

Protoni e neutroni

A P P R O F O N D I M E N T O

Nel nucleo sono presenti protoni e neutroni: i **protoni**, in particolare, sono particelle portanti carica positiva (+1,602 • 10⁻¹⁹ C) con una massa di 938,272 MeV, dove MeV sta per megaelettronvolt.

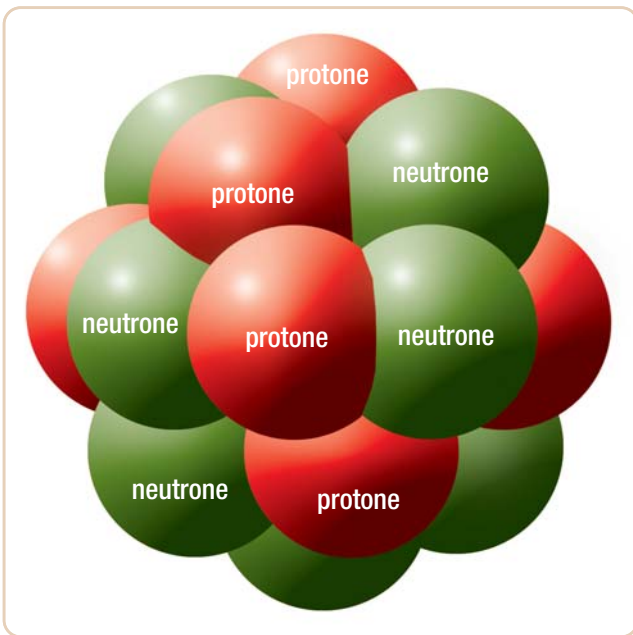
Un elettronvolt (**eV**) è l'energia che assume un elettrone libero quando è sottoposto a una differenza di potenziale elettrica di 1 volt; questa quantità di energia corrisponde a 1,60217646 • 10⁻¹⁹ J (kg•m²/s²), quindi 1 MeV corrisponde a 1,60217646 • 10⁻¹³ J.

Per calcolare la massa relativa a questa quantità di energia applichiamo la relazione di Einstein (**E = mc²**), dove **m** è la massa e **c** è la velocità della luce (2,99792458 • 10⁸ m/s). Da questa relazione estrapoliamo il valore della massa:

$$m = E / c^2$$

Sostituendo si ha:

$$m_{1\text{MeV}} = 1,60217646 \cdot 10^{-13} / (2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m/s})^2 = 1,78266 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$$



I **neutroni** sono particelle portanti carica neutra ed hanno una massa di 939,568 MeV, mentre gli **elettroni** sono particelle portanti carica negativa (-1,602 • 10⁻¹⁹ C) ed hanno una massa di 0,511 MeV.

Da ciò si evince che i protoni sono 1.836 volte più massicci degli elettroni e i neutroni 1.839 volte.

Nel 1964 Murray Gell-Man (premio Nobel per la Fisica nel 1969) e Stephan Zweig ipotizzarono che protoni e neutroni fossero formati da particelle subnucleari. Gell-Man chiamò queste particelle **quark**, traendo il nome da un passo del romanzo di James Joyce *The Finnegans Wake* ("three quarks for Master Mark!"). I quark sono particelle a spin ½ come protoni, neutroni ed elettroni.

Figura 1
Rappresentazione del nucleo

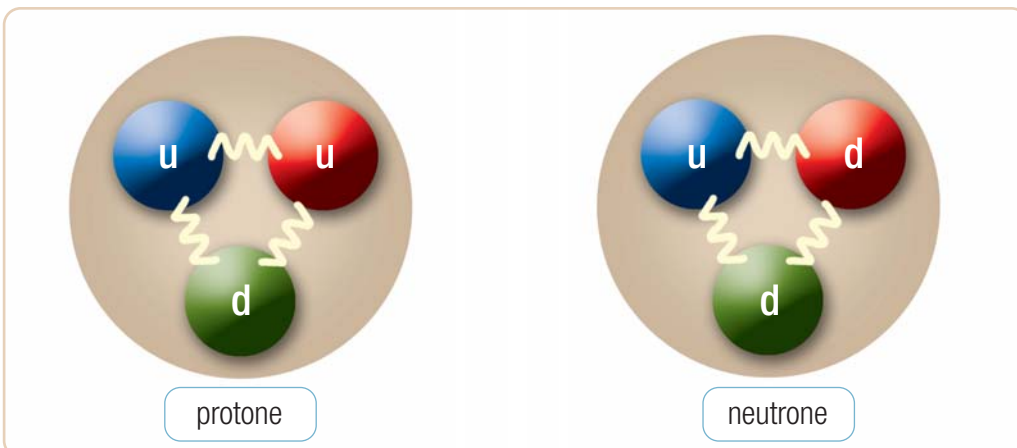
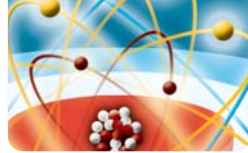


Figura 2
Composizione dei quark di protone e neutrone





Ai quark presenti nelle particelle nucleari sono stati attribuiti i nomi di su (**up**) e giù (**down**). Un protone è composto da due quark su e uno giù. I quark su (up) hanno una massa pari a 2 MeV ($3,5653210^{-30}$ kg) e una carica nominale pari a $+2/3$. I quark giù (down) hanno una massa pari a 5 MeV ($8,91330^{-30}$ kg) e una carica nominale pari a $-1/3$.

Vi sono altri tipi di quark ma non producono particelle stabili (tabella 1).

Nome italiano	Nome	Simbolo	Carica	Massa stimata (MeV)
Su	Up	u	$+2/3$	2
Giù	Down	d	$-1/3$	5
Strano	Strange	s	$-1/3$	