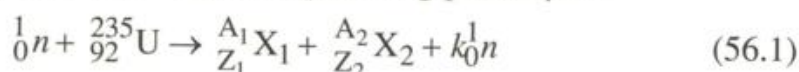


1. Sự phân hạch

a) Sự phân hạch của urani

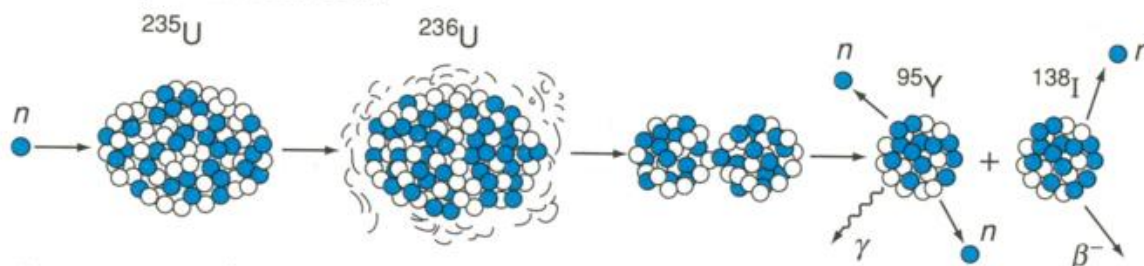
Năm 1939, hai nhà hoá học người Đức là Han và Xơ-ra-xman (Otto Hann, Fritz Strassman) đã làm thí nghiệm dùng notron bắn vào urani. Kết quả cho thấy hạt nhân urani vỡ thành hai hạt nhân có khối lượng nhỏ hơn. Kèm theo quá trình phân hạch này có một số notron được giải phóng, bay ra. Các thí nghiệm tiếp theo đã cho thấy rằng phản ứng phân hạch có thể xảy ra theo nhiều cách vỡ khác nhau.

Dùng notron nhiệt (còn gọi là notron chậm) có năng lượng cỡ 0,01 eV bắn vào ^{235}U , ta có phản ứng phân hạch :



X_1 và X_2 là các hạt nhân có số khối A thuộc loại trung bình (từ 80 đến 160) và hầu hết là các hạt nhân phóng xạ ; k là số hạt notron trung bình được sinh ra. Phản ứng này sinh ra 2 hoặc 3 (trung bình 2,5) notron và toả ra năng lượng khoảng 200 MeV dưới dạng động năng của các hạt.

Khi hấp thụ ("bắt") notron, hạt nhân ^{235}U chuyển sang trạng thái kích thích (thành ^{236}U), trạng thái này không bền vững, và kết quả là xảy ra phân hạch, như ở ví dụ nêu trên Hình 56.1.



Hình 56.1 Ví dụ về một phản ứng phân hạch của ^{235}U .



Hạt nhân ytri ^{95}Y phóng xạ γ và hạt nhân iốt ^{138}I phân rã β^- .

Urani thiên nhiên rất giàu ^{238}U (khoảng 99,3%), chỉ có một lượng nhỏ ^{235}U (khoảng 0,7%). Đồng vị ^{235}U dễ dàng phân hạch khi hấp thụ neutron có động năng dưới 0,1 eV (gọi là *neutron chậm* hay *neutron nhiệt*). Còn đồng vị ^{238}U khi hấp thụ neutron nhiệt, thì cuối cùng biến đổi thành plutoni $^{239}_{94}\text{Pu}$. Đồng vị ^{238}U chỉ phân hạch khi hấp thụ neutron nhanh, có động năng lớn hơn 1 MeV.

Các hạt nhân nặng khác, như $^{239}_{94}\text{Pu}$, $^{251}_{98}\text{Cf}$... cũng có thể bị phân hạch. Khi hấp thụ neutron chậm, hạt nhân $^{239}_{94}\text{Pu}$ bị vỡ tương tự như ^{235}U , và có trung bình 2,89 neutron được giải phóng.

b) Đặc điểm chung của các phản ứng phân hạch

Sau mỗi phản ứng đều có hơn 2 neutron được phóng ra, và mỗi phân hạch đều giải phóng ra năng lượng lớn. Người ta thường gọi đó là *năng lượng hạt nhân*.

2. Phản ứng phân hạch dây chuyền

a) Các neutron sinh ra sau mỗi phân hạch của urani (hoặc plutoni...) lại có thể bị hấp thụ bởi các hạt nhân urani (hoặc plutoni...) khác ở gần đó, làm xảy ra phân hạch tiếp theo và cứ thế, sự phân hạch tiếp diễn thành một dây chuyền. Số phân hạch tăng lên rất nhanh trong một thời gian rất ngắn, ta có *phản ứng phân hạch dây chuyền*.

