}X + ^{A_4}_{Z_4}X$

- انحفاظ A: $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$
- انحفاظ Z: $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$

1/- التحول الإشعاعي الطبيعي:

1/ تعريف التفكك النووي (الإشعاعي)

هو تفاعل نووي تتحول أثناءه نواة مشعة (نواة أب) إلى نواة ابن أكثر استقرار مع إصدار إشعاعات (الجسيمات α، β^-، β^+ أو γ)

- تعريف النواة المشعة: نواة غير مستقرة تتفكك لنواة أكثر استقرارا مع إصدارات إشعاعية (α، β^-، β^+، γ ..)
- تعريف النواة المستقرة: هي نواة لا تصدر إشعاعات ولا تتغير بروتوناتها ونتروناتها.

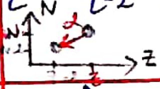
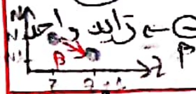
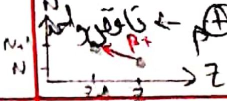
2/ خصائص النشاط الإشعاعي:

عشوائي ، تلقائي ، حتمي ، الحياتي ، لا يتعلق بالعوامل

- الفيزيائية ↔ التركيب الكيميائي
- الحرارة
- الضغط

ملاحظة: الحفظ يعني خصائص النشاط الإشعاعي عن ظهر قلب لا تنسي ذلك!

3/ أنواع النشاط الإشعاعي:

	تعريفه ومصدره	معادلته	خصائصه
ألفا α	نواة الهيليوم ^4_2He مصدر: الأنوية الثقيلة التي لها تفوق A A>190	$^A_ZX \rightarrow ^{A-4}_{Z-2}X' + ^4_2He$ 	• طاقة حركية سريعة خفيفة إصدار. • توقفه ورقة / اليد
β^- ناقص	عبارة عن إلكترون $^0_{-1}e$ مصدر: الأنوية التي لها فائض من Ⓝ حيث يتحول نترون إلى بروتون	$^A_ZX \rightarrow ^A_{Z+1}Y + ^0_{-1}e$ ⊖ ← زائد واحد 	• أكثر نفاذا من α • توقفه بعض mm من Aluminium • يتحرك بالحقل الكهربائي والمغناطيسي
β^+	عبارة عن بوزيترون $^0_{+1}e$ مصدر: الأنوية التي لها فائض من Z حيث يتحول بروتون إلى نترون.	$^A_ZX \rightarrow ^A_{Z-1}Y + ^0_1e$ ⊕ ← ناقص واحد 	
γ	موجة كهرومغناطيسية $^0_0\gamma$ مصدر: النواة الابنة المثارة حيث تفقد طاقتها الزائدة وتنزل إلى مستوى طاقة أقل	$^A_ZY^* \rightarrow ^A_ZY + ^0_0\gamma$	• لا يتحرك بالحقل الكهربائي والمغناطيسي • قدرة نفاذ عالية • قصير جدا

أنماط التفكك

- إشعاعات: $^0_0\gamma$ كهرومغناطيسي
- جسيمات: β^- ، β^+ ، α

مخطط سيغري (المخطط N,Z)

تعريفه: $N=f(Z)$ ، $Z=f(N)$ (دالة)

فائدته: - معرفة النواة المشعة (من نوع أيضا) والنواة المستقرة

- تحديد الإشعاع γ ، β^- ، β^+
- النظائر
- توضع الأنوية

	مستقرة	مشعة
$Z<20$	على خط الاستقرار $N=Z$	النترونات N زائدة: تشع β^- البروتونات Z زائدة: " β^+ على جانبي الخط
$20<Z<82$	تتجمع حول واد الاستقرار	على جانبي واد الاستقرار
$Z>82$	لا توجد	كل الأنوية مشعة

ملاحظة:

الأنوية الثقيلة المشعة ← لها فائض في N / لها فائض في Z / $A>190$

التناقص الإشعاعي

A/ قانون التناقص الإشعاعي

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

N_0: عدد الأنوية الابتدائية

$N_{(t)}$: عدد الأنوية المتبقية

t: الزمن بوحدة (s) λ: ثابت التفكك بوحدة (s^{-1})

