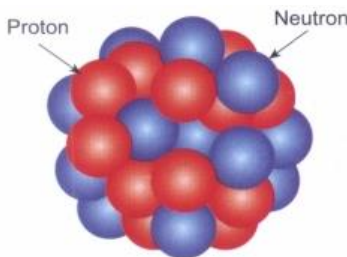


# TÓM TẮT LÝ THUYẾT BÀI TẬP VỀ VẬT LÝ HẠT NHÂN

## 1. Cấu trúc hạt nhân

- Hạt nhân được tạo thành bởi hai loại hạt là proton và neutron, hai loại hạt này có tên chung là nucleon..



- Người ta dùng kí hiệu hoá học X của nguyên tố để kí hiệu cho hạt nhân, kèm theo hai số Z và A như sau:  ${}^A_ZX$ . Trong đó: Z là số proton, A là số nucleon,  $N = A - Z$  là số neutron.

- Các hạt nhân đồng vị là những hạt nhân có cùng số Z, khác số A, nghĩa là cùng số proton và khác số neutron.

Hydrogen có ba đồng vị: hydrogen thường  ${}^1_1H$ ; hydrogen nặng  ${}^2_1H$  còn gọi là deuterium ( ${}^2_1D$ ); hydrogen siêu nặng  ${}^3_1H$  còn gọi là tritium ( ${}^3_1T$ ).

## 2. Phản ứng hạt nhân và năng lượng liên kết

### 2.1. Phản ứng hạt nhân

- Phản ứng hạt nhân là quá trình biến đổi hạt nhân này thành hạt nhân khác.

- Phản ứng hạt nhân thường được chia làm hai loại:

+ Phản ứng hạt nhân kích thích: là quá trình các hạt nhân tương tác với các hạt khác tạo ra các hạt nhân mới.

+ Phản ứng hạt nhân tự phát: là quá trình tự phân rã của một hạt nhân không bền vững thành các hạt nhân mới.

### 2.2. Năng lượng liên kết

#### a. Lực hạt nhân

- Là lực tương tác giữa các nucleon trong hạt nhân. Bản chất là lực tương tác mạnh.

#### b. Độ hụt khối

- Là độ chênh lệch giữa tổng khối lượng của các nucleon tạo thành hạt nhân và khối lượng  $m_X$  của hạt nhân.

$$\Delta m = [Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n] - m_X$$

#### c. Mối liên hệ giữa năng lượng và khối lượng

- Theo thuyết tương đối của Einstein (Anh-xtanh), một vật có khối lượng m thì cũng có năng lượng tương ứng là E và ngược lại:

$$E = mc^2$$

Với c là tốc độ của ánh sáng trong chân không.

- Một vật có khối lượng  $m_0$  ở trạng thái nghỉ sẽ có năng lượng nghỉ  $E_0 = m_0c^2$

- Khi chuyển động vật có khối lượng m và năng lượng của vật khi đó gọi là năng lượng toàn phần

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

+ **Năng lượng toàn phần:** 
$$E = mc^2$$

+ **Động năng của vật:** 
$$W_d = E - E_0 = (m - m_0)c^2$$

#### d. Năng lượng liên kết

- Là năng lượng tối thiểu dùng để tách toàn bộ số nucleon ra khỏi hạt nhân, được tính bằng tích của độ hụt khối của hạt nhân với thừa số  $c^2$ .

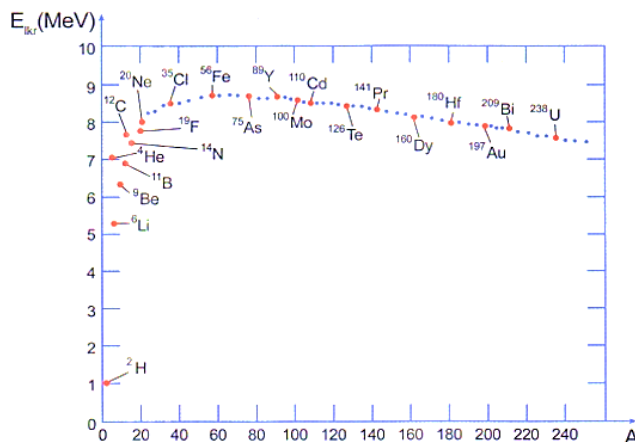
$$E_{lk} = \Delta mc^2$$

#### e. Năng lượng liên kết riêng

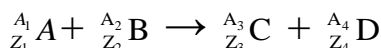
- Đặc trưng cho độ bền vững của hạt nhân.

$$\varepsilon = E_{lk} = \frac{E_{lk}}{A}$$

Hạt nhân có  $E_{lk}$  càng lớn thì càng bền vững và ngược lại.



