

البطاقة التربوية

المستوى : السنة الثالثة علوم تجريبية
المجال : التطورات الرتبية
رقم المذكرة : 02
الوحدة : دراسة تحولات نووية
الموضوع: التفاعلات النووية

<u>مؤشرات الكفاءة</u>	<u>الأسئلة الأساسية</u>
<ul style="list-style-type: none">❖ يعرف علاقة التكافؤ بين الكتلة و الطاقة.❖ يحسب النقص الكتلي و طاقة الترابط .❖ يعبر عن الطاقة بالجول و بالإلكترون-فولط.❖ يميز بين الانشطار و الاندماج النوويين و يعبر عن كل منهما بمعادلة.❖ ينجز الحصيلة الطاقوية لتفاعل نووي.❖ يعرف مبدأ مفاعل نووي.	
<u>المحتوى</u> I. التكافؤ كتلة طاقة. (1) فرضية اينشتاين. (2) وحدة أخرى للطاقة الـ eV. II. طاقة الترابط النووي. (1) النقص الكتلي النووي. أ- تعريف. ب- طاقة الترابط لكل نيوكليون. ج- منحني أستون. III. التفاعلات النووية. (1) التفاعلات النووية المفتعلة. (2) الانشطار النووي. (3) الاندماج النووي. IV. الحصيلة الطاقوية لتفاعل نووي. (1) التغير في الكتلة و الطاقة المحررة. (2) تطبيقات. أ- حالة الانشطار النووي. ب- حالة الاندماج النووي. V. مبدأ المفاعل النووي. العالم بين منافع و مخاطر النشاط النووي.	<u>الوسائل المستعملة والطرائق</u> ❖ المحاكاة باستعمال جهاز الإعلام الآلي
<u>التقويم</u>	<u>أمثلة للنشاطات</u>
<u>المراجع</u> <ul style="list-style-type: none">❖ منهاج العلوم الفيزيائية و الوثيقة المرفقة❖ Physique TermS Bordas❖ Physique TermS Nathan❖ وثائق من الأنترنت❖	<u>النقد الذاتي</u>

I. التكافؤ كتلة طاقة:

(1) فرضية أينشتاين:

كل جملة في حالة سكون كتلتها m تملك طاقة كتلية تعطى بالعلاقة: $E = m.c^2$

E : الطاقة بالجول (J).

m : الكتلة بالكيلوغرام (Kg).

c : سرعة الضوء في الفراغ $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

تدعى هذه العلاقة: علاقة التكافؤ بين الكتلة و الطاقة ، يستخلص منها : أنه لكل تغير في الكتلة Δm

لجملة ساكنة يوافقته تغير في طاقتها ΔE حيث: $\Delta E = \Delta m.c^2$

$$\Delta m > 0 \Rightarrow \Delta E > 0$$

❖ إن كانت هناك زيادة في الكتلة:

أي الجملة تتلقى طاقة من الوسط الخارجي.

$$\Delta m < 0 \Rightarrow \Delta E < 0$$

❖ إن كان هناك نقصان في الكتلة

أي الجملة تحرر طاقة وتقدمها للوسط الخارجي.

(2) وحدة أخرى للطاقة (الإلكترون-فولط (eV):

في السلم المجهرى (الميكروسكوبى) الجول وحدة كبيرة و غير ملائمة، فتستعمل وحدة أخرى للطاقة أكثر ملائمة هي

الإلكترون-فولط (eV) حيث: $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$

من مضاعفات الـ (eV): الميغا إلكترون-فولط (MeV). حيث $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ J}$

تطبيق: - أحسب طاقة الكتلة لبروتون بالجول و بالإلكترون فولط.

