

Như trên đã nói, năng lượng của các phản ứng hạt nhân đã tạo nên một nguồn năng lượng mới cho nhân loại. Những phản ứng hạt nhân nào đã được sử dụng? Cách khai thác các nguồn năng lượng ấy ra sao?

I - CƠ CHẾ CỦA PHẢN ỨNG PHÂN HẠCH

1. Phản ứng phân hạch là gì?

Phân hạch là phản ứng trong đó một hạt nhân nặng vỡ thành hai mảnh nhẹ hơn. Hai mảnh này gọi là sản phẩm phân hạch hay “mảnh vỡ” của phân hạch. Phản ứng phân hạch tự phát cũng có thể xảy ra nhưng với xác suất rất nhỏ. Vì vậy ở đây ta chỉ quan tâm đến các phản ứng phân hạch kích thích.



C1 Quá trình phóng xạ α có phải là phân hạch hay không?

2. Phản ứng phân hạch kích thích

Chúng ta xét các phản ứng phân hạch của các hạt nhân:

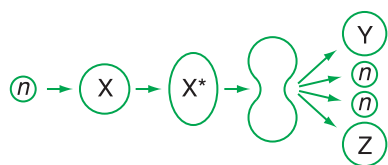


vì đó là những nhiên liệu cơ bản của công nghiệp năng lượng hạt nhân.

Các nhà vật lý đã tính toán rằng để tạo nên phản ứng phân hạch của hạt nhân X phải truyền cho X một năng lượng đủ lớn – giá trị tối thiểu của năng lượng này được gọi là *năng lượng kích hoạt*, vào cỡ vài MeV. Phương pháp dễ nhất để truyền năng lượng kích hoạt cho hạt nhân X là cho một neutron bắn vào X để X “bắt” neutron đó. Khi “bắt” neutron, hạt nhân X chuyển sang một trạng thái kích thích, kí hiệu X^* . Trạng thái này không bền vững và kết quả xảy ra phân hạch.

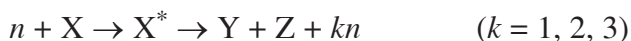


C2 Tại sao không dùng prôtôn thay cho neutron?



Hình 38.1

Sơ đồ phản ứng phân hạch

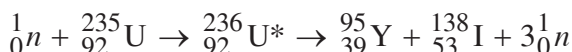


Ta thấy khi phân hạch, hạt nhân X^* vỡ thành hai mảnh kèm theo một vài neutron phát ra.

Như vậy quá trình phân hạch của X là không trực tiếp mà phải qua trạng thái kích thích X^* .

II - NĂNG LƯỢNG PHÂN HẠCH

Ta xét các phản ứng phân hạch $^{235}_{92}\text{U}$ sau đây làm một ví dụ điển hình :



1. Phản ứng phân hạch toả năng lượng

Các phép tính toán chứng tỏ rằng phản ứng phân hạch trên đây là phản ứng toả năng lượng, năng lượng đó được gọi là *năng lượng phân hạch*.

Cụ thể trong phản ứng vỡ urani trên đây, năng lượng toả ra xấp xỉ bằng 200 MeV đối với một hạt nhân urani phân hạch.

Tính toán cụ thể cho thấy, sự phân hạch của 1g ^{235}U giải phóng một năng lượng bằng $8,5 \cdot 10^{10}$ J, tương đương với năng lượng của 8,5 tấn than hoặc 2 tấn dầu toả ra khi cháy hết.

Kết quả nghiên cứu cho ta bảng phân bố của năng lượng giải phóng trong quá trình phân hạch của một hạt nhân urani tương ứng với các sản phẩm của phản ứng (Bảng 38.1).

