

CHUẨN BỊ KÌ THI THPT QUỐC GIA NĂM 2019

Môn: Vật Lí

**CHỦ ĐỀ: HỆ THỐNG CÔNG THỨC HẠT NHÂN
NGUYÊN TỬ**

Nguồn: Tổng hợp và sưu tầm.

I. TÍNH CHẤT VÀ CẤU TẠO HẠT NHÂN

1. Lý thuyết

+ Hạt nhân gồm có Z prôtôn và $A - Z$ (A: số nuclôn); kí hiệu: ${}^A_Z X$.

Các hạt nhân có cùng số prôtôn Z nhưng khác số notron N (khác số khối A) được gọi là các đồng vị.

+ Đơn vị khối lượng: Trong vật lí hạt nhân người ta có thể dùng 3 loại đơn vị khối lượng: kg, u và MeV/c²: $1 u = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \approx 931,5 \text{ MeV}/c^2$.

+ Hệ thức Anhxtanh giữa năng lượng và khối lượng: $E = mc^2$.

+ Một hạt có khối lượng m_0 ở trạng thái nghỉ thì khi chuyển động với tốc độ v, khối lượng sẽ tăng lên thành m

với $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

+ Năng lượng toàn phần: $E = mc^2$.

+ Năng lượng nghỉ: $E_0 = m_0 c^2$.

Động năng của hạt: $W_d = E - E_0$.

2. Công thức

+ Hạt nhân ${}^A_Z X$, có A nuclôn; Z prôtôn và có $N = (A - Z)$ notron.

+ Số hạt nhân trong m gam chất đơn nguyên tử: $N = \frac{m}{A} N_A$.

+ Khối lượng tương đối tính: $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$.

+ Năng lượng toàn phần: $E = mc^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} c^2$.

+ Năng lượng nghỉ: $E_0 = m_0c^2$.

+ Động năng $W_d = E - E_0 = mc^2 - m_0c^2 = \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) m_0c^2$.

II. NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT HẠT NHÂN. PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

1. Lý thuyết

+ Lực tương tác giữa các nuclôn gọi là lực hạt nhân (là tương tác hạt nhân hay là tương tác mạnh).

Lực hạt nhân chỉ phát huy tác dụng khi hai nuclôn cách nhau một khoảng bằng hoặc nhỏ hơn kích thước hạt nhân (khoảng 10^{-15} m).

+ Khối lượng của hạt nhân luôn nhỏ hơn khối lượng của tổng các nuclôn tạo thành hạt nhân đó: $\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_X > 0$

+ Năng lượng liên kết của hạt nhân là năng lượng tối thiểu cần thiết để tách các nuclôn trong hạt nhân thành các nuclôn riêng lẻ; nó được đo bằng tích của độ hụt khối Δm với c^2 : $W_{lk} = \Delta m \cdot c^2$.

+ Năng lượng liên kết riêng của một hạt nhân là năng lượng liên kết tính trên từng nuclôn ($\epsilon = \frac{W_{lk}}{A}$) của hạt nhân.

+ Mức độ bền vững của một hạt nhân tùy thuộc vào năng lượng liên kết riêng của hạt nhân, hạt nhân có năng lượng liên kết riêng càng lớn thì càng bền vững.

Các hạt nhân có số khối A trong khoảng từ 50 đến 80 có năng lượng liên kết riêng lớn hơn năng lượng liên kết riêng của các hạt nhân ở đầu bảng và cuối bảng tuần hoàn, năng lượng liên kết riêng của hạt nhân lớn nhất vào cỡ 8,8 MeV/nuclôn (của hạt nhân sắt ${}_{28}^{56}\text{Fe}$).

+ Phản ứng hạt nhân là mọi quá trình dẫn đến sự biến đổi hạt nhân.

+ Có 2 loại phản ứng hạt nhân: Phản ứng hạt nhân tự phát và phản ứng hạt nhân kích thích.

+ Các định luật bảo toàn trong một phản ứng hạt nhân: bảo toàn điện tích (nguyên tử số Z); bảo toàn số nuclôn (số khối A); bảo toàn năng lượng toàn phần; bảo toàn động lượng.