ملاحظات هامة

λ: ثابت التفكك الإشعاعي تتعلق بالنواة ولا تتعلق بالزمن

يمثل احتمال التفكك في الثانية الواحدة

2/ ثوابت قانون التناقص الإشعاعي

$t_{1/2}$	τ	λ
الزمن اللازم لتفكك نصف الأنوية الابتدائية أي بقاء نصف الأنوية الابتدائية	الزمن اللازم لتفكك 63% من N_0 أي بقاء 37% منها	$\lambda = \frac{1}{\tau}\ (s^{-1})$ علاقة λ و $t_{1/2}$
$N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$	$N(\tau) = 0,37 N_0$	$\begin{cases} N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2} \\ N(t_{1/2}) = N_0 e^{-\lambda t_{1/2}} \end{cases}$
$\Rightarrow \frac{N_0}{N_{(t)}} = 2 \Rightarrow \frac{N_{(t)}}{N_0} = \frac{1}{2}$	فيزيائيا: متوسط عمر عينة مشعة	$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \tau \ln 2$

ملاحظات هامة

- $t_{1/2}$ زمن نصف العمر لا يتعلق بالضغط ولا بدرجة الحرارة ولا بالعدد N_0 إنما يتعلق بالنواة المشعة فقط.
- احسب عدد الأنوية المشعة المتبقية في العينة من أجل $t = n t_{1/2}$
  ↲ $N(n t_{1/2}) = \frac{N_0}{(2)^n}$
- τ بيانيا: فاصلة نقطة تقاطع المماس (T) عند $t=0$ مع البيان $N_{(t)}$

3/ الأنوية المتفككة N_d:

$N_d = N_0 - N_{(t)}$

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

4/ المعادلات التفاضلية:

المتبقية:

$$\frac{dN_{(t)}}{dt} + \lambda N_{(t)} = 0$$

تقبل دون برهان

المتفككة:

$$\frac{d(N_0 - N_d)}{dt} + \lambda(N_0 - N_d) = 0 \xleftarrow{N_{(t)} = N_0 - N_d}$$

$$\frac{dN_d}{dt} + \lambda N_d = \lambda N_0$$

النشاط الإشعاعي

تعريفه: هو عدد التفككات التي تحدث في الثانية الواحدة (سرعة تفكك الأنوية)

وحدته: البكريل (Bq)

يقاس بجهاز يدعى جيجر

$$\boxed{A_{(t)} = -\frac{dN_{(t)}}{dt}}$$

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

$$\boxed{A_{(t)} = \lambda N_{(t)}} \quad \boxed{A_{(t)} = A_0 e^{-\lambda t}} \quad \boxed{A_0 = \lambda N_0}$$

التأريخ بالإشعاع

لتحديد عمر عينة (قطعة خشب، جمجمة إنسان، ...)

نستعمل التأريخ بالإشعاع. datation

حي: النشاط الابتدائي: نشاط العينة لحظة الأخذ A_0

ميت: النشاط المتبقي: نشاط العينة بعد الموت $A_{(t)}$

$$A_{(t)} = A_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow e^{-\lambda t} = \frac{A}{A_0} \Rightarrow -\lambda t = \ln\left(\frac{A}{A_0}\right)$$

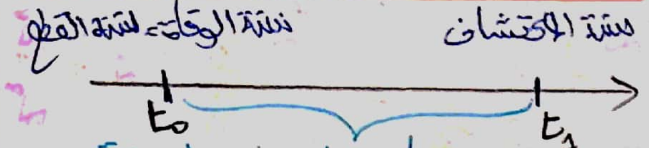
العمر $t = -\frac{1}{\lambda}\ln\frac{A}{A_0} = \frac{1}{\lambda}\ln\frac{A_0}{A}$

العمر $t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2}\ln\frac{A_0}{A_{(t)}}$