#### f. Các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân



- Định luật bảo toàn số nucleon (bảo toàn số khối A).

$$A_1 + A_2 = A_3 + A_4$$

- Định luật bảo toàn điện tích.

$$Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4$$

- Định luật bảo toàn động lượng.

$$\vec{p}_A + \vec{p}_B = \vec{p}_C + \vec{p}_D$$

- Định luật bảo toàn năng lượng toàn phần.

Năng lượng toàn phần bằng tổng năng lượng nghỉ và thế năng của hạt nhân.

$$m_A c^2 + W_{dA} + m_B c^2 + W_{dB} = m_C c^2 + W_{dC} + m_D c^2 + W_{dD}$$

- Trong phản ứng hạt nhân không có bảo toàn: khối lượng, số neutron, năng lượng nghỉ.

\*) Năng lượng của phản ứng hạt nhân:

$$\Delta E = (m_t - m_s)c^2$$

$m_t = m_A + m_B$ : tổng khối lượng của các hạt trước phản ứng.

$m_s = m_C + m_D$ : tổng khối lượng của các hạt sau phản ứng.

+ Nếu  $\Delta E > 0$ : phản ứng tỏa năng lượng.

+ Nếu  $\Delta E < 0$ : phản ứng thu năng lượng.

#### 2.3. Phản ứng phân hạch và tổng hợp hạt nhân

Phân hạch hạt nhân	Tổng hợp hạt nhân (Nhiệt hạch)
Hạt nhân <b>nặng</b> hấp thụ một <i>neutron chậm</i> vỡ thành hai hạt nhân <b>nhẹ</b> hơn (trung bình: $50 < A < 160$ ) <b>Ví dụ:</b> ${}_{92}^{235}\text{U}$ , ${}_{94}^{239}\text{Pu}$ , ${}_{93}^{237}\text{Pu}$ , ${}_{98}^{251}\text{Cf}$ .... $n + X \rightarrow X^* \rightarrow Y + Z + kn$	Là phản ứng kết hợp hai hạt nhân <b>rất nhẹ</b> thành hạt nhân <b>nặng</b> hơn.

<p>+ <b>Nếu <math>k &lt; 1</math>:</b> Phản ứng dây chuyền không tắt nhanh</p> <p>+ <b>Nếu <math>k = 1</math>:</b> Phản ứng dây chuyền có thể tự duy trì và công suất phát ra không đổi theo thời gian</p> <p>+ <b>Nếu <math>k &gt; 1</math>:</b> Phản ứng dây chuyền có thể tự duy trì và công suất phát ra tăng nhanh và có thể gây nên bùng nổ</p> <p><i>Để đảm bảo cho <math>k = 1</math> người ta dùng các thanh điều khiển chứa <math>Bo</math> hay <math>Cd</math>, là các chất có tác dụng hấp thụ neutron</i></p>	<p>+ Xét trên cùng một khối lượng nhiên liệu thì năng lượng nhiệt hạch sinh ra lớn hơn phân hạch.</p> <p>+ Năng lượng nhiệt hạch là quá trình tạo ra nguồn năng lượng vô tận cho cho mặt trời và các ngôi sao khác trên vũ trụ.</p> <p><b>Chế tạo bom H</b></p> <p><b>Điều kiện:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nhiệt độ cao</li> <li>- Mật độ hạt nhân trong trạng thái plasma đủ lớn.</li> <li>- Thời gian duy trì trạng thái đủ lớn.</li> </ul>
--	--

### 3. Hiện tượng phóng xạ

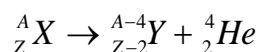
#### 3.1. Định nghĩa

- Là hiện tượng một hạt nhân không bền vững (hạt nhân mẹ) tự phát biến đổi thành một hạt nhân khác (hạt nhân con) đồng thời phát ra tia phóng xạ.

- Phóng xạ là quá trình phóng xạ là ngẫu nhiên. Với một hạt nhân phóng xạ cho trước, thời điểm phân rã của nó là không xác định.