Trong phản ứng hạt nhân không có sự bảo toàn khối lượng.

+ Năng lượng của phản ứng hạt nhân:

$W = (m_{\text{trước}} - m_{\text{sau}})c^2$: $W > 0$ tỏa năng lượng; $W < 0$ thu năng lượng.

2. Công thức

+ Độ hụt khối, năng lượng liên kết, năng lượng liên kết riêng:

$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_{hn}$; $W_{lk} = \Delta m \cdot c^2$; $\epsilon = \frac{W_{lk}}{A}$.

+ Các định luật bảo toàn trong phản ứng: ${}_{Z_1}^{A_1} X_1 + {}_{Z_2}^{A_2} X_2 \rightarrow {}_{Z_3}^{A_3} X_3 + {}_{Z_4}^{A_4} X_4$.

Bảo toàn số nuclôn: $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$.

Bảo toàn điện tích: $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$.

Bảo toàn động lượng: $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_3 \vec{v}_3 + m_4 \vec{v}_4$.

Bảo toàn năng lượng toàn phần:

$(m_1 + m_2)c^2 + K_1 + K_2 = (m_3 + m_4)c^2 + K_3 + K_4$; với $K_i = \frac{1}{2} m_i v_i^2$ là động năng của hạt nhân thứ i .

+ Năng lượng tỏa ra hoặc thu vào trong phản ứng hạt nhân:

$$\Delta W = (m_A + m_B - m_C - m_D)c^2 = W_{\text{ikC}} + W_{\text{ikD}} - W_{\text{ikA}} - W_{\text{ikB}}$$

$$= \varepsilon_C A_C + \varepsilon_D A_D - \varepsilon_A A_A - \varepsilon_B A_B.$$

$\Delta W > 0$: tỏa năng lượng; $\Delta W < 0$: thu năng lượng.

III. PHÓNG XẠ

1. Lý thuyết

+ Phóng xạ: Là hiện tượng một hạt nhân không bền vững tự phát phân rã, phát ra các tia phóng xạ và biến đổi thành các hạt nhân khác.

+ Đặc tính của quá trình phóng xạ: Hoàn toàn do các nguyên nhân bên trong gây ra, tuyệt đối không phụ thuộc vào các tác động bên ngoài.

+ Định luật phóng xạ: Mỗi chất phóng xạ được đặc trưng bởi một thời gian T gọi là chu kỳ bán rã. Cứ sau mỗi chu kỳ này thì một nửa số nguyên tử của chất ấy biến đổi thành chất khác.

+ Biểu thức của định luật phóng xạ:

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} = N_0 e^{-\lambda t} \text{ hoặc } m = m_0 2^{-\frac{t}{T}} = m_0 e^{-\lambda t}; \text{ với } \lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T}.$$

+ Các dạng phóng xạ:

- Phóng xạ α : Tia α là dòng hạt nhân hê li ${}^4_2\text{He}$.

- Phóng xạ β^- : Tia β^- là dòng các electron ${}^0_{-1}\text{e}$.

- Phóng xạ β^+ : Tia β^+ là dòng các pôzitron ${}^0_1\text{e}$.

- Phóng xạ γ : Tia γ là sóng điện từ có bước sóng rất ngắn (tần số rất lớn), không mang điện.

Phóng xạ γ thường xảy ra trong các phản ứng hạt nhân, trong phóng xạ α hay phóng xạ β^- , phóng xạ β^+ .

Các hạt α chuyển động với tốc độ cỡ $2 \cdot 10^7$ m/s; các hạt β^- và β^+ chuyển động với tốc độ xấp xỉ tốc độ ánh sáng còn các hạt γ (là các phôtôn) chuyển động với tốc độ bằng tốc độ ánh sáng.