Bảng 38.1

Năng lượng giải phóng ngay khi phân hạch (trong 10^{-14} s)	<ul style="list-style-type: none"> • Động năng của các mảnh : 167 MeV • Động năng của các neutron : 5 MeV • Động năng của các photon : 6 MeV
Năng lượng toả ra do phóng xạ của các mảnh	<ul style="list-style-type: none"> • Động năng của các electron : 8 MeV • Động năng của các γ : 6 MeV • Động năng của các neutrino : 12 MeV
Tổng năng lượng toả ra	204 MeV

2. Phản ứng phân hạch dây chuyền

Sự phân hạch của một hạt nhân ^{235}U có kèm theo sự giải phóng 2,5 neutron (tính trung bình) với năng lượng lớn ; đối với hạt nhân ^{239}Pu , con số đó là 3.

Các neutron này có thể kích thích các hạt nhân khác của chất phân hạch tạo nên những phản ứng phân hạch mới. Kết quả là các phản ứng phân hạch xảy ra liên tiếp tạo thành một phản ứng dây chuyền.

Giả sử sau một lần phân hạch, có k neutron được giải phóng đến kích thích các hạt nhân ^{235}U khác tạo nên những phân hạch mới. Sau n lần phân hạch liên tiếp, số neutron giải phóng là k^n và kích thích k^n phân hạch mới.

Khi $k < 1$ phản ứng phân hạch dây chuyền tắt nhanh.

Khi $k = 1$ phản ứng phân hạch dây chuyền tự duy trì và công suất phát ra không đổi theo thời gian.

Khi $k > 1$ phản ứng phân hạch dây chuyền tự duy trì, công suất phát ra tăng nhanh và có thể gây nên bùng nổ.

Muốn cho $k \geq 1$, khối lượng của chất phân hạch phải đủ lớn để số neutron bị “bắt” nhỏ hơn nhiều so với số neutron được giải phóng.

Khối lượng tối thiểu của chất phân hạch để phản ứng phân hạch dây chuyền duy trì được trong đó gọi là *khối lượng tối hạn*.

Với ^{235}U khối lượng tối hạn vào cỡ 15 kg, với ^{239}Pu vào cỡ 5 kg.

3. Phản ứng phân hạch có điều khiển

Phản ứng phân hạch này được thực hiện trong các lò *phản ứng hạt nhân*, tương ứng với trường hợp $k = 1$.

Để đảm bảo cho $k = 1$, người ta dùng những *thanh điều khiển* có chứa bo hay cadimi.

Vì bo hay cadimi có tác dụng hấp thụ neutron nên khi số neutron tăng quá nhiều người ta cho các thanh điều khiển ngập sâu vào trong lò để hấp thụ số neutron thừa. Nhiên liệu phân hạch trong các lò phản ứng thường là ^{235}U hay ^{239}Pu .

Năng lượng toả ra từ lò phản ứng không đổi theo thời gian.

- **Phân hạch là sự vỡ của một hạt nhân nặng thành hai hạt nhân trung bình (kèm theo một vài neutron phát ra).**
- **Phân hạch của ^{235}U dưới tác dụng của một neutron toả ra năng lượng vào cỡ 200 MeV và được duy trì theo quá trình dây chuyền (trong điều kiện khối lượng ^{235}U đủ lớn). Các sản phẩm của phân hạch là những hạt nhân chứa nhiều neutron và phóng xạ β^- .**
- **Phản ứng phân hạch dây chuyền có điều khiển được tạo ra trong lò phản ứng.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP

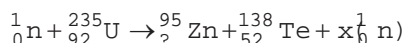
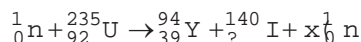


1. So sánh quá trình phóng xạ α và quá trình phân hạch.
2. Căn cứ vào độ lớn của $\frac{W_k}{A}$ chứng tỏ rằng, quá trình phân hạch thường chỉ xảy ra đối với các hạt nhân có số nuclôn lớn hơn hay bằng 200.

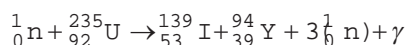


3. Chọn câu đúng.
Phần lớn năng lượng giải phóng trong phân hạch là
A. động năng các nơtron phát ra.
B. động năng các mảnh.
C. năng lượng toả ra do phóng xạ của các mảnh.
D. năng lượng các photon của tia γ .

