

## IX. VẬT LÝ HẠT NHÂN

### A. TÓM TẮT LÝ THUYẾT

#### 1. Tính chất và cấu tạo hạt nhân.

##### \* Cấu tạo hạt nhân

+ Hạt nhân được cấu tạo từ những hạt nhỏ hơn gọi là các nuclôn. Có hai loại nuclôn: prôtôn, kí hiệu p, khối lượng  $m_p = 1,67262 \cdot 10^{-27}$  kg, mang điện tích nguyên tố dương +e, và nơtron kí hiệu n, khối lượng  $m_n = 1,67493 \cdot 10^{-27}$  kg, không mang điện. Prôtôn chính là hạt nhân nguyên tử hiđrô.

+ Số prôtôn trong hạt nhân bằng số thứ tự Z của nguyên tử; Z được gọi là nguyên tử số. Tổng số các nuclôn trong hạt nhân gọi là số khối, kí hiệu A. Số nơtron trong hạt nhân là:  $N = A - Z$ .

+ Kí hiệu hạt nhân:  ${}^A_Z X$ . Nhiều khi, để cho gọn, ta chỉ cần ghi số khối, vì khi có kí hiệu hóa học thì đã xác định được Z.

##### \* Đồng vị

Đồng vị là những nguyên tử mà hạt nhân chứa cùng số prôtôn Z (có cùng vị trí trong bảng hệ thống tuần hoàn), nhưng có số nơtron N khác nhau.

Các đồng vị được chia làm hai loại: đồng vị bền và đồng vị phóng xạ. Trong thiên nhiên có khoảng gần 300 đồng vị bền; ngoài ra người ta còn tìm thấy vài nghìn đồng vị phóng xạ tự nhiên và nhân tạo.

##### \* Đơn vị khối lượng nguyên tử

Trong vật lí hạt nhân, khối lượng thường được đo bằng đơn vị khối lượng nguyên tử, kí hiệu là u. Một đơn vị u có giá trị bằng  $\frac{1}{12}$  khối lượng của đồng vị cacbon  ${}^{12}_6\text{C}$ ;  $1 u = 1,66055 \cdot 10^{-27}$  kg.

Khối lượng của một nuclôn xấp xỉ bằng u. Nói chung một nguyên tử có số khối A thì có khối lượng xấp xỉ bằng A.u.

##### \* Khối lượng và năng lượng

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

Từ hệ thức Anhxtanh suy ra  $m = \frac{E}{c^2}$  chứng tỏ khối lượng có thể đo bằng đơn vị của năng lượng chia cho  $c^2$ , cụ thể là eV/ $c^2$  hay MeV/ $c^2$ . Ta có:  $1 u = 1,66055 \cdot 10^{-27}$  kg = 931,5 MeV/ $c^2$ .

Theo lí thuyết của Anhxtanh, một vật có khối lượng  $m_0$  khi ở trạng thái nghỉ thì khi chuyển động với

tốc độ v, khối lượng sẽ tăng lên thành m với:  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$  trong đó  $m_0$  gọi là khối lượng nghỉ và m gọi là

khối lượng động.

##### \* Lực hạt nhân

Lực tương tác giữa các nuclôn trong hạt nhân là lực hút, gọi là lực hạt nhân, có tác dụng liên kết các nuclôn lại với nhau. Lực hạt nhân không phải là lực tĩnh điện, nó không phụ thuộc vào điện tích của nuclôn. So với lực điện từ và lực hấp dẫn, lực hạt nhân có cường độ rất lớn (gọi là lực tương tác mạnh) và chỉ tác dụng khi 2 nuclôn cách nhau một khoảng bằng hoặc nhỏ hơn kích thước hạt nhân (khoảng  $10^{-15}$  m).

##### \* Độ hụt khối và năng lượng liên kết

+ Độ hụt khối của một hạt nhân là hiệu số giữa tổng khối lượng của các nuclôn cấu tạo nên hạt nhân và khối lượng hạt nhân đó:  $\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_{hn}$

+ Năng lượng liên kết của hạt nhân là năng lượng tỏa ra khi các nuclôn riêng rẽ liên kết thành hạt nhân và đó cũng là năng lượng cần cung cấp để phá vỡ hạt nhân thành các nuclôn riêng rẽ:  $W_{lk} = \Delta m \cdot c^2$ .

+ Năng lượng liên kết tính cho một nuclôn  $\epsilon = \frac{W_{lk}}{A}$  gọi là năng lượng liên kết riêng của hạt nhân, đặc trưng cho sự bền vững của hạt nhân. Hạt nhân có năng lượng liên kết riêng càng lớn thì càng bền vững.

#### 2. Phản ứng hạt nhân.

##### \* Phản ứng hạt nhân

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

+ Phản ứng hạt nhân thường được chia thành hai loại:

- Phản ứng tự phân rã một hạt nhân không bền vững thành các hạt khác.

- Phản ứng trong đó các hạt nhân tương tác với nhau, dẫn đến sự biến đổi chúng thành các hạt khác.

Phản ứng hạt nhân dạng tổng quát:  $A + B \rightarrow C + D$

##### \* Các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân

- + Định luật bảo toàn số nuclôn (số khối A): Trong phản ứng hạt nhân, tổng số nuclôn của các hạt tương tác bằng tổng số nuclôn của các hạt sản phẩm.
- + Định luật bảo toàn điện tích: Tổng đại số điện tích của các hạt tương tác bằng tổng đại số các điện tích của các hạt sản phẩm.
- + Định luật bảo toàn năng lượng toàn phần (bao gồm động năng và năng lượng nghỉ): Tổng năng lượng toàn phần của các hạt tương tác bằng tổng năng lượng toàn phần của các hạt sản phẩm.
- + Định luật bảo toàn động lượng: Véc tơ tổng động lượng của các hạt tương tác bằng véc tơ tổng động lượng của các hạt sản phẩm.
- + Lưu ý: trong phản ứng hạt nhân không có sự bảo toàn khối lượng.

### \* Năng lượng trong phản ứng hạt nhân

Xét phản ứng hạt nhân:  $A + B \rightarrow C + D$ .

Gọi  $m_0 = m_A + m_B$  và  $m = m_C + m_D$ . Ta thấy  $m_0 \neq m$ .

+ Khi  $m_0 > m$ : Phản ứng tỏa ra một năng lượng:  $W = (m_0 - m)c^2$ . Năng lượng tỏa ra này thường gọi là năng lượng hạt nhân. Các hạt nhân sinh ra có độ hụt khối lớn hơn các hạt nhân ban đầu, nghĩa là các hạt nhân sinh ra bền vững hơn các hạt nhân ban đầu.

+ Khi  $m_0 < m$ : Phản ứng không thể tự nó xảy ra. Muốn cho phản ứng xảy ra thì phải cung cấp cho các hạt A và B một năng lượng  $W$  dưới dạng động năng. Vì các hạt sinh ra có động năng  $W_d$  nên năng lượng cần cung cấp phải thỏa mãn điều kiện:  $W = (m - m_0)c^2 + W_d$ . Các hạt nhân sinh ra có độ hụt khối nhỏ hơn các hạt nhân ban đầu, nghĩa là kém bền vững hơn các hạt nhân ban đầu.

### \* Hai loại phản ứng hạt nhân tỏa năng lượng

+ Hai hạt nhân rất nhẹ ( $A < 10$ ) như hiđrô, hêli, ... kết hợp với nhau thành một hạt nhân nặng hơn. Vì sự tổng hợp hạt nhân chỉ có thể xảy ra ở nhiệt độ cao nên phản ứng này gọi là phản ứng nhiệt hạch.

+ Một hạt nhân nặng vỡ thành hai mảnh nhẹ hơn (có khối lượng cùng cỡ). Phản ứng này gọi là phản ứng phân hạch.

## 3. Phóng xạ.

### \* Hiện tượng phóng xạ

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 hạt nhân khác.

Quá trình phân rã phóng xạ chỉ do các nguyên nhân bên trong gây ra và hoàn toàn không phụ thuộc vào các tác động bên ngoài.

Người ta quy ước gọi hạt nhân phóng xạ là hạt nhân mẹ và các hạt nhân được tạo thành là hạt nhân con.

### \* Các tia phóng xạ

+ Tia  $\alpha$ : là chùm hạt nhân hêli  ${}^4_2\text{He}$ , gọi là hạt  $\alpha$ , được phóng ra từ hạt nhân với tốc độ khoảng  $2 \cdot 10^7$  m/s. Tia  $\alpha$  làm ion hóa mạnh các nguyên tử trên đường đi của nó và mất năng lượng rất nhanh. Vì vậy tia  $\alpha$  chỉ đi được tối đa 8 cm trong không khí và không xuyên qua được tờ bìa dày 1 mm.