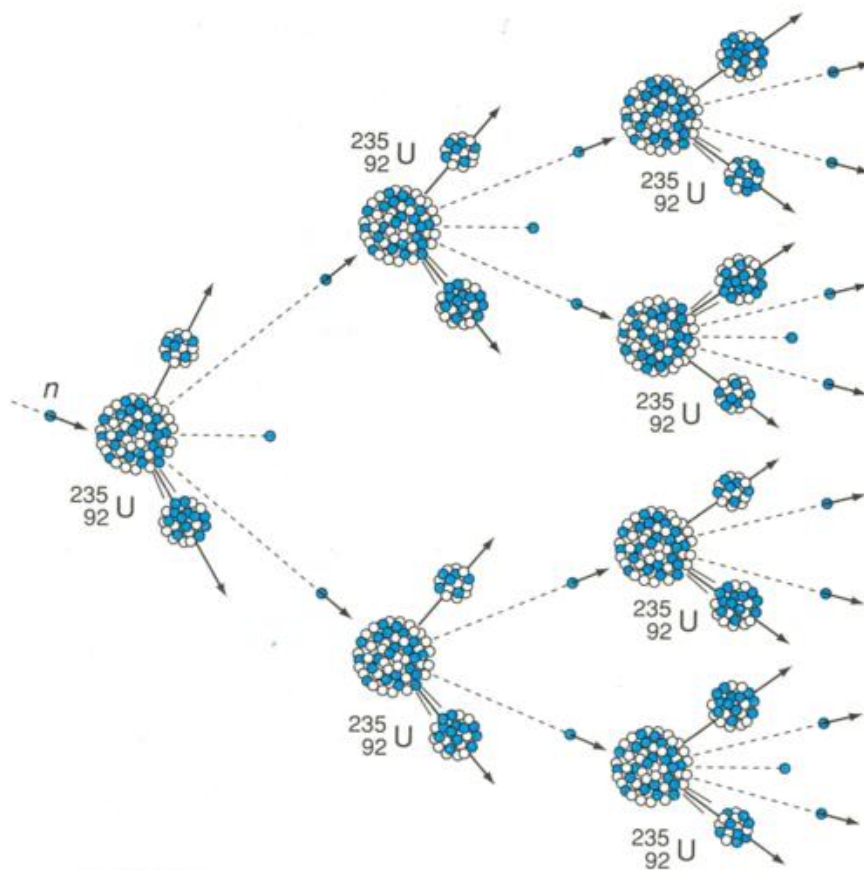
b) Điều kiện xảy ra phản ứng phân hạch dây chuyền

Trên thực tế không phải mọi neutron sinh ra đều có thể gây ra sự phân hạch, bởi vì có nhiều neutron bị mất mát đi do nhiều nguyên nhân khác nhau : bị hấp thụ bởi các tạp chất trong nhiên liệu hạt nhân (trong khối urani hoặc plutoni...), hoặc bị ^{238}U hấp thụ mà không xảy ra phân hạch, hoặc bay ra ngoài thể tích khối urani (hoặc plutoni)... Thành thử, muốn có phản ứng dây chuyền ta phải xét tới số *neutron trung bình k còn lại sau mỗi phân hạch* (còn gọi là *hệ số nhân neutron*).

– Nếu $k < 1$ thì *phản ứng dây chuyền không xảy ra*.

– Nếu $k = 1$ thì phản ứng dây chuyền xảy ra với mật độ neutron không đổi. Đó là *phản ứng dây chuyền điều khiển được (kiểm soát được)* xảy ra trong các lò phản ứng hạt nhân.

– Nếu $k > 1$ thì dòng neutron tăng liên tục theo thời gian, dẫn tới vụ nổ nguyên tử. Đó là *phản ứng dây chuyền không điều khiển được*.



Hình 56.2 Sơ đồ phản ứng dây chuyền với ^{235}U (khi $k = 2$).

Để giảm thiểu số neutron bị mất vì thoát ra ngoài nhằm đảm bảo có $k \geq 1$, thì khối lượng nhiên liệu hạt nhân phải có một giá trị tối thiểu, gọi là *khối lượng tới hạn* m_{th} . Với ^{235}U thì m_{th} vào cỡ 15 kg ; với ^{239}Pu thì m_{th} vào cỡ 5 kg.