#### 3.2. Các dạng phóng xạ

##### a. Phóng xạ alpha



+ Tia phóng xạ  $\alpha$  là hạt nhân  ${}_2^4He$  phóng ra từ hạt nhân mẹ

+ Có tốc độ khoảng  $2.10^7$  m/s.

+ Ion hoá mạnh môi trường vật chất, do đó nó chỉ đi được khoảng vài cm trong không khí và dễ dàng bị tờ giấy dày 1 mm chặn lại.

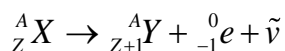
##### b. Phóng xạ beta

- Gồm 2 loại: phóng xạ  $\beta^+$  (positron ( ${}_1^0e$ )) và phóng xạ  $\beta^-$  (electron ( ${}_{-1}^0e$ ))

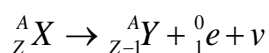
+ Tốc độ xấp xỉ tốc độ ánh sáng trong chân không.

+ Ion hoá môi trường vật chất ở mức trung bình, nó có thể xuyên qua tờ giấy khoảng 1 mm nhưng có thể bị chặn bởi tấm nhôm dày khoảng 1 mm.

+ **Phóng xạ  $\beta^-$ :**



+ **Phóng xạ  $\beta^+$ :**

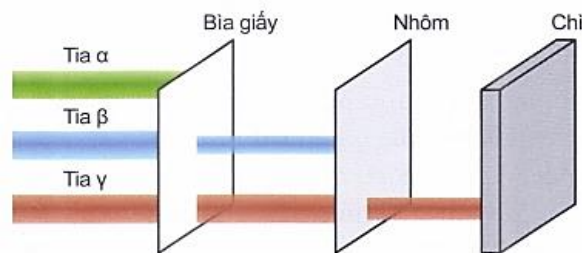
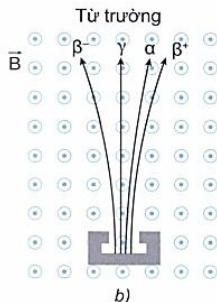
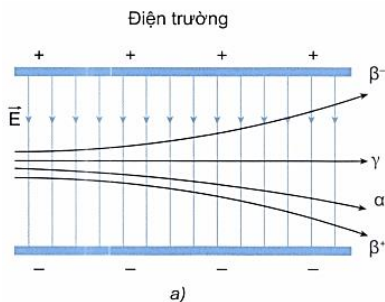
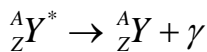


##### c. Phóng xạ gamma

Một số hạt nhân con sau quá trình phóng xạ  $\alpha$  hay  $\beta$  được tạo ra trong trạng thái kích thích  ${}_Z^AY^*$ . Khi đó, xảy ra tiếp quá trình hạt nhân đó chuyển từ trạng thái kích thích về trạng thái có mức năng lượng thấp hơn  ${}_Z^AY$  và phát ra bức xạ điện từ  $\gamma$  (tia  $\gamma$ ).

Tia gamma có bản chất là bức xạ điện từ không mang điện, có bước sóng rất ngắn cỡ nhỏ hơn  $10^{-11}$  m. Các tia  $\gamma$  có năng lượng cao, dễ dàng xuyên qua các vật liệu thông thường.

**Phương trình của phân rã phóng xạ  $\gamma$  có dạng:**



### 3.3. Định luật phóng xạ, độ phóng xạ

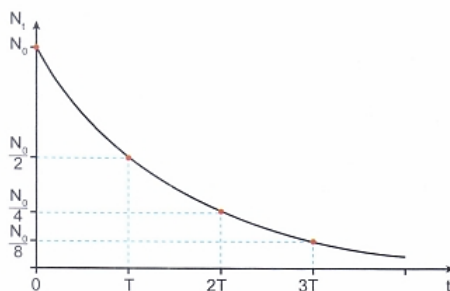
#### a. Định luật phóng xạ

- Chu kỳ bán rã  $T$  là khoảng thời gian mà một nửa số hạt nhân hiện có sẽ bị phân rã, biến đổi thành hạt nhân khác.

- Số hạt nhân (số nguyên tử)  $N_t$  chưa phân rã (còn lại) sau khoảng thời gian  $t$  là:

$$N_t = N_0 2^{-\frac{t}{T}} = N_0 e^{-\lambda t}$$

Trong đó:  $N_0$  là số hạt nhân ban đầu ( $t = 0$ ). Số hạt nhân chất phóng xạ còn lại giảm theo thời gian theo định luật hàm số mũ.