+ Tia  $\beta$ : là các hạt phóng xạ phóng ra với vận tốc rất lớn, có thể đạt xấp xỉ bằng vận tốc ánh sáng. Tia  $\beta$  cũng làm ion hóa môi trường nhưng yếu hơn so với tia  $\alpha$ . Vì vậy tia  $\beta$  có thể đi được quãng đường dài hơn, tới hàng trăm mét trong không khí và có thể xuyên qua được lá nhôm dày cỡ vài mm.

Có hai loại tia  $\beta$ :

- Loại phổ biến là tia  $\beta^-$ . Đó chính là các electron (kí hiệu  ${}^0_{-1}\text{e}$ ).

- Loại hiếm hơn là tia  $\beta^+$ . Đó chính là pôzitron, kí hiệu là  ${}^0_{+1}\text{e}$ , có cùng khối lượng như electron nhưng mang điện tích nguyên tử dương.

+ Tia  $\gamma$ : là sóng điện từ có bước sóng rất ngắn (dưới  $10^{-11}$  m), cũng là hạt phôtôn có năng lượng cao. Vì vậy tia  $\gamma$  có khả năng xuyên thấu lớn hơn nhiều so với tia  $\alpha$  và  $\beta$ . Trong phân rã  $\alpha$  và  $\beta$ , hạt nhân con có thể ở trong trạng thái kích thích phóng ra tia  $\gamma$  để trở về trạng thái cơ bản.

### \* Định luật phóng xạ :

Trong quá trình phân rã, số hạt nhân phóng xạ giảm theo thời gian theo định luật hàm mũ với số mũ âm.

Các công thức biểu thị định luật phóng xạ:  $N(t) = N_0 2^{-\frac{t}{T}} = N_0 e^{-\lambda t}$  và  $m(t) = m_0 2^{-\frac{t}{T}} = m_0 e^{-\lambda t}$ .

Với  $\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T}$  gọi là hằng số phóng xạ; T gọi là chu kì bán rã: sau khoảng thời gian T số lượng

hạt nhân chất phóng xạ còn lại 50% (50% số lượng hạt nhân bị phân rã).

### \* Độ phóng xạ

Độ phóng xạ của một lượng chất phóng xạ đặc trưng cho tính phóng xạ mạnh hay yếu của nó, được xác định bởi số hạt nhân bị phân rã trong 1 giây:  $H = - \frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N = \lambda N_0 2^{-\frac{t}{T}} = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = H_0 2^{-\frac{t}{T}} = H_0 e^{-\lambda t}$ .

Đơn vị đo độ phóng xạ là becquerel (Bq): 1 Bq = 1 phân rã/giây. Trong thực tế còn dùng đơn vị curi (Ci): 1 Ci =  $3,7 \cdot 10^{10}$  Bq, xấp xỉ bằng độ phóng xạ của một gam radium.

**\* Đồng vị phóng xạ**

Ngoài các đồng vị phóng xạ có sẵn trong thiên nhiên, gọi là đồng vị phóng xạ tự nhiên, người ta cũng chế tạo được nhiều đồng vị phóng xạ, gọi là đồng vị phóng xạ nhân tạo. Các đồng vị phóng xạ nhân tạo thường thấy thuộc loại phân rã  $\beta$  và  $\gamma$ . Các đồng vị phóng xạ của một nguyên tố hóa học có cùng tính chất hóa học như đồng vị bền của nguyên tố đó.

Ứng dụng: Đồng vị  $^{60}_{27}\text{Co}$  phóng xạ tia  $\gamma$  dùng để soi khuyết tật chi tiết máy, diệt khuẩn để bảo vệ nông sản, chữa ung thư. Các đồng vị phóng xạ  $^{A+1}_Z\text{X}$  được gọi là nguyên tử đánh dấu, cho phép ta khảo sát sự tồn tại, sự phân bố, sự vận chuyển của nguyên tố X. Phương pháp nguyên tử đánh dấu có nhiều ứng dụng quan trọng trong sinh học, hóa học, y học, ... . Đồng vị cacbon  $^{14}_6\text{C}$  phóng xạ tia  $\beta^-$  có chu kỳ bán rã 5730 năm được dùng để định tuổi các vật cổ.

**4. Phản ứng phân hạch - Phản ứng nhiệt hạch.**

**\* Sự phân hạch**

Dùng neutron nhiệt (còn gọi là neutron chậm) có năng lượng cỡ 0,01 eV bắn vào  $^{235}\text{U}$  ta có phản ứng phân hạch:  $^1_0\text{n} + ^{135}_{92}\text{U} \rightarrow ^{A_1}_{Z_1}\text{X}_1 + ^{A_2}_{Z_2}\text{X}_2 + k^1_0\text{n}$

Đặc điểm chung của các phản ứng phân hạch: sau mỗi phản ứng đều có hơn hai neutron được phóng ra, và mỗi phân hạch đều giải phóng ra năng lượng lớn. Người ta gọi đó là năng lượng hạt nhân.

**\* Phản ứng phân hạch dây chuyền**

+ 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, 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.

+ Điều kiện xảy ra phản ứng phân hạch dây chuyền: 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) có thể gây ra phân hạch tiếp theo.

- Nếu  $k < 1$  thì phản ứng dây chuyền không xảy ra.
- Nếu  $k = 1$  thì phản ứng dây chuyền tiếp diễn nhưng không tăng vọt, năng lượng tỏa ra không đổi và có thể kiểm soát được. Đó là chế độ hoạt động của các lò phản ứng hạt nhân.
- Nếu  $k > 1$  thì dòng neutron tăng liên tục theo thời gian, phản ứng dây chuyền không điều khiển được, năng lượng tỏa ra có sức tàn phá dữ dội (dẫn tới vụ nổ nguyên tử).

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  $^{235}\text{U}$  thì  $m_{th}$  vào cỡ 15 kg; với  $^{239}\text{Pu}$  thì  $m_{th}$  vào cỡ 5 kg.

**\* Phản ứng nhiệt hạch**

Khi hai hạt nhân nhẹ kết hợp lại để tạo nên một hạt nhân nặng hơn thì có năng lượng tỏa ra. Ví dụ:  $^2_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^3_2\text{He} + ^1_0\text{n} + 4\text{MeV}$ .

Phản ứng kết hợp hạt nhân chỉ xảy ra ở nhiệt độ rất cao nên mới gọi là phản ứng nhiệt hạch.

**\* Phản ứng nhiệt hạch trong vũ trụ**

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

**\* Thực hiện phản ứng nhiệt hạch trên Trái Đất**

Trên Trái Đất, con người đã thực hiện được phản ứng nhiệt hạch dưới dạng không kiểm soát được. Đó là sự nổ của bom nhiệt hạch hay bom H (còn gọi là bom hiđrô hay bom khinh khí).

Vì năng lượng tỏa ra trong phản ứng nhiệt hạch lớn hơn năng lượng tỏa ra trong phản ứng phân hạch rất nhiều nếu tính theo khối lượng nhiên liệu, và vì nhiên liệu nhiệt hạch có thể coi là vô tận trong thiên nhiên, nên một vấn đề quan trọng đặt ra là: làm thế nào để thực hiện được phản ứng nhiệt hạch dưới dạng kiểm soát được, để đảm bảo cung cấp năng lượng lâu dài cho nhân loại.

**B. CÁC DẠNG BÀI TẬP**

**1. Đại cương về hạt nhân nguyên tử - Hoàn thành phương trình phản ứng hạt nhân.**

**\* Kiến thức liên quan:**

Hạt nhân  $^A_Z\text{X}$ , có A nuclon; Z prôtôn;  $N = (A - Z)$  nơtrôn.

Đồng vị: là những nguyên tử mà hạt nhân của chúng có cùng số proton Z (cùng vị trí trong bảng hệ thống tuần hoàn), nhưng có số neutron N khác nhau.

Đơn vị khối lượng nguyên tử:  $1u = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$ .

Số Avôgađrô:  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

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

Khối lượng động:  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ .

Một hạt có khối lượng nghỉ  $m_0$ , khi chuyển động với vận tốc v sẽ có động năng là  $W_d = W - W_0 = mc^2 - m_0c^2$ .

$m_0c^2 = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} c^2 - m_0c^2$ . Trong đó W =  $mc^2$  gọi là năng lượng toàn phần và  $W_0 = m_0c^2$  gọi là năng lượng nghỉ.

ngỉ.