3. Lò phản ứng hạt nhân

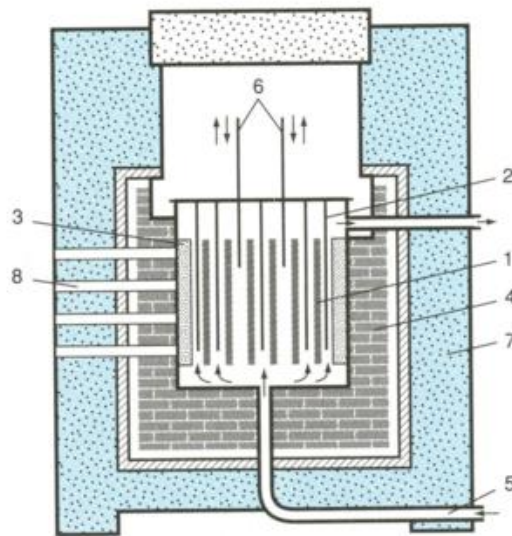
Phản ứng phân hạch dây chuyền tự duy trì, có điều khiển, được thực hiện trong thiết bị gọi là *lò phản ứng hạt nhân*. Lần đầu tiên, năm 1942, Féc-mi (Enrico Fermi) và các cộng sự của ông đã thực hiện thành công phản ứng này trong lò phản ứng ở trường đại học Si-ca-go (Mĩ). Tất cả các lò phản ứng hạt nhân đều có nhiều bộ phận chức năng giống nhau. Nhiên liệu phân hạch trong phần lớn các lò phản

Việc tách riêng ^{235}U từ urani thiên nhiên rất phức tạp và tốn kém, nên các lò phản ứng hạt nhân thường dùng nhiên liệu urani thiên nhiên đã *làm giàu* ^{235}U , tăng tỉ lệ ^{235}U đến vài hoặc vài chục phần trăm. Khi đó, khối lượng tới hạn của nhiên liệu này phải có trị số vào cỡ 15 kg.

Nhiên liệu hạt nhân thường được chế tạo dưới dạng các thanh dài và việc bố trí các thanh nhiên liệu trong lò phản ứng phải được tính toán rất cẩn thận. Thanh nhiên liệu và chất làm chậm neutron (nước nặng D_2O , nước thường, than chì, berili...) phải được sắp đặt sao cho trong mỗi lần phân hạch bao giờ cũng có ít nhất một neutron tiếp tục gây ra một phân hạch khác. Ngoài ra, cũng phải có cách điều khiển tốc độ các phân hạch xảy ra. Yêu cầu đặt ra là nhất thiết phải có khả năng khởi động từ từ phản ứng dây chuyền, điều chỉnh nó trong quá trình tiến triển, và làm phản ứng dừng lại khi cần. Việc điều khiển này được thực hiện với các thanh điều khiển chế tạo bằng vật liệu hấp thụ neutron, như cadimi. Khi các thanh điều khiển được thả xen hoàn toàn vào vùng các thanh nhiên liệu, thì rất nhiều neutron bị hấp thụ và phản ứng dây chuyền sẽ bị dừng lại. Khi rút từ từ các thanh điều khiển ra khỏi vùng hoạt động của lò phản ứng (vùng tâm lò phản ứng), thì phản ứng phân hạch lại bắt đầu và tiến dần đến mức tạo nên phản ứng dây chuyền tự duy trì. Động năng của các mảnh phân hạch và neutron được biến đổi thành năng lượng nhiệt. Thành thử, lò phản ứng là một nguồn nhiệt khổng lồ có thể tạo ra những nhiệt độ rất cao. Nhiệt lượng toả ra được một chất lỏng làm nguội (chất tải nhiệt) tải đi theo các ống dẫn chạy qua vùng tâm lò. Trong nhiều trường hợp người ta dùng nước để làm chất làm chậm, đồng thời làm chất tải nhiệt.

ứng là ^{235}U hay ^{239}Pu . Để đảm bảo cho $k = 1$, trong các lò phản ứng người ta dùng các thanh điều khiển có chứa bo hay cadimi, là các chất có tác dụng hấp thụ neutron.

Khi số neutron trong lò tăng lên quá nhiều ($k > 1$), người ta cho các thanh điều khiển ngập sâu vào khu vực chứa nhiên liệu phân hạch để hấp thụ số neutron thừa. Năng lượng toả ra từ lò phản ứng không đổi theo thời gian. Trên Hình 56.3 là sơ đồ lò phản ứng neutron nhiệt.