- Số hạt nhân bị phân rã là:

$$\Delta N = N_0 - N_t = N_0 \left( 1 - 2^{-\frac{t}{T}} \right) = N_0 (1 - e^{-\lambda t}) = N_t \left( 2^{\frac{t}{T}} - 1 \right) = N_t (e^{\lambda t} - 1)$$

Liên hệ giữa khối lượng hạt nhân ( $m$ ) và số hạt nhân ( $N$ ) là  $N = \frac{m}{A} \cdot N_A \Leftrightarrow m = \frac{N \cdot A}{N_A}$

- Khối lượng hạt nhân còn lại  $m = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$

- Khối lượng hạt nhân đã phân rã là  $\Delta m = m_0 - m = m_0 \left( 1 - 2^{-\frac{t}{T}} \right) = m_0 (1 - e^{-\lambda t})$

#### b. Độ phóng xạ

- Đặc trưng cho tính phóng xạ mạnh hay yếu của một lượng chất phóng xạ, kí hiệu là  $H$ , có giá bằng số hạt nhân phân rã trong một giây. Đơn vị độ phóng xạ là becquerel (được lấy theo tên nhà bác học Becquerel), kí hiệu là Bq.

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ phân rã/1 giây.}$$

- Hằng số phóng xạ  $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$ , đặc trưng cho chất phóng xạ đang xét.  $T$  là chu kỳ bán rã đơn vị giây (s), đơn vị của  $\lambda$  là  $s^{-1}$ .

- Độ phóng xạ sau khoảng thời gian  $t$  là:

$$H_t = \lambda N_t = H_0 e^{-\lambda t}$$

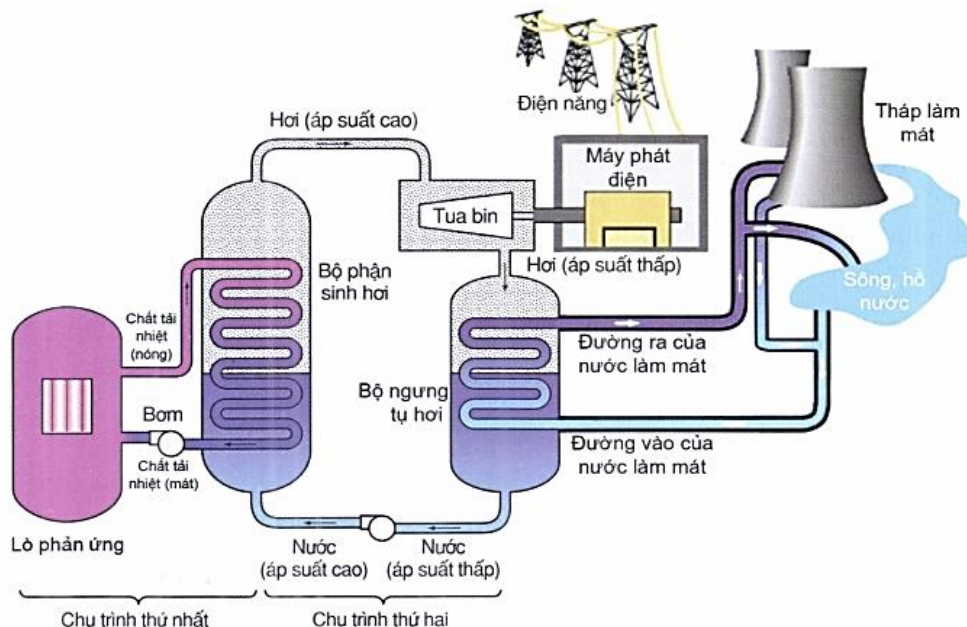
Trong đó  $H_0$  là độ phóng xạ tại thời điểm ban đầu  $t = 0$ .

### 4. Công nghiệp hạt nhân

#### 4.1. Nhà máy điện hạt nhân

Năng lượng toả ra trong các phản ứng hạt nhân thường được chuyển hoá thành điện năng thông qua hệ thống lò phản ứng hạt nhân, tua bin và máy phát điện để hoà vào lưới điện hoặc cung cấp năng lượng cho tàu ngầm, tàu phá băng,... Hệ thống khai thác năng lượng hạt nhân có thể hoạt động trong thời gian dài mà không cần bổ sung nhiên liệu.

