

### 3) Năng lượng nhiệt hạch

#### a) Năng lượng phản ứng nhiệt hạch

Năng lượng toàn phần do 1 phản ứng:  $\Delta E = (\sum m_t - \sum m_s) c^2 > 0$

Năng lượng toàn phần do N phản ứng:  $Q = N \Delta E$

Nếu cứ 1 phản ứng có k hạt X thì số phản ứng:  $N = \frac{N_X}{k} = \frac{1}{k} \frac{m_X}{A_X} N_A$

Nước trong tự nhiên chứa 0,015% nước nặng  $D_2O$ , số hạt D có trong m = VD khối lượng nước tự nhiên:

$$N_D = 2N_{D_2O} = 2 \frac{m_{D_2O}}{20} N_A = 2 \frac{m \cdot 0,015\%}{20} N_A = 2 \frac{VD \cdot 0,015\%}{20} N_A$$

**Ví dụ 1:** Tính năng lượng được giải phóng khi tổng hợp hai hạt nhân đơteri thành một hạt  $\alpha$  trong phản ứng nhiệt hạch? Cho biết khối lượng của các hạt:  $m_D = 2,01402u$ ;  $m_\alpha = 4,0015u$ ;  $1uc^2 = 931(\text{MeV})$ .

- A. 26,4 (MeV).      B. 27,4 (MeV).      C. 24,7 (MeV).      D. 27,8 (MeV)

**Hướng dẫn:** Chọn đáp án C

$${}^2_1D + {}^2_1D \rightarrow {}^4_2He \Rightarrow Q = (2m_D - m_{He}) c^2 = 24,7(\text{MeV})$$

**Ví dụ 2 (CĐ – 2010):** Cho phản ứng  ${}^3_1H + {}^2_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n + 17,6\text{MeV}$ . Lấy số Avogadro  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ,  $1\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$ . Năng lượng tỏa ra khi tổng hợp được 1 g khi heli xấp xỉ bằng

- A.  $4,24 \cdot 10^8 \text{ J}$       B.  $4,24 \cdot 10^5 \text{ J}$       C.  $5,03 \cdot 10^{11} \text{ J}$       D.  $4,24 \cdot 10^{11} \text{ J}$

**Hướng dẫn:** Chọn đáp án D

Số phản ứng bằng số hạt He:  $N = N_{He} = \frac{m_{He}}{A_{He}} N_A = \frac{1}{4} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 1,505 \cdot 10^{23}$

$$Q = N \Delta E = 1,505 \cdot 10^{23} \cdot 17,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \approx 4,24 \cdot 10^{11} (\text{J})$$

**Ví dụ 3:** Cho phản ứng hạt nhân  $D + D \rightarrow T + p + 5,8 \cdot 10^{-13} (\text{J})$ . Nước trong tự nhiên chứa 0,015 % nước nặng  $D_2O$ . Cho biết khối lượng mol của  $D_2O$  bằng 20 g/mol số Avôdrô  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ . Nếu dùng toàn bộ D có trong 1 kg nước để làm nhiên liệu cho phản ứng trên thì năng lượng thu được là:

- A.**  $2,6.10^9$  (J)      **B.**  $2,7.10^9$  (J)      **C.**  $2,5.10^9$  (J)      **D.**  $5,2.10^9$  (J)

**Hướng dẫn: Chọn đáp án A**

Số phản ứng bằng một nửa số hạt D:

$$N = \frac{1}{2} N_D = \frac{1}{2} \cdot 2N_{D_2O} = \frac{m_{D_2O}}{20} \cdot N_A = \frac{10^3 (g) \cdot 0,015\%}{20} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 4,51 \cdot 10^{21}$$

$$Q = N\Delta E = 4,51 \cdot 10^{21} \cdot 5,8 \cdot 10^{-13} \approx 2,6 \cdot 10^9 \text{ (J)}$$

**b) Bức xạ năng lượng của Mặt Trời, các sao**

Nếu trong thời gian  $t$ , khối lượng Mặt Trời giảm do bức xạ là  $m$  thì năng lượng bức xạ

toàn phần và công suất bức xạ toàn phần lần lượt là 
$$\begin{cases} E = mc^2 \\ P = \frac{E}{t} = \frac{mc^2}{t} \Rightarrow m = \frac{Pt}{c^2} \end{cases}$$

Phần trăm khối lượng bị giảm sau thời gian  $t$  là:  $h = \frac{m}{M}$ , với  $M$  là khối lượng của Mặt

Trời.

