Nuclear Energy الطاقة النووية

- مقدمة
- الانشطار النووي
- التفاعل المتسلسل
- الاندماج النووي

الطاقة النووية Nuclear Energy

مقدمة

- بالفصل السابق تم تعريف طاقة الربط النووية (القوة) النووية وخصائصها ومعرفة كيفية حسابها، حيث انها القوة التي تربط مكونات النواة وتحافظ على تماسك واستقرار النواة.

- تعتبر القوة النووية اكبر القوى الطبيعية، ←

القوة	الشدة النسبية	مدى التأثير
النووية	١	قصير
الكهرومغناطيسية	0.01	ما لا نهاية
الجاذبية	1×10^{-39}	ما لا نهاية

- يتم تحرير جزء من الطاقة النووية اما بواسطة الانشطار أو الاندماج النووي ويتم انتاج طاقة هائلة بواسطة هذين التفاعلين النوويين

Nuclear Energy الطاقة النووية

➢ الانشطار النووي Nuclear fission

- هو تفاعل نووي حيث تنشطر نواة ثقيلة مثل نواة نظير اليورانيوم-٢٣٥ لينتج نواتين أخف وطاقة؛

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{236}_{92}U \rightarrow ^{140}_{54}Xe + ^{94}_{38}Sr + 2\,^{1}_{0}n + Energy$$

تتجه للاستقرار

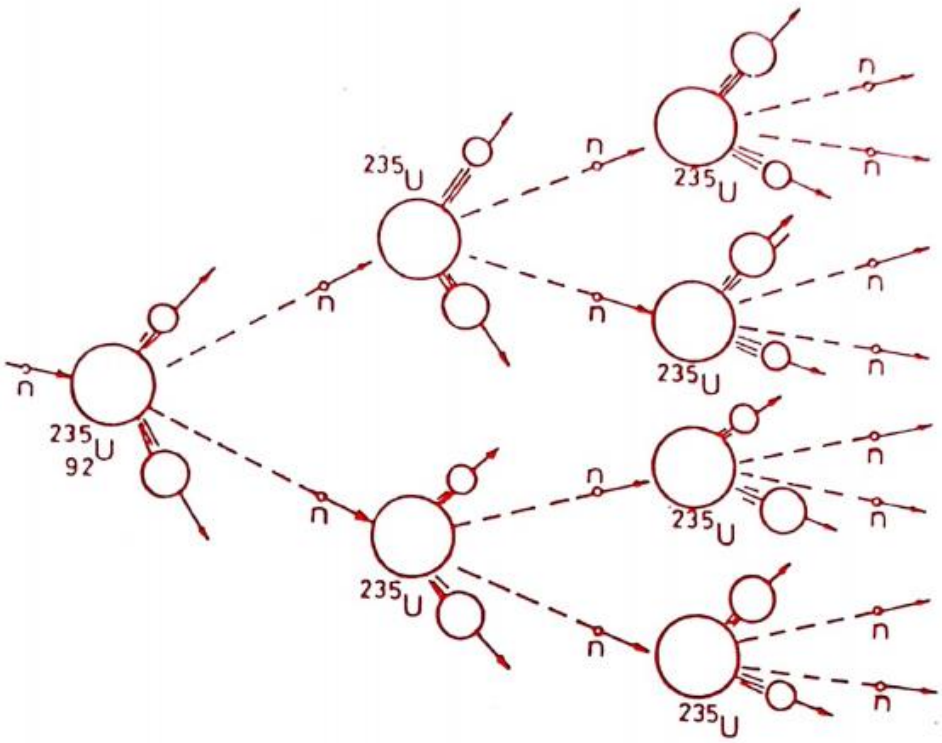
7.6 MeV ⟶ 8.5 MeV = طاقة الربط لكل نيوكلون

Q = 235 x (8.5-7.6) = 200 MeV -الطاقة المحررة لكل نواة منشطرة:

Nuclear Energy الطاقة النووية

➢ التفاعل المتسلسل Chain reaction

النيوترونات الناتجة من الانشطار النووي يمكن ان تتفاعل مع نواة اليورانيوم 235 إن وجدت وتنتج مزيد من النيوترونات التي تتفاعل حتى تنفذ ذرات اليورانيوم ويسمى ذلك بالتفاعل المتسلسل.



التفاعل المتسلسل نتيجة قذف نواة اليورانيوم-٢٣٥ بنيوترون واحد والذي يعقبـــــه بعد ذلك انشطارات أخرى لنوى اليورانيوم بواسطـــة النيوترونات التي نتجت من الانشطار السابق.

