

NUCLEI

- FORZE NUCLEARI
- STRUTTURE NUCLEARI
- RADIOATTIVITA' e DECADIMENTO RADIOATTIVO

FORZE NUCLEARI

nuclei :

- Z protoni, $A - Z = N$ neutroni
- dimensioni $\approx 10^{-15}$ m

forze protone-protone : • **repulsione coulombiana**

$$F_c \approx \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{(1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C})^2}{(10^{-15} \text{ m})^2} \approx 230 \text{ N} \approx 23 \text{ kg}_{\text{peso}}$$

• **attrazione gravitazionale insufficiente :**

$$F_g \approx G \frac{(1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg})^2}{(10^{-15} \text{ m})^2} \approx 2 \cdot 10^{-34} \text{ N} = 10^{-35} \text{ kg}_{\text{peso}}$$

necessaria attrazione
nucleare forte $> 23 \text{ kg}_{\text{peso}}$

FORZE NUCLEARI

necessaria attrazione
nucleare forte $> 23 \text{ kg}_{\text{peso}}$

forza nucleare forte

FORZE NUCLEARI

caratteristiche della forza nucleare forte

- agisce tra tutte le particelle presenti nel nucleo (protoni e neutroni)
- corto raggio d'azione ($\approx 10^{-15}$ m)
- presenza di neutroni: legami aggiuntivi
- nuclei con pochi neutroni : **non stabili**
- troppi neutroni : nucleo **non stabile**
(neutrone libero particella instabile)

decadimenti radioattivi

necessaria forza responsabile dei
decadimenti nucleari

FORZE NUCLEARI

necessaria forza responsabile dei
decadimenti nucleari

interazione nucleare
debole

RADIOATTIVITA'

isotopo : stesso Z (numero protoni)
diverso N (numero neutroni)

nuclei **instabili** → decadimento radioattivo

- $Z < 92$ - isotopi stabili
- isotopi instabili (nuclei radioattivi)
- $Z > 92$ - nuclei instabili (nuclei radioattivi)

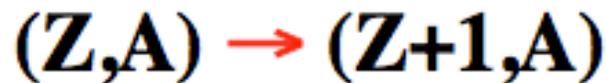
emissione di radiazioni



RADIOATTIVITA'

emissione di radiazioni

transizione



radiazione emessa

β^- (elettroni)

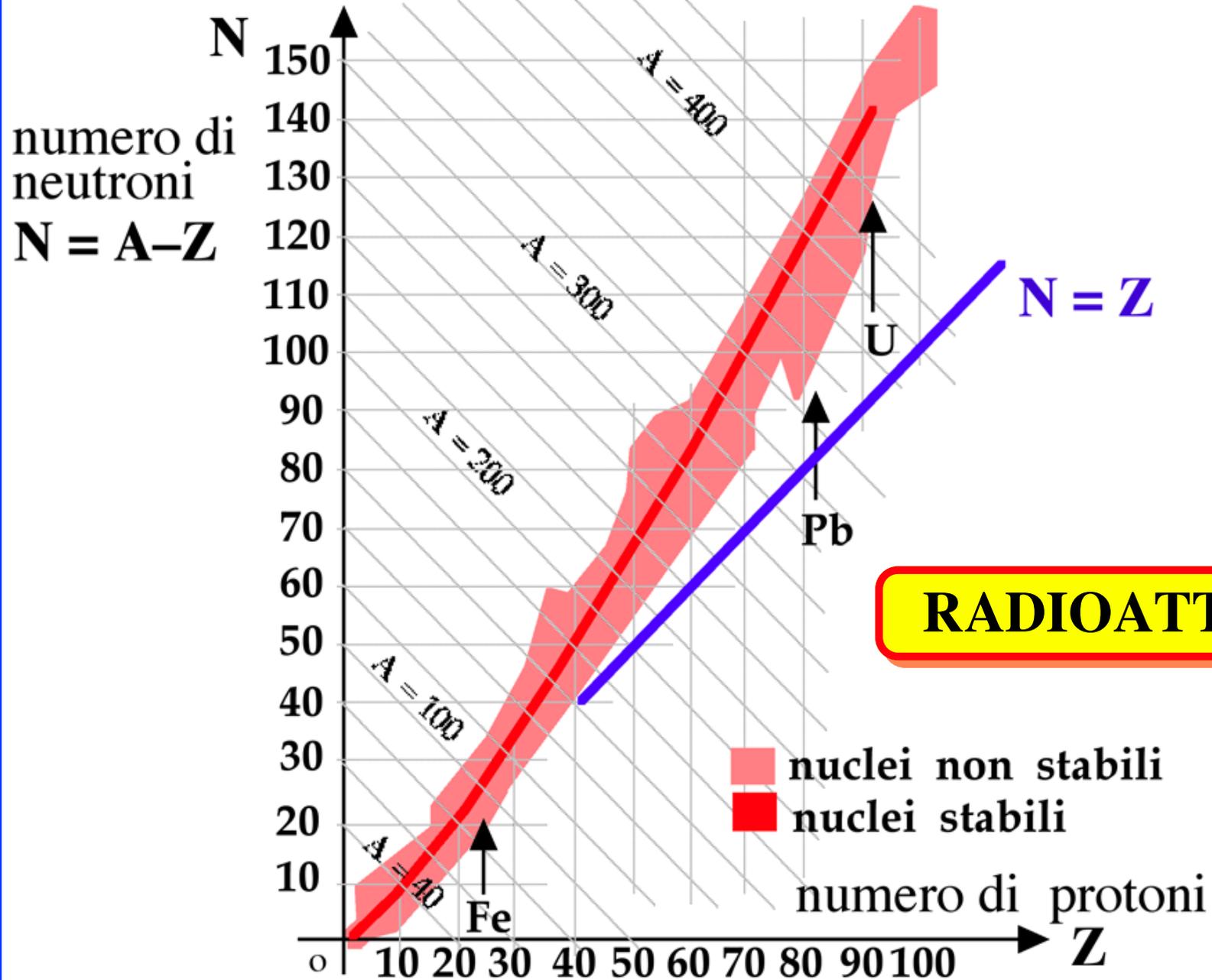
β^+ (elettroni positivi)
(positroni)

