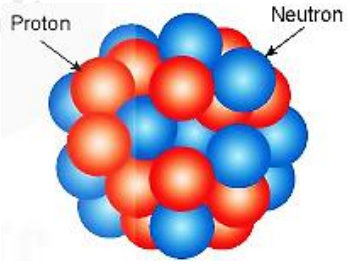
BÀI GIẢNG: CẤU TRÚC HẠT NHÂN. NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT
CHUYÊN ĐỀ: VẬT LÍ HẠT NHÂN
MÔN: VẬT LÍ 12
GIÁO VIÊN: NGUYỄN THẾ VINH

I. CẤU TRÚC HẠT NHÂN

1 Cấu tạo hạt nhân



Cấu tạo hạt nhân Silic gồm 14 proton và 14 neutron

Hạt	Điện tích	Khối lượng
Proton (p)	$+1,6.10^{-19}C$	$1,6726.10^{-27}kg$
Neutron (n)	0	$1,67493.10^{-27}kg$

2 Kí hiệu hạt nhân

- Kí hiệu hạt nhân: ${}_{Z}^{A}X$

+ X: Kí hiệu hóa học của nguyên tố đó.

+ Z: Số hiệu nguyên tử = số proton của hạt nhân đó.

+ A: Số khối (tổng số proton và số neutron trong hạt nhân). Số khối A còn gọi là số nucleon.

+ Điện tích của hạt nhân là: $+Z.e$

$\Rightarrow$ Tổng số neutron: $N = A - Z$

Ví dụ: Hạt nhân ${}_{2}^{4}He$ có Z = 2; A = 4 và N = 2.

- Kí hiệu hạt nhân cũng được dùng cho một số hạt sơ cấp: ${}_{1}^{1}p; {}_{0}^{1}n; {}_{-1}^{0}e$

3 Đồng vị

- Các hạt nhân đồng vị là các hạt nhân có cùng số Z nhưng khác số A nghĩa là có cùng số proton nhưng khác số neutron.

- Ví dụ 1: Hydrogen có 3 hạt nhân đồng vị là: ${}_{1}^{1}H\left({}_{1}^{1}p\right); {}_{1}^{2}H\left({}_{1}^{2}D\right); {}_{1}^{3}H\left({}_{1}^{3}T\right)$

- Ví dụ 2: Carbon có 3 hạt nhân đồng vị chính là: ${}^{12}_{6}C;{}^{13}_{6}C;{}^{14}_{6}C$

4 Đơn vị khối lượng hạt nhân

- Để thuận lợi cho tính toán người ta dùng đơn vị khối lượng nguyên tử (amu) để đo khối lượng hạt nhân.

- Theo đó: $1amu=\frac{1}{12}$ khối lượng nguyên tử của đồng vị ${}^{12}_{6}C$.

$$1amu=1,66054.10^{-27}kg$$

Hạt	Khối lượng (amu)
p	$\approx 1,0073$
n	$\approx 1,0087$

II. KHỐI LƯỢNG VÀ NĂNG LƯỢNG

a. Theo thuyết tương đối Anhxtanh bất kì một vật có khối lượng m thì luôn có năng lượng E được tính theo công thức:

$$\boxed{E=m.c^2 \qquad (1)}$$

Với $c=3.10^8 m/s$ là tốc độ của ánh sáng trong chân không.

Nếu $m=1amu$ ta có: $E=1amu.c^2=931,5MeV \Rightarrow 1amu=\frac{931,5MeV}{c^2}$. Nghĩa là ngoài đơn vị amu ra thì $\frac{MeV}{c^2}$ cũng là đơn vị đo khối lượng nguyên tử.

b. Cũng theo Anhxtanh, một vật 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: $m=\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}>m_0$, trong đó m_0 gọi là khối lượng nghỉ và m gọi là khối lượng động.