Nuclear Energy الطاقة النووية

لو بدأ كيلو جرام من اليورانيوم 235 بالتفاعل مع نيوترون، فإنه بعد زمن قصير جدا سيكون عدد النوى التي انشطرت هو $\frac{N_A \times 1000g}{235}$ ،حيث NA هو عدد أفوجادرو، وتكون الطاقة الكلية نتيجة التفاعل المتسلسل:

(E) الطاقة الكلية = الطاقة المحررة نتيجة انشطار النواة الواحدة (200 MeV) *عدد النوى لكل kg

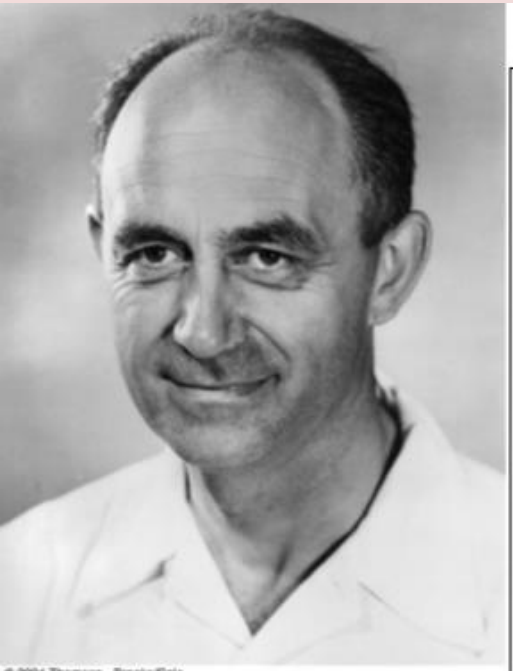
$$E = 200MeV \times \frac{N_A(Nuclei/mole) \times 1000g}{235(g/mole)}$$

$$= 200 \times \frac{6.02 \times 10^{23} \times 1000}{235} = 5.1 \times 10^{26} MeV$$

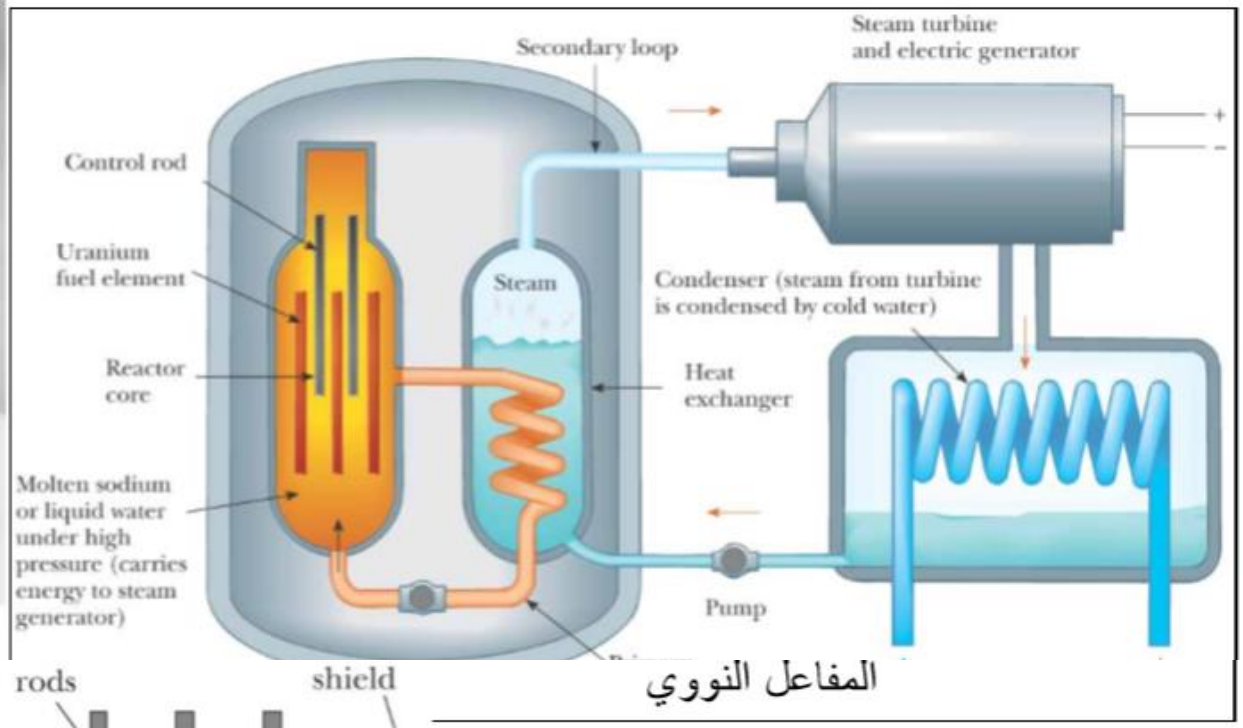
$$= 5.1 \times 10^{26} \times 10^{6} \times 1.6 \times 10^{-19} = 8.16 \times 10^{13} J$$

