



BUỔI 7: PHẢN ỨNG NHIỆT HẠCH

A. LÝ THUYẾT

1. Định nghĩa

– Phản ứng tổng hợp hạt nhân (phản ứng nhiệt hạch) là phản ứng hạt nhân trong đó hai hay nhiều hạt nhân nhẹ tổng hợp tạo thành hạt nhân nặng hơn và bền vững hơn.

– Xét phản ứng: ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$

– Phản ứng trên toả năng lượng: $E_{toả} = 17,59 \text{ MeV}$.

2. Điều kiện

– Để xảy ra sự tổng hợp hạt nhân, động năng của hai hạt nhân nhẹ phải đủ lớn để chúng có thể thắng được lực đẩy tĩnh điện và tiến lại gần nhau đến khi lực hút hạt nhân đủ lớn để hình thành nên sự liên kết giữa các nucleon.

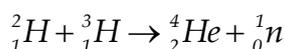
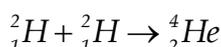
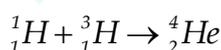
– Điều kiện để tạo ra động năng lớn cho các hạt nhân nhẹ là ta cần tạo ra nhiệt độ môi trường xung quanh đủ lớn, tối thiểu khoảng 10^8 K .

– Bên cạnh nhiệt độ cao, phản ứng tổng hợp hạt nhân còn phụ thuộc vào các yếu tố khác như mật độ hạt nhân (n) phải đủ lớn và thời gian duy trì nhiệt độ cao (Δt) đủ dài. $n \cdot \Delta t > 10^{14} \text{ s/cm}^3$.

3. Năng lượng nhiệt hạch

Năng lượng toả ra bởi các phản ứng nhiệt hạch được gọi là năng lượng nhiệt hạch.

Người ta chủ yếu quan tâm đến các phản ứng trong đó các hạt nhân hydrogen tổng hợp thành hạt nhân heli.



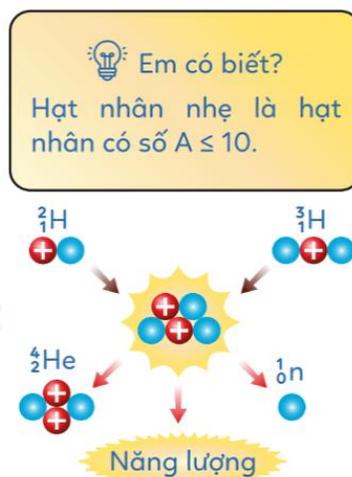
Hằng ngày, các phản ứng nhiệt hạch đang diễn ra liên tục không chỉ trong lõi của Mặt Trời mà còn trong lõi của các ngôi sao trong vũ trụ.

B. BÀI TẬP

PHẦN I. Câu trắc nghiệm nhiều phương án lựa chọn. Thí sinh trả lời từ câu 1 đến câu 12. Mỗi câu thí sinh chỉ chọn một phương án.

Câu 1: [VNA] Phản ứng nhiệt hạch là sự

- kết hợp hai hạt nhân rất nhẹ thành một hạt nhân nặng hơn trong điều kiện nhiệt độ rất cao.
- kết hợp hai hạt nhân có số khối trung bình thành một hạt nhân rất nặng ở nhiệt độ rất cao.
- phân chia một hạt nhân nhẹ thành hai hạt nhân nhẹ hơn kèm theo sự toả nhiệt.
- phân chia một hạt nhân rất nặng thành các hạt nhân nhẹ hơn.



Câu 2: [VNA] Phát biểu nào sau đây là **sai** khi nói về phản ứng nhiệt hạch?

- A. Là loại phản ứng xảy ra ở nhiệt độ bình thường.
- B. Hiện nay, các phản ứng nhiệt hạch xảy ra dưới dạng không kiểm soát được.
- C. Là loại phản ứng tỏa năng lượng.
- D. Phản ứng chỉ xảy ra ở nhiệt độ rất cao.

Câu 3: [VNA] Phản ứng hạt nhân nào sau đây là phản ứng nhiệt hạch?

- A. ${}_0^1n + {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{54}^{140}\text{Xe} + {}_{38}^{94}\text{Sr} + 2{}_0^1n$.
- B. ${}_{84}^{210}\text{Po} \rightarrow {}_{82}^{206}\text{Pb} + {}_2^4\text{He}$.
- C. ${}_0^1n + {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{56}^{144}\text{Ba} + {}_{36}^{89}\text{Kr} + 3{}_0^1n$.
- D. ${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1n$.

Câu 4: [VNA] Phát biểu nào sau đây về phản ứng nhiệt hạch là sai?

- A. Phản ứng nhiệt hạch là sự kết hợp hai hay nhiều hạt nhân nhẹ thành một hạt nhân nặng hơn.
- B. Một trong các điều kiện để phản ứng nhiệt hạch xảy ra là nhiệt độ của nhiên liệu phải rất cao.
- C. Tên gọi phản ứng nhiệt hạch là do nó toả ra năng lượng nhiệt rất lớn, làm nóng môi trường xung quanh.