- Năng lượng toàn phần: $E=m.c^2$

- Năng lượng nghỉ: $E_0=m_0.c^2$

$\Rightarrow$ Động năng của vật: $W_d=E-E_0=(m-m_0).c^2$

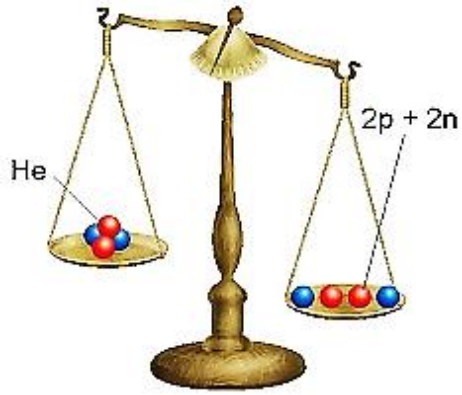
III. ĐỘ HỤT KHỐI – NĂNG LƯỢNG LIÊN KẾT CỦA HẠT NHÂN

1 Lực hạt nhân

- Lực hạt nhân là lực tương tác giữa các nucleon, bán kính tương tác khoảng $10^{-15}m$.

- Lực hạt nhân không cùng bản chất với lực hấp dẫn hay lực tĩnh điện; nó là lực tương tác mạnh.

2 Độ hụt khối



Hình 22.4. *Minh họa các nucleon đã liên kết thành hạt nhân nhẹ hơn các nucleon thành phần*

- Khối lượng hạt nhân m_{hn} luôn nhỏ hơn tổng khối lượng các nucleon tạo thành hạt nhân đó một lượng Δm

Khối lượng hạt nhân	Khối lượng Z proton	Khối lượng N neutron	Độ hụt khối Δm
$m_{hn}\ (m_X)$	$Z.m_p$	$(A-Z).m_n$	$\Delta m = Z.m_p + (A-Z).m_n - m_{hn}$

- Độ hụt khối của hạt nhân ${}^A_Z X$: $\boxed{\Delta m = Z.m_p + (A-Z).m_n - m_{hn} \quad (2)}$

3 Năng lượng liên kết W_{lk} của hạt nhân ${}_Z{}^AX$

Năng lượng liên kết là năng lượng tỏa ra khi tạo thành một hạt nhân (hay năng lượng thu vào để phá vỡ một hạt nhân thành các nucleon riêng biệt). Công thức: $W_{lk} = \Delta m.c^2$

Hay: $\boxed{W_{lk} = \left[Z.m_p + (A-Z).m_n - m_{hn} \right].c^2 \quad (3)}$

4 Năng lượng liên kết riêng của hạt nhân

- Năng lượng liên kết riêng là năng lượng liên kết tính trên một nucleon:

$$\boxed{\varepsilon = \frac{W_{lk}}{A} \quad (4)}$$

- Hạt nhân có năng lượng liên kết riêng càng lớn thì hạt nhân càng bền vững.
- Hạt nhân có số khối $50 < A < 80$ là những hạt nhân bền vững.

VẬN DỤNG

PHẦN I – TRẮC NGHIỆM KHÁCH QUAN

Câu 1: Hạt nhân ${}^{23}_{11}Na$ và hạt nhân ${}^{24}_{12}Mg$ có cùng

A. điện tích. **B.** số nucleon. **C.** số proton. **D.** số neutron.

Câu 2: Trong hạt nhân nguyên tử vàng $^{197}_{79}Au$ có bao nhiêu hạt nucleon mang điện?

A. 276 **B.** 197 **C.** 79 **D.** 118

Câu 3: Các hạt nhân đồng vị có

A. cùng khối lượng. **B.** cùng điện tích. **C.** cùng số khối. **D.** cùng số neutron.

Câu 4: Số neutron có trong 1,00 mol $^{239}_{94}Pu$ là

A. $1,44.10^{26}$ hạt. **B.** $5,66.10^{25}$ hạt. **C.** $8,73.10^{25}$ hạt. **D.** $4,21.10^{30}$ hạt.

Câu 5: Trong 102g $^{63}_{29}Cu$, số hạt neutron nhiều hơn số hạt proton là

A. $6,14.10^{25}$ hạt. **B.** $4,87.10^{24}$ hạt. **C.** $3,31.10^{25}$ hạt. **D.** $2,83.10^{25}$ hạt.

Câu 6: Cho khối lượng của hạt nhân $^{10}_{4}Be$, hạt neutron và hạt proton lần lượt là 10,0113 amu; 1,0087 amu; và 1,0073 amu. Năng lượng tối thiểu để phá vỡ hạt nhân $^{10}_{4}Be$ thành các nucleon riêng lẻ là

A. 0,0701 MeV. **B.** 65,30 MeV. **C.** 6,530 MeV. **D.** 653,0 MeV.

Câu 7: Khối lượng của electron chuyển động bằng hai lần khối lượng nghỉ của nó. Tìm tốc độ chuyển động của electron. Coi tốc độ ánh sáng trong chân không là $3.10^8\left(m/s\right)$.