- طاقة الكتلة للإلكترون تقدر بـ: $0,511 \text{ MeV}$ ، استنتج النسبة $\frac{m_p}{m_e}$

II. طاقة الترابط النووي (التماسك النووي):

(1) النقص الكتلي النووي:

تبين نتيجة القياس أن كتلة نواة ساكنة تكون دوما أقل من مجموع كتل النيوكليونات

المكونة لها مأخوذة منفردة وساكنة

$$m\left({}_Z^A X\right) < Zm_p + (A - Z)m_n$$

تعريف: يعرف النقص في الكتلة للنواة بالفرق بين مجموع كتل النيوكليونات المكونة لها و كتلة النواة

$$\text{المقدار } Zm_p + (A - Z)m_n - m\left({}_Z^A X\right)$$

يمثل النقص الكتلي النووي و هو مقدار موجب دائما.

مثال: نواة الهيليوم ${}^4_2\text{He}$ تتكون من نيترونين و بروتونين

النقص الكتلي النووي لهذه النواة هو:

$$\Delta m = (2.m_p + 2.m_n) - m\left({}_2^4\text{He}\right)$$

$$m_p = 1,67865 \times 10^{-27} \text{ kg} ; m_n = 1,67496 \times 10^{-27} \text{ kg} ; m\left({}_2^4\text{He}\right) = 6,6447 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\Delta m = 2.(1,67265 + 1,67496).10^{-27} - 6,6447 \times 10^{-27}$$

$$\Delta m = 5,0520 \times 10^{-29} \text{ kg}$$

النقص الكتلي لنواة الهيليوم ${}^4_2\text{He}$ هو: $\Delta m = 5,0520 \times 10^{-29} \text{ kg}$

❖ وحدة الكتلة الذرية: هي الجزء الثاني عشر من كتلة ذرة الفحم $({}^{12}_6\text{C})$

$$m\left({}^{12}_6\text{C}\right) = \frac{12}{N_A} \text{ g} \text{ لأن } 1u = \frac{1}{12} m\left({}^{12}_6\text{C}\right) = \frac{1}{N_A} \text{ g} \text{ حيث } (u) \text{ أو } (uma) \text{ يرمز لها بـ:}$$

$$N_A = 6,023.10^{23} \text{ عدد أفوغادرو}$$

$$1u = 1,66.10^{-24} \text{ g} = 1,66.10^{-27} \text{ kg}$$

(2) طاقة الترابط النووي:

عندما تتحطم نواة و تتحرر نيوكلوناتها، تزداد كتلة الجملة بمقدار Δm ، وتبعاً لفرضية أنشتاين تزداد طاقة الكتلة لهذه الجملة بمقدار: $\Delta E = \Delta m \times c^2$ ، ولا يمكن أن يحدث هذا إلا إذا وفر الوسط الخارجي هذه الطاقة.
 أ- تعريف: طاقة الترابط النووي E_l هي الطاقة التي يوفرها الوسط الخارجي لتحطيم نواة في حالة سكون إلى نيوكلوناتها منفصلة و ساكنة

$$E_l = \Delta m \cdot c^2 = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m_{(Z, X)}] \times c^2$$

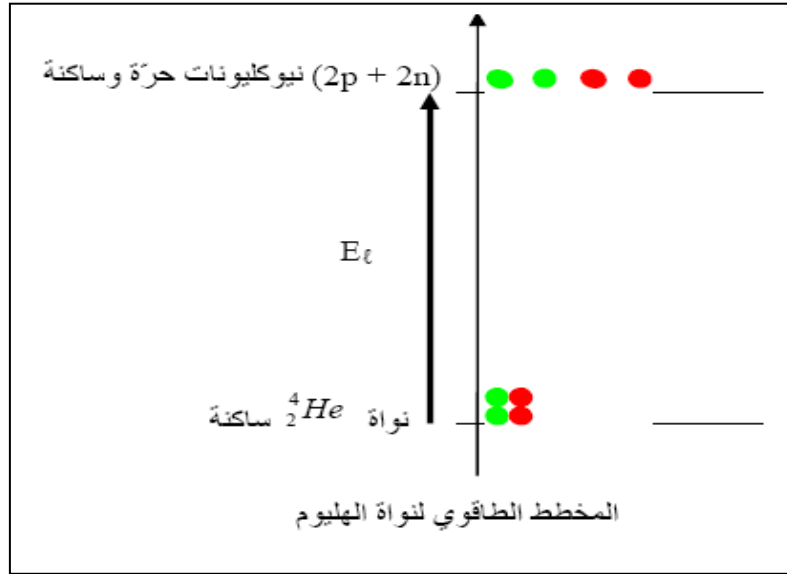
تعطى بالعلاقة:

مثال: أحسب طاقة الربط في نواة الهيليوم ${}^4_2\text{He}$

$$E_l = \Delta m \cdot c^2$$

$$E_l = 5,04520 \times 10^{-29} \times (3 \times 10^8)^2$$

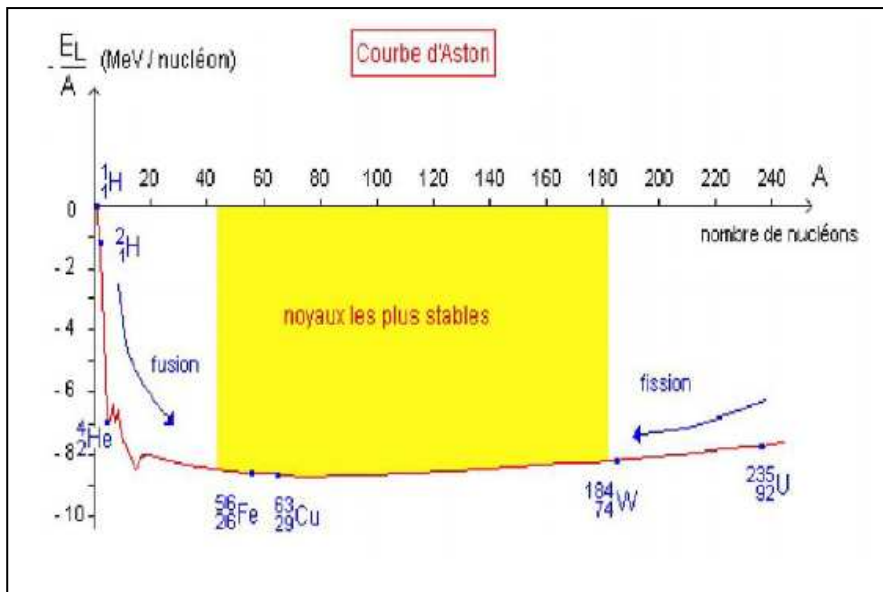
$$E_l = 4,55 \times 10^{-12} \text{ J} = 28,4 \text{ MeV}$$



ب- طاقة الترابط لكل نيوكلون: هي حاصل قسمة طاقة الترابط النووي على العدد الكتلي للنواة $\frac{E_l}{A}$

تكون النواة أكثر استقراراً كلما كانت طاقة الربط لكل نيوكلون أكبر.
 بالنسبة للعديد من الأنوية تكون طاقة الترابط النووي لكل نيوكلون مساوية بالتقريب (8MeV).

ج- منحنى أستون $-\frac{E_l}{A} = f(A)$



مناقشة المنحنى:

هو المنحنى الممثل لتغيرات $-\frac{E_l}{A}$ بدلالة العدد الكتلي A كما هو الشأن بالنسبة للمخطط الطاقوي، تظهر الأنوية الأكثر استقراراً على أسفل جزء من المنحنى.

III. التفاعلات النووية:

(1) التفاعلات النووية المفتعلة:

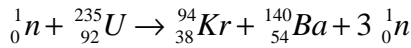
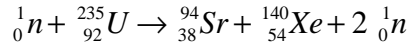
النشاط الإشعاعي هي ظاهرة توافق حدوث تفاعلات نووية تلقائية. في سنة 1919 م تمكن الفيزيائي "رذرفورد" من افتعال أول تفاعل نووي وذلك بقذف أنوية الأزوت بجسيمات α الآتية من منبع البولونيوم ^{210}Po ، فتحول على إثرها الأزوت 14 إلى أكسجين 17 إنه أول تفاعل نووي مفتعل.

❖ تعريف: التفاعل النووي المفتعل (المستحدث) هو تفاعل يحدث عند قذف نواة "هدف" بنواة "قذيفة".