Câu 5: [VNA] Nguồn gốc năng lượng của Mặt Trời là do

- A. các phản ứng nhiệt hạch xảy ra trong lòng nó.
- B. các phản ứng phân hạch xảy ra trong lòng nó.
- C. các phản ứng hoá học xảy ra trong lòng nó.
- D. các phản ứng hạt nhân tự phát dây chuyền trong lòng nó.

Câu 6: [VNA] Điều nào sau đây **không** phải là điều kiện để xảy phản ứng nhiệt hạch?

- A. hệ số nhân neutron phải lớn hơn hoặc bằng 1.
- B. thời gian duy trì nhiệt độ cao đủ dài.
- C. nhiệt độ phản ứng đủ cao.
- D. mật độ hạt nhân đủ lớn.

Câu 7: [VNA] Phản ứng nhiệt hạch phổ biến trong Mặt Trời là

- A. Phản ứng giữa deuteri và triti.
- B. Chu trình proton – proton.
- C. Phân hạch uranium.
- D. Phản ứng neutron chậm.

Câu 8: [VNA] Nhiệt độ cần thiết để phản ứng nhiệt hạch xảy ra rất cao nhằm:

- A. Làm hạt nhân nóng chảy.
- B. Giúp các hạt nhân vượt qua lực đẩy Coulomb.
- C. Làm tăng số neutron.
- D. Giảm khối lượng hạt nhân.

Câu 9: [VNA] Cho phản ứng nhiệt hạch: ${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1n + 17,5\text{MeV}$, khối lượng mol của Helium là 4 g/mol , hằng số Avogadro là $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ và $1\text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ J}$, năng lượng toả ra trong phản ứng trên khi 1 kg helium được tạo thành xấp xỉ là

- A. $4,215 \cdot 10^{11}\text{ J}$.
- B. $4,215 \cdot 10^{14}\text{ J}$.
- C. $4,814 \cdot 10^{14}\text{ J}$.
- D. $4,814 \cdot 10^{12}\text{ J}$.

Sử dụng thông tin sau để trả lời Câu 10, Câu 11 và Câu 12:

Bom nhiệt hạch dùng phản ứng: ${}^2_1D + {}^3_1T \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$. Cho biết khối lượng của các nguyên tử 2_1D , 3_1T , 4_2He và khối lượng hạt neutron lần lượt là: $2,0141 \text{ amu}$; $3,0160 \text{ amu}$; $4,0026 \text{ amu}$ và $1,0087 \text{ amu}$. Đây là một phản ứng thường được sử dụng phản ứng nhiệt hạch (D-T) sử dụng nhiên liệu là các đồng vị Hydro có sẵn trong nước biển, sản phẩm chính là khí Heli không độc hại. Trong khi phản ứng phân hạch ${}^{235}U$ dựa trên việc bắn phá các hạt nhân nặng không bền vững, tạo ra các sản phẩm phụ là chất thải phóng xạ có thời gian bán rã hàng nghìn năm, lấy hằng số Avogadro là $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ và $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Câu 10: [VNA] Phản ứng nhiệt hạch trên được coi là nguồn năng lượng tương lai của nhân loại thay thế cho phản ứng phân hạch ${}^{235}U$. Ưu điểm quan trọng nhất của phản ứng này xét về mặt môi trường và tài nguyên là gì?

- A. Năng lượng tỏa ra từ một phản ứng nhiệt hạch lớn hơn năng lượng tỏa ra từ một phản ứng phân hạch.
- B. Nhiên liệu có sẵn trong nước biển và sản phẩm của phản ứng không gây ô nhiễm môi trường.
- C. Phản ứng nhiệt hạch dễ kiểm soát và điều khiển tốc độ phản ứng hơn nhiều so với phản ứng phân hạch dây chuyền.
- D. Có thể xảy ra ở nhiệt độ phòng nếu sử dụng các chất xúc tác thích hợp, giúp tiết kiệm chi phí vận hành.

Câu 11: [VNA] Năng lượng tỏa ra nếu có 1 kg He được tạo thành do vụ nổ xấp xỉ là

- A. $2,637 \cdot 10^{27} \text{ J}$.
- B. $2,637 \cdot 10^{24} \text{ J}$.
- C. $4,22 \cdot 10^{14} \text{ J}$.
- D. $4,22 \cdot 10^{11} \text{ J}$.

Câu 12: [VNA] Năng lượng nói trên tương đương với bao nhiêu $\text{kg } {}^{235}U$ phân hạch hết nếu mỗi phân hạch tỏa ra một lượng năng lượng là 200 MeV ?

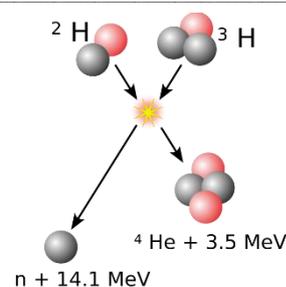
- A. $5,144 \text{ kg}$.
- B. $5,148 \text{ kg}$.
- C. 5148 kg .
- D. 5144 kg .