A. $0,4.10^8 m/s$ **B.** $2,6.10^8 m/s$ **C.** $1,2.10^8 m/s$ **D.** $2,9.10^8 m/s$

PHẦN II – TRẮC NGHIỆM ĐÚNG/SAI

Câu 8: Một hạt nhân nguyên tử có kí hiệu $^{55}_{25}Mn$. Trong các nhận định dưới đây, nhận định nào là đúng, nhận định nào là sai?

a) Nguyên tố Mn đứng ở ô số 55 trong bảng hệ thống tuần hoàn.

b) Hạt nhân $^{55}_{25}Mn$ có điện tích + 25e.

c) Hạt nhân $^{55}_{25}Mn$ chứa 30 nucleon trung hòa.

d) Nguyên tử $^{55}_{25}Mn$ có 25 electron quay quanh hạt nhân.

Câu 9: Năng lượng liên kết của các hạt nhân $^{234}_{92}U$ và $^{206}_{82}Pb$ lần lượt là 1790 MeV và 1586 MeV.

a) Độ hụt khối của hạt nhân $^{234}_{92}U$ nhỏ hơn độ hụt khối của hạt nhân $^{206}_{82}Pb$.

b) Năng lượng liên kết riêng của hạt nhân $^{234}_{92}U$ lớn hơn năng lượng liên kết riêng của hạt nhân $^{206}_{82}Pb$.

c) Hạt nhân $^{234}_{92}U$ kém bền hơn hạt nhân $^{206}_{82}Pb$.

d) Với số liệu đã cho có thể kết luận là hạt nhân $^{234}_{92}U$ bền hơn hạt nhân $^{206}_{82}Pb$.

PHẦN III – TRẢ LỜI NGẮN

Câu 10: Nguyên tố đồng có hai đồng vị bền là $^{63}_{29}Cu$ có khối lượng nguyên tử là 62,93 amu và chiếm 69,15% đồng trong tự nhiên và $^{65}_{29}Cu$ có khối lượng nguyên tử là 64,93 amu và chiếm 30,85% đồng trong tự nhiên.

Tính khối lượng nguyên tử trung bình của nguyên tử đồng. (Kết quả tính theo đơn vị amu và lấy đến một chữ số sau dấu phẩy thập phân).

Câu 11: Tính năng lượng nghỉ của một vật có khối lượng m = 0,5kg theo đơn vị $10^{16}\,J$. Biết tốc độ ánh sáng trong chân không là $3.10^8\,m/s$.

HƯỚNG DẪN GIẢI

PHẦN I – TRẮC NGHIỆM KHÁCH QUAN

Câu 1: Hạt nhân $^{23}_{11}Na$ và hạt nhân $^{24}_{12}Mg$ có cùng

A. điện tích. **B.** số nucleon. **C.** số proton. **D.** số neutron.

Cách giải:

Hạt nhân $^{23}_{11}Na$ có $\begin{cases} A = 23 \\ Z = 11 \\ N = 23 - 11 = 12 \end{cases}$

Hạt nhân $^{24}_{12}Mg$ có cùng $\begin{cases} A = 24 \\ Z = 12 \\ N = 24 - 12 = 12 \end{cases}$

$\Rightarrow$ Hạt nhân $^{23}_{11}Na$ và hạt nhân $^{24}_{12}Mg$ có cùng số neutron.

Chọn D.

Câu 2: Trong hạt nhân nguyên tử vàng $^{197}_{79}Au$ có bao nhiêu hạt nucleon mang điện?

A. 276 **B.** 197 **C.** 79 **D.** 118

Cách giải:

Trong hạt nhân nguyên tử vàng $^{197}_{79}Au$ có 79 hạt proton $\Rightarrow$ có 79 hạt nucleon mang điện.

Chọn C.

Câu 3: Các hạt nhân đồng vị có

A. cùng khối lượng. **B.** cùng điện tích. **C.** cùng số khối. **D.** cùng số neutron.

Cách giải:

Các hạt nhân đồng vị có cùng điện tích.

Chọn B.

