

# 57

## PHẢN ỨNG NHIỆT HẠCH

### I - MỤC TIÊU

- Nêu được phản ứng nhiệt hạch là gì.
- Nêu được điều kiện để phản ứng nhiệt hạch xảy ra.
- Nêu được ưu điểm của năng lượng do phản ứng nhiệt hạch toả ra.

### II - CHUẨN BỊ

Học sinh ôn lại phản ứng hạt nhân toả năng lượng.

### III - NHỮNG ĐIỀU CẦN LUU Ý

#### 1. Điều kiện thực hiện phản ứng nhiệt hạch

Vì các hạt nhân đồng vị hiđrô đều là những hạt tích điện dương, nên muốn tạo ra phản ứng nhiệt hạch, phải cung cấp cho các hạt nhân một động năng đủ lớn để vượt qua hàng rào thế năng Cu-lông, tiến lại gần nhau đến khoảng cách nhỏ hơn  $30.10^{-15}$  m. Khi đó lực hạt nhân sẽ phát huy được tác dụng và phản ứng nhiệt hạch sẽ xảy ra.

Ở khoảng cách đó, thế năng tương tác giữa các hạt nhân đoteri là :

$$W_t = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r} = \frac{(1,6.10^{-19})^2}{4\pi.8,85.10^{-12}.30.10^{-15}} = 7,7.10^{-14} \text{ J} \approx 0,5 \text{ MeV}$$

Như vậy, muốn đẩy hai hạt nhân đoteri lại gần nhau, cần phải tốn một công  $7,7.10^{-14}$  J. Tuy nhiên ta có thể cung cấp cho các hạt nhân đoteri năng lượng nhỏ hơn 0,5 MeV. Chúng vẫn có thể xuyên qua hàng rào thế năng do hiệu ứng đường ngầm. Muốn chuyển năng lượng cần thiết đó cho một số lớn hạt nhân đoteri thì chỉ cần tạo nên nhiệt độ cao. Theo công thức :

$$W = \frac{3}{2} kT$$

thì 1 eV tương đương với năng lượng của chuyển động nhiệt ở nhiệt độ gần 11 400 K. Do đó, muốn cho các đoteri có năng lượng 0,5 MeV cần có nhiệt độ  $\sim 10^{10}$  K. Thực ra chỉ cần nhiệt độ  $10^8$  K là phản ứng nhiệt hạch đã có thể xảy ra rồi.

Nguyên nhân là : theo định luật phân bố vận tốc của Mắc-xoen, mặc dù nhiệt độ không cao lắm vẫn có một số hạt có năng lượng trung bình khá lớn để bảo đảm số phản ứng cần thiết xảy ra. Muốn thực hiện phản ứng tổng hợp hạt nhân  ${}_2^4\text{He}$  phải tạo ra những nhiệt độ cao (vì lẽ đó mà có tên là *phản ứng nhiệt hạch*).

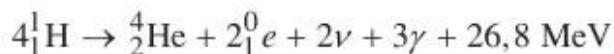
Ngoài điều kiện nhiệt độ cao, để phản ứng nhiệt hạch có thể xảy ra, mật độ hạt nhân phải đủ lớn và thời gian duy trì nhiệt độ cao phải đủ dài (tiêu chuẩn Lo-son).

## 2. Phản ứng nhiệt hạch trong lòng Mặt Trời

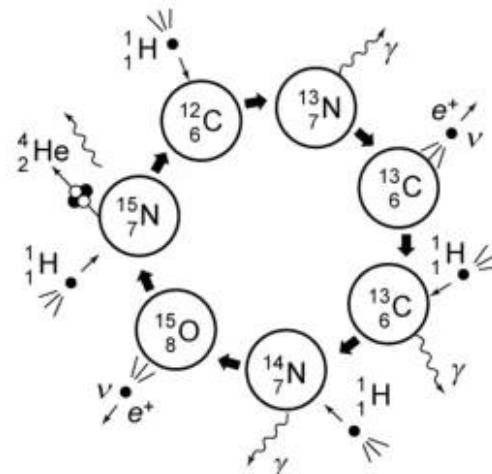
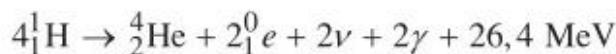
Phản ứng nhiệt hạch trong lòng Mặt Trời và các ngôi sao là nguồn gốc năng lượng của chúng.