α nucleo ${}^4\text{He}$

γ fotoni alta energia

p, n, nuclei secondari
($Z' < Z$, $A' < A$)

terminologia usuale per l'identificazione della radiazione
IMPORTANTE!



RADIOATTIVITA'

$$\text{attività radioattiva} = \frac{\text{n}^\circ \text{ decadimenti}}{\text{tempo}}$$

- unità di misura

S.I. becquerel (Bq) = $\frac{1 \text{ decadimento}}{\text{secondo}}$

sistema pratico curie (Ci) $\equiv 3.7 \cdot 10^{10}$ Bq

1 g Ra (radio) (α emittente $\tau = 1620$ anni)

forze nucleari deboli

es. decadimenti β

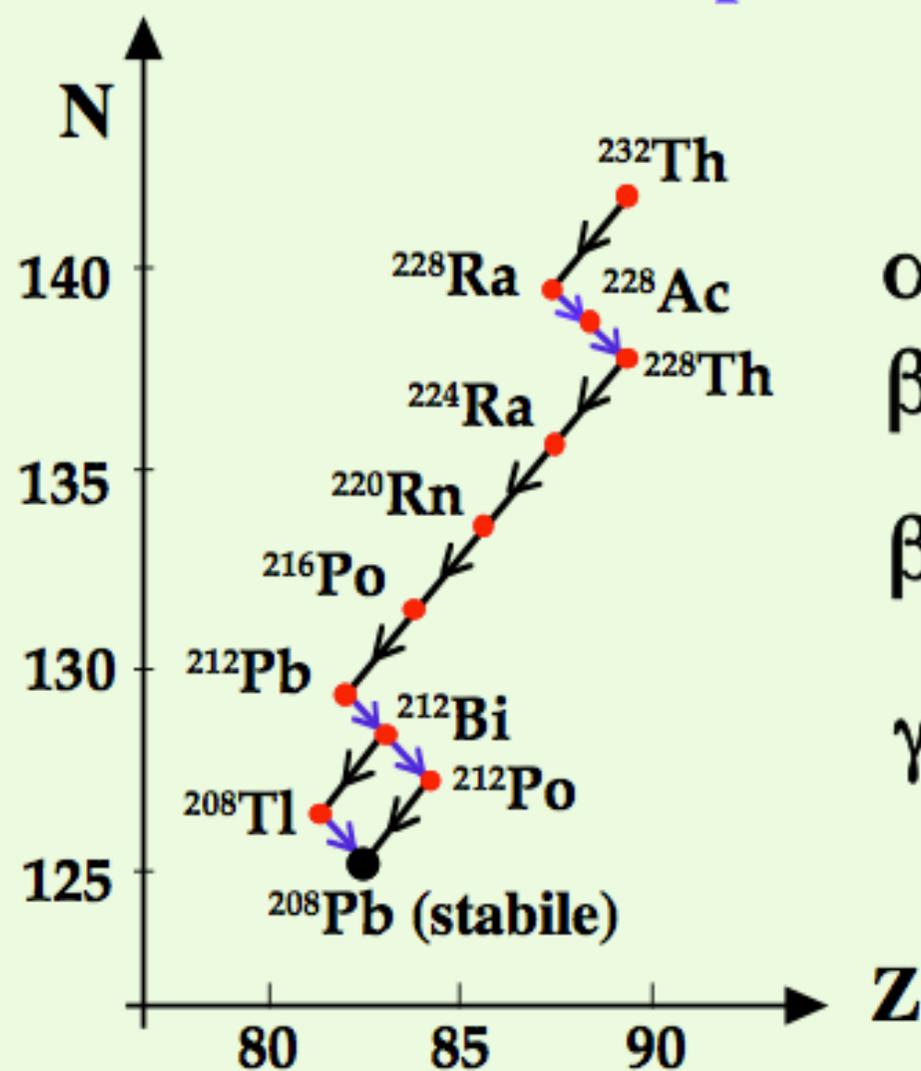


emissione di elettroni (e^- , e^+) e di neutrini ($\bar{\nu}_e$, ν_e)

RADIOATTIVITA'

decadimenti dell'isotopo ^{232}Th

→ decadimento α
 → decadimento β^-



$$\alpha : (Z, N, A) \rightarrow (Z-2, N-2, A-4)$$

$$\beta^- : (Z, N, A) \rightarrow (Z+1, N-1, A)$$

$$\beta^+ : (Z, N, A) \rightarrow (Z-1, N+1, A)$$

$$\gamma : (Z, N, A) \rightarrow (Z, N, A)$$

DECADIMENTO RADIOATTIVO

$$-\frac{\Delta n}{\Delta t} = k n(t) \longrightarrow -\frac{dn(t)}{dt} = k n(t)$$

legge del
decadimento radioattivo

$$n(t) = n_0 e^{-k t}$$

