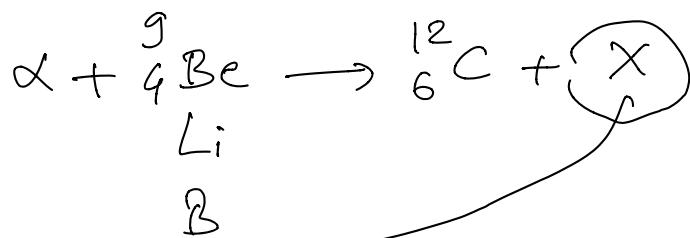


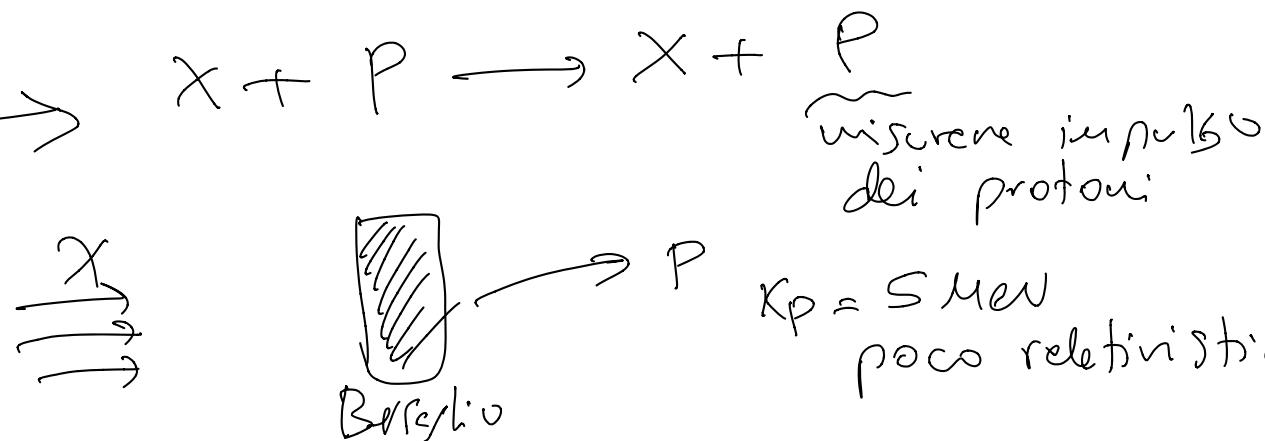
Scoperta del Neutrone

Chadwick (1931)



X:
 particelle neutre
 non ionizzante
 molto penetrante

- fotone
 - particelle neutre nuove
- } 2 ipotesi

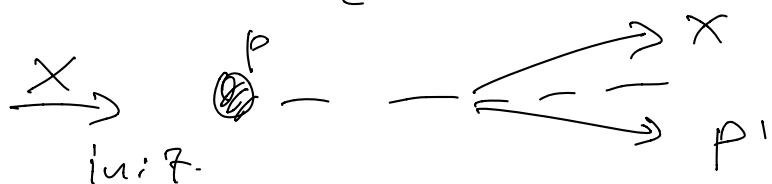


Sperimentalmente $K_p = 5 \text{ MeV}$

$$K = E - m = (\gamma - 1)m \Rightarrow \gamma - 1 = \frac{K}{m} = 5 \times 10^{-3}$$

$$\gamma = 1 + 5 \times 10^{-3}$$

$$\gamma \approx 1 + \frac{1}{2} \beta^2 \Rightarrow \beta \approx 0.1$$



Curie et al: $\chi \equiv \gamma$



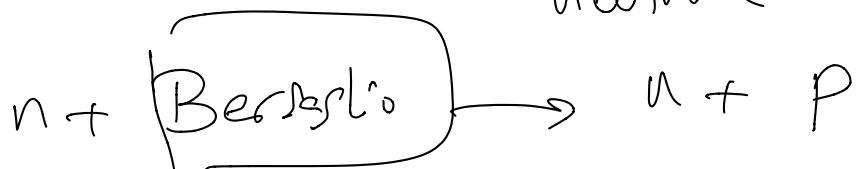
$$E_{\gamma}^{in} \approx 50 \text{ MeV}$$

Però sperimentalmente

$$E_{\tau}^{in} \approx \text{MeV} \ll 50 \text{ MeV}$$

Ipotesi di Chadwick:

χ nuove particelle
neutre.



