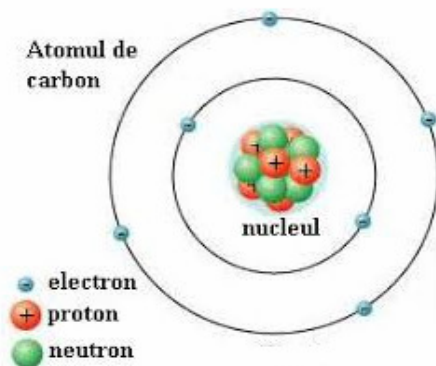


FIZICA NUCLEARĂ

PROPRIETĂȚI GENERALE ALE NUCLEULUI

Conform modelul planetar al atomului (E. Rutherford), atomul este o sferă ($r_0=10^{-10}m$). Sarcina pozitivă și aproape toată masa atomului este concentrată într-un volum foarte mic din centrul atomului, numit **nucleul**

Numărul electronilor din atom se notează cu **Z** și se numește **număr atomic**



1. Constituienți atomului

- Nucleul este format din nucleoni care sunt protoni și neutroni
- Numărul de nucleoni din nucleu este **A** și se numește **număr de masă**
- Nucleul conține **Z** protoni și $(A-Z)$ neutroni

2. Sarcina nucleului

- nucleul este încărcat pozitiv cu sarcina $Q_N = +Z \cdot e$, unde $e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$
- protonul este particulă încărcată cu sarcină pozitivă $q_p = +e$
- neutronul este neutru din punct de vedere electric $q_n = 0$

3. Dimensiunile nucleului

- Volumul atomului, considerat o sferă, este proporțional cu numărul de masă **A** (numărul de nucleoni)
- Raza nucleului este $R = R_0 \cdot \sqrt[3]{A}$, unde $R_0 = 1,45 \cdot 10^{-15} m$

4. Masa nucleului

- a fost determinată prin metoda **spectrometrului de masă** care constă în măsurarea deviației particulelor încărcate în câmpuri electrice și magnetice
- se exprimă în **unități atomice de masă (u)**

O unitate atomică de este a 12-a parte din masa izotopului ^{12}C

$$1u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{kg}$$

Numărul numărul întreg cel mai apropiat de masa atomică, exprimată în unități atomice de masă se numește **număr de masă A**

$$\text{-masa protonului } m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{kg} = 1,007276 u$$

$$\text{-masa neutronului } m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{kg} = 1,008665 u$$

$$\text{-masa electronului } m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{kg} = \frac{1}{1837} \cdot u$$

Simbolul nucleului ${}^A_Z\text{X}$

Z - număr de masă

-numărul de electroni din atom

-numărul e protoni din nucleu

A - număr de masă

- numărul de nucleoni

Exemplu: ${}^1_1\text{H}$, ${}^{12}_6\text{C}$

Izotopii - sunt nuclee ale aceluiași element chimic care au mase diferite (Z-același, A-diferit)

Ex. Izotopii hidrogenului ${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$ (deuteriu) , ${}^3_1\text{H}$ (tritiu)

Izotopii carbonului ${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{13}_6\text{C}$, ${}^{14}_6\text{C}$

Izotopii oxigenului ${}^{16}_8\text{O}$, ${}^{17}_8\text{O}$, ${}^{18}_8\text{O}$

Izobarii- sunt nuclee cu același număr de nucleoni dar cu numere de masă diferite (A-același, Z-diferit)

Ex. ${}^{14}_6\text{C}$, , ${}^{14}_7\text{N}$

Izotonii- sunt nuclee cu același număr de neutroni , (A-Z) este același

Ex. ${}^{14}_6\text{C}$, ${}^{16}_8\text{O}$, ${}^{15}_7\text{N}$

Stabilitatea nucleului

Nucleul este o stare legată de protoni și neutroni între care se exercită forțe de atracție nucleară

Forțele nucleare

- sunt forțe de atracție dintre nucleon
- sunt mult mai puternice decât forțele de respingere dintre protoni

- au caracter de saturație, adică scad foarte repede cu distanța -

ENERGIA DE LEGĂTURĂ A NUCLEULUI (W_{leg})

-reprezintă lucrul mecanic necesar pentru a desface nucleul în nucleoni izolați

Dacă $W_{leg} > 0$ nucleul este stabil

$W_{leg} < 0$ nucleul este instabil și se dezintegrează spontan

$$W_{leg} = W_{\text{nucleoni izolați}} - W_{\text{nucleu}}$$

$$W_{leg} = Z \cdot m_p \cdot c^2 + (A-Z) \cdot m_n \cdot c^2 - m_N \cdot c^2$$

$$W_{leg} = c^2 \cdot [Z \cdot m_p + (A-Z) \cdot m_n - m_N] \quad (1)$$

$$W_{leg} = c^2 \cdot \Delta m$$

Δm - diferența de masă dintre masa nucleonilor și masa nucleului

c - viteza luminii în vid $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

m_p - masa protonului $m_p = 1,007276 \text{ u}$

m_n - masa neutronului $m_n = 1,008665 \text{ u}$

m_N - masa nucleului

Exemplu: Energia de legătură a nucleului de litiu ${}^7_3\text{Li}$

$A=7$ și $Z=3$, rezultă că nucleul de litiu conține $Z=3$ protoni și $A-Z=4$ neutroni

Se cunosc din tabele masele atomice

- masa atomului de litiu $m_{{}^7_3\text{Li}} = 7,016005 \text{ u}$

- masa atomului de hidrogen $m_H = 1,007825 \text{ u}$

Masa hidrogenului este $m_H = m_p + m_e$, iar masa atomului $m_A = m_n + Z \cdot m_e$

Din relația (1) obținem:

$$W_{leg} = c^2 \cdot [Z \cdot m_p + (A-Z) \cdot m_n - m_N] = c^2 \cdot [Z \cdot m_p + Z \cdot m_e + (A-Z) \cdot m_n - m_N - Z \cdot m_e]$$

$$= c^2 \cdot [Z \cdot (m_p + m_e) + (A-Z) \cdot m_n - (m_N + Z \cdot m_e)] = c^2 \cdot [Z \cdot m_H + (A-Z) \cdot m_n - m_A]$$

$$= \frac{c^2 \cdot 1\text{u}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \cdot [Z \cdot m_H + (A-Z) \cdot m_n - m_A]$$

$$= \frac{(3 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 \cdot 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}} \cdot [Z \cdot m_H + (A-Z) \cdot m_n - m_A]$$

$$= 931,5 \cdot [Z \cdot m_H + (A-Z) \cdot m_n - m_A] \text{ (Mev)} \quad , \quad 1\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Formula de calcul a energiei de legătură în MeV (megaelectron-volt) în care masele se înlocuiesc în unități atomice de masă este:

$$W_{leg}=931,5 \cdot [Z \cdot m_H + (A-Z) \cdot m_n - m_A] \text{ Mev}$$

Înlocuind valorile numerice, energia de legătură a nucleului de litiu este:

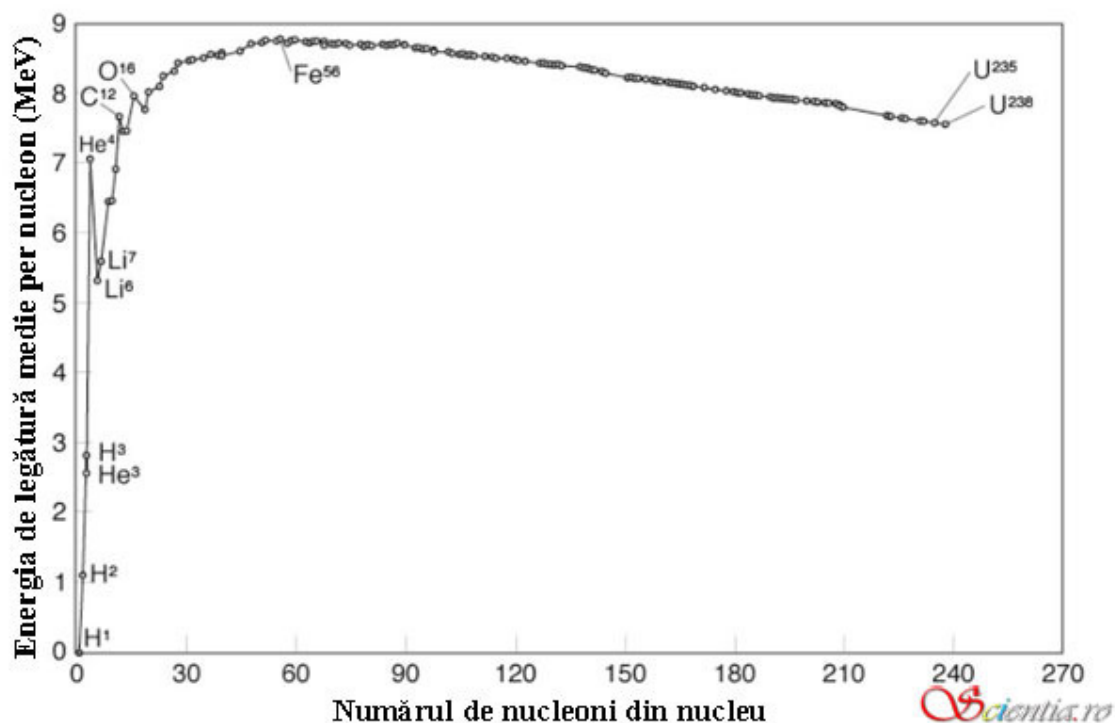
$$\begin{aligned} W_{leg} &= 931,5 \cdot [3 \cdot 1,007825 + (7-3) \cdot 1,008665 - 7,016005] \\ &= 931,5 \cdot [3 \cdot 1,007825 + (7-3) \cdot 1,008665 - 7,016005] \\ &= 931,5 \cdot [3,023475 + 4,03466 - 7,016005] \\ &= 931,5 \cdot 0,04213 = 39,42 \text{ MeV} \end{aligned}$$

ENERGIA DE LEGĂTURĂ MEDIE PE NUCLEON (B)

$$B = \frac{W_{leg}}{A} \quad B = \frac{W_{leg}}{A} \quad A\text{-numărul de nucleoni}$$

- **B** este o mărime ce caracterizează stabilitatea nucleului

O valoare mare a energiei de legătură pe nucleon **B** înseamnă stabilitate mare a nucleului



-**nucleele interemediare** cu $40 < A < 140$ au energia de legătură pe nucleon $B \approx 8 \text{ MeV}$ au **stabilitate mare**

-**nucleele ușoare** ($A < 40$) și **grele** ($A > 140$) au **stabilitate mică**

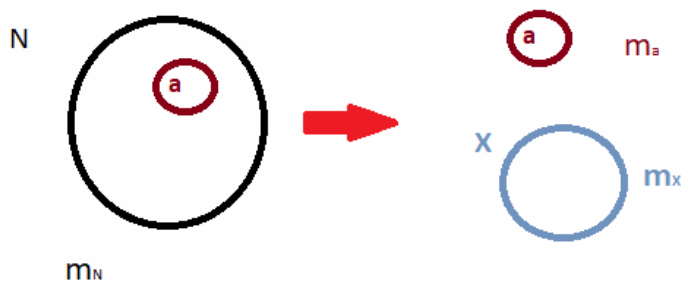
Nucleele ușoare au tendința de a fuziona (a se uni) cu alte nuclee pentru a forma un nucleu mai stabil

Nucleele grele au tendința de a fisiona spontan (a se sparge) în nuclee mai ușoare, din categoria celor stabile.

ENERGIA DE LEGĂTURĂ A UNEI PARTICULE ÎN NUCLEU (W_{leg}^a)

-**reprezintă lucrul mecanic necesar pentru a scoate particula din nucleu**

Considerăm un nucleu **N** care se descompune în particula **a** și **X**



$$W_{leg}^a = m_a \cdot c^2 + m_X \cdot c^2 + m_N \cdot c^2$$

$$W_{leg}^a = 931,5 \cdot (m_a + m_X + m_N) \quad (\text{MeV})$$

$W_{leg}^a > 0$ nucleul este stabil față de dezintegrarea în particula **a**

$W_{leg}^a < 0$ nucleul este instabil adică se dezintegrează în particula **a**