n_0 = numero nuclei radioattivi iniziale

k = costante di decadimento $[k] = [t]^{-1}$

$$\frac{1}{k} = \tau$$

vita media τ

$$n(t) = n_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

IMPORTANTE

legge del decadimento radioattivo

DECADIMENTO RADIOATTIVO

periodo di dimezzamento $t_{1/2}$

$$n(t_{1/2}) = \frac{n_0}{2} = n_0 e^{-\frac{t_{1/2}}{\tau}}$$

$$-\frac{t_{1/2}}{\tau} = -\ln 2 = 0.693$$

$$t_{1/2} = 0.693 \tau$$

velocità di decadimento **R**: numero decadimenti s^{-1}
(attività radioattiva)

$$R = \frac{\Delta n}{\Delta t} = \frac{n}{\tau} = n \frac{0.693}{t_{1/2}}$$

ESERCIZI

Data una sostanza contenente N_0 nuclei radioattivi ad un certo istante $t = 0$, quanti nuclei radioattivi NON saranno decaduti al generico tempo t ?

R. $N_{sopravvissuti} = N(t) = N_0 e^{-t/\tau}$

Data una sostanza contenente N_0 nuclei radioattivi ad un certo istante $t = 0$, quanti nuclei radioattivi saranno decaduti al generico tempo t ?

R. $N_{decaduti} = N_0 - N(t) = N_0(1 - e^{-t/\tau})$

Qual'è il significato di vita media di una sostanza radioattiva?