$$\underline{m_n \approx m_p} \quad \text{entro } 10\% \quad m_n = 939.6 \text{ MeV}$$

nucleone: protone, neutrone

n, p, e^-, α

\Rightarrow Fisica nucleare

Chimica: strutture molecolari di atomi e loro interazioni;

Fisica delle Molecole: strutture atomiche e molecolari

Fisica Nucleare: strutture e prop dei nuclei e loro interazioni

Nucleo: caratteristiche da proprie intrinseche e numeri quantici

- massa A
- carica, # protoni:
- # neutroni = $A - Z$
- spin nucleare
- momento magnetico
- momento elettrico di quercupolo
- isospin (stralciemo in seguito)

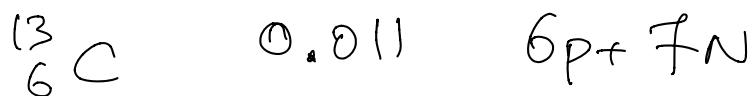
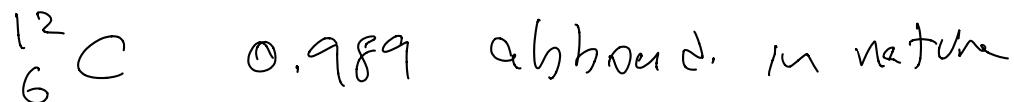
prop chimiche sono determinate da Z
(posizione nelle tabelle periodiche)

prop nucleari: Z, A

Nuclide: combinazione (Z, A) di un nucleo.



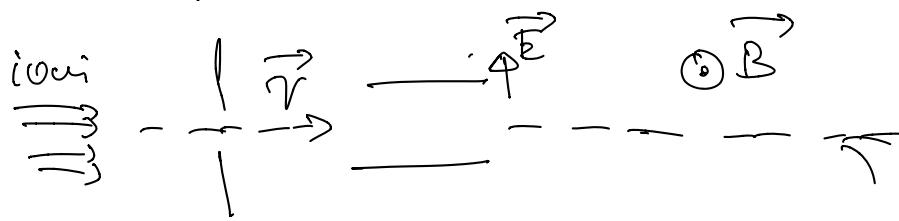
Isopti: nuclei con $Z = \text{cost}$ e A diversi



Istotipi: $A = \text{cost}$ ma Z diversi
hanno la stessa massa atomica

Misure delle masse

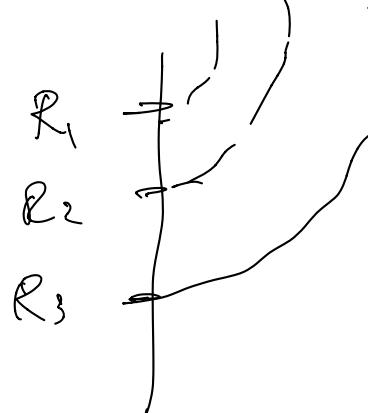
Spettrosopia di massa



$$\vec{E} \perp \vec{B} \perp \vec{v}$$

$$qE = qvB$$

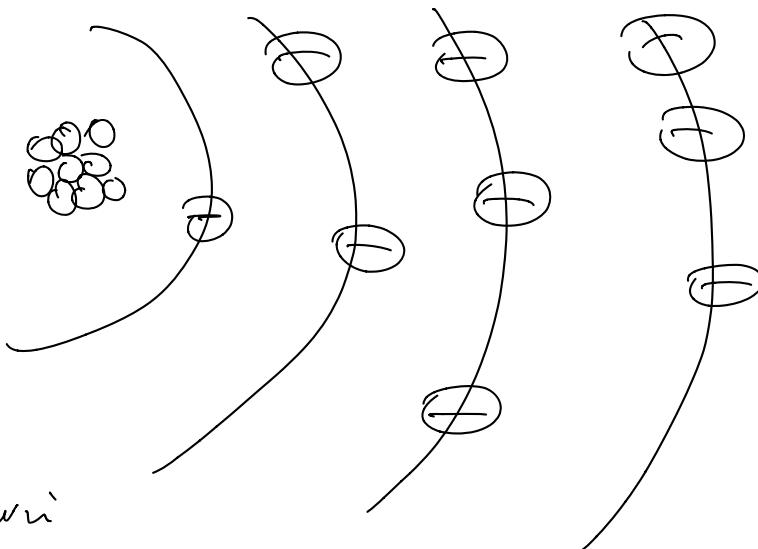
$$TS = \frac{E}{B}$$



$$R_i \propto \frac{m_i}{q_i}$$

Misure della Carica

Studio spettro dei raggi X dei livelli più interni:



Per elettroni esterni
c'è la schermatura

Elettroni più interni : Legge di Moseley

$$E_e = \frac{3}{4} Ry (Z-1)^2 \quad Ry = 13.6 \text{ eV}$$

$$\approx 10 \text{ eV} (Z-1)^2$$

Delle misure σ

$$-\sigma_N = z \cdot e \quad z \in \mathbb{N}$$

$$-e = |e^-| \quad \text{la stessa carica dell'elettrone}$$

Raggio Nucleare

Rutherford e Chadwick con α

$$E_\alpha \leq 5 \text{ MeV} \quad E = \frac{P^2}{2m} \Rightarrow P_\alpha = \sqrt{2m_\alpha E_\alpha}$$

$$m_\alpha \approx 4 \text{ GeV} \Rightarrow P_\alpha \approx 200 \text{ MeV}$$

Principio di indeterminazione: $\Delta p \cdot \Delta x \leq 1$,

$$\Rightarrow \Delta x \approx \frac{1}{P_\alpha} = \frac{1}{200 \text{ MeV}} \approx 1 \text{ fm}$$

Eperimenti Rutherford con e^- euristici.

$$\forall m_e \ll m_p \Rightarrow E_e \gg E_p$$

$$\Rightarrow Sondare \Delta x < 1 \text{ fm}$$

2/ e^- puntiforme $\Delta: 80$

\Rightarrow non deve preoccuparsi

della distrib. delle cariche del proiettile

3/ Studio con atomi H-mesici



$$T_\mu \approx 10^6 \text{ } \mu\text{s}$$

$$\alpha_\mu = \frac{\alpha_{\text{Bohr}}^H}{207} = 2.6 \times 10^{-11} \text{ cm}$$

$$\frac{m_\mu}{m_e} = \frac{106 \text{ MeV}}{0.5 \text{ MeV}}$$

atoms più piccolo

\Rightarrow studio dei livelli energetici
informazioni sulla struttura nucleo.

- studio dello Spettro X

sensibile sia al raggio R del nucleo

anche ai mom. magnetici + elettrici

Conclusioni Sperimentali:

- Distrib. materiale nel nucleo simile alle distrib. delle Conice

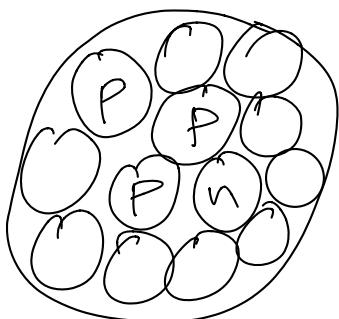
- Distrib. sferica con buone approssimazioni

- Distrib. uniforme con R

- $R \approx R_0 A^{1/3}$ $R_0 = 1.2 - 1.3 \text{ fm}$

- Volume nucleare = $\frac{4\pi}{3} R^3 = \frac{4\pi}{3} R_0^3 A$

$$V \propto A$$



Forze forte
prevale su
EM su scale
~ fm

Massa ed Energia di Legame

Nuclidi sono sistemi legati tenuti insieme dalla forza forte

$$M(Z, A) < Z m_p + (A - Z) m_n$$

Energia di legame che tiene insieme i nucleoni:

→ lavoro necessario per separare i nucleoni in un nucleo

$$B(Z, A) = \underbrace{Z m(^1 H)}_{m_p + m_e + Be} + (A - Z) m_n - \underbrace{M(A, Z)}_{neutrone nucleo}$$

$$m(^1 H) = 938.9 \text{ GeV} = 1.008 \text{ uA}$$

$$\text{uA} = \frac{1}{12} m(^{12} C) = 931.494 \text{ MeV}$$

massa atomica tiene conto dell'energia di legame elettronica

$$Be(H) = \underbrace{13.6 \text{ eV}}_{\text{energie nucleari}} \ll \text{energie nucleari}$$

Per definizione: $B(T, A) \geq 0$

Nuclei stabili

misurare la massa con lo spettrometro
precisione sperimentale $\approx 10^{-6} = \frac{\delta m}{m}$

Nuclei instabili: misura misure delle reazioni nucleari

Quanto vale $B(Z, A)$:

Idrogeno ${}_1^1H$ $B({}_1^1H) = \emptyset$

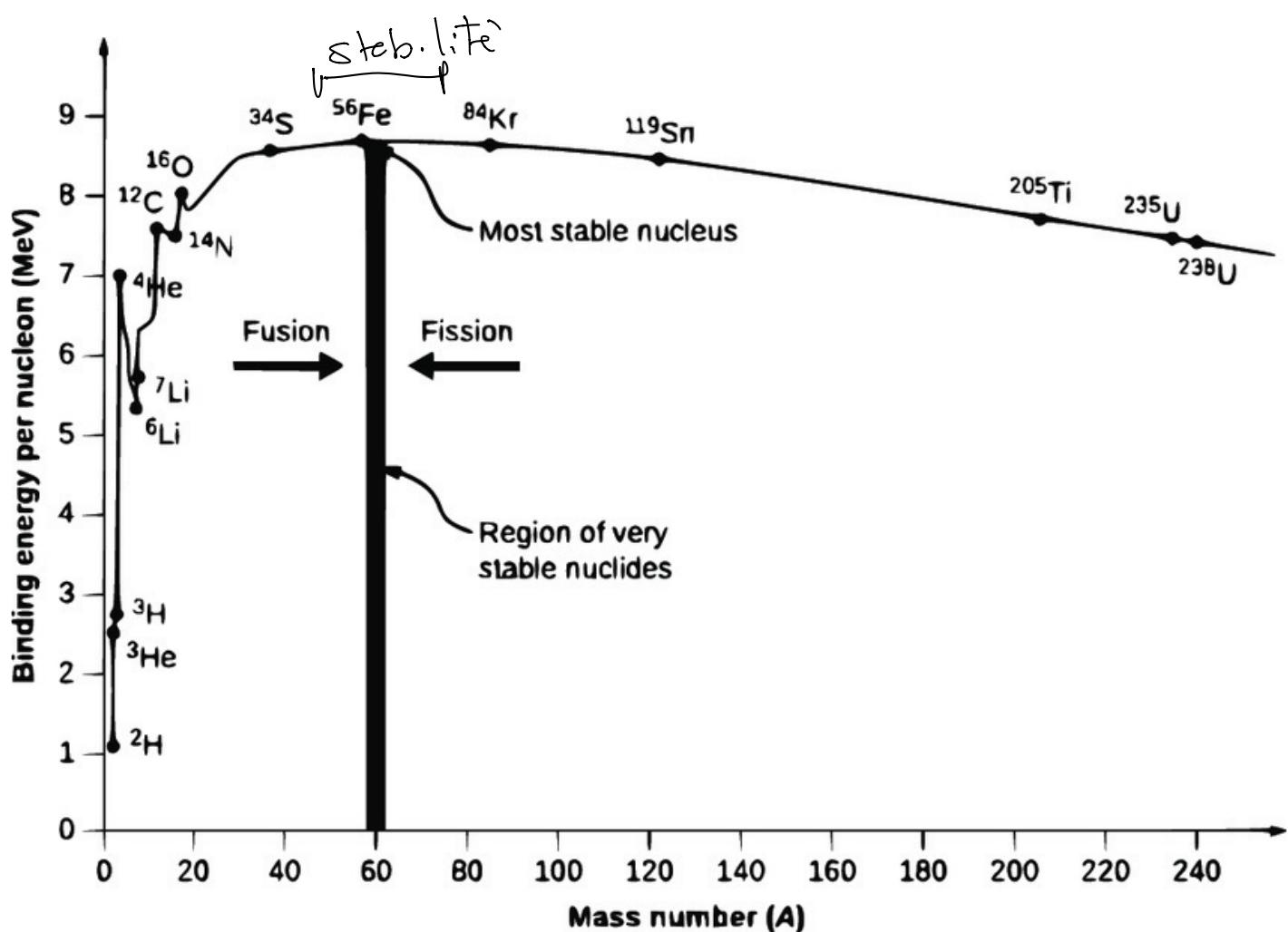
Duterio ${}_1^2H$ $1p + 1n$.