وإذا لم يتم السيطرة على التفاعل فإن انفجارا هائلا سيحدث نتيجة الحرارة العالية جدا وهذا هو مبدأ القنبلة النووية. ويمكن أن تتم عملية الانشطار بطريقة مسيطر عليها بحيث تتم عملية الانشطار المتسلسل ببطء وهذا ما يتم في المفاعلات النووية.

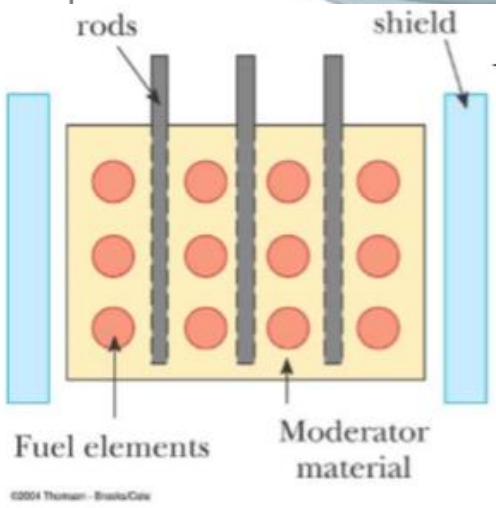
Nuclear Energy الطاقة النووية



Enrico Fermi
It



المفاعل النووي



- التحكم بالتفاعل الانشطاري المتسلسل بواسطة قضبان من الكادميوم التي تمتص النيوترونات وتعتمد درجة الامتصاص على مدى انغماس القضبان، عندما تمتص النيوترونات بالكامل ويتوقف التفاعل تماما، والعكس صحيح.

Nuclear Energy الطاقة النووية

➢ الاندماج النووي Nuclear Fusion

هو الطاقة المنبعثة نتيجة اندماج نوى خفيفة (الطاقة الرابطة لكل نيوكلون قليلة) لتكوين نواة ذرة ثقيلة (لها طاقة رابطة لكل نيوكلون كبيرة).

$$ {}_1^1H + {}_1^1H \rightarrow {}_1^2H + {}_1^0e \quad \& \quad {}_1^1H + {}_1^1H \rightarrow {}_1^2H + {}_1^0e $$

$$ {}_1^2H + {}_1^1H \rightarrow {}_2^3He \quad \& \quad {}_1^2H + {}_1^1H \rightarrow {}_2^3He $$

$$ {}_2^3He + {}_2^3He \rightarrow {}_2^4He + {}_1^1H + {}_1^1H $$

$$ ---------- $$

$$ 6\,{}_1^1H + 2\,{}_1^2H + 2\,{}_2^3He \rightarrow {}_2^4He + 2\,{}_2^3He + 2\,{}_1^2H + 2\,{}_1^1H + 2\,{}_1^0e $$

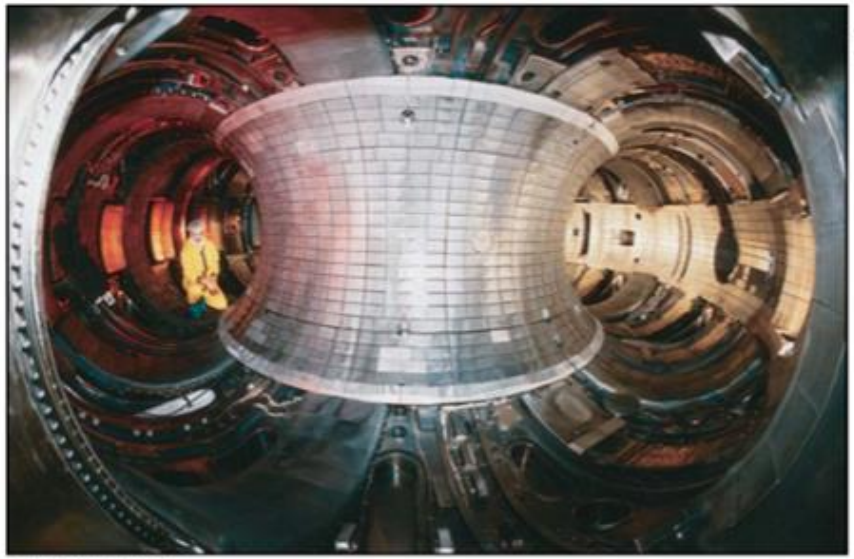
$$ 4\,{}_1^1H \rightarrow {}_2^4He + 2\,{}_1^0e $$