Bộ phận chính của nhà máy điện hạt nhân là lò phản ứng hạt nhân. Chất tải nhiệt sơ cấp, sau khi chạy qua vùng tâm lò, sẽ chảy qua bộ trao đổi nhiệt, cung cấp nhiệt cho lò sinh hơi. Hơi nước làm chạy tua bin phát điện giống như trong nhà máy điện thông thường.



Nhà máy điện hạt nhân không trực tiếp phát khí thải ô nhiễm môi trường như  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,... và có thể phát điện liên tục nhiều năm cho tới khi phải thay nhiên liệu mới.

Tuy nhiên, việc xử lý chất thải hạt nhân đòi hỏi công nghệ phức tạp với chi phí cao. Vật liệu chứa chất thải hạt nhân cần có độ bền rất cao để bảo quản cất giữ hàng trăm năm sau khi khai thác vì chu kỳ bán rã của một số đồng vị trong thanh nhiên liệu hạt nhân đã qua sử dụng là rất lớn (Ví dụ  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  có chu kỳ bán rã khoảng 30 năm)

#### 4.2. Y học hạt nhân

##### a. Chuẩn đoán thông qua chụp ảnh phóng xạ cắt lớp bên trong cơ thể

Người ta đưa các đồng vị phóng xạ vào cơ thể thông qua dược chất phóng xạ. Thông qua thiết bị phát hiện tia phóng xạ và sử dụng máy vi tính, người ta có thể theo dõi sự dịch chuyển của các dược chất phóng xạ bên trong cơ thể (phương pháp theo dõi vết phóng xạ).

*Ví dụ: Khi tiêm dược chất phóng xạ vào tĩnh mạch để chụp ảnh phóng xạ gan mật, nhờ theo dõi vết phóng xạ chúng ta sẽ quan sát được toàn bộ quá trình sản xuất dịch mật của gan và sự dịch chuyển của dịch từ gan chảy tới túi mật.*

##### b. Điều trị bệnh

Trong điều trị bệnh ung thư, bệnh nhân được uống hoặc tiêm dược chất phóng xạ với thành phần chứa đồng vị phóng xạ (ví dụ thuốc Xofigo có chứa đồng vị phóng xạ  $^{223}_{86}\text{Ra}$ , hoặc thuốc Lutathera có chứa đồng vị phóng xạ  $^{177}_{71}\text{Lu}$ , ...). Các tế bào ung thư sẽ chết do hấp thụ tia phóng xạ có trong dược chất phóng xạ được mạch máu vận chuyển tới.

Ngoài cách sử dụng dược chất phóng xạ, người ta còn dùng máy xạ trị để chiếu tia phóng xạ từ bên ngoài cơ thể vào tế bào ung thư để tiêu diệt chúng. Tia phóng xạ cũng được dùng để khử trùng, khử khuẩn,...

#### 4.3. Trong công nghệ sinh học và bảo quản thực phẩm

Trong công nghệ sinh học, tia phóng xạ có thể được sử dụng hỗ trợ nghiên cứu gây đột biến gene, nhằm tạo ra các giống cây trồng mới có một số đặc điểm vượt trội như khả năng kháng sâu bệnh, năng suất cao, tạo quả trái mùa, hoặc một số loại quả không hạt,... Cây trồng đột biến gene có thể ít ảnh hưởng tới môi trường do cây chỉ cần sử dụng ít phân bón và các loại thuốc trừ sâu, thuốc kích thích sinh trưởng.

Tuy nhiên, cây trồng biến đổi gene vẫn có thể gây tác động xấu đến côn trùng, ảnh hưởng đến hệ sinh thái và sức khỏe con người khi thường xuyên sử dụng.

Phương pháp đánh dấu phóng xạ cũng được sử dụng trong nghiên cứu sinh học, nông nghiệp và lâm nghiệp.

Nhờ khả năng diệt vi trùng có hại của tia phóng xạ, nên chúng còn được sử dụng rộng rãi trong bảo quản sản phẩm nông nghiệp và thực phẩm. Chiếu tia phóng xạ còn có thể giúp kéo dài thời hạn sử dụng của thực phẩm nhờ thay đổi một số tính chất hoá học của thực phẩm tươi, giúp thực phẩm tránh bị mọc mầm, phân huỷ.

Bên cạnh các ưu điểm, một số loại thực phẩm chiếu xạ có thể bị thay đổi màu sắc, hương vị làm thay đổi chất lượng sản phẩm. Ngoài ra, thực phẩm chiếu xạ có giá thành cao.