$$B({}_1^2H) = 2.225 \text{ MeV}$$

$$B_e(H) \approx 13.6 \text{ eV} \quad B({}_1^2H) \approx 2 \text{ MeV.}$$

10^5 volte maggiore

Energia di legame per nucleone



$$A > 30 \quad \frac{B}{A} \geq 8 \text{ MeV}$$

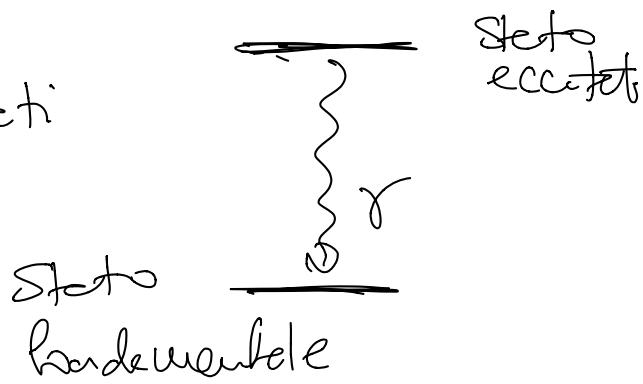
dop $A = 60$ le cui decresce $8.5 \rightarrow 7.5 \text{ MeV}$

Per capire $\frac{B(Z,A)}{A}$ studiamo modelli nucleini

nucleidi sono stati legati

\hookrightarrow hanno stati eccitati

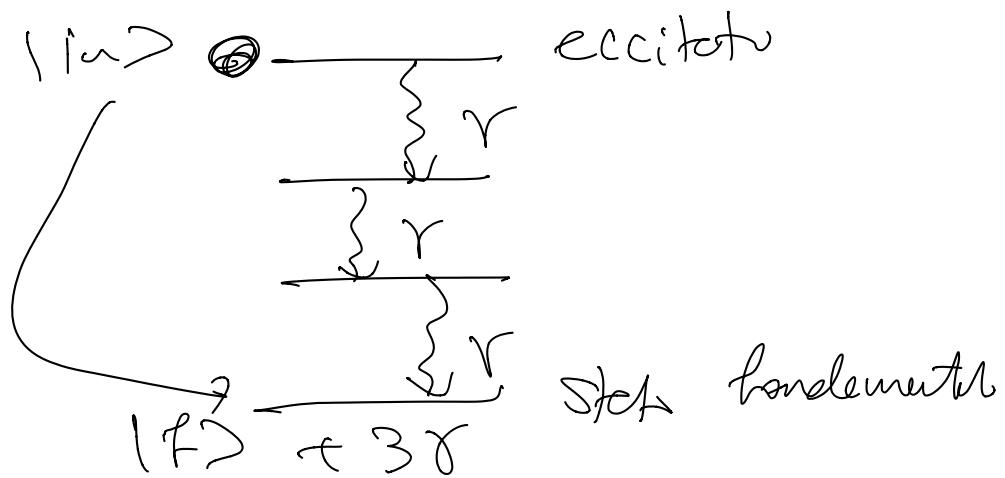
stati eccitati sono tutti instabili:



Ross: γ_0 foton emesso quando si va dallo stato eccitato allo stato fondamentale

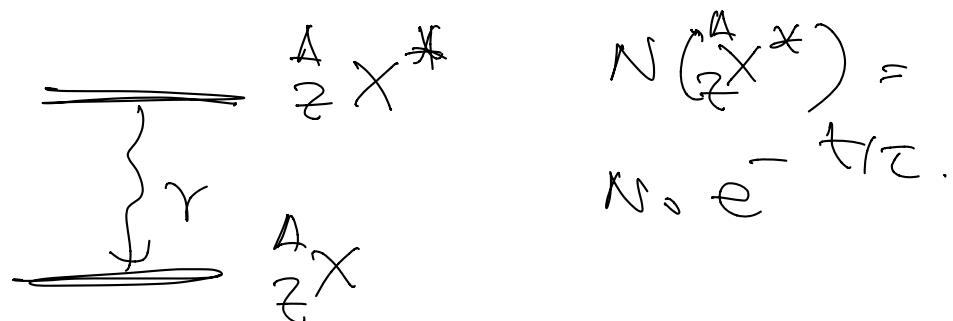
$$E_\gamma \approx 0.1 - 10 \text{ MeV} \quad \text{ragg. } \gamma$$

