

Chimica nucleare

Massa atomica

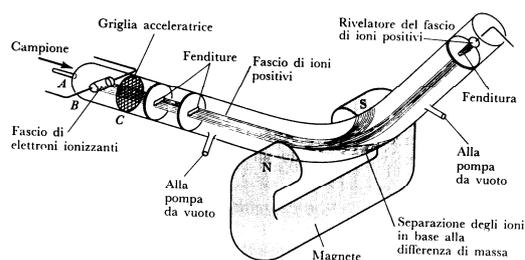
• Tabella periodica: Le masse degli elementi sono espresse in unità di massa atomica (uma – amu).

• 1 amu = 1/12 massa di $^{12}_6\text{C}$

• Isotopo 12 del carbonio

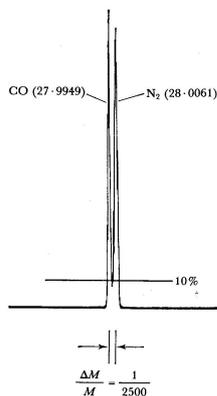


Come si misurano masse atomiche



Schema dello spettrometro di massa:
separazione è funzione del rapporto Q/m

Risoluzione dello spettrometro di massa



Molecole di CO e N_2 sono distinte nonostante l'esigua differenza di massa: 0.0112 amu.

Isotopi: abbondanza naturale

• M è una media pesata:

$$\bar{M} = \sum p_i m_i$$

- p_i = abbondanza naturale dell'isotopo i
- m_i = massa dell'isotopo i

• Cl ha isotopi naturali 35 e 37: $35 \times p_1 + 37 \times p_2 = 35.453$

$$p_1 + p_2 = 1$$

$$\text{da cui } p_1 = 0.75$$

75% del Cl in natura è isotopo 35.

Natura dell'atomo

- Diametro nucleo $\cong 10^{-2}$ pm
- Diametro atomo $\cong 100 - 500$ pm

- Neutrone $\begin{matrix} 1 \\ 0 \\ n \end{matrix}$
- Protone $\begin{matrix} 1 \\ 1 \\ p \end{matrix}$
- Elettrone $\begin{matrix} 1 \\ 0 \\ -1 \\ e \end{matrix}$

Atomi – particelle elementari

Particella	Simbolo	Massa in amu (m_p)
Neutrone	${}_0^1n$	1.008665
Protone	${}_1^1p$	1.007265
Elettrone	${}_{-1}^0e$	0.000549

Massa dell'atomo è concentrata nel nucleo

Volume dell'atomo è dato dagli elettroni

Atomo

- Supponiamo che un atomo p.e. idrogeno, abbia un raggio atomico dell'ordine di 10^{-10} m un raggio nucleare dell'ordine di 10^{-16} m. Rispondere ai seguenti quesiti:
 - a. Qual'è il volume dell'atomo
 - b. Qual'è il volume del nucleo
 - c. Qual'è la parte del nucleo espressa come percentuale del volume dell'atomo

Atomo

- La massa dell'atomo di idrogeno è circa 1.7×10^{-27} kg, tenendo presente i risultati dell'esercizio precedente, calcolare:
 - a. Qual'è la densità dell'atomo dell'idrogeno
 - b. Qual'è la densità del nucleo di idrogeno (Ignorare la massa dell'elettrone)

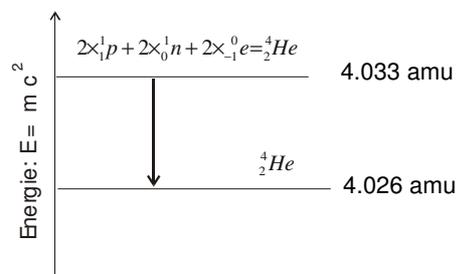
Atomo

- La terra ha la massa di circa 6×10^{24} kg. Se la terra avesse la densità del nucleo di idrogeno che raggio avrebbe. N.B. Il raggio terrestre è circa 6.4×10^6 m.

Perché esiste il nucleo?

- Massa sperimentale ${}_2^4He = 4.002603$ amu
- Massa: $2 \times {}_1^1p + 2 \times {}_0^1n + 2 \times {}_{-1}^0e = {}_2^4He$
- ${}_2^4He = 2 \times (1.007265 + 1.0086650 + 0.000549) = 4.032958$ amu

Perché esiste il nucleo?



- La formazione dell'atomo (nucleo) di elio crea un difetto di massa

Perché esiste il nucleo?