فكرة: يمكن أن نعطي مباشرة المدة الزمنية كالتالي

$$A_{(t)} = \frac{1}{n}A_0 \Rightarrow t = t_{1/2}\frac{\ln(n)}{\ln(2)}$$

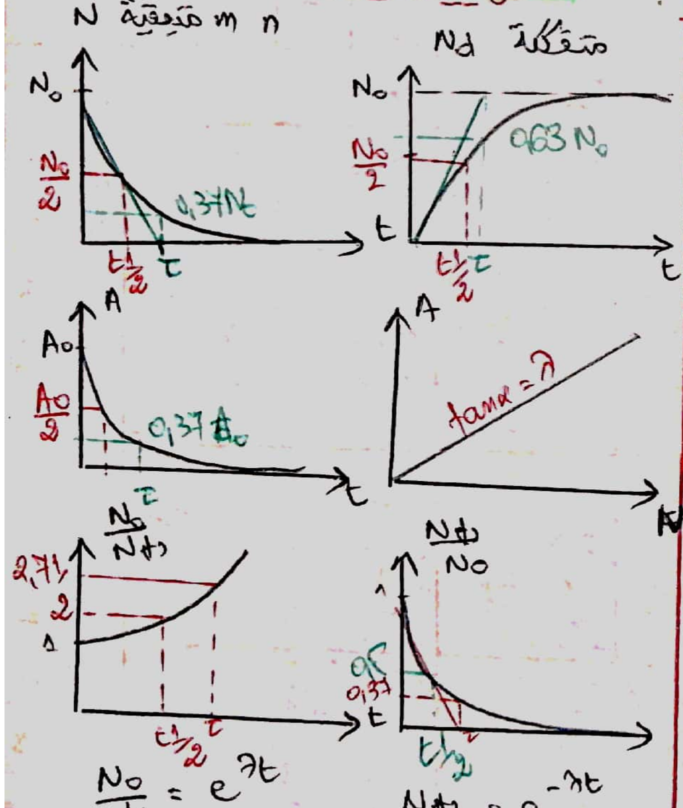
$$A_{(t)} = \alpha\% A_0$$



$t = t_1 - t_0$ عمر العينة

فكرة: يمكن استنتاج $N(^{14}_{6}C)$ دون أن تكون في المعطيات من خلال النسبة $\frac{N(^{14}_{6}C)}{N(^{12}_{6}C)} = 1,2\times10^{-12}$ لإيجاد $N_0(^{12}_{6}C)$

أهم البيانات:

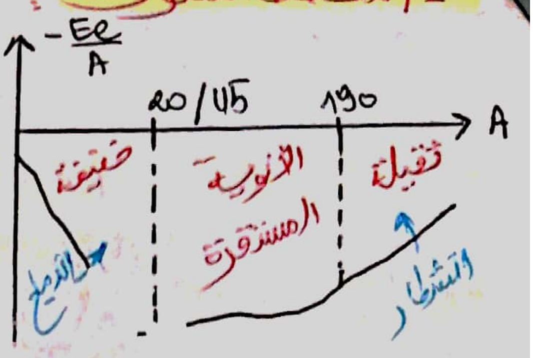


$\frac{N_0}{N_{(t)}} = e^{\lambda t}$

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

التفاعلات النووية المفتعلة

1/ مخطط أستون:



تعريفه: هو مخطط $-\frac{E_l}{A}=f(A)$ يمثل طاقة ربط نوية النواة بدلالة A العدد الكتلي

فائدته: ترتيب الأنوية حسب استقرارها حيث

$A<20$ أنوية غير مستقرة، تستقر بالاندماج

$20<A<190$ أنوية مستقرة

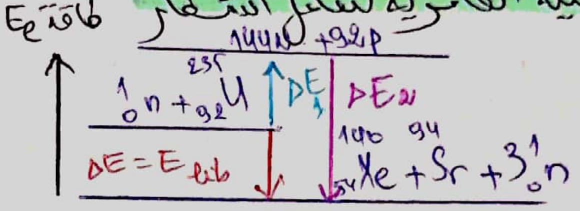
$A>190$ أنوية غير مستقرة تستقر بالانشطار

2/ تفاعل الانشطار

تعريفه: هو تفاعل نووي مفتعل قذف نواة ثقيلة بنترون لتنتج نواتين أخف أكثر استقرارًا مع تحرير طاقة ونترونات.