Caratteristica importante del decadimento γ



$$\tau_{1/2} \approx 10^{-17} \text{ sec} - 100 \text{ yrs}$$

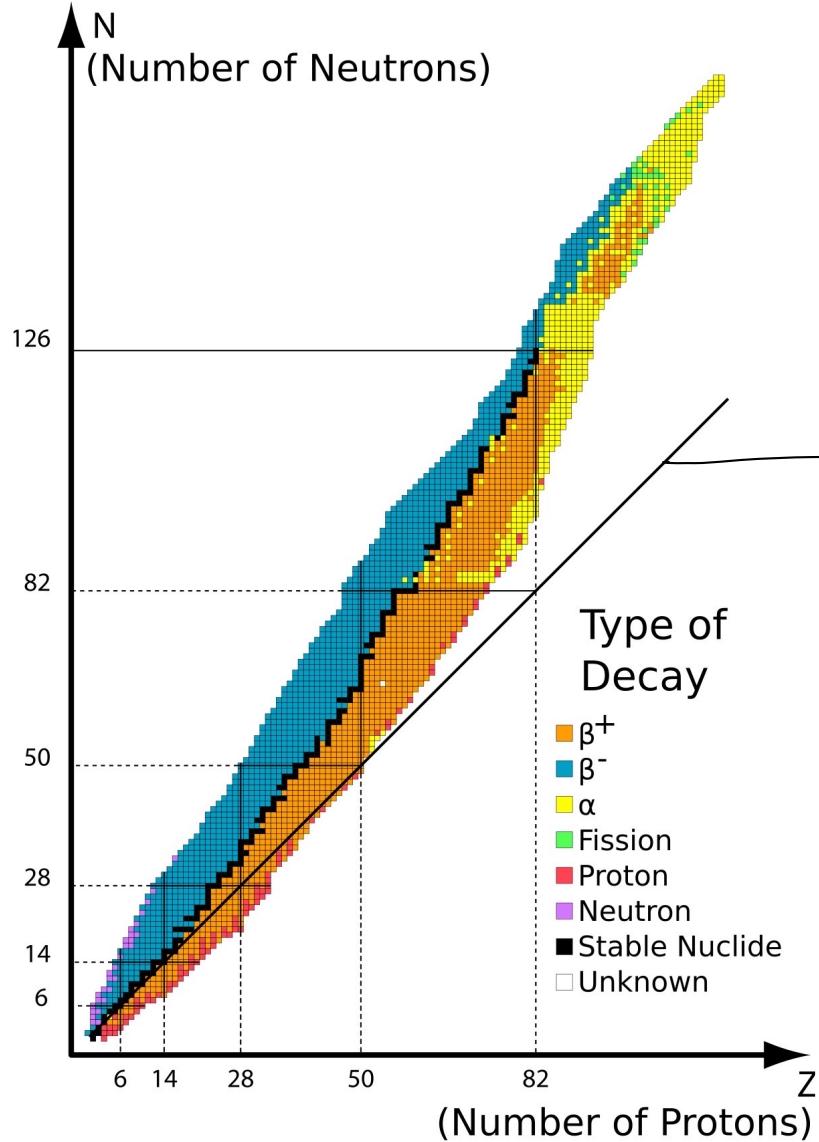
$$\Delta t \approx \frac{1 \text{ fm}}{C} \approx \frac{10^{-15}}{10^{+10}} \approx 10^{-25} \text{ sec.}$$