R. quando il numero di decadimenti iniziale si riduce di una frazione $1/e = 1/2.718 = 0.368$

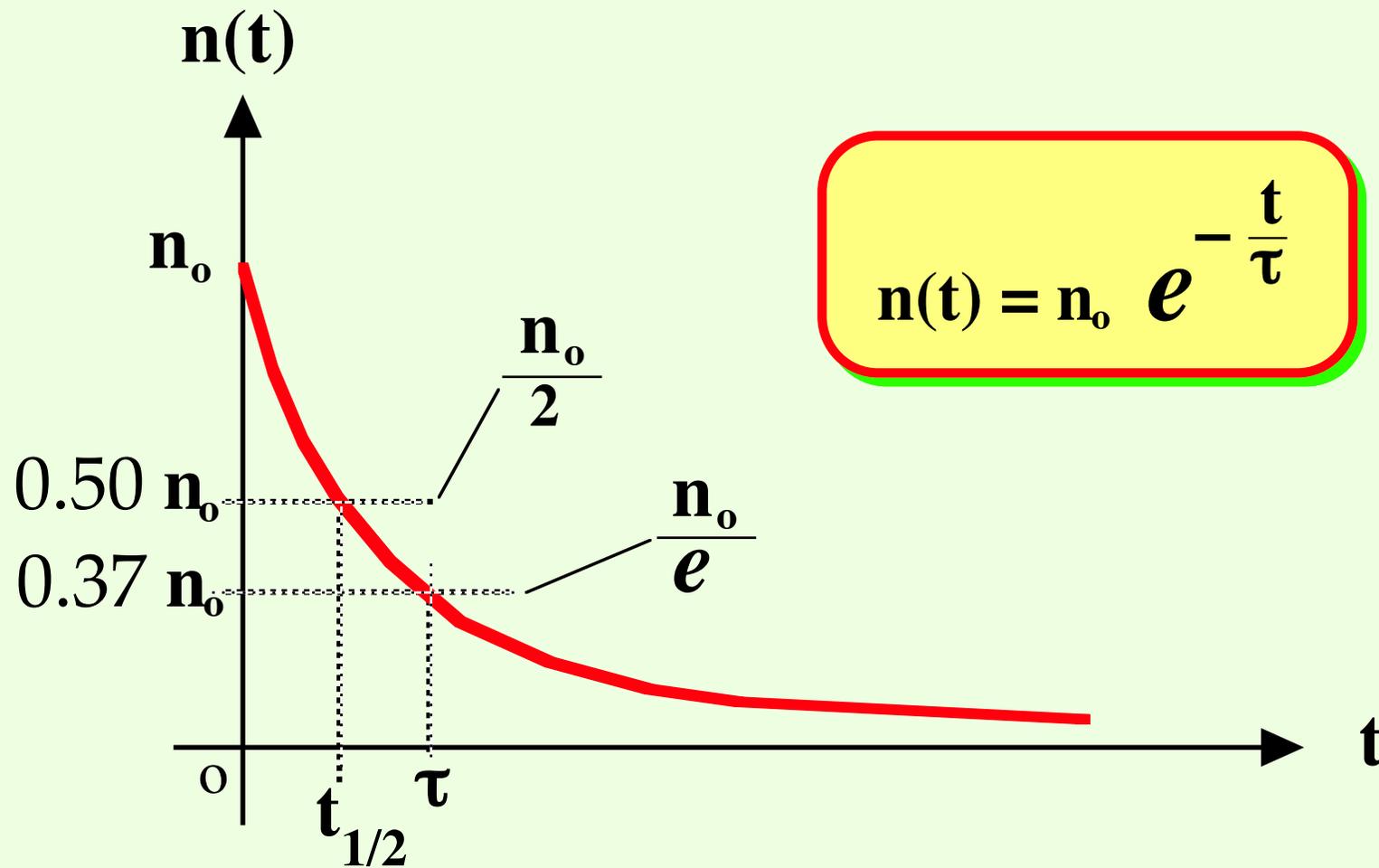
Qual'è il significato di tempo di dimezzamento di una sostanza radioattiva?

R. quando il numero di decadimenti iniziale si dimezza

Che legame c'è fra tempo di dimezzamento e vita media?

R. $N(t) = N_0 e^{-t/\tau} \rightarrow \frac{N(t)}{N_0} = \frac{1}{2} = e^{-t_{1/2}/\tau} \rightarrow t_{1/2} = \ln 2 \tau = 0.6931 \tau$

DECADIMENTO RADIOATTIVO



DECADIMENTO RADIOATTIVO

emissione di radiazione {
 alfa (nuclei elio)
 beta (elettroni)
 gamma (fotoni)