Các phép đo cho biết : nhiệt độ trong lòng Mặt Trời cỡ vài chục triệu độ, mật độ vật chất của Mặt Trời (chủ yếu là đồng vị hiđrô) là  $10^5 \text{ kg/m}^3$ . Với mật độ và nhiệt độ này, vật chất trong lòng Mặt Trời (và các ngôi sao) ở trạng thái plasma. Vì những lí do đó, người ta giải thích nguồn gốc năng lượng Mặt Trời và các ngôi sao như sau. Do có một chuỗi các phản ứng nhiệt hạch xảy ra liên tiếp (gọi là *chu trình cacbon - nitơ* hoặc *chu trình prôtôn*), mà kết quả là 4 hạt nhân hiđrô tạo thành 1 hạt nhân heli, và có một lượng năng lượng tỏa ra bằng 26 MeV. Và mỗi mol heli được tạo thành thì tỏa ra năng lượng 700 000 kW.h (!). Vì khối lượng Mặt Trời và các ngôi sao rất lớn, nên khối lượng của chúng (khối lượng nhiên liệu hiđrô) giảm đi do bức xạ hàng năm là không đáng kể.

Năm 1938, nhà vật lí Bethe (Bethe, người Mĩ gốc Đức) đã nêu lên *chu trình cacbon - nitơ* gồm 6 phản ứng nối tiếp nhau, với sự tham gia của cacbon và nitơ như là chất xúc tác và trung gian ; nhưng xét tổng hợp lại thì cả chu trình rút về sự tạo thành một hạt nhân heli từ 4 hạt nhân hiđrô (Hình 57.1).



Ngoài ra, còn có *chu trình prôtôn* gồm 3 phản ứng tiếp nối nhau, mà tóm tắt lại là :



Hình 57.1. Chu trình cacbon - nitơ.

Đối với Mặt Trời, phần đóng góp của hai chu trình là như nhau. Các sao có nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ Mặt Trời thì chu trình prôtôn đóng góp nhiều hơn. Các sao có nhiệt độ cao hơn nhiệt độ Mặt Trời thì chu trình cacbon - nitơ đóng góp trội hơn.

#### IV - GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

1. Để vào bài GV có thể đặt câu hỏi : Tại sao Mặt Trời có thể toả ra một lượng năng lượng lớn hơn một cách liên tục qua rất nhiều thế kỉ tồn tại của loài người ?

2. Sau đó GV trình bày như SGK, có kết hợp trả lời câu hỏi C1 và các câu hỏi khác do GV gợi ý ra để lôi cuốn HS tham gia xây dựng bài.

$$C1 \quad W_{He} = 17,5 \cdot \frac{1}{4,0015 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27}} \text{ MeV}$$

$$W_{He} \approx 2,63 \cdot 10^{27} \text{ MeV} \approx 4,22 \cdot 10^{14} \text{ J}$$

$$\text{Biết (câu C5 Bài 54)} \quad W_U \approx 7,58 \cdot 10^{16} \text{ J}, \text{ suy ra : } \frac{W_{He}}{W_U} \approx 0,56 \cdot 10^{-2}$$

Nội dung kiến thức yêu cầu HS phải hiểu và nhớ là không nhiều và được trình bày ở cột chính, Vì vậy, GV nên yêu cầu HS thực hiện thêm một số phép tính về năng lượng toả ra trong phản ứng nhiệt hạch. Chẳng hạn, "biết công suất bức xạ năng lượng của Mặt Trời là  $\mathcal{P} = 3,9 \cdot 10^{26} \text{ W}$  và giả sử trong lòng Mặt Trời xảy ra chu trình cacbon – nitơ, hãy tính lượng heli được tạo thành trong 1 năm ở trong lòng Mặt Trời".

Trong trường hợp đối tượng HS ở lớp phần lớn là HS khá giỏi, GV có thể gợi ý cho HS tính nhiệt độ lí thuyết để xảy ra phản ứng nhiệt hạch (dựa vào đoạn 1, mục III ở trên).

#### V - HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI CÂU HỎI VÀ GIẢI BÀI TẬP

##### Câu hỏi

1. Xem mục 1 SGK.

2. Xem mục 3b SGK.

##### Bài tập

1. B.

2. C.