Trong phản ứng hạt nhân:  ${}^A_1X_1 + {}^A_2X_2 \rightarrow {}^A_3X_3 + {}^A_4X_4$ .

Thì số nuclôn và số điện tích được bảo toàn:  $A_1 + A_2 = A_3 + A_4$  và  $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$ .

Hạt  $\alpha$  là hạt nhân hêli:  ${}^4_2\text{He}$ ; hạt  $\beta^-$  là electron:  ${}^0_{-1}e$ ; hạt  $\beta^+$  là hạt pôzitron:  ${}^0_1e$ .

### \* Bài tập minh họa:

1. Khí clo là hỗn hợp của hai đồng vị bền là  ${}^{35}_{17}\text{Cl} = 34,969u$  hàm lượng 75,4% và  ${}^{37}_{17}\text{Cl} = 36,966u$  hàm lượng 24,6%. Tính khối lượng của nguyên tử của nguyên tố hóa học clo.

2. Biết  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ . Tính số neutron trong 59,5 gam urani  ${}^{238}_{92}\text{U}$ .

3. Một hạt có động năng bằng năng lượng nghỉ của nó. Tính tốc độ của nó. Cho tốc độ của ánh sáng trong chân không là  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

4. Một hạt có khối lượng nghỉ  $m_0$ . Tính động năng của hạt này khi chuyển động với tốc độ 0,6c (c là tốc độ ánh sáng trong chân không) theo thuyết tương đối.

5. Pôlôni  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  là nguyên tố phóng xạ  $\alpha$ , nó phóng ra 1 hạt  $\alpha$  và biến đổi thành hạt nhân con X. Viết phương trình phản ứng. Nêu cấu tạo, tên gọi hạt nhân X.

6. Bắn hạt  $\alpha$  vào hạt nhân  ${}^{14}_7\text{N}$  đứng yên thì thu được một hạt proton và một hạt nhân X. Viết phương trình phản ứng, nêu cấu tạo của hạt nhân X.

7. Phản ứng phân rã của urani có dạng:  ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{206}_{82}\text{Pb} + x\alpha + y\beta^-$ . Tính x và y.

8. Phốt pho  ${}^{32}_{15}\text{P}$  phóng xạ  $\beta^-$  và biến đổi thành lưu huỳnh (S). Viết phương trình của sự phóng xạ đó và nêu cấu tạo của hạt nhân lưu huỳnh.

9. Hạt nhân triti  ${}^3_1\text{T}$  và đơtri  ${}^2_1\text{D}$  tham gia phản ứng nhiệt hạch sinh ra hạt nhân X và một hạt neutron. Viết phương trình phản ứng, nêu cấu tạo và tên gọi của hạt nhân X.

10. Hạt nhân urani  ${}^{238}_{92}\text{U}$  phân rã theo chuỗi phóng xạ  ${}^{238}_{92}\text{U} \xrightarrow{\alpha} \text{Th} \xrightarrow{\beta^-} \text{Pa} \xrightarrow{\beta^-} \text{A}^Z\text{X}$ . Nêu cấu tạo và tên gọi của các hạt nhân X.

### \* Hướng dẫn giải và đáp số:

1. Ta có:  $m_{\text{Cl}} = 34,969u \cdot 75,4\% + 36,966u \cdot 24,6\% = 35,46u$ .

2. Ta có:  $N_n = (A - Z) \cdot \frac{m}{\mu} N_A = 219,73 \cdot 10^{23}$ .

3. Ta có:  $W = W_d + W_0 = 2W_0 = 2m_0c^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \Rightarrow v = \frac{\sqrt{3}}{2} c = 2,6 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

4. Theo thuyết tương đối ta có:  $W_d = W - W_0 = mc^2 - m_0c^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0c^2 = 0,25m_0c^2$ .

5. Phương trình phản ứng:  ${}^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{206}_{82}\text{Pb}$ . Hạt nhân con là hạt nhân chì, có cấu tạo gồm 206 nuclôn, trong đó có 82 proton và 124 neutron.

6. Phương trình phản ứng:  ${}^4_2\text{He} + {}^{14}_7\text{N} \rightarrow {}^1_1\text{p} + {}^{17}_8\text{O}$ . Hạt nhân con là đồng vị của ôxy cấu tạo bởi 17 nuclôn trong đó có 8 prôtôn và 8 nơtron.

7. Ta có:  $x = \frac{238 - 206}{4} = 8$ ;  $y = \frac{92 - 82 - 16}{-1} = 6$ .

8. Ta có:  ${}^{32}_{15}\text{P} \rightarrow {}^0_{-1}\text{e} + {}^{32}_{16}\text{S}$ . Hạt nhân lưu huỳnh  ${}^{32}_{16}\text{S}$  có cấu tạo gồm 32 nuclôn, trong đó có 16 prôtôn và 16 nơtron.

9. Phương trình phản ứng:  ${}^3_1\text{T} + {}^2_1\text{D} \rightarrow {}^1_0\text{n} + {}^4_2\text{He}$ . Hạt nhân  ${}^4_2\text{He}$  là hạt nhân heeli (còn gọi là hạt  $\alpha$ ), có cấu tạo gồm 4 nuclôn, trong đó có 2 prôtôn và 2 nơtron.

10. Ta có:  $A = 238 - 4 = 234$ ;  $Z = 92 - 1 - 1 = 92$ . Vậy hạt nhân  ${}^{234}_{92}\text{U}$  là đồng vị của hạt nhân urani có cấu tạo gồm 234 nuclôn, trong đó có 92 prôtôn và 142 nơtron.

## 2. Sự phóng xạ.

### \* Các công thức:

Số hạt nhân, khối lượng của chất phóng xạ còn lại sau thời gian  $t$ :  $N = N_0 2^{\frac{-t}{T}} = N_0 e^{-\lambda t}$ ;  $m(t) = m_0 2^{\frac{-t}{T}} = m_0 e^{-\lambda t}$ .

Số hạt nhân mới được tạo thành sau thời gian  $t$ :  $N' = N_0 - N = N_0 (1 - 2^{\frac{-t}{T}}) = N_0 (1 - e^{-\lambda t})$ .

Khối lượng chất mới được tạo thành sau thời gian  $t$ :  $m' = m_0 \frac{A'}{A} (1 - 2^{\frac{-t}{T}}) = m_0 \frac{A'}{A} (1 - e^{-\lambda t})$ .

Độ phóng xạ:  $H = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = H_0 e^{-\lambda t} = H_0 2^{\frac{-t}{T}}$ . Với:  $\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T}$  là hằng số phóng xạ;  $T$  là chu kỳ bán rã.

### \* Phương pháp giải:

Để tìm các đại lượng trong sự phóng xạ của các hạt nhân ta viết biểu thức liên quan đến các đại lượng đã biết và đại lượng cần tìm từ đó suy ra và tính đại lượng cần tìm. Trong phần này ta thường sử dụng hàm lôgaric nên phải nắm vững các tính chất của hàm này.

### \* Bài tập minh họa:

1. Pôlôni  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  là nguyên tố phóng xạ  $\alpha$ , có chu kỳ bán rã 138 ngày. Một mẫu pôlôni nguyên chất có khối lượng ban đầu 0,01 g. Tính khối lượng của mẫu chất trên sau 3 chu kỳ bán rã.

2. Hạt nhân  ${}^{14}_6\text{C}$  là chất phóng xạ  $\beta^-$  có chu kỳ bán rã là 5730 năm. Sau bao lâu lượng chất phóng xạ của một mẫu chỉ còn bằng  $\frac{1}{8}$  lượng chất phóng xạ ban đầu của mẫu đó.

3. Gọi  $\Delta t$  là khoảng thời gian để số hạt nhân của một lượng chất phóng xạ giảm đi  $e$  lần ( $e$  là cơ số của lôga tự nhiên với  $\ln e = 1$ ),  $T$  là chu kỳ bán rã của chất phóng xạ. Hỏi sau khoảng thời gian  $0,51\Delta t$  chất phóng xạ còn lại bao nhiêu phần trăm lượng ban đầu?

4. Ban đầu ( $t = 0$ ) có một mẫu chất phóng xạ X nguyên chất. Ở thời điểm  $t_1$  mẫu chất phóng xạ X còn lại 20% hạt nhân chưa bị phân rã. Đến thời điểm  $t_2 = t_1 + 100$  (s) số hạt nhân X chưa bị phân rã chỉ còn 5% so với số hạt nhân ban đầu. Tính chu kỳ bán rã của chất phóng xạ đó.