Câu 4: Số neutron có trong 1,00 mol $^{239}_{94}Pu$ là

A. $1,44.10^{26}$ hạt. **B.** $5,66.10^{25}$ hạt. **C.** $8,73.10^{25}$ hạt. **D.** $4,21.10^{30}$ hạt.

Cách giải:

Một hạt nhân $^{239}_{94}Pu$ có số hạt neutron là $239-94=145$ (hạt)

1,00 mol $^{239}_{94}Pu$ chứa $6,02.10^{23}$ hạt $^{239}_{94}Pu$

$\Rightarrow$ 1,00 mol $^{239}_{94}Pu$ chứa số neutron là: $\sum N=145.6,02.10^{23}\approx 8,73.10^{25}$ (hạt)

Chọn C.

Câu 5: Trong 102g $^{63}_{29}Cu$, số hạt neutron nhiều hơn số hạt proton là

A. $6,14.10^{25}$ hạt. **B.** $4,87.10^{24}$ hạt. **C.** $3,31.10^{25}$ hạt. **D.** $2,83.10^{25}$ hạt.

Cách giải:

Một hạt nhân $^{63}_{29}Cu$ có 29 proton và 34 neutron

$\Rightarrow$ số hạt neutron nhiều hơn số hạt proton là: $x=34-29=5$

Trong 102g $^{63}_{29}Cu$ có số hạt nhân là:

$$Q=\frac{m}{M}.N_A=\frac{102}{63}.6,02.10^{23}\approx 9,75.10^{23} \text{ (hạt)}$$

$\Rightarrow$ Số hạt neutron nhiều hơn số hạt proton trong 102g $^{63}_{29}Cu$ là:

$5.9,75.10^{23}=4,87.10^{24}$ (hạt)

Chọn B.

Câu 6: Cho khối lượng của hạt nhân $^{10}_{4}Be$, hạt neutron và hạt proton lần lượt là 10,0113 amu; 1,0087 amu; và 1,0073 amu. Năng lượng tối thiểu để phá vỡ hạt nhân $^{10}_{4}Be$ thành các nucleon riêng lẻ là

A. 0,0701 MeV. **B.** 65,30 MeV. **C.** 6,530 MeV. **D.** 653,0 MeV.

Cách giải:

Năng lượng tối thiểu để phá vỡ hạt nhân $^{10}_{4}Be$ thành các nucleon riêng lẻ là:

$$W_{lk}=\Delta m.c^2=\left(4.1,0073+6.1,0087-10,0113\right).931,5\approx 65,3MeV$$

Chọn B.

Câu 7: Khối lượng của electron chuyển động bằng hai lần khối lượng nghỉ của nó. Tìm tốc độ chuyển động của electron. Coi tốc độ ánh sáng trong chân không là $3.10^8\left(m/s\right)$.

A. $0,4.10^8 m/s$ **B.** $2,6.10^8 m/s$ **C.** $1,2.10^8 m/s$ **D.** $2,9.10^8 m/s$

Cách giải:

Khối lượng nghỉ của electron: m_0

Khối lượng của electron chuyển động: $m = \dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$

Theo bài ra ta có: $m = 2.m_0 \Leftrightarrow \dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}} = 2.m_0 \Rightarrow \sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}} = \dfrac{1}{2}$

$1-\dfrac{v^2}{c^2} = \dfrac{1}{4} \Rightarrow \dfrac{v^2}{c^2} = \dfrac{3}{4} \Rightarrow v = \dfrac{\sqrt{3}}{2}.c = \dfrac{\sqrt{3}}{2}.3.10^8 \approx 2,6.10^8 m/s$

Chọn B.

PHẦN II – TRẮC NGHIỆM ĐÚNG/SAI

Câu 8: Một hạt nhân nguyên tử có kí hiệu $^{55}_{25}Mn$. Trong các nhận định dưới đây, nhận định nào là đúng, nhận định nào là sai?

a) Nguyên tố Mn đứng ở ô số 55 trong bảng hệ thống tuần hoàn.

b) Hạt nhân $^{55}_{25}Mn$ có điện tích + 25e.

c) Hạt nhân $^{55}_{25}Mn$ chứa 30 nucleon trung hòa.

d) Nguyên tử $^{55}_{25}Mn$ có 25 electron quay quanh hạt nhân.

Cách giải:

a) Phát biểu a sai.

Nguyên tố Mn đứng ở ô số 25 trong bảng hệ thống tuần hoàn.

b) Phát biểu b đúng.

Hạt nhân $^{55}_{25}Mn$ có Z = 25 và có điện tích +25e.

c) Phát biểu c đúng.