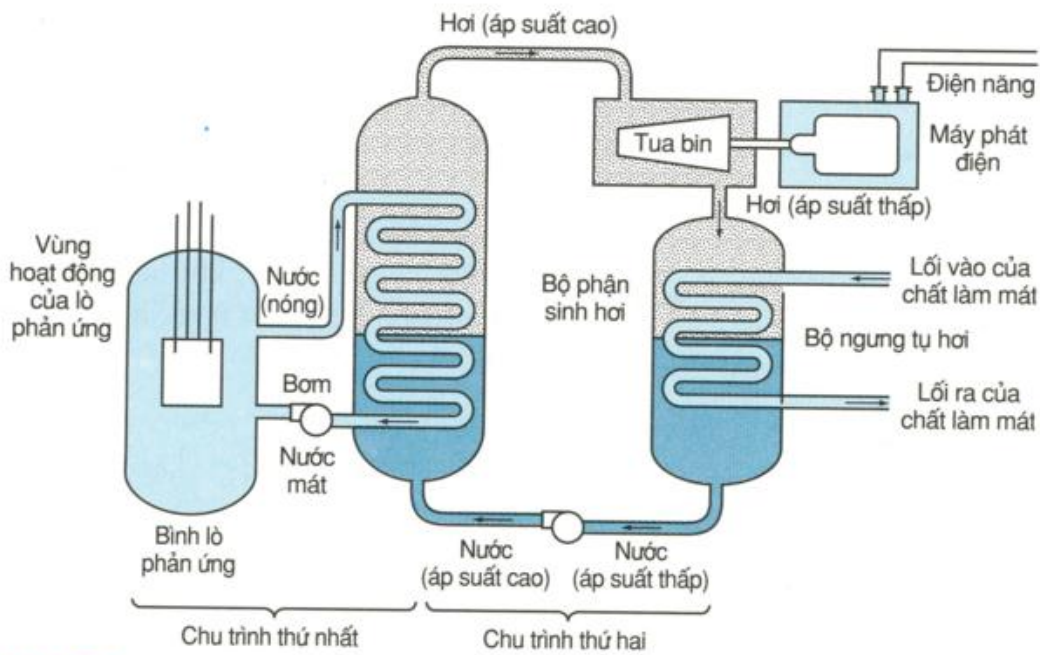


Hình 56.3 Sơ đồ lò phản ứng neutron nhiệt.

1. Thanh nhiên liệu (urani) ; 2. Chất làm chậm ; 3. Vỏ kim loại ;
4. Lớp phản xạ neutron bằng graphit ; 5. Ống làm lạnh và tải nhiệt ; 6. Thanh điều khiển ; 7. Thành bảo vệ phóng xạ ;
8. Đường ống làm thí nghiệm (dùng cho lò nghiên cứu).

4. Nhà máy điện hạt nhân

Bộ phận chính của nhà máy điện hạt nhân là lò phản ứng hạt nhân. Chất tải nhiệt sơ cấp, sau khi chạy qua vùng tâm lò, sẽ chảy qua bộ trao đổi nhiệt, cung cấp nhiệt cho lò sinh hơi. Hơi nước làm chạy tua bin phát điện giống như trong nhà máy điện thông thường. Trên Hình 56.4 là sơ đồ đơn giản hoá của một nhà máy điện hạt nhân.



Hình 56.4 Sơ đồ đơn giản hoá của một nhà máy điện hạt nhân.

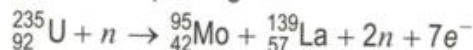
? CÂU HỎI

1. Phản ứng phân hạch là gì ?
2. Phản ứng phân hạch dây chuyền là gì ? Với điều kiện nào thì nó xảy ra ?
3. Nêu các bộ phận chính của nhà máy điện hạt nhân.

BÀI TẬP

1. Sự phân hạch là sự vỡ một hạt nhân nặng
 - A. thường xảy ra một cách tự phát thành nhiều hạt nhân nhẹ hơn.
 - B. thành hai hạt nhân nhẹ hơn, do hấp thụ một neutron.
 - C. thành hai hạt nhân nhẹ hơn và vài neutron, sau khi hấp thụ một neutron chậm.
 - D. thành hai hạt nhân nhẹ hơn, thường xảy ra một cách tự phát.
2. Đồng vị có thể phân hạch khi hấp thụ một neutron chậm là
 - A. ${}_{92}^{238}\text{U}$.
 - B. ${}_{92}^{234}\text{U}$.
 - C. ${}_{92}^{235}\text{U}$.
 - D. ${}_{92}^{239}\text{U}$.
3. Gọi k là hệ số nhân neutron, thì điều kiện cần và đủ để phản ứng dây chuyền có thể xảy ra là
 - A. $k < 1$.
 - B. $k = 1$.
 - C. $k > 1$.
 - D. $k \geq 1$.

4. Xét phản ứng phân hạch urani ${}^{235}\text{U}$ có phương trình :



Tính năng lượng mà một phân hạch toả ra.

Cho biết : $m_{\text{U}} = 234,99 \text{ u}$; $m_{\text{Mo}} = 94,88 \text{ u}$; $m_{\text{La}} = 138,87 \text{ u}$. Bỏ qua khối lượng của electron.