5. Coban  ${}^{60}_{27}\text{Co}$  phóng xạ  $\beta^-$  với chu kỳ bán rã 5,27 năm. Hỏi sau bao lâu thì 75% khối lượng của một khối chất phóng xạ  ${}^{60}_{27}\text{Co}$  phân rã hết.

6. Phốt pho  ${}^{32}_{15}\text{P}$  phóng xạ  $\beta^-$  với chu kỳ bán rã  $T = 14,2$  ngày. Sau 42,6 ngày kể từ thời điểm ban đầu, khối lượng của một khối chất phóng xạ  ${}^{32}_{15}\text{P}$  còn lại là 2,5 g. Tính khối lượng ban đầu của nó.

7. Hạt nhân  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  có chu kỳ bán rã 1570 năm phân rã thành 1 hạt  $\alpha$  và biến đổi thành hạt nhân X. Tính số hạt nhân X được tạo thành trong năm thứ 786. Biết lúc đầu có 2,26 gam radi. Coi khối lượng của hạt nhân tính theo u xấp xỉ bằng số khối của chúng và  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

8. Pôlôni  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  là một chất phóng xạ có chu kỳ bán rã 140 ngày đêm. Hạt nhân pôlôni phóng xạ sẽ biến thành hạt nhân chì (Pb) và kèm theo một hạt  $\alpha$ . Ban đầu có 42 mg chất phóng xạ pôlôni. Tính khối lượng chì sinh ra sau 280 ngày đêm.

9. Một mẫu phóng xạ  ${}^{31}_{14}\text{Si}$  ban đầu trong 5 phút có 196 nguyên tử bị phân rã, nhưng sau đó 5,2 giờ (kể từ lúc  $t = 0$ ) cùng trong 5 phút chỉ có 49 nguyên tử bị phân rã. Tính chu kỳ bán rã của  ${}^{31}_{14}\text{Si}$ .

10. Biết đồng vị phóng xạ  $^{14}_6\text{C}$  có chu kì bán rã 5730 năm. Giả sử một mẫu gỗ cổ có độ phóng xạ 200 phân rã/phút và một mẫu gỗ khác cùng loại, cùng khối lượng với mẫu gỗ cổ đó, lấy từ cây mới chặt, có độ phóng xạ 1600 phân rã/phút. Tính tuổi của mẫu gỗ cổ.

**\* Hướng dẫn giải và đáp số:**

1. Ta có:  $m = m_0 2^{-\frac{t}{T}} = 0,01$ .  $2^{-\frac{3T}{T}} = 0,00125$  (g).

2. Ta có:  $N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{t}{T}} \Rightarrow \ln \frac{N}{N_0} = -\frac{t}{T} \ln 2 \Rightarrow t = \frac{T \cdot \ln \frac{N}{N_0}}{-\ln 2} = 17190$  năm.

3. Ta có:  $N = N_0 e^{-\frac{t \cdot \ln 2}{T}} \Rightarrow e^{-\frac{t \cdot \ln 2}{T}} = \frac{N}{N_0}$ . Khi  $t = \Delta t$  thì  $e^{-\frac{\Delta t \cdot \ln 2}{T}} = \frac{N}{N_0} = e \Rightarrow \frac{\Delta t \cdot \ln 2}{T} = 1 \Rightarrow \Delta t = \frac{T}{\ln 2}$ .

Khi  $t' = 0,51 \Delta t$  thì  $\frac{N}{N_0} = e^{-\frac{0,51 \cdot T \cdot \ln 2}{T \cdot \ln 2}} = e^{-0,51} = 0,6 = 60\%$ .

4. Ta có:  $N = N_0 2^{-\frac{t}{T}} \Rightarrow 2^{-\frac{t}{T}} = \frac{N}{N_0}$ . Theo bài ra:  $2^{-\frac{t_1}{T}} = \frac{N_1}{N_0} = 20\% = 0,2$  (1);  $2^{-\frac{t_2}{T}} = \frac{N_2}{N_0} = 5\% = 0,05$  (2).

Từ (1) và (2) suy ra:  $\frac{2^{-\frac{t_1}{T}}}{2^{-\frac{t_2}{T}}} = 2^{\frac{t_2 - t_1}{T}} = \frac{0,2}{0,05} = 4 = 2^2 \Rightarrow \frac{t_2 - t_1}{T} = 2 \Rightarrow T = \frac{t_2 - t_1}{2} = \frac{t_1 + 100 - t_1}{2} = 50$  s.

5. Ta có:  $m = m_0 - m' = m_0 2^{-\frac{t}{T}} \Rightarrow t = \frac{T \cdot \ln \frac{m_0 - m'}{m_0}}{-\ln 2} = 10,54$  năm.

6. Ta có:  $m = m_0 2^{-\frac{t}{T}} \Rightarrow m_0 = \frac{m}{2^{-\frac{t}{T}}} = m 2^{\frac{t}{T}} = 20$ g.

7. Phương trình phản ứng:  ${}_{88}^{226}\text{Ra} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{86}^{222}\text{Rn}$ . Trong năm thứ 786: khối lượng  ${}_{88}^{226}\text{Ra}$  bị phân rã là:

$m_{\text{Ra}} = m_0 \left( 2^{-\frac{785}{1570}} - 2^{-\frac{786}{1570}} \right) = 7 \cdot 10^{-4}$ g; khối lượng  ${}_{86}^{222}\text{Rn}$  được tạo thành:  $m_{\text{Rn}} = m_{\text{Ra}} \cdot \frac{A_{\text{Rn}}}{A_{\text{Ra}}} = 6,93$ g; số hạt nhân  ${}_{86}^{222}$

Rn được tạo thành là:  $N_{\text{Rn}} = \frac{m_{\text{Rn}}}{A_{\text{Rn}}} \cdot N_A = 1,88 \cdot 10^{18}$  hạt.

8. Ta có:  $m_{\text{Pb}} = m_0 \cdot \frac{A_{\text{Pb}}}{A_{\text{Po}}} \left( 1 - 2^{-\frac{t}{T}} \right) = 31,1$  mg.

9. Ta có:  $H = H_0 2^{-\frac{t}{T}} = \frac{H_0}{2^{\frac{t}{T}}} \Rightarrow 2^{\frac{t}{T}} = \frac{H_0}{H} = 4 = 2^2 \Rightarrow \frac{t}{T} = 2 \Rightarrow T = \frac{t}{2} = 2,6$  giờ.

10. Ta có:  $H = H_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} = \frac{H_0}{2^{\frac{t}{T}}} \Rightarrow 2^{\frac{t}{T}} = \frac{H_0}{H} = 8 = 2^3 \Rightarrow \frac{t}{T} = 3 \Rightarrow t = 3T = 17190$  (năm).

**3. Năng lượng liên kết, năng lượng liên kết riêng của hạt nhân – Năng lượng tỏa ra hay thu vào của phản ứng hạt nhân.**

**\* Các công thức:**

Liên hệ giữa năng lượng và khối lượng:  $E = mc^2$ .

Độ hụt khối của hạt nhân:  $\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{hn}}$ .

Năng lượng liên kết:  $W_{\text{lk}} = \Delta mc^2$ . Năng lượng liên kết riêng:  $\varepsilon = \frac{W_{\text{lk}}}{A}$ .

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

Nếu  $m_0 = m_1 + m_2 > m = m_3 + m_4$  thì phản ứng hạt nhân tỏa năng lượng.

Nếu  $m_0 = m_1 + m_2 < m = m_3 + m_4$  thì phản ứng hạt nhân thu năng lượng.

$\Delta W = (m_1 + m_2 - m_3 - m_4)c^2 = W_3 + W_4 - W_1 - W_2 = A_3\varepsilon_3 + A_4\varepsilon_4 - A_1\varepsilon_1 - A_2\varepsilon_2$ . Trong đó  $W_i$ ;  $\varepsilon_i$  là năng lượng liên kết và năng lượng liên kết riêng của hạt nhân thứ  $i$ ;  $\Delta W > 0$ : tỏa năng lượng;  $\Delta W < 0$ : thu năng lượng.

Các số liệu và đơn vị thường sử dụng trong vật lý hạt nhân:

**\* Phương pháp giải:**

+ Để tính năng lượng liên kết, năng lượng liên kết riêng của hạt nhân ta tính độ hụt khối của nó (ra đơn vị

u) rồi tính năng lượng liên kết và năng lượng liên kết riêng theo các công thức:  $W_{\text{lk}} = \Delta mc^2$  và  $\varepsilon = \frac{W_{\text{lk}}}{A}$ .