مثال: $^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U \rightarrow ^{140}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 3\,^{1}_{0}n$

الحصيلة الطاقوية لتفاعل الانشطار


طاقة E_p
$144n + 92p$
$^{1}_{0}n + ^{235}_{92}U$
ΔE_1
ΔE_2
$\Delta E = E_{lib}$
$^{140}_{54}Xe + ^{94}Sr + 3\,^{1}_{0}n$

شروط الانشطار:

القذيفة: نترون حراري وبطيء

لماذا النترون؟ متعادل كهربائيا كي لا يتنافر أو ينجذب للنواة موجبة الشحنة

لماذا بطيء؟ كي لا يخترق النواة

النواة: شطورة وثقيلة

من خصائص الانشطار: متسلسل مغذى ذاتيا

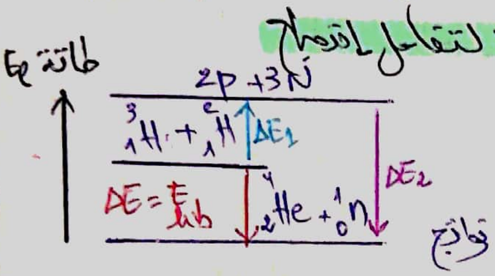
النترون الابتدائي يفتعل انشطار النواة الأولى والنترونات المنبثقة من هذا الانشطار تفتعل انشطارات أخرى وهكذا تتضاعف العملية بشكل متسلسل.

3/ تفاعل الاندماج

تعريفه: هو تفاعل نووي مفتعل (مستحدث) تتحد فيه نواتين خفيفتين لتعطي نواة أثقل أكثر استقرارًا مع تحرير طاقة

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

الحصيلة الطاقوية لتفاعل الاندماج



صعوبات تحقيق الاندماج: خفيفتين التصادم صعب

- النواتين المندمجتين موجبتين تحدث تنافر
- حدوث الاندماج يجب توفير طاقة كبيرة جدا $T\simeq10^{8}K$ حرارة مركز الشمس

← إذن هذا التفاعل هو الأكثر احتمالا في مفاعلات الاندماج مستقبلا نظرا للامتيازات الفيزيائية والتكنولوجية مقارنة بالتفاعلات الأخرى.

لماذا الاندماج أحسن؟

- يحرر طاقة أكبر من الانشطار
- الانشطار مكلف
- الانشطار ملوث للبيئة بسبب الإشعاع

4/ المفاعل النووي

تعريفه: هو جهاز يستخدم في توليد الكهرباء أو دفع السفن والغواصات عن طريق تحويل الطاقة النووية المتحررة من تحول نووي.

استطاعة المفاعل:

$$P = \frac{E_{électrique}}{\Delta t}$$

مردود المفاعل:

$$r\% = \frac{E_e}{E_T}\times 100$$

$$E_e = \frac{E_T \times r}{100}$$

5/ الطاقات

1/ علاقة أينشتاين: الطاقة والكتلة

علاقة التكافؤ (كتلة - طاقة): يمكن للكتلة أن تتحول لطاقة والطاقة أن تتحول لكتلة

$$E = m . c^2$$

يقاس → E = الطاقة ← MeV

Kg ← m = الكتلة ← $u = 931,5$ MeV/c^2

3×10^8 ← c = سرعة الضوء ← c^2

2/ النقص الكتلي للنواة:

وجد تجريبيا أن كتلة النويات أكبر من كتلة النواة وسمي الفرق بالنقص الكتلي Δm:

$$\Delta m = m_{\text{نكليونات}} - m_{\text{نواة}} = [(Z.m_p + N.m_n) - m(^A_ZX)]$$

النقص الكتلي للتفاعل:

$$\Delta m' = \left|\sum m_{\text{نواتج}} - \sum m_{\text{متفاعلات}}\right|$$

تحويلات وحدات مهمة

الـ وحدة الكتلة الذرية u

$$1u = \frac{1}{12} m_{C^{12}} = 1,67\times10^{-27}\,Kg = 931,5\,\frac{MeV}{c^2}$$

$1\,eV = 1,6\times10^{-19}\,J$ $\quad$ $1\,MeV = 10^6\,eV$ $\quad$ $1\,MeV = 1,6\times10^{-13}\,J$