4. Hoàn chỉnh các phản ứng :



5. Xét phản ứng phân hạch :



Tính năng lượng toả ra khi phân hạch một hạt nhân ${}^{235}\text{U}$.

Cho biết : ${}^{235}\text{U} = 234,99332 \text{ u}$

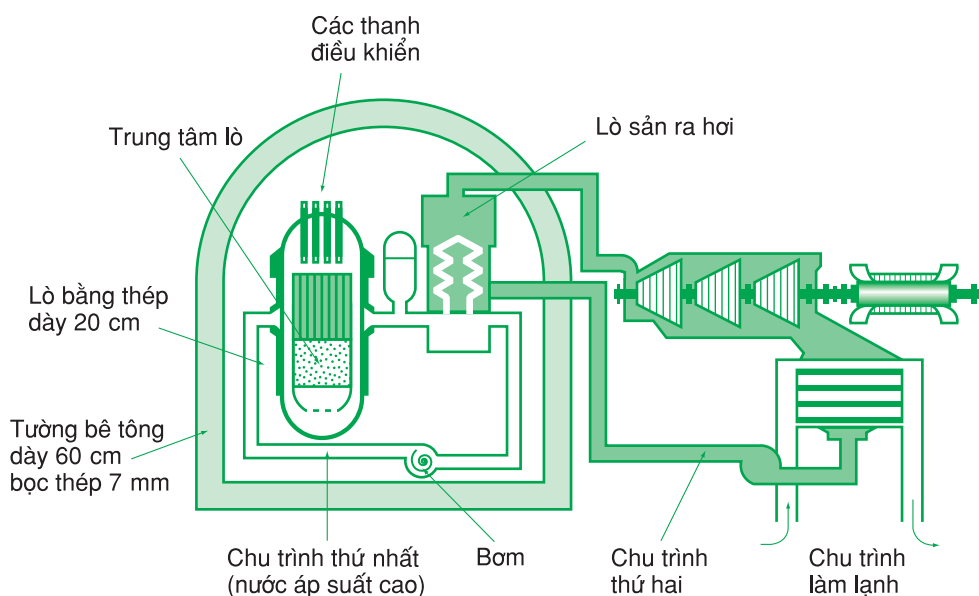
${}^{139}\text{I} = 138,89700 \text{ u}$

${}^{94}\text{Y} = 93,89014 \text{ u}$

6. Tính năng lượng toả ra khi phân hạch 1 kg ${}^{235}\text{U}$.
Cho rằng mỗi phân hạch toả ra năng lượng 200 MeV.

LÒ PHẢN ỨNG *PWR*

Trong lò phản ứng *PWR* (H.38.2), nhiên liệu sử dụng là urani đã làm giàu (urani tự nhiên chỉ chứa 0,7% ^{235}U , được “làm giàu” nghĩa là tăng hàm lượng đến 3% ^{235}U). Các phản ứng phân hạch chỉ xảy ra với các nơtron chậm. Muốn làm chậm các nơtron phát ra phải đưa vào giữa các tấm nhiên liệu (urani ôxit) một “chất làm chậm”, ở đây là nước áp suất cao (155 atm/290°C).



Hình 38.2. Sơ đồ lò phản ứng *PWR*.

Các thanh điều khiển (thanh bo hay cadimi có đặc tính hấp thụ nơtron) có thể cắm sâu xuống hay rút lên tùy trường hợp muốn cho công suất lò giảm hay tăng.

Lò có các chu trình sau :

- Chu trình thứ nhất khép kín chứa nước áp suất cao.
- Chu trình thứ hai nhận nhiệt do chu trình thứ nhất chuyển sang. Lò này chứa nước ở 1 270°C và áp suất 56 atm, nước này được chuyển thành hơi làm quay tuabin của máy phát điện.
- Chu trình thứ ba là chu trình làm lạnh có tác dụng biến đổi hơi nước thành nước.

Trung tâm của lò cùng với chu trình thứ nhất đều có phóng xạ cao, vì vậy được bảo vệ rất chắc chắn.