+ Để biết phản ứng hạt nhân tỏa hay thu năng lượng ta tính tổng khối lượng của các hạt trước phản ứng  $m_0$  và tổng khối lượng của các hạt sau phản ứng  $m$  rồi so sánh:  $m_0 > m$ : phản ứng tỏa năng lượng;  $m_0 < m$ : phản ứng thu năng lượng.

+ Năng lượng tỏa ra hay thu vào:  $\Delta W = (m_0 - m)c^2 = W_3 + W_4 - W_1 - W_2 = A_3\varepsilon_3 + A_4\varepsilon_4 - A_1\varepsilon_1 - A_2\varepsilon_2$ ;  $\Delta W > 0$ : tỏa năng lượng;  $\Delta W < 0$ : thu năng lượng.

**\* Bài tập minh họa:**

1. Tính năng lượng liên kết và năng lượng liên kết riêng của hạt nhân  $^{10}_4\text{Be}$ . Biết khối lượng của hạt nhân  $^{10}_4\text{Be}$  là  $m_{\text{Be}} = 10,0113 \text{ u}$ , của proton và neutron là  $m_p = 1,007276 \text{ u}$  và  $m_n = 1,008665 \text{ u}$ ;  $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$ .

2. Hạt nhân heli có khối lượng  $4,0015 \text{ u}$ . Tính năng lượng liên kết và năng lượng liên kết riêng của hạt nhân heli. Tính năng lượng tỏa ra khi tạo thành 1 gam heli. Cho biết khối lượng của proton và neutron là  $m_p = 1,007276 \text{ u}$  và  $m_n = 1,008665 \text{ u}$ ;  $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$ ; số avôgadrô là  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

3. Tính năng lượng liên kết riêng của hai hạt nhân  $^{23}_{11}\text{Na}$  và  $^{56}_{26}\text{Fe}$ . Hạt nhân nào bền vững hơn? Cho  $m_{\text{Na}} = 22,983734 \text{ u}$ ;  $m_{\text{Fe}} = 55,9207 \text{ u}$ ;  $m_n = 1,008665 \text{ u}$ ;  $m_p = 1,007276 \text{ u}$ ;  $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$ .

4. Tìm năng lượng tỏa ra khi một hạt nhân urani  $^{234}\text{U}$  phóng xạ tia  $\alpha$  tạo thành đồng vị thori  $^{230}\text{Th}$ . Cho các năng lượng liên kết riêng của hạt  $\alpha$  là  $7,10 \text{ MeV}$ ; của  $^{234}\text{U}$  là  $7,63 \text{ MeV}$ ; của  $^{230}\text{Th}$  là  $7,70 \text{ MeV}$ .

5. Cho phản ứng hạt nhân  $^3_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n} + 17,6 \text{ MeV}$ . Tính năng lượng tỏa ra khi tổng hợp được 1 gam khí heli.

6. Cho phản ứng hạt nhân:  $^3_1\text{T} + ^2_1\text{D} \rightarrow ^4_2\text{He} + \text{X}$ . Cho độ hụt khối của hạt nhân T, D và He lần lượt là  $0,009106 \text{ u}$ ;  $0,002491 \text{ u}$ ;  $0,030382 \text{ u}$  và  $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$ . Tính năng lượng tỏa ra của phản ứng.

7. Cho phản ứng hạt nhân  $^{37}_{17}\text{Cl} + \text{X} \rightarrow \text{n} + ^{37}_{18}\text{Ar}$ . Hãy cho biết đó là phản ứng tỏa năng lượng hay thu năng lượng. Xác định năng lượng tỏa ra hoặc thu vào. Biết khối lượng của các hạt nhân:  $m_{\text{Ar}} = 36,956889 \text{ u}$ ;  $m_{\text{Cl}} = 36,956563 \text{ u}$ ;  $m_p = 1,007276 \text{ u}$ ;  $m_n = 1,008665 \text{ u}$ ;  $u = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

8. Cho phản ứng hạt nhân  $^9_4\text{Be} + ^1_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^6_3\text{Li}$ . Hãy cho biết đó là phản ứng tỏa năng lượng hay thu năng lượng. Xác định năng lượng tỏa ra hoặc thu vào. Biết  $m_{\text{Be}} = 9,01219 \text{ u}$ ;  $m_p = 1,00783 \text{ u}$ ;  $m_{\text{Li}} = 6,01513 \text{ u}$ ;  $m_X = 4,0026 \text{ u}$ ;  $1 \text{ u} = 931 \text{ MeV}/c^2$ .

**\* Hướng dẫn giải và đáp số:**

1. Ta có:  $W_{\text{lk}} = (Zm_p + Nm_n - m_{\text{hn}})c^2 = (4 \cdot 1,007276 + 6 \cdot 1,008665 - 10,0113) \text{ u} c^2 = 0,079964 \text{ u} c^2 = 74,5 \text{ MeV}$ ;  
 $\varepsilon = \frac{W_{\text{lk}}}{A} = 7,45 \text{ MeV}$ .

2. Ta có:  $\varepsilon_{\text{He}} = \frac{W_{\text{lk}}}{A} = \frac{(Z \cdot m_p + (A - Z)m_n - m_{\text{He}}) \cdot c^2}{A} = \frac{(2 \cdot (1,007276 + 1,008685) - 4,0015) \cdot 931,5}{4} = 7,0752 \text{ MeV}$ ;

$$W = \frac{m}{M} \cdot N_A \cdot W_{\text{lk}} = \frac{1}{4,0015} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} \cdot 7,0752 \cdot 4 = 42,59 \cdot 10^{23} \text{ MeV} = 26,62 \cdot 10^{10} \text{ J}$$

3.  $\varepsilon_{\text{Na}} = \frac{W_{\text{lk}}}{A} = \frac{(Z \cdot m_p + (A - Z)m_n - m_{\text{He}}) \cdot c^2}{A} = \frac{(11 \cdot 1,007276 + 12 \cdot 1,008685 - 22,983734) \cdot 931,5}{23} = 8,1114 \text{ MeV}$ ;

$$\varepsilon_{\text{Fe}} = \frac{(26 \cdot 1,007276 + 30 \cdot 1,008685 - 55,9207) \cdot 931,5}{56} = 8,7898 \text{ MeV}$$

$\varepsilon_{\text{Fe}} > \varepsilon_{\text{Na}}$  nên hạt nhân Fe bền vững hơn hạt nhân Na.

4. Ta có:  $W = 230 \cdot \varepsilon_{\text{Th}} + 4 \cdot \varepsilon_{\text{He}} - 234 \cdot \varepsilon_{\text{U}} = 13,98 \text{ MeV}$ .

5. Ta có:  $W = \frac{m}{A} \cdot N_A \cdot \Delta W = \frac{1}{4} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 17,6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} = 4,24 \cdot 10^{11} \text{ (J)}$ .

6. Phương trình phản ứng:  $^3_1\text{T} + ^2_1\text{D} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$ . Vì hạt neutron  $^1_0\text{n}$  không có độ hụt khối nên ta có năng lượng tỏa ra là:  $\Delta W = (\Delta m_{\text{He}} - \Delta m_{\text{T}} - \Delta m_{\text{D}})c^2 = 17,498 \text{ MeV}$ .

7. Phương trình phản ứng:  $^{37}_{17}\text{Cl} + ^1_1\text{p} \rightarrow ^1_0\text{n} + ^{37}_{18}\text{Ar}$ .

Ta có:  $m_0 = m_{\text{Cl}} + m_p = 37,963839 \text{ u}$ ;  $m = m_n + m_{\text{Ar}} = 37,965554 \text{ u}$ . Vì  $m_0 < m$  nên phản ứng thu năng lượng. Năng lượng thu vào:  $W = (m - m_0) \cdot c^2 = (37,965554 - 37,963839) \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2,56298 \cdot 10^{-13} \text{ J} = 1,602 \text{ MeV}$ .

8. Ta có:  $m_0 = m_{\text{Be}} + m_p = 10,02002 \text{ u}$ ;  $m = m_X + m_{\text{Li}} = 10,01773 \text{ u}$ . Vì  $m_0 > m$  nên phản ứng tỏa năng lượng; năng lượng tỏa ra:  $W = (m_0 - m) \cdot c^2 = (10,02002 - 10,01773) \cdot 931 = 2,132 \text{ MeV}$ .