3/ الطاقات

1) طاقة النواة

$$E(^A_ZX) = m_{^A_ZX} \times c^2$$

2) طاقة ربط النواة $E_l(^A_ZX)$

هي الطاقة التي نعطيها للنواة الساكنة لتفكيكها إلى مكوناتها (نكليونات) المعزولة والساكنة. طاقة تماسك النواة

$$\begin{cases} E_l(J) = \Delta m(Kg) . c^2 \\ E_l(MeV) = \Delta m(u) \times 931,5 \end{cases}$$

3) طاقة ربط نويات النواة $\frac{E_l}{A}$

هي النسبة بين طاقة الربط وعدد النكليونات أي طاقة الربط للنكليون الواحد.

$$E_{l/A} = \frac{E_l(^A_ZX)}{A}\ \text{MeV/nuc}$$

الهدف منها مقارنة استقرار الأنوية حيث النواة الأكثر استقرار لها $E_{l/A}$ أكبر

4) طاقة محررة من تفاعل انشطار أو اندماج نواة واحدة.

1) النقص الكتلي

$$E_{lib} = \Delta m'_{\text{تفاعل}} . c^2$$

J ← Kg ؛ MeV ← u × 931,5

2)

$$E_{lib} = \sum E_{l\,\text{نواتج}} - \sum E_{l\,\text{متفاعلات}}$$

3)

$$E_{lib} = \sum E_{^A_ZX\,\text{متفاعلات}} - \sum E_{^A_ZX\,\text{نواتج}}$$

4) تظهر E_{lib} على شكلين: حركية E_c، حرارية إشعاعية E_γ

$$E_{lib} = E_c + E_\gamma$$

5) من مخطط الحصيلة

5) طاقة محررة من اندماج/انشطار عينة

$$E_{totale} = N \times E_{lib} \qquad n = \frac{m}{M} = \frac{V_g}{V_M} = \frac{N}{N_A}$$

ملاحظة: في حالة العينة مكونة من اليورانيوم m فقط

$$N = \frac{m}{M} \times N_A$$

أما في حالة مزيج ستوكيومتري من أنوية ^2_1H و ^3_1H كتلته m فإن:

$$N = \frac{m}{M(^3_1H) + M(^2_1H)} N_A$$

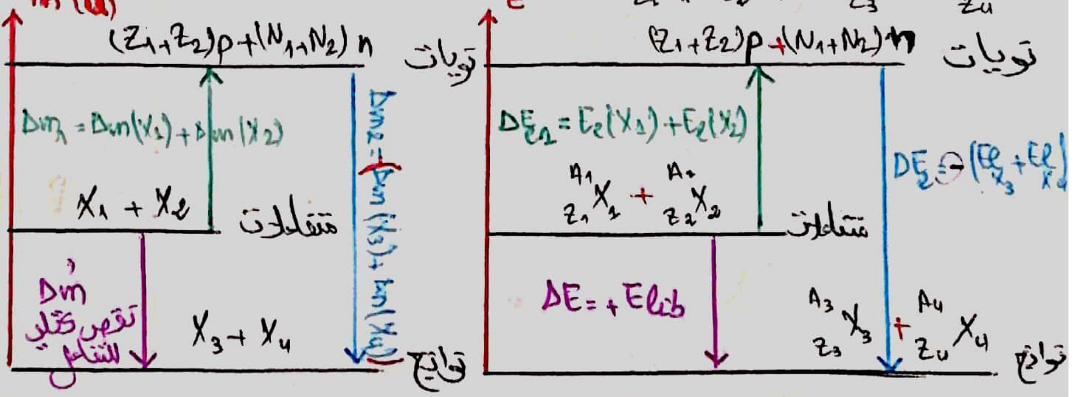
6) الطاقة المحررة لكل نكليون

$$E_{lib/A} = \frac{E_{lib}}{\sum A}$$

4/ الحصيلة الطاقوية والكتلية لتفاعل نووي

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

- $m_{\text{نواة}} < m_{\text{مكونات}}$ → $\Delta m c^2 = E_l$ طاقة الربط
- $m_{\text{نواتج}} < m_{\text{متفاعلات}}$ → $\Delta m' c^2 = E_{lib}$ طاقة محررة
- في تفاعل نووي تتفكك الأنوية المتفاعلة إلى نكليونات ثم تجتمع النكليونات من جديد مشكلة الأنوية