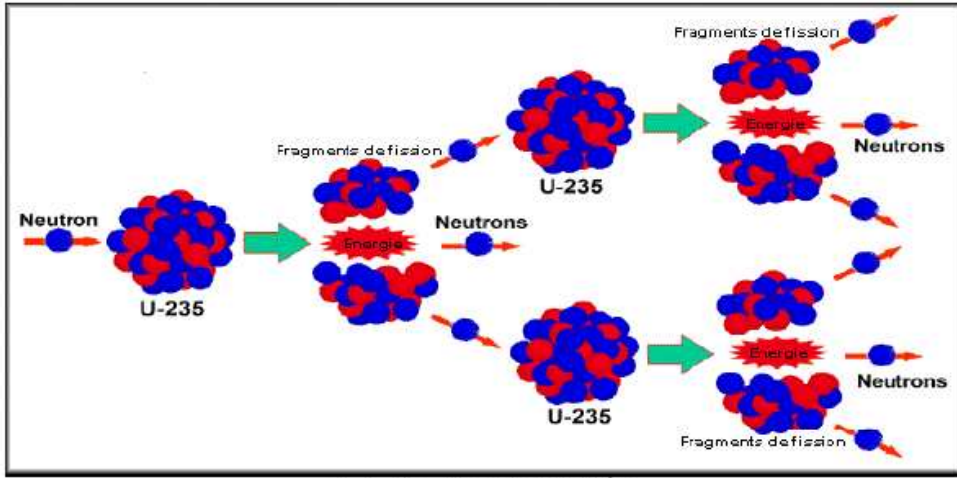
(2) الانشطار النووي:

❖ تعريف: الانشطار هو تفاعل نووي يحدث عند قذف نواة ثقيلة بنيترن فيحولها إلى نواتين أخف وأكثر استقراراً منها مع تحرير طاقة كبيرة. نقول عن هذه النواة الثقيلة أنها انشطارية.

إن انشطار 1 غرام من اليورانيوم (235) يحرر طاقة قدرها $(0,85 \cdot 10^{10} J)$ و تستعمل في المفاعلات النووية لإنتاج الطاقة الكهربائية أو في القنابل الذرية. أمثلة عن معادلات انشطار اليورانيوم 235:



يحرر الانشطار النووي نيوترونات حيث يكون بإمكانها إحداث انشطارات نووية أخرى فيحدث بذلك تفاعلاً تسلسلياً (تحدث سلسلة مستمرة من الانشطارات)، و يصبح هذا الأخير انفجارياً إذا استمر و تباعد كما هو في القنبلة الذرية من النوع A.

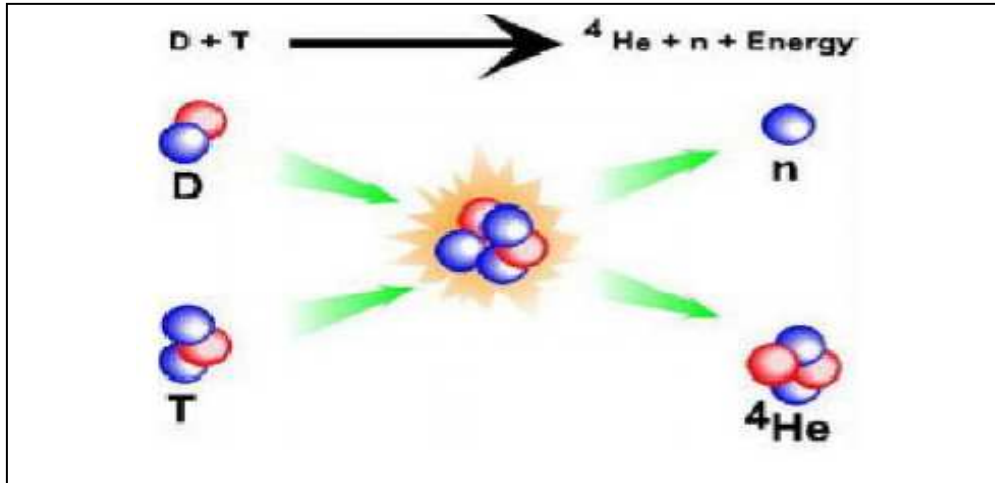
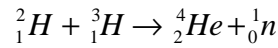