#### 4. Động năng, vận tốc, phương chuyển động của các hạt trong phản ứng hạt nhân.

##### \* Các công thức:

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

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:  $(m_1 + m_2)c^2 + \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = (m_3 + m_4)c^2 + \frac{1}{2}m_3v_3^2 + \frac{1}{2}m_4v_4^2$ .

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

##### \* Bài tập minh họa:

1. Cho phản ứng hạt nhân  ${}_{90}^{230}\text{Th} \rightarrow {}_{88}^{226}\text{Ra} + {}_2^4\text{He} + 4,91 \text{ MeV}$ . Tính động năng của hạt nhân Ra. Biết hạt nhân Th đứng yên. Lấy khối lượng gần đúng của các hạt nhân tính bằng đơn vị u có giá trị bằng số khối của chúng.

2. Dùng hạt prôtôn có động năng 1,6 MeV bắn vào hạt nhân liti ( ${}_3^7\text{Li}$ ) đứng yên. Giả sử sau phản ứng thu được hai hạt giống nhau có cùng động năng và không kèm theo tia  $\gamma$ . Biết năng lượng tỏa ra của phản ứng là 17,4 MeV. Viết phương trình phản ứng và tính động năng của mỗi hạt sinh ra.

3. Bắn hạt  $\alpha$  có động năng 4 MeV vào hạt nhân  ${}_{7}^{14}\text{N}$  đứng yên thì thu được một prôtôn và hạt nhân  ${}_{8}^{10}\text{O}$ . Giả sử hai hạt sinh ra có cùng tốc độ, tính động năng và tốc độ của prôtôn. Cho:  $m_\alpha = 4,0015 \text{ u}$ ;  $m_O = 16,9947 \text{ u}$ ;  $m_N = 13,9992 \text{ u}$ ;  $m_p = 1,0073 \text{ u}$ ;  $1 \text{ u} = 931 \text{ MeV}/c^2$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ .

4. Dùng một prôtôn có động năng 5,45 MeV bắn vào hạt nhân  ${}_4^9\text{Be}$  đang đứng yên. Phản ứng tạo ra hạt nhân X và hạt  $\alpha$ . Hạt  $\alpha$  bay ra theo phương vuông góc với phương tới của prôtôn và có động năng 4 MeV. Tính động năng của hạt nhân X và năng lượng tỏa ra trong phản ứng này. Lấy khối lượng các hạt tính theo đơn vị khối lượng nguyên tử bằng số khối của chúng.

5. Hạt nhân  ${}_{92}^{234}\text{U}$  đứng yên phóng xạ phát ra hạt  $\alpha$  và hạt nhân con  ${}_{90}^{230}\text{Th}$  (không kèm theo tia  $\gamma$ ). Tính động năng của hạt  $\alpha$ . Cho  $m_U = 233,9904 \text{ u}$ ;  $m_{\text{Th}} = 229,9737 \text{ u}$ ;  $m_\alpha = 4,0015 \text{ u}$  và  $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$ .

6. Hạt nhân  ${}_{88}^{226}\text{Ra}$  đứng yên phân rã thành hạt  $\alpha$  và hạt nhân X (không kèm theo tia  $\gamma$ ). Biết năng lượng mà phản ứng tỏa ra là 3,6 MeV và khối lượng của các hạt gần bằng số khối của chúng tính ra đơn vị u. Tính động năng của hạt  $\alpha$  và hạt nhân X.

7. Cho prôtôn có động năng 1,46 MeV bắn phá hạt nhân  ${}_3^7\text{Li}$  đang đứng yên sinh ra hai hạt  $\alpha$  có cùng động năng. Xác định góc hợp bởi các véc tơ vận tốc của hai hạt  $\alpha$  sau phản ứng. Biết  $m_p = 1,0073 \text{ u}$ ;  $m_{\text{Li}} = 7,0142 \text{ u}$ ;  $m_\alpha = 4,0015 \text{ u}$  và  $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$ .

##### \* Hướng dẫn giải và đáp số:

1. Theo định luật bảo toàn động lượng ta có:  $\vec{p}_{\text{Ra}} + \vec{p}_{\text{He}} = 0 \Rightarrow p_{\text{Ra}} = p_{\text{He}} = p$ . Vì  $W_d = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$ , do đó:

$$W = W_{d\text{Ra}} + W_{d\text{He}} = \frac{p^2}{2m_{\text{Ra}}} + \frac{p^2}{2m_{\text{He}}} = \frac{p^2}{2m_{\text{Ra}}} + \frac{p^2}{2 \cdot \frac{m_{\text{Ra}}}{56,5}} = 57,5 \frac{p^2}{2m_{\text{Ra}}} = 57,5 W_{d\text{Ra}} \Rightarrow W_{d\text{Ra}} = \frac{W}{57,56} = 0,0853 \text{ MeV}.$$

2. Phương trình phản ứng:  ${}_1^1\text{p} + {}_3^7\text{Li} \rightarrow 2{}_2^4\text{He}$ .

Theo định luật bảo toàn năng lượng ta có:  $W_{dp} + \Delta W = 2W_{d\text{He}} \Rightarrow W_{d\text{He}} = \frac{W_{dp} + \Delta W}{2} = 9,5 \text{ MeV}$ .

3. Theo ĐLBĐ động lượng ta có:  $m_\alpha v_\alpha = (m_p + m_X)v \Rightarrow v^2 = \frac{m_\alpha^2 v_\alpha^2}{(m_p + m_X)^2} = \frac{2m_\alpha W_{d\alpha}}{(m_p + m_X)^2}$ ;

$$W_{dp} = \frac{1}{2}m_p v^2 = \frac{m_p m_\alpha W_{d\alpha}}{(m_p + m_X)^2} = 12437,7 \cdot 10^{-6} W_{d\alpha} = 0,05 \text{ MeV} = 796 \cdot 10^{-17} \text{ J};$$

$$v = \sqrt{\frac{2W_{dp}}{m_p}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 796 \cdot 10^{-17}}{1,0073 \cdot 1,66055 \cdot 10^{-27}}} = 30,85 \cdot 10^5 \text{ m/s}.$$

4. Theo định luật bảo toàn động lượng ta có:  $\vec{p}_p = \vec{p}_\alpha + \vec{p}_X$ . Vì  $\vec{v}_p \perp \vec{v}_\alpha \Rightarrow \vec{p}_p \perp \vec{p}_\alpha \Rightarrow p_X^2 = p_p^2 + p_\alpha^2$

$$\Rightarrow 2m_X \frac{1}{2} m_X v_X^2 = 2m_p \frac{1}{2} m_p v_p^2 + 2m_\alpha \frac{1}{2} m_\alpha v_\alpha^2 \text{ hay } 2m_X W_{dX} = 2m_p W_{dp} + 2m_\alpha W_{d\alpha} \Rightarrow W_{dX} = \frac{W_{dp} + 4W_{d\alpha}}{6} = 3,575$$

MeV. Theo định luật bảo toàn năng lượng ta có:  $(m_p + m_{Be})c^2 + W_{dp} = (m_\alpha + m_X)c^2 + W_{d\alpha} + W_{dX}$   
 Năng lượng tỏa ra:  $\Delta W = (m_p + m_{Be} - m_\alpha - m_X)c^2 = W_{d\alpha} + W_{dX} - W_{dp} = 2,125 \text{ MeV}$ .