6- منافع و مخاطر النشاط النووي

• منافع و مخاطر النشاط النووي

▪ تمهيد :

يعتبر إنريكو فيرمي عالم في الفيزياء من إيطاليا والذي حاز على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1938 وغادر إيطاليا بعد صعود الفاشية على سدة الحكم واستقر في نيويورك في الولايات المتحدة من أوائل من اقترحوا بناء مفاعل نووي حيث اشرف مع زميله ليو زيلارد Leó Szilárd الذي كان يهوديا من مواليد هنغاريا على بناء أول مفاعل نووي في العالم عام 1942 وكان الغرض الرئيسي من هذا المفاعل هو تصنيع الأسلحة النووية.

▪ المفاعل النووي:

- المفاعلات النووية عبارة عن منشآت ضخمة تعمل على مبدأ الانشطار النووي وذلك من خلال انشطار نواة الذرة ، مما يؤدي إلى إطلاق طاقة حرارية كبيرة ، وتعتبر مادة اليورانيوم 235 الوقود الرئيسي المستخدم في المفاعلات النووية، ويحدث الانشطار النووي لأنوية اليورانيوم بإطلاق النيوترونات عليها ، وعندما تنشطر بعض الأنوية فإنها تطلق النيوترونات، واصطدام هذه النيوترونات مع أنوية أخرى يسبب انشطارها فيتم تحرير المزيد من النيوترونات، وهكذا ويستمر التفاعل المتسلسل مسبباً توليد كمية هائلة من الطاقة الحرارية .
- ثمة نوعان من المفاعلات النووية: مفاعلات للبحث وأخرى لتوليد للطاقة.
- تُستخدَم مفاعلات البحث لإجراء الأبحاث العلمية، وإنتاج النظائر لأهداف طبية وصناعية ، وهي لا تستخدم لإنتاج الطاقة ، أما مفاعلات الطاقة فيتم استخدامها لتوليد الطاقة الكهربائية ، وتستخدم المفاعلات النووية أيضا كمصانع لإنتاج الأسلحة في البلدان التي تمتلك برامج حرب نووية ؛ فيمكن استخدام المفاعلات النووية السلمية لإنتاج الأسلحة النووية وإجراء الأبحاث المتعلقة بها .

• مكونات المفاعل النووي:

يتم التفاعل النووي في قلب المفاعل والذي ينتج حرارة عالية ، يتم نقلها عبر المبادلات الحرارية (والتي تعمل عادة بالماء الثقيل وللتحكم في التفاعل توجد قضبان التحكم التي يتم عن طريقها تخفيض سرعة التفاعل بدفعها داخل قلب المفاعل . ولهذه القضبان القدرة على امتصاص النيترونات لتوقيف التفاعل .

• العالم بين منافع ومخاطر النشاط الإشعاعي:

▪ الاستخدام السلمي للطاقه النووية :

• في مجال الطاقه :

تزود الطاقة النووية دول العالم بأكثر من 16% من الطاقة الكهربائية ، فهي تلبي ما يقارب 35% من احتياجات دول الاتحاد الأوروبي ، فرنسا وحدها تحصل على 77% من طاقتها الكهربائية من المفاعلات النووية .

• في المجال الطبي :

من انجازات استخدام النظائر المشعه في المجال الطبي ما يلي :

- بواسطه التحليل الاشعاعي امكن للاطباء تقدير الهرمونات في الجسم بدقه وسهوله .
- في التشخيص فقد وصل استخدام الطب النووي الى 99% من الامراض المستعصيه حيث يتم تصوير عضله القلب باستخدام عنصر الثاليوم المشع لتشخيص ضيق الشريان ومدى التعرض للذبحه الصدريه.
- امكن مراقبه وظيفه القلب باستخدام الابر المشعه للكرات الحمراء مع مادة التكنشيوم المشع وبذلك امكن علاج امراض القلب نتيجه التشخيص الدقيق .
- امكن تحديد التهابات المفاصل والانسجه ومعرفه مكان الكسور وكذلك تحديد الالتهابات في البطن وخصوصا بعد العمليات الجراحيه .
- امكن بواسطه التشخيص النووي معرفه مكان الجلطه في الجهاز العصبي والمخ ومدى تقبلها للعلاج وكيفيه انتقالها او ازالتها .