مبدأ تفاعل الانشطار التسلسلي

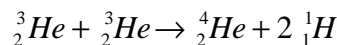
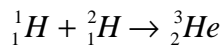
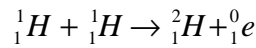
(3) الاندماج النووي:

تعريف: هو تفاعل نووي يحدث عند التحام نواتين خفيفتين تبعاً لتصادمهما لتكوين نواة أثقل منهما و يرفق بتحرير طاقة عالية

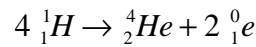
مثال: اندماج نواتي الدتريوم و التريسيوم ينتج عنه نواة هليوم 4 و تحرير نيوترون وفق



إن الاندماج النووي صعب التحقيق بسبب التنافر الكهربائي الواقع بين الأنوية ، و لا يحدث إلا في درجات حرارة جد عالية (10^8K تقريباً)، و منه تسمية هذه التفاعلات بالاندماج النووي الحراري. الاندماج النووي يحدث بشكل طبيعي في النجوم ، في الشمس مثلاً يحدث اندماج لأنوية الهيدروجين عند درجة حرارة تقارب $1,5 \cdot 10^7\text{K}$ و ينتج عن ذلك أنوية هليوم بعد عدة تفاعلات اندماجية كما يلي



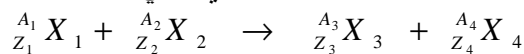
فيكون التفاعل الإجمالي هو:



IV. الحصيلة الطاقوية لتفاعل نووي:

(1) التغير في الكتلة و الطاقة المحررة:

نعلم أن الكتلة هي شكل من أشكال الطاقة ، و إذا كانت النواة في حالة حركة بالنسبة إلى مرجع فإنها تملك إضافة إلى طاقة كتلتها E طاقة حركية E_c ، حينئذ مجموع طاقة النواة هو $(E + E_c)$ نعتبر جملة معزولة تتشكل من أنوية تكون مقرا للتفاعل النووي التالي:



الجملة المعزولة إذن طاقتها الكلية محفوظة:

$$(E_1 + E_2) + (Ec_1 + Ec_2) = (E_3 + E_4) + (Ec_3 + Ec_4)$$

$$\Rightarrow (E_3 + E_4) - (E_1 + E_2) + (Ec_3 + Ec_4) - (Ec_1 + Ec_2) = 0$$

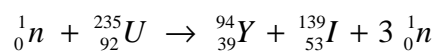
$$\Rightarrow \Delta E + \Delta Ec = 0 \Rightarrow \Delta E = -\Delta Ec = -\Delta m \cdot c^2$$

إن حدث في تفاعل نووي نقص في الكتلة ($\Delta E < 0$) فإنه يحرر طاقة على شكل طاقة حركية $\Delta Ec > 0$ وعليه : كل تفاعل نووي يحدث فيه تناقص في الكتلة يقدم طاقة إلى الوسط الخارجي

(2) تطبيقات:

أ- حالة الانشطار النووي:

لنحسب قيمة الطاقة المحررة عن انشطار نواة اليورانيوم ${}^{235}_{92}U$ إلى النواتي: الإيتريوم 94 و البوددوم 139 وفقاً لمعادلة التفاعل النووي التالية:



$$m_{{}^{235}_{92}U} = 235,044 u \quad ; \quad m_{{}^{94}_{39}Y} = 93,9064 u \quad ; \quad m_{{}^{139}_{53}I} = 138,905 u$$

قيمة التغير الكتلي:

$$\Delta m = \sum m_{final} - \sum m_{initial} = m_{(Y)} + m_{(I)} + 3m_{(n)} - (m_{(U)} + m_{(n)})$$

$$\Delta m = -0,215u < 0$$

ومنه التغير في الطاقة هو: $\Delta E = \Delta m.c^2 = -3,2.10^{-11} J \approx -201MeV$

ومنه الطاقة المحررة: $E_{lib} = |\Delta E| = |\Delta m|.c^2 = 3,2.10^{-11} J = 201MeV$

أي ما يقارب 0,855 MeV لكل نيوكلون.