PHẦN II. Câu trắc nghiệm đúng sai. Thí sinh trả lời từ câu 1 và câu 2. Trong mỗi ý a), b), c), d) ở mỗi câu, thí sinh chọn đúng hoặc sai.

Câu 1: [VNA] Năng lượng của Mặt Trời và các ngôi sao trong vũ trụ đều có nguồn gốc từ các phản ứng đốt cháy hydrogen để tạo thành helium (gọi là chu trình proton – proton). Xét một ngôi sao đã đốt cháy hoàn toàn hydrogen thành helium và coi các hạt nhân helium tạo thành đều tham gia vào quá trình ba – alpha theo phương trình ${}^4_2He + {}^4_2He + {}^4_2He \rightarrow {}^{12}_6C + 7,275 \text{ MeV}$. Ở thời điểm ban đầu, khối lượng của ngôi sao là $4,0 \cdot 10^{30} \text{ kg}$ (Khi tất cả hạt trong ngôi sao đều là Helium) và công suất tỏa nhiệt của ngôi sao là $3,8 \cdot 10^{30} \text{ W}$, biết 1 năm có $365,25 \text{ ngày}$.

Mệnh đề	Đúng	Sai
a) Phản ứng đốt cháy hydrogen để tạo thành helium bên trong Mặt Trời là phản ứng phân hạch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Số hạt nhân 4_2He tại thời điểm ban đầu là $6,02 \cdot 10^{56}$.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Số hạt nhân ${}^{12}_6C$ tạo thành sao 1 năm là $1,03 \cdot 10^{50}$.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Thời gian để toàn bộ hạt nhân 4_2He chuyển hóa hoàn toàn thành ${}^{12}_6C$ là khoảng $1,95 \text{ triệu năm}$.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Câu 2: [VNA] Hình bên là sơ đồ minh họa cho phản ứng tổng hợp hạt nhân thường xảy ra trên Mặt Trời và các ngôi sao. Biết công suất của Mặt Trời là $3,95.10^{26} W$, các thông số về năng lượng đã được đề cập trong sơ đồ. Coi 1 năm có 365,25 ngày.



Mệnh đề	Đúng	Sai
a) Phản ứng này còn được gọi là phản ứng nhiệt hạch.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Phản ứng này tạo ra rất nhiều sản phẩm có tính phóng xạ.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Hiện nay, con người đã điều khiển được phản ứng này.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Sau 1 năm, số hạt neutron tạo thành là $7,79.10^{46}$.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PHẦN III. Câu trắc nghiệm trả lời ngắn. Thí sinh trả lời từ câu 1 đến câu 4.

Câu 1: [VNA] Cho phản ứng nhiệt hạch: ${}^2_1D + {}^2_1D \rightarrow {}^4_2He$ tỏa năng lượng $23,7 MeV$. Biết độ hụt khối của hạt nhân 2_1D là $0,0025 amu$. Năng lượng liên kết của hạt nhân 4_2He bằng bao nhiêu MeV (viết kết quả đến chữ số hàng phần mười)?

Đáp án:

Câu 2: [VNA] Cho phản ứng hạt nhân: ${}^2_1D + {}^2_1D \rightarrow {}^3_2He + {}^1_0n$. Biết khối lượng của các hạt nhân 2_1D , 3_2He , 1_0n lần lượt là: $m_D = 2,0135 amu$; $m_{He} = 3,0149 amu$; $m_n = 1,0087 amu$. Cho khối lượng hạt nhân bằng số khối. Biết năng lượng tỏa ra khi đốt $1 kg$ than là $30000 kJ$. Khối lượng Deuterium (tính theo g và làm tròn kết quả đến chữ số hàng phần mười) cần thiết để có thể thu được năng lượng nhiệt hạch tương đương với năng lượng tỏa ra khi đốt $1 tấn$ than, biết $1 amu = 931,5 MeV/c^2$ và hằng số Avogadro là $N_A = 6,022.10^{23} mol^{-1}$.

Đáp án:

Sử dụng các thông tin sau cho câu 3 và câu 4:

Phản ứng tổng hợp hạt nhân (nhiệt hạch) giữa hai đồng vị của Hydrogen là Deuterium (2_1D) và Tritium (3_1D) diễn ra theo phương trình: ${}^2_1D + {}^3_1T \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$. Biết khối lượng của các hạt tham gia và tạo thành: $m_D = 2,0136 amu$; $m_T = 3,0155 amu$; $m_{He} = 4,0015 amu$; $m_n = 1,0087 amu$.

Câu 3: [VNA] Độ hụt khối lượng của hệ hạt trước và sau phản ứng trên được tính ra là $\Delta m = a.10^{-4} amu$. Tính a .

Đáp án:

Câu 4: [VNA] Tính năng lượng tỏa ra khi một hạt nhân Helium (4_2He) được tạo thành từ phương trình phản ứng nhiệt hạch nói trên theo đơn vị MeV . (Làm tròn kết quả đến 1 chữ số thập phân sau dấu phẩy).

Đáp án:

-----HẾT-----