• **في المجال الزراعي :**

امكن استخدام النظائر المشعه في :

- معرفه أي العناصر يحتاجها النبات ليزيد المحصول .
- أي الفترات مناسبه لتكون اكثر ملاءمه لزراعه نوع من النبات
- مكافحة الافات التي تصيب النباتات

▪ **الاستخدام العسكري للطاقه النوويه :**

بعد ظهور فكره الانشطار النووي تحفزت بعض الدول على امكانيه استخدام النشاط الاشعاعي في القوة العسكريه القنبلتين النوويتين اللتين القيتا على هيروشيما وناجازاكي

▪ **مخاطر النشاط الإشعاعي :**

- يؤدي استخدام الطاقة النووية إلى إنتاج النفايات ذات الفعالية الإشعاعية العالية ، وإن الخطط المقترحة للتخلص من النفايات عالية الإشعاعية وتخزينها لا تضمن حماية كافية للأفراد أو للمياه الجوفية من التلوث الإشعاعي .
- تأثير الاشعاع على جسم الانسان ، مما يسبب عاهات وتشوهات .
- بعض الحوادث التى حدثت فى محطات الطاقة النووية : كارثة تشيرنوبل في اوكرانيا 1986 إنفجر قلب المفاعل رقم 4 مخلفا اثارا شديدة منها:

▪ قتل 31 شخص لحظيا نتيجة الإنفجار .

▪ أصيب الآلاف من الناس بمرض شديد من التسمم الإشعاعي .

التمرين (13) : (التمرين : 011 في بنك التمارين على الموقع) (*)

بعض الأسئلة النظرية

خصائص النشاط الإشعاعي

تلقائي (عفوي): تحدث دون وسائط خارجية

عشوائي: لا نعرف متى تحدث

حتمي: النواة غير المستقرة تتفكك عاجلا أم آجلا

كيف تفسر وجود أنوية مستقرة وأخرى غير مستقرة؟

المستقرة: القوة النووية قوية أكبر من قوى التنافر التي تعمل على ربط النترونات بالبروتونات

غير المستقرة: القوة النووية < قوى التنافر وتوجد لعدة أسباب

1- $A > 190$ عدد كبير من النكليونات

2- فائض في N ← β^- مقارنة مع نواة أخرى في وادي الاستقرار

3- فائض في Z ← β^+

الزمن الموافق لتفكك عينة مشعة كليا

$t = 5\tau = 5\frac{t_{1/2}}{\ln 2} = 7,2\, t_{\frac{1}{2}}$

الفرق بين التحول التلقائي والمفتعل النووي؟

التلقائي: تحدث دون مؤثر خارجي مثل التفككات الإشعاعية α، β^-، β^+

المفتعل: تحدث بوجود مؤثر خارجي مثل الانشطار الاندماج

ملاحظة هامة جدا:

بالنسبة للمواد العضوية التي يقارب عمرها 40 ألف سنة يعتمد التأريخ على C^{14} ذو زمن نصف عمر $t_{1/2} = 5700$ الذي يتوقف نشاطه الإشعاعي بعد حوالي $t_f = 7t_{1/2} \simeq 40\,000$ ans

بالنسبة للمواد التي عمرها أكبر بكثير من 40 000 سنة مثل الصخور التي يقدر عمرها عادة بملايير السنين لا يمكن استخدام C^{14} لأن نصف عمره أقل بكثير من نصف عمر الصخور وبالتالي نستعمل في هذه الحالة عناصر مشعة ذات زمن نصف عمر طويل مثل اليورانيوم 238.

السلسلة المشعة: العائلة

هي سلسلة من التفككات المتتالية التي تحدث لنواة مشعة وتنتهي بنواة مستقرة مع إصدار إشعاعات α، β^-، β^+.

شروط التأريخ:

- أن تكون نوى النظير المشع داخلة في تركيب العينة المراد تحديد عمرها.
- أن يكون العمر المتوسط τ للنظير المشع يكافئ عمر العينة المراد تحديد عمرها.

النواة المشطورة: الانشطارية

نواة ثقيلة قابلة للانقسام إلى نواتين أخف أكثر استقرارا عند قذفها بنترون مع تحرير طاقة.