5. Theo định luật bảo toàn động lượng:  $p_\alpha + p_{Th} = 0 \Rightarrow p_\alpha = m_\alpha v_\alpha = p_{Th} = m_{Th} v_{Th} \Rightarrow 2m_\alpha W_\alpha = 2m_{Th} W_{Th}$

$$\Rightarrow W_{Th} = \frac{m_\alpha}{m_{Th}} W_\alpha. \text{ Năng lượng tỏa ra trong phản ứng là: } \Delta W = W_{Th} + W_\alpha = \frac{m_\alpha + m_{Th}}{m_{Th}} W_\alpha = (m_U - m_{Th} - m_\alpha)c^2$$

$$\Rightarrow W_\alpha = \frac{m_{Th}(m_U - m_{Th} - m_\alpha)}{m_{Th} + m_\alpha} c^2 = 0,01494 \text{ uc}^2 = 13,92 \text{ MeV}.$$

6. Phương trình phản ứng:  ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^4_2\alpha + {}^{222}_{86}\text{Rn}$ .

Theo định luật bảo toàn động lượng:  $p_\alpha + p_X = 0 \Rightarrow p_\alpha = m_\alpha v_\alpha = p_X = m_X v_X \Rightarrow 2m_\alpha W_\alpha = 2m_X W_X$

$$\Rightarrow W_X = \frac{m_\alpha}{m_X} W_\alpha. \text{ Năng lượng tỏa ra trong phản ứng là: } \Delta W = W_X + W_\alpha = \frac{m_\alpha + m_X}{m_X} W_\alpha$$

$$\Rightarrow W_\alpha = \frac{m_X \Delta W}{m_\alpha + m_X} = 3,536 \text{ MeV}; W_X = \frac{m_\alpha}{m_X} W_\alpha = 0,064 \text{ MeV}.$$

7. Theo định luật bảo toàn động lượng ta có:  $p_p = p_{\alpha 1} + p_{\alpha 2} \Rightarrow p_p^2 = p_{\alpha 1}^2 + p_{\alpha 2}^2 + 2p_{\alpha 1} p_{\alpha 2} \cos\phi$ . Vì  $p_{\alpha 1} = p_{\alpha 2} = p_\alpha$  và

$$p^2 = 2mW_d \Rightarrow \cos\phi = \frac{2m_p W_p - 4m_\alpha W_\alpha}{4m_\alpha W_\alpha} = \frac{m_p W_p - 2m_\alpha W_\alpha}{2m_\alpha W_\alpha} \quad (1).$$

Theo định luật bảo toàn năng lượng:  $(m_p + m_{Li})c^2 + W_p = 2m_\alpha c^2 + 2W_\alpha$

$$\Rightarrow W_\alpha = \frac{(m_p + m_{Li} - 2m_\alpha)c^2 + W_p}{2} = 9,3464 \text{ MeV}. \quad (2).$$

Từ (1) và (2) suy ra:  $\cos\phi = -0,98 = \cos 168,5^\circ \Rightarrow \phi = 168,5^\circ$ .

### C. MỘT SỐ CÂU TRẮC NGHIỆM LUYỆN TẬP

\* Đề thi ĐH – CD năm 2009:

- Trong sự phân hạch của hạt nhân  ${}^{235}_{92}\text{U}$ , gọi k là hệ số nhân nơtron. Phát biểu nào sau đây là đúng?
  - Nếu  $k < 1$  thì phản ứng phân hạch dây chuyền xảy ra và năng lượng tỏa ra tăng nhanh.
  - Nếu  $k > 1$  thì phản ứng phân hạch dây chuyền tự duy trì và có thể gây nên bùng nổ.
  - Nếu  $k > 1$  thì phản ứng phân hạch dây chuyền không xảy ra.
  - Nếu  $k = 1$  thì phản ứng phân hạch dây chuyền không xảy ra.
- Giả sử hai hạt nhân X và Y có độ hụt khối bằng nhau và số nuclôn của hạt nhân X lớn hơn số nuclôn của hạt nhân Y thì
  - hạt nhân Y bền vững hơn hạt nhân X.
  - hạt nhân X bền vững hơn hạt nhân Y.
  - năng lượng liên kết riêng của hai hạt nhân bằng nhau.
  - năng lượng liên kết của hạt nhân X lớn hơn năng lượng liên kết của hạt nhân Y.
- Cho phản ứng hạt nhân:  ${}^3_1\text{T} + {}^2_1\text{D} \rightarrow {}^4_2\text{He} + \text{X}$ . Lấy độ hụt khối của hạt nhân T, hạt nhân D, hạt nhân He lần lượt là 0,009106 u; 0,002491 u; 0,030382 u và  $1\text{u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$ . Năng lượng tỏa ra của phản ứng xấp xỉ bằng
  - 15,017 MeV.
  - 200,025 MeV.
  - 17,498 MeV.
  - 21,076 MeV.
- Một chất phóng xạ ban đầu có  $N_0$  hạt nhân. Sau 1 năm, còn lại một phần ba số hạt nhân ban đầu chưa phân rã. Sau 1 năm nữa, số hạt nhân còn lại chưa phân rã của chất phóng xạ đó là
  - $\frac{N_0}{16}$ .
  - $\frac{N_0}{9}$ .
  - $\frac{N_0}{4}$ .
  - $\frac{N_0}{6}$ .
- Chu kỳ bán rã của pôlôni  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  là 138 ngày và  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ . Độ phóng xạ của 42 mg pôlôni là
  - $7 \cdot 10^{12} \text{ Bq}$ .
  - $7 \cdot 10^9 \text{ Bq}$ .
  - $7 \cdot 10^{14} \text{ Bq}$ .
  - $7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$ .
- Công suất bức xạ của Mặt Trời là  $3,9 \cdot 10^{26} \text{ W}$ . Năng lượng Mặt Trời tỏa ra trong một ngày là
  - $3,3696 \cdot 10^{30} \text{ J}$ .
  - $3,3696 \cdot 10^{29} \text{ J}$ .
  - $3,3696 \cdot 10^{32} \text{ J}$ .
  - $3,3696 \cdot 10^{31} \text{ J}$ .
- Biết  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ . Trong 59,5 g  ${}^{238}_{92}\text{U}$  có số nơtron xấp xỉ là
  - $2,38 \cdot 10^{23}$ .
  - $2,20 \cdot 10^{25}$ .
  - $1,19 \cdot 10^{25}$ .
  - $9,21 \cdot 10^{24}$ .