ب- حالة الاندماج النووي:

إن اندماج الدتريوم 2_1H والتريسيوم 3_1H ينتج الهيليوم 4_2He الأكثر استقرارا. الجدول التالي يمثل الحصيلة الطاقوية لهذه الجملة:

	${}^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$			
عدد النيوكليونات A	2	3	4	1
$E_l/A (MeV)$	1,112	2,827	7,073	0
$E_l (MeV)$	2,224	8,481	28,29	0

يرافق هذا الاندماج تغير في الطاقة

$$\Delta E = E_l({}^2_1H) + E_l({}^3_1H) - E_l({}^4_2He) = - [28,29 - (2,224 + 8,481)]$$

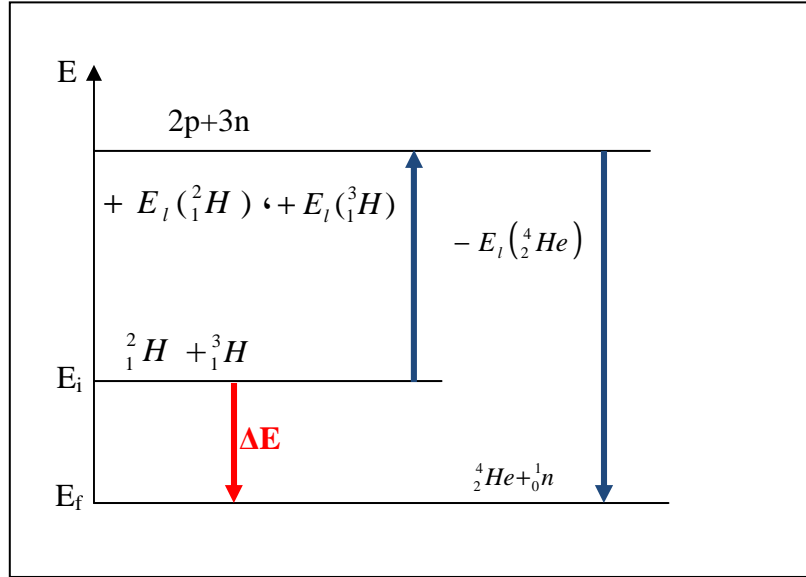
$$\Delta E = -17,585 MeV$$

تكون إذن الطاقة المحرر لهذا الاندماج هي:

$$E_{lib} = |\Delta E| = E_l({}^4_2He) - [E_l({}^2_1H) + E_l({}^3_1H)] = 17,585 MeV$$

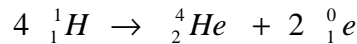
وهذا من أجل 5 نيوكليونات، أي ما يعادل 3,52MeV لكل نيوكلون.

يمكن تمثيل هذه الحصيلة بمخطط الحصيلة الطاقوية التالي:



يبين المخطط أن $E_{lib} = |\Delta E| = E_l({}^4_2He) - [E_l({}^2_1H) + E_l({}^3_1H)]$ نلاحظ أن الاندماج النووي يحرر طاقة لكل نيوكلون أكبر من حالة الانشطار النووي.

تطبيق: أحسب الطاقة المحرر لكل نيوكلون للتفاعلات الاندماجية التي تحدث في الشمس و التي تختصر في المعادلة:



المعطيات:

$$m_{{}^1_1H} = 1,00728u \quad ; \quad m_{{}^4_2He} = 4,00260u \quad ; \quad m_e = 0,00055u$$

التغير في الكتلة الموافق هو: $\Delta m = m_{({}_2^4\text{He})} + 2.m_e - 4m_{({}_1^1\text{H})}$

$$\Delta m = 4,00260 + 2 \times 0,00055 - 4 \times 1,00728$$

$$\Delta m = -0,02542 u$$

الطاقة المحررة لاندماج 4 أنوية هيدروجين هي: $E_{lib} = |\Delta m|.c^2 = 3,8.10^{-12} J = 23,7 MeV$ أي ما يقارب 6 MeV لكل نيوكلليون.