2. Công thức

+ Số hạt nhân, khối lượng của chất phóng xạ còn lại sau thời gian t :

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} = N_0 e^{-\lambda t}; \quad m(t) = m_0 2^{-\frac{t}{T}} = m_0 e^{-\lambda t}.$$

+ Số hạt nhân mới được tạo thành sau thời gian t :

$$N' = N_0 - N = N_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) = N_0(1 - e^{-\lambda t}).$$

+ Tỉ số giữa số hạt nhân tạo thành và số hạt nhân phóng xạ còn lại sau thời gian t: $\frac{N'}{N} = \frac{1 - 2^{-\frac{t}{T}}}{2^{-\frac{t}{T}}} = \frac{1 - e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}}.$

+ Khối lượng chất mới được tạo thành sau thời gian t:

$$m' = m_0 \frac{A'}{A} \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) = m_0 \frac{A'}{A} (1 - e^{-\lambda t}).$$

+ Tỉ số giữa khối lượng chất tạo thành và khối lượng chất phóng xạ còn lại sau thời gian t:

$$\frac{m'}{m} = \frac{A'}{A} \cdot \frac{1 - 2^{-\frac{t}{T}}}{2^{-\frac{t}{T}}} = \frac{A'}{A} \cdot \frac{1 - e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}}.$$

+ Liên hệ giữa hằng số phóng xạ λ và chu kỳ bán rã T: $\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T}.$

IV. PHẢN ỨNG PHÂN HẠCH. PHẢN ỨNG NHIỆT HẠCH

1. Lý thuyết

+ Phân hạch: Là hiện tượng một hạt nhân nặng vỡ thành hai mảnh nhẹ hơn.

+ Đặc điểm: Sinh ra 2 đến 3 neutron và toả ra một năng lượng lớn.

+ Phân hạch của ^{235}U dưới tác dụng của một neutron toả ra năng lượng 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^- .

Số neutron phát ra trong mỗi phân hạch gây được phân hạch mới gọi là hệ số nhân neutron k: Nếu $k < 1$ thì phản ứng dây chuyền không xảy ra; nếu $k = 1$ thì phản ứng dây chuyền xảy ra nhưng không tăng vọt và có thể điều khiển được; nếu $k > 1$ thì phản ứng dây chuyền tăng vọt không điều khiển được dẫn đến vụ nổ nguyên tử.

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

Với $^{235}_{92}\text{U}$ khối lượng tới hạn cỡ 15 kg; với $^{239}_{94}\text{Pu}$ khối lượng tới hạn cỡ 5 kg.

Phản ứng dây chuyền có điều khiển được tạo ra trong lò phản ứng hạt nhân: Dùng thanh điều khiển có chứa bo, cadimi để điều khiển cho số neutron sinh ra quay lại kích thích phản ứng phân hạch luôn bằng 1.

+ Phản ứng nhiệt hạch: Là phản ứng kết hợp hai hạt nhân nhẹ thành một hạt nhân nặng hơn.

+ Đặc điểm: Là một phản ứng toả năng lượng.

+ Điều kiện để xảy ra phản ứng nhiệt hạch: Các phản ứng kết hợp rất khó xảy ra (do các hạt nhân đều tích điện dương nên đẩy nhau). Muốn chúng tiến lại gần nhau và kết hợp được thì chúng phải có động năng lớn để thắng lực đẩy Coulông, muốn vậy cần phải có nhiệt độ rất cao.

+ Là nguồn gốc năng lượng của Mặt Trời và các sao.

+ Năng lượng nhiệt hạch, với những ưu việt không gây ô nhiễm (sạch) và nguyên liệu dồi dào sẽ là nguồn năng lượng trong tương lai.

2. Công thức

+ Liên hệ giữa động lượng và động năng: $W_d = \frac{1}{2} mv^2$; $p^2 = 2mW_d$.

+ Năng lượng tỏa ra hoặc thu vào trong phản ứng hạt nhân:

$$\begin{aligned} \Delta W &= (m_1 + m_2 - m_3 - m_4)c^2 = W_3 + W_4 - W_1 - W_2 \\ &= A_3\varepsilon_3 + A_4\varepsilon_4 - A_1\varepsilon_1 - A_2\varepsilon_2. \end{aligned}$$