$$\tau_{1/2} : N(A_Z^X) = \frac{N_0}{2}$$

α Stati fondamentali non stabili!
 α non tutti

Nuclidi (nello stato fondamentale) spontaneamente trasformarsi in altri nuclidi



Carta di Segre
nuclei / nuclidi
nel piano $(Z, A-Z)$

$$Z = A - Z \leq N$$

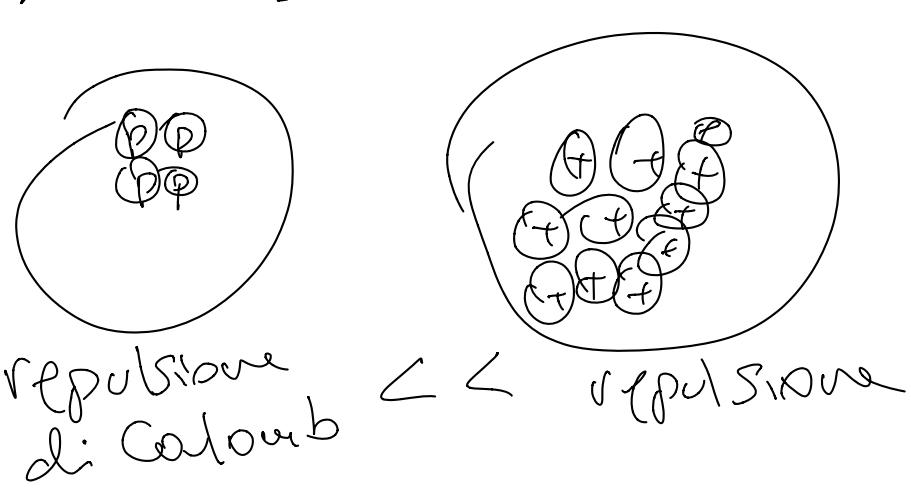
Per nuclei leggeri $Z \leq 14$

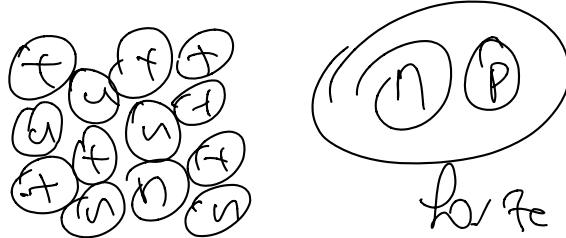
$$N \approx Z$$

$$A \approx 2Z$$

Nuclei leggeri $Z \leq N$

per $Z \neq N$ $N > Z$

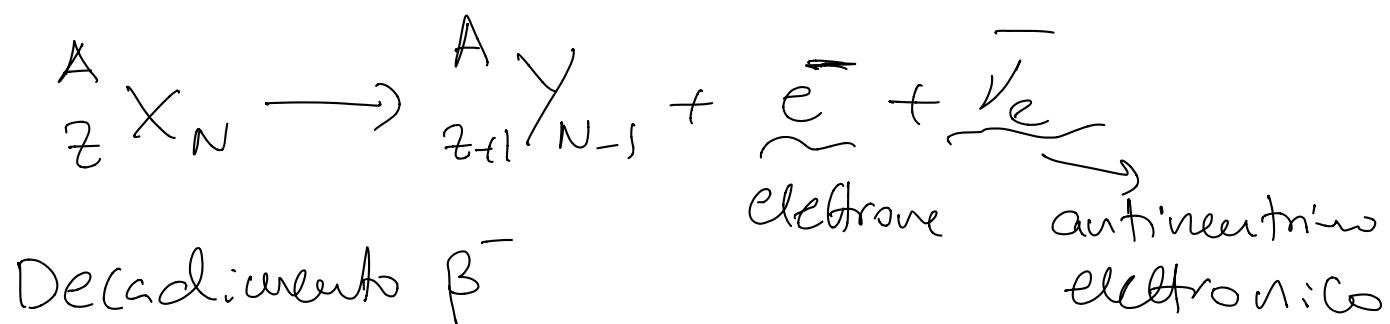




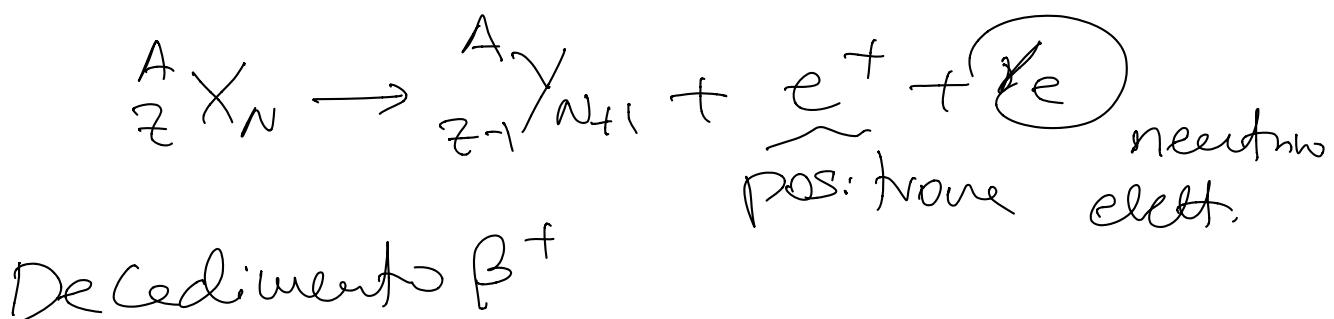
forte forte

avvento N n' compresa avvento di
repulsione di Colvnb.

✓ Nuclei com $N >$ necessários para estabilidade
perde neutrino \rightarrow verso estabilidade



e) Nuclei con $N <$ necessari per stabilità



3) Culture elettroniche