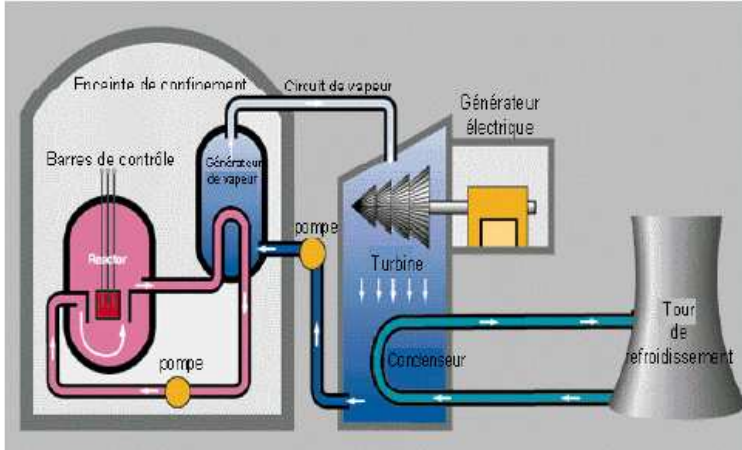
V. مبدأ المفاعل النووي:

المفاعل النووي هو تركيب يسمح بتحقيق تفاعل الانشطار النووي و التحكم فيه في المحطات النووية يحرص على مراقبة وضبط تفاعل الانشطار النووي تجنباً إلى أي انفجار.

لأجل ذلك تستعمل قضبان تحكم من مادة البور أو الكادميوم تغمر زيادة أو نقصاناً داخل المفاعل النووي حيث تمتص الفائض من النيوترونات فيتم التحكم في التدفق النيوتروني الذي يسمح بتعطيل أو تعجيل التفاعل التسلسلي.

الوقود النووي المستعمل غالباً هو UO_2 (ديوكسيد اليورانيوم المخصب إلى 3% من اليورانيوم ^{235}U و الذي يوضع في قلب المفاعل النووي في المفاعل البخاري تحت الضغط (PWR) -الشكل المرفق- يستعمل الماء كسائل حامل للحرارة (fluide caloporteur) حيث يضبط درجة الحرارة و يحد من سرعة النيوترونات، وهو يجري في دارتين:

- ❖ دارة أولية يكون الماء سائلاً في درجة حرارة تقارب $345^\circ C$ و تحت ضغط كبير حوالي 155Bar. يحول إلى بخار، ماء الدارة الثانوية عند درجة حرارة $271^\circ C$ و تحت ضغط 56Bar، يؤدي ذلك إلى تدوير الجملة "عنفة (توربين) + منوب".
- ❖ دارة التبريد والتي تحتوي أساساً على المكثف و آليات تبريد تسمح بتبريد الماء الدارة الثانوية وتضمن رجوعه إلى مولد البخار.



العالم بين منافع و مخاطر النشاط النووي

نشاطات على شكل بحوث يقدمها التلاميذ تتناول فوائد توظيف المواد المشعة في مجالات مختلفة في حياة الإنسان و أثارها المضرة بالبيئة و الإنسان

❖ بعض مجالات استخدام المواد المشعة:

- 1- التأريخ بالنشاط الإشعاعي: تتمثل هذه التقنية في استغلال بعض المواد المشعة من أجل تحديد عمر الأشياء القديمة، و تطبق هذه التقنية كثيراً في ميدان علم الآثار و الجيولوجيا و عند علماء التاريخ.
- 2- تعقيم المواد الطبية و العلاج.
- 3- التطبيب بالإشعاع.
- 4- الاستخدام الصناعي للمواد المشعة.
- 5- الطبع بالنشاط الإشعاعي.
- 6- المحطات النووية لإنتاج الطاقة الكهربائية.

❖ الوقاية من المواد المشعة:

- 1- الآثار الفيزيولوجية للإشعاعات.
- 2- الوقاية من الإشعاعات.