8. Phát biểu nào sau đây là sai khi nói về hiện tượng phóng xạ?
- A. Trong phóng xạ  $\alpha$ , hạt nhân con có số nơtron nhỏ hơn số nơtron của hạt nhân mẹ.  
 B. Trong phóng xạ  $\beta^-$ , hạt nhân mẹ và hạt nhân con có số khối bằng nhau, số prôtôn khác nhau.  
 C. Trong phóng xạ  $\beta^-$ , có sự bảo toàn điện tích nên số prôtôn được bảo toàn.  
 D. Trong phóng xạ  $\beta^+$ , hạt nhân mẹ và hạt nhân con có số khối bằng nhau, số nơtron khác nhau.
9. Gọi  $\tau$  là khoảng thời gian để số hạt nhân của một đồng vị phóng xạ giảm đi bốn lần. Sau thời gian  $2\tau$  số hạt nhân còn lại của đồng vị đó bằng bao nhiêu phần trăm số hạt nhân ban đầu?
- A. 25,25%.      B. 93,75%.      C. 6,25%.      D. 13,5%.
10. Cho phản ứng hạt nhân:  ${}_{11}^{23}\text{Na} + {}_1^1\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_{10}^{20}\text{Ne}$ . Khối lượng các hạt nhân  ${}_{11}^{23}\text{Na}$ ;  ${}_{10}^{20}\text{Ne}$ ;  ${}_2^4\text{He}$ ;  ${}_1^1\text{H}$  lần lượt là 22,9837 u; 19,9869 u; 4,0015 u; 1,0073 u;  $u = 931,5 \text{ MeV}/c^2$ . Trong phản ứng này, năng lượng
- A. thu vào là 3,4524 MeV.      B. thu vào là 2,4219 MeV.  
 C. tỏa ra là 2,4219 MeV.      D. tỏa ra là 3,4524 MeV.
11. Cho  $1u = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ;  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ ;  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ . Hạt prôtôn có khối lượng  $m_p = 1,007276 \text{ u}$ , thì có năng lượng nghỉ là
- A. 940,8 MeV.      B. 980,4 MeV.      C. 9,804 MeV.      D. 94,08 MeV.
12. Biết khối lượng prôtôn; nơtron; hạt nhân  ${}^{16}_8\text{O}$  lần lượt là: 1,0073 u; 1,0087 u; 15,9904 u và  $1u = 931,5 \text{ MeV}/c^2$ . Năng lượng liên kết của hạt nhân  ${}^{16}_8\text{O}$  xấp xỉ bằng
- A. 14,25 MeV.      B. 18,76 MeV.      C. 128,17 MeV.      D. 190,81 MeV.
13. Hạt  $\alpha$  có khối lượng 4,0015 u. Biết  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ;  $1 \text{ u} = 931 \text{ MeV}/c^2$ . Các nuclôn kết hợp với nhau tạo thành hạt  $\alpha$ , năng lượng tỏa ra khi tạo thành 1 mol khí hêli là
- A.  $2,7 \cdot 10^{12} \text{ J}$ .      B.  $3,5 \cdot 10^{12} \text{ J}$ .      C.  $2,7 \cdot 10^{10} \text{ J}$ .      D.  $3,5 \cdot 10^{10} \text{ J}$ .
14. Một mẫu phóng xạ  ${}^{222}_{86}\text{Rn}$  ban đầu có chứa  $10^{10}$  nguyên tử phóng xạ. Cho chu kỳ bán rã là  $T = 3,8823$  ngày đêm. Số nguyên tử đã phân rã sau 1 ngày đêm là
- A.  $1,63 \cdot 10^9$ .      B.  $1,67 \cdot 10^9$ .      C.  $2,73 \cdot 10^9$ .      D.  $4,67 \cdot 10^9$ .
- ĐỀ THI ĐH – CĐ năm 2010**
15. Một hạt có khối lượng nghỉ  $m_0$ . Theo thuyết tương đối, động năng của hạt này khi chuyển động với tốc độ  $0,6c$  ( $c$  là tốc độ ánh sáng trong chân không) là
- A.  $1,25m_0c^2$ .      B.  $0,36m_0c^2$ .      C.  $0,25m_0c^2$ .      D.  $0,225m_0c^2$ .
16. Cho ba hạt nhân X, Y và Z có số nuclôn tương ứng là  $A_X, A_Y, A_Z$  với  $A_X = 2A_Y = 0,5A_Z$ . Biết năng lượng liên kết của từng hạt nhân tương ứng là  $\Delta E_X, \Delta E_Y, \Delta E_Z$  với  $\Delta E_Z < \Delta E_X < \Delta E_Y$ . Sắp xếp các hạt nhân này theo thứ tự tính bền vững giảm dần là
- A. Y, X, Z.      B. Y, Z, X.      C. X, Y, Z.      D. Z, X, Y.
17. Hạt nhân  ${}^{210}_{84}\text{Po}$  đang đứng yên thì phóng xạ  $\alpha$ , ngay sau phóng xạ đó, động năng của hạt  $\alpha$
- A. lớn hơn động năng của hạt nhân con.      B. chỉ có thể nhỏ hơn hoặc bằng động năng của hạt nhân con.  
 C. bằng động năng của hạt nhân con.      D. nhỏ hơn động năng của hạt nhân con.
18. Dùng một prôtôn có động năng 5,45 MeV bắn vào hạt nhân  ${}^9_4\text{Be}$  đang đứng yên. Phản ứng tạo ra hạt nhân X và hạt  $\alpha$ . Hạt  $\alpha$  bay ra theo phương vuông góc với phương tới của prôtôn và có động năng 4 MeV. Khi tính động năng của các hạt, lấy khối lượng các hạt tính theo đơn vị khối lượng nguyên tử bằng số khối của chúng. Năng lượng tỏa ra trong phản ứng này bằng
- A. 3,125 MeV.      B. 4,225 MeV.      C. 1,145 MeV.      D. 2,125 MeV.
19. Phóng xạ và phân hạch hạt nhân
- A. đều có sự hấp thụ nơtron chậm.      B. đều là phản ứng hạt nhân thu năng lượng.  
 C. đều không phải là phản ứng hạt nhân.      D. đều là phản ứng hạt nhân tỏa năng lượng.
20. Cho khối lượng của prôtôn; nơtron;  ${}^{40}_{18}\text{Ar}$ ;  ${}^6_3\text{Li}$  lần lượt là: 1,0073 u; 1,0087 u; 39,9525 u; 6,0145 u và  $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$ . So với năng lượng liên kết riêng của hạt nhân  ${}^6_3\text{Li}$  thì năng lượng liên kết riêng của hạt nhân  ${}^{40}_{18}\text{Ar}$
- A. lớn hơn một lượng là 5,20 MeV.      B. lớn hơn một lượng là 3,42 MeV.  
 C. nhỏ hơn một lượng là 3,42 MeV.      D. nhỏ hơn một lượng là 5,20 MeV.
21. Ban đầu có  $N_0$  hạt nhân của một mẫu chất phóng xạ nguyên chất có chu kỳ bán rã  $T$ . Sau khoảng thời gian  $t = 0,5T$ , kể từ thời điểm ban đầu, số hạt nhân chưa bị phân rã của mẫu chất phóng xạ này là
- A.  $\frac{N_0}{2}$ .      B.  $\frac{N_0}{\sqrt{2}}$ .      C.  $\frac{N_0}{4}$ .      D.  $N_0\sqrt{2}$ .

22. Biết đồng vị phóng xạ  $^{14}_6\text{C}$  có chu kỳ bán rã 5730 năm. Giả sử một mẫu gỗ cổ có độ phóng xạ 200 phân rã/phút và một mẫu gỗ khác cùng loại, cùng khối lượng với mẫu gỗ cổ đó, lấy từ cây mới chặt, có độ phóng xạ 1600 phân rã/phút. Tuổi của mẫu gỗ cổ đã cho là

- A. 1910 năm.      B. 2865 năm.      C. 11460 năm.      **D. 17190 năm.**

23. Ban đầu ( $t = 0$ ) có một mẫu chất phóng xạ X nguyên chất. Ở thời điểm  $t_1$  mẫu chất phóng xạ X còn lại 20% hạt nhân chưa bị phân rã. Đến thời điểm  $t_2 = t_1 + 100$  (s) số hạt nhân X chưa bị phân rã chỉ còn 5% so với số hạt nhân ban đầu. Chu kỳ bán rã của chất phóng xạ đó là

- A. 50 s.      B. 25 s.      C. 400 s.      **D. 200 s.**

24. Cho phản ứng hạt nhân  $^3_1\text{H} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n} + 17,6\text{MeV}$ . Năng lượng tỏa ra khi tổng hợp được 1 g khí heli xấp xỉ bằng

- A.  $4,24 \cdot 10^9\text{J}$ .      B.  $4,24 \cdot 10^5\text{J}$ .      C.  $5,03 \cdot 10^{11}\text{J}$ .      **D.  $4,24 \cdot 10^{11}\text{J}$ .**

25. Dùng hạt prôtôn có động năng 1,6 MeV bắn vào hạt nhân liti ( $^7_3\text{Li}$ ) đứng yên. Giả sử sau phản ứng thu được hai hạt giống nhau có cùng động năng và không kèm theo tia  $\gamma$ . Biết năng lượng tỏa ra của phản ứng là 17,4 MeV. Động năng của mỗi hạt sinh ra là

- A. 19,0 MeV.      B. 15,8 MeV.      **C. 9,5 MeV.**      D. 7,9 MeV.

26. Khi nói về tia  $\alpha$ , phát biểu nào sau đây là sai?

- A. Tia  $\alpha$  phóng ra từ hạt nhân với tốc độ bằng 2000 m/s.  
B. Khi đi qua điện trường giữa hai bản tụ điện, tia  $\alpha$  bị lệch về phía bản âm của tụ điện.  
C. Khi đi trong không khí, tia  $\alpha$  làm ion hóa không khí và mất dần năng lượng.  
D. Tia  $\alpha$  là dòng các hạt nhân heli ( $^4_2\text{He}$ ).

27. So với hạt nhân  $^{29}_{14}\text{Si}$ , hạt nhân  $^{40}_{20}\text{Ca}$  có nhiều hơn

- A. 11 nơtrôn và 6 prôtôn.      **B. 5 nơtrôn và 6 prôtôn.**  
C. 6 nơtrôn và 5 prôtôn.      D. 5 nơtrôn và 12 prôtôn.

28. Phản ứng nhiệt hạch là

- A. sự kết hợp hai hạt nhân có số khối trung bình tạo thành hạt nhân nặng hơn.  
B. phản ứng hạt nhân thu năng lượng.  
C. phản ứng trong đó một hạt nhân nặng vỡ thành hai mảnh nhẹ hơn.  
**D. phản ứng hạt nhân tỏa năng lượng.**

29. Pôlôni  $^{210}_{84}\text{Po}$  phóng xạ  $\alpha$  và biến đổi thành chì Pb. Biết khối lượng các hạt nhân Po;  $\alpha$ ; Pb lần lượt là:

209,937303 u; 4,001506 u; 205,929442 u và  $1\text{ u} = 931,5 \frac{\text{MeV}}{c^2}$ . Năng lượng tỏa ra khi một hạt nhân pôlôni

phân rã xấp xỉ bằng

- A. 5,92 MeV.**      B. 2,96 MeV.      C. 29,60 MeV.      D. 59,20 MeV.

\* **Đáp án:** 1 B. 2 A. 3 C. 4 B. 5 A. 6 D. 7 B. 8 C. 9 C. 10C. 11 A. 12 C. 13 A. 14 A. 15 C. 16 A. 17 A. 18 D. 19 D. 20 B. 21 B. 22 D. 23 A. 24 D. 25 C. 26 A, 27 B. 28 D. 29 A.