$$ 4.0313\,u \rightarrow 4.0376\,u $$

$$ \Delta m = 0.0276\,u \quad \& Q = \Delta m * 931.5 = 25.7\,MeV $$

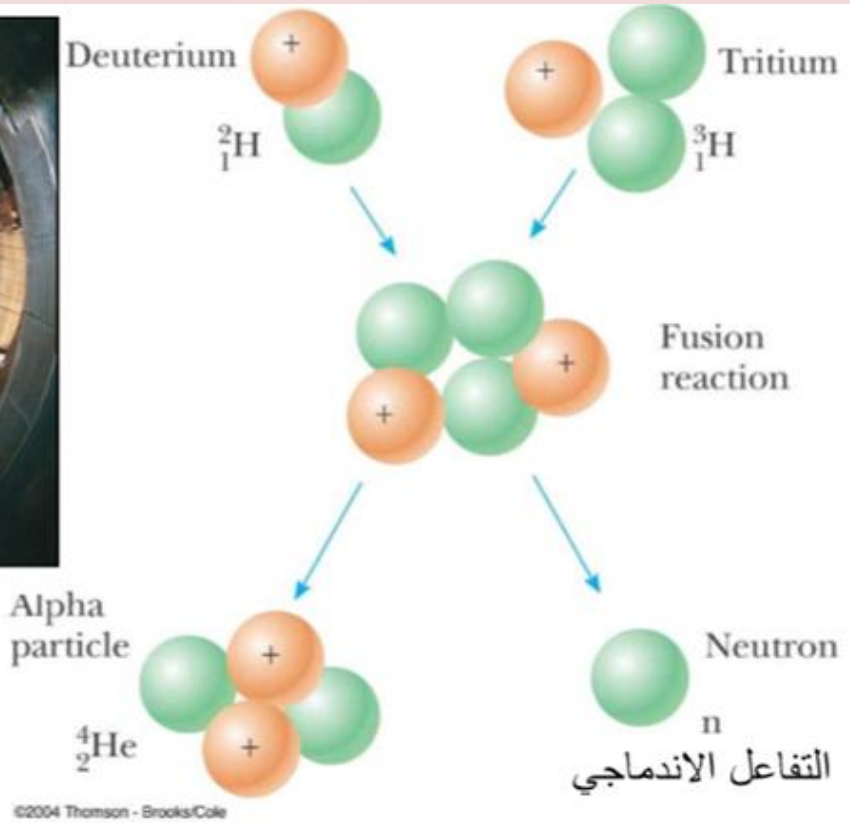
أي ان اندماج اربع نوى من الهيدروجين ينتج طاقة مقدارها 25.7 MeV.

Nuclear Energy الطاقة النووية



© 2004 Thomson - Brooks/Cole

مفاعل اندماجي تجريبي



التفاعل الاندماجي

Nuclear Energy الطاقة النووية

الطاقة الناتجة عن اندماج كيلو جرام من الهيدروجين= الطاقة الناتجة من اندماج 4 نوى هيدروجين (25.7 MeV) *عدد النوى لكل kg

$$E = 25.7MeV \times \frac{N_A(Nuclei/mole) \times 1000g}{4(g/mole)}$$

$$= 25.7 \times \frac{6.02 \times 10^{23} \times 1000}{4} = 3.868 \times 10^{27}\, MeV$$

- بالمقارنة مع الطاقة الناتجة عن انشطار كيلو جرام من اليورانيوم (5.1×10^{26} MeV) نجد ان الطاقة الناتجة عن إندماج كيلو جرام هيدروجين أكبر من الناتجة عن انشطار كيلو جرام يورانيوم بحوالي 8 مرات .

Nuclear Energy الطاقة النووية

- هناك عملية التحام أخرى ينتج عنها تحرر الطاقة منها اندماج نواتين من الديوتريوم:

$$ {}_{1}^{2}H + {}_{1}^{2}H \rightarrow {}_{2}^{3}He + {}_{0}^{1}n $$
$$ Q \cong 3.7\ MeV $$

وهذا التفاعل ينتج طاقة نظيفة لأن الهيليوم-3 نظير غير مشع.

- تعرف الطاقة الناتجة بواسطة الاندماج بالطاقة النظيفة حيث وقودها هو الهيدروجين الموجود بوفرة في الطبيعة ولا ينتج عنها أي نفايات خطيرة كما هوالحال بالنسبة للطاقة الناتجة بواسطة الإنشطار.