**Ví dụ 1 (ĐH – 2007):** Do sự phát bức xạ nên mỗi ngày (86400 s) khối lượng Mặt Trời giảm một lượng  $3,744 \cdot 10^{14}$  kg. Biết tốc độ ánh sáng trong chân không là  $3 \cdot 10^8$  m/s. Công suất bức xạ (phát xạ) trung bình của mặt trời bằng.

- A.**  $3,9 \cdot 10^{20}$  MW      **B.**  $4,9 \cdot 10^{40}$  MW      **C.**  $5,9 \cdot 10^{10}$  MW      **D.**  $3,9 \cdot 10^{15}$  MW

**Hướng dẫn: Chọn đáp án A**

$$P = \frac{E}{t} = \frac{mc^2}{t} = 3,9 \cdot 10^{26} \text{ (W)}$$

**Ví dụ 2:** Mặt trời có khối lượng  $2 \cdot 10^{30}$  (kg) và công suất bức xạ  $3,8 \cdot 10^{26}$  (W). Nếu công suất bức xạ không đổi thì sau 1 tỉ năm nữa, phần khối lượng giảm đi bao nhiêu phần trăm của khối lượng hiện nay. Xem 1 năm có 365, 2422 ngày và tốc độ ánh sáng trong chân không  $3 \cdot 10^8$  m/s

- A.** 0,005%      **B.** 0,006%      **C.** 0,007%      **D.** 0,008%

**Hướng dẫn: Chọn đáp án C**

$$h = \frac{m}{M} = \frac{Pt}{Mc^2} = \frac{3,8 \cdot 10^{26} \cdot 10^9 \cdot 365,2422 \cdot 86400}{2 \cdot 10^{30} \cdot 9 \cdot 10^{16}} \approx 0,007\%$$

**Ví dụ 26:** Mặt trời có khối lượng  $2 \cdot 10^{30}$  (kg) và công suất bức xạ  $3,9 \cdot 10^{26}$  (W). Nếu công suất bức xạ không đổi thì sau bao lâu khối lượng giảm đi 0,01%? Xem 1 năm có 365,2422 ngày

- A.** 0,85 tỉ năm      **B.** 1,46 tỉ năm      **C.** 1,54 tỉ năm      **D.** 2,12 tỉ năm

**Hướng dẫn: Chọn đáp án C**

$$\frac{0,01}{100} = h = \frac{Pt}{mc^2} \Rightarrow t = \frac{10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{30} \cdot 9 \cdot 10^{16}}{3,9 \cdot 10^{26}} (\text{s}) \times \frac{1(\text{year})}{365,2422 \cdot 86400} \approx 1,46 \cdot 10^9 (\text{năm})$$

**Ví dụ 7:** Mặt trời có công suất bức xạ toàn phần  $3,8 \cdot 10^{26}$  (W). Giả thiết sau mỗi giây trên Mặt Trời có 200 (triệu tấn) Heli được tạo ra do kết quả của chu trình cacbon – nito:  $4({}_1\text{H}^1) \rightarrow {}_2\text{He}^4 + 2e^+$ . Chu trình này đóng góp bao nhiêu phần trăm vào công suất bức xạ của Mặt Trời. Biết mỗi chu trình tỏa ra năng lượng 26,8 MeV.

- A. 32 %.                      B. 33 %.                      C. 34 %.                      D. 35 %.

**Hướng dẫn: Chọn đáp án C**

Trong một giây, số hạt nhân Heli tạo thành là:

$$N = \frac{200 \cdot 10^6 \cdot 10^6 (\text{g})}{4} \cdot 6,023 \cdot 10^{23} = 3,0115 \cdot 10^{37}$$

Trong một giây chu trình đó bức xạ ra một năng lượng là:

$$Q_1 = N \cdot 26,8 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} \approx 129 \cdot 10^{24} (\text{J})$$

Công suất bức xạ của chu trình này là:  $P_1 = \frac{Q_1}{t} = 129 \cdot 10^{24} (\text{W})$ .

Chu trình này đóng góp số phần trăm vào công suất bức xạ của Mặt Trời là:

$$\frac{P_1}{P} 100\% = \frac{129 \cdot 10^{24} (\text{W})}{3,8 \cdot 10^{26}} \cdot 100\% \approx 34\%$$