Hạt nhân $^{55}_{25}Mn$ chứa 30 neutron (không mang điện) $\Rightarrow$ chứa 30 nucleon trung hòa.

d) Phát biểu d đúng.

Nguyên tử Mn gồm hạt nhân (25 proton và 30 neutron) và lớp vỏ (25 electron quay quanh hạt nhân).

Đáp án: S, Đ, Đ, Đ.

Câu 9: Năng lượng liên kết của các hạt nhân $^{234}_{92}U$ và $^{206}_{82}Pb$ lần lượt là 1790 MeV và 1586 MeV.

a) Độ hụt khối của hạt nhân $^{234}_{92}U$ nhỏ hơn độ hụt khối của hạt nhân $^{206}_{82}Pb$.

b) Năng lượng liên kết riêng của hạt nhân $^{234}_{92}U$ lớn hơn năng lượng liên kết riêng của hạt nhân $^{206}_{82}Pb$.

c) Hạt nhân $^{234}_{92}U$ kém bền hơn hạt nhân $^{206}_{82}Pb$.

d) Với số liệu đã cho có thể kết luận là hạt nhân $^{234}_{92}U$ bền hơn hạt nhân $^{206}_{82}Pb$.

Cách giải:

Ta có: $W_{lkU} = 1790MeV; W_{lkPb} = 1586MeV$

a) Phát biểu a sai.

Độ hụt khối của hạt nhân $^{234}_{92}U$ là:

$$\Delta m_U = \frac{W_{lkU}}{c^2} = \frac{1790}{931,5} \approx 1,922(amu)$$

Độ hụt khối của hạt nhân $^{206}_{82}Pb$ là:

$$\Delta m_{Pb} = \frac{W_{lkPb}}{c^2} = \frac{1586}{931,5} \approx 1,703(amu)$$

$$\Rightarrow \Delta m_U > \Delta m_{Pb}$$

b) Phát biểu b sai.

Năng lượng liên kết riêng của hạt nhân $^{234}_{92}U$ là:

$$\varepsilon_U = \frac{W_{lkU}}{A_U} = \frac{1790}{234} \approx 7,65(MeV/nucleon)$$

Năng lượng liên kết riêng của hạt nhân $^{206}_{82}Pb$ là:

$$\varepsilon_{Pb} = \frac{W_{lkPb}}{A_{Pb}} = \frac{1586}{206} \approx 7,7(MeV/nucleon)$$

$$\Rightarrow \varepsilon_U < \varepsilon_{Pb}$$

c) Phát biểu c đúng.

Ta có: $\varepsilon_U < \varepsilon_{Pb} \Rightarrow$ Hạt nhân $^{234}_{92}U$ kém bền hơn hạt nhân $^{206}_{82}Pb$.

d) Phát biểu d sai.

Hạt nhân $^{234}_{92}U$ kém bền hơn hạt nhân $^{206}_{82}Pb$.

Đáp án: S, S, Đ, S.

PHẦN III – TRẢ LỜI NGẮN

Câu 10: Nguyên tố đồng có hai đồng vị bền là $^{63}_{29}Cu$ có khối lượng nguyên tử là 62,93 amu và chiếm 69,15% đồng trong tự nhiên và $^{65}_{29}Cu$ có khối lượng nguyên tử là 64,93 amu và chiếm 30,85% đồng trong tự nhiên. Tính khối lượng nguyên tử trung bình của nguyên tử đồng. (Kết quả tính theo đơn vị amu và lấy đến một chữ số sau dấu phẩy thập phân).

Cách giải:

Khối lượng nguyên tử trung bình: $\overline{A} = \frac{a.X + b.Y}{100\%}$

Áp dụng: Khối lượng nguyên tử trung bình của nguyên tử đồng là:

$$m_{Cu} = \frac{69,15.62,93 + 30,85.64,93}{100} = 63,547\left(amu\right) \approx 63,5\left(amu\right)$$

6	**3**	**,**	**5**

Câu 11: Tính năng lượng nghỉ của một vật có khối lượng m = 0,5kg theo đơn vị $10^{16}\,J$. Biết tốc độ ánh sáng trong chân không là $3.10^8\,m/s$.

Cách giải:

Theo Anh-xtanh, năng lượng nghỉ của vật có khối lượng 0,5kg là:

$$E = m.c^2 = 0,5.\left(3.10^8\right)^2 = 4,5.10^{16}\left(J\right)$$

4	**,**	**5**	