- التفاعل الاندماجي يحتاج إلى طاقة لحدوثه (لكي تتغلب على طاقة التنافر الكهربية بين النوى المندمجة).

Nuclear Energy الطاقة النووية

- لكي يبدأ التحام نواتي ديوتريوم فإنه يجب أن تكون المسافة بينهما تساوي تقريبا مجموع قطري النواتين ($r=4*10^{-15}m$). عند هذه المسافة تكون الطاقة الكهربائية :

$$u = k_e \frac{e^2}{r} = \frac{9x10^9\, x(1.6x10^{-19})^2}{4x10^{-15}}$$
$$= 360\, keV$$

- وهذه الطاقة تعادل تسخين الغاز إلى درجة $2.8*10^9$ K (حيث u=3/2 KT) وهذه الحرارة العالية لا يمكن لأي محتوى عادي أن يتحملها في المختبرات، ولكن هذه الحرارة موجودة في الشمس والنجوم الأخرى.

$$360\times1000\times1.6\times10^{-19} = \frac{3}{2}\times1.38\times10^{-23}T$$

$$\Rightarrow T \approx 2.8\times10^9\, K$$

الطاقة النووية Nuclear Energy

- وحاليا وجود مفاعلات اندماجية لإنتاج الطاقة أمر مستبعد ويعكف العلماء في معامل الدول المتقدمة لتذليل الصعوبات.

- لو وضعت كمية من اليورانيوم-235 وحولها كمية من نظائر الهيدروجين فإنه عند انشطار اليورانيوم بواسطة نيوترون تنبعث حرارة عالية جدا تكفي لإندماج نوى نظائر الهيدروجين لتكوين الهيليوم وتتكرر طاقة عالية جدا. ولكن هذا التفاعل غير مسيطر عليه ويحدث في زمن قصير جدا.

- هذا التركيب من اليورانيوم والهيدروجين هو ما يسمى بالقنبلة الهيدروجينية، فهي انشطارية أولا ثم اندماجية ثانيا.

Nuclear Energy الطاقة النووية

١- يحتمل انشطـــــار نواة اليورانيوم $^{235}_{92}U$ ٢٣٥ بواسطة النيوترون البطيء كما في معادلة التفاعل التالية :

$$n + {}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{141}_{55}Cs + {}^{92}_{37}Rb + 3n$$

احسب الطاقة المحررة من هذا التفاعل .

$M(^{141}_{55}Cs) = 140.920006\ u$ ، $M(^{235}_{92}U) = 235.043915\ u$

$M(n) = 1.008665\ u$ ، $M(^{92}_{37}Rb) = 91.919140\ u$

Nuclear Energy الطاقة النووية

٢- مفاعل نووي لإنتاج الطاقة الكهربية قدرته 11200 MW يستعمل به $8x10^4$ kg من اليورانيوم الطبيعي الذي نسبة اليورانيوم٢٣٥ فيه تساوي 0.7% ، وبما أن انشطار كل نواة يورانيوم ٢٣٥ ينتج عنه طاقة مقدارها 200 MeV تقريبا ، احسب:

أ- معدل انشطار نوى اليورانيوم ٢٣٥ في هذا المفاعل . (أي كم انشطارا في الثانية الواحدة) .

ب- ما هي المدة التي يستمر فيها إنتاج الطاقة من هذه الكمية من اليورانيوم (بالأيام) .

Nuclear Energy الطاقة النووية

٤- عند التحام نواتين من الديوتريوم كما في التفاعل التالي :

$$^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \rightarrow ^{3}_{2}He + n$$

فإنه تتحرر طاقة مقدارها 3.27 MeV لكل التحام . إذا التحمت كتلة مقدارها ١ كجم من الديوتريوم واستغلت كطاقة لإضاءة مصباح قدرته 100 W ، كم من الزمن يستمر هذا المصباح مضاء .

33295.28 Y

Nuclear Energy الطاقة النووية

٥- احسب الطاقة المتحررة عند التحام ٣ ذرات هيليوم لتكويـــن ذرة الكربون ١٢ حسب المعادلة التالية :

$$3\,{}^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow {}^{12}_{6}\mathrm{C} + \text{Energy}$$

$M({}^{12}_{6}C) = 12.000000\ u$ ، $M({}^{4}_{2}He) = 4.002603\ u$

Nuclear Energy الطاقة النووية

٧- احسب الطاقة الحركية لبروتونين لكي يلتحما ، وما هي درجـــــة الحرارة اللازمة لذلك .

(اعتبر المسافة بين مركزي البروتونين تساوي 2.5×10^{-15} m) .

q