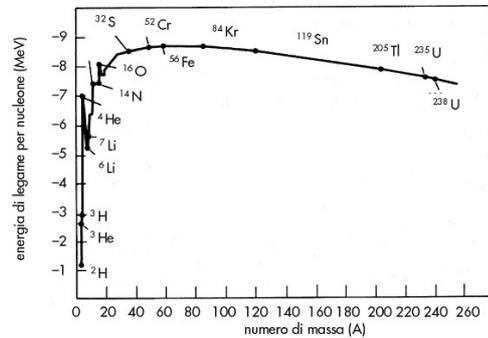
- Difetto di massa : energia liberata:

$$E = m \times c^2 = (0.030355 \times 1.661 \times 10^{-27} \text{ Kg / atom}) \times (2.998 \times 10^8 \text{ ms}^{-1})^2 = 4.532 \times 10^{-12} \text{ J / atom}$$

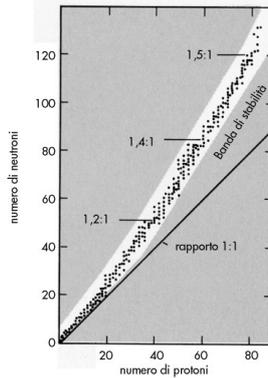
$$E (\text{J / mol}) = 4.532 \times 10^{-12} (\text{J / atom}) \times 6.02 \times 10^{23} (\text{atom / mol}) = 2.72 \times 10^{12} \text{ J / mol}$$

Energia liberata dovuta a forze di coesione nucleare

Energia di stabilizzazione per nucleone



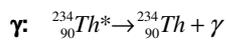
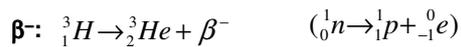
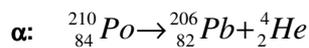
Forze di coesione nucleare



Radioattività naturale

	Tipo di radiazione		
	α	β	γ
Carica (u.e.)	2+	1-	0
Massa (g)	6.64×10^{-24}	9.11×10^{-28}	0
Potere penetrante relativo	1	100	1000
Identità	${}^4_2\text{He}$	elettroni	radiazioni ad alta energia

Decadimento radioattivo



Decadimento radioattivo

Cinetica di I ordine

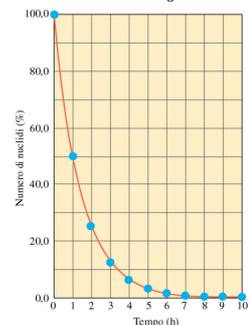
$$\frac{dN}{dt} = r = -kN$$

$$\frac{-dN}{N} = kdt$$

$$\int_{N_0}^N \frac{-dN}{N} = \int_0^t kdt$$

$$\ln \frac{N_0}{N} = kt$$

$$N = N_0 e^{-kt}$$



Decadimento Radioattivo

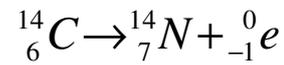
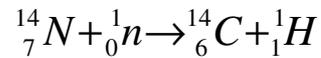
$$N = N_0 e^{-kt}$$

Tempo di emivita – semivita : $\frac{N_0}{N} = 2$

$$\ln 2 = kt_{1/2}$$

$$t_{1/2} = 0.693/k$$

Datazione Carbonio-14



$$t_{1/2} = 5730 \text{ anni} \quad R_0 = 15.3 \text{ dis / min} \times g$$

Datazione Carbonio

In un campione di carbone di legna antico fu trovata la velocità di 13.6 di disintegrazioni per minuto per grammo. Qual è l'età del carbone.

$$\ln \frac{N_0}{N} = kt = \ln \frac{kN_0}{kN} = \ln \frac{r_0}{r} = \ln \frac{15.3}{13.6} = kt = \frac{0.693}{t_{1/2}} t$$

da cui si ricava

$$t = \frac{5730}{0.693} \ln \frac{15.3}{13.6} \text{ anni} = 974 \text{ anni}$$

Unità radiazione

Unità	Significato
Curie (Ci)	3.7 10 ¹⁰ disintegrazione sec ⁻¹ (dis. 1g Ra s ⁻¹)
Becquerel (Bq)	1 disintegrazione s ⁻¹
Gray (Gy)	1 J energia / 1kg tessuto vivente
Sievert (Sv)	Gray * qualità radiazione (α = 20; β = 1)

Valori massimi : 0.05 Sv/anno
 3-4 Sv dose fatale
 potassio-40 nel corpo: 0.2 mSv/anno
 raggi cosmici: 1-3 mSv/anno