⋮

tempo di dimezzamento

μs

s

min

ora

giorno

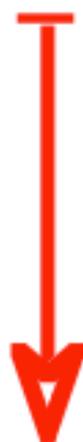
settimana

mese

anno

secolo

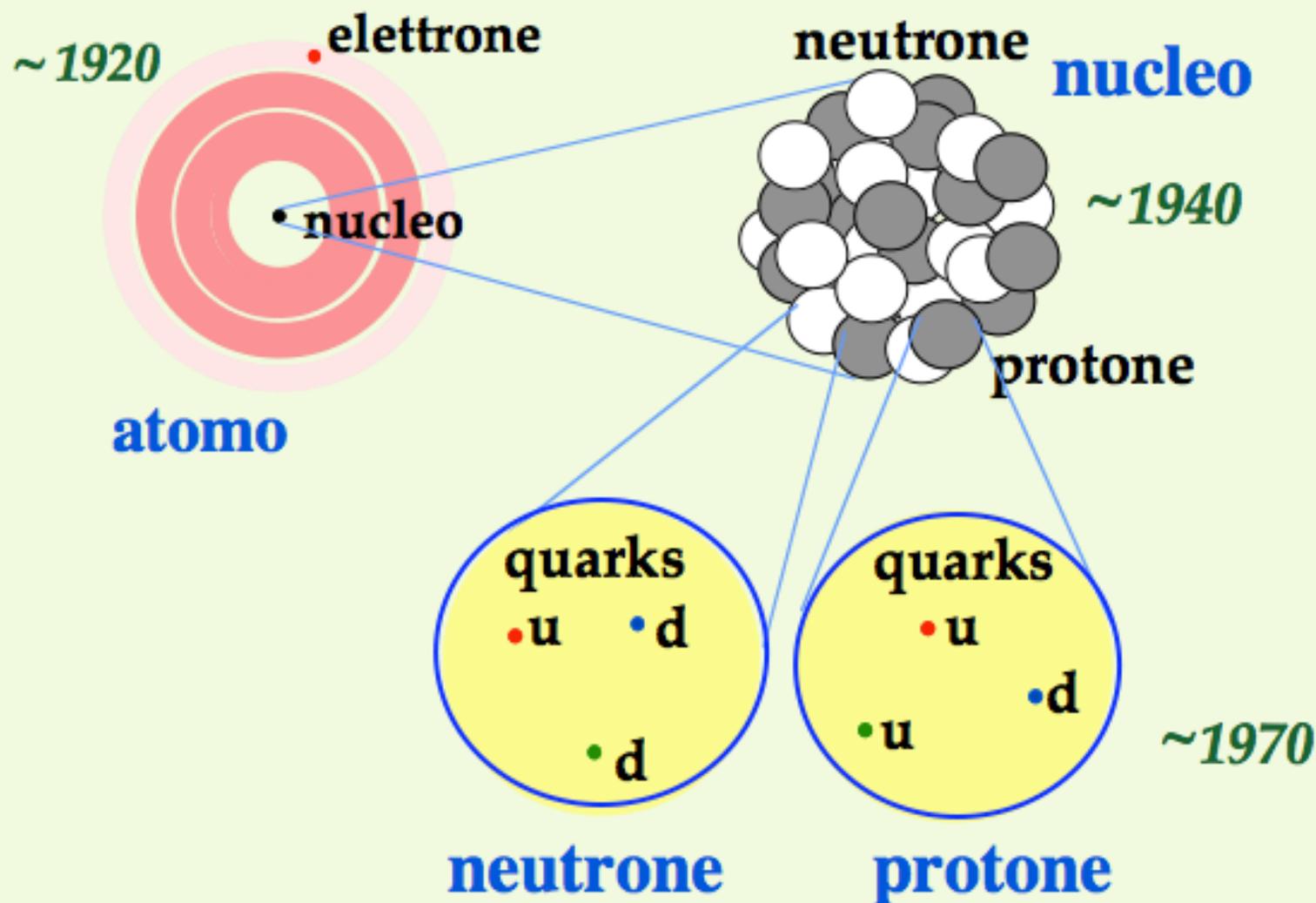
⋮



utilizzabili in diagnostica e terapia



PARTICELLE ELEMENTARI



PARTICELLE ELEMENTARI

particelle elementari

famiglie	I ^a	II ^a	III ^a
• quarks	d, u	s, c	b, t
• leptoni	e, ν_e	μ , ν_μ	τ , ν_τ

~1980

modello standard

- **dimensione : puntiforme**
- **massa**
- **carica elettrica** ($0, -1, -\frac{1}{3}, +\frac{2}{3}$)
- **spin** ($\pm\frac{1}{2}$)
- **stranezza, charm, beauty, truth (quarks)**
- **colore (rosso, blu, verde) (6x3=18 quarks)**

- **antiparticelle (18+6)**
- **12 bosoni di gauge (spin zero)**

	Q
d,s,b	$-\frac{1}{3}$
u,c,t	$\frac{2}{3}$
e, μ , τ	-1
ν_e, ν_μ, ν_τ	0

STRUTTURA DELLA MATERIA

ATOMO

- elettroni + nucleo
- livelli energetici atomici
- principio esclusione
- transizioni atomiche ($\Delta E \approx \text{eV}$)

NUCLEO

- nucleoni (protone, neutrone)
- livelli energetici nucleari
- principio esclusione
- transizioni nucleari ($\Delta E \approx \text{MeV}$)

NUCLEONE

- quarks (3 famiglie)
- livelli energetici subnucleari
- principio esclusione
- transizioni subnucleari ($\Delta E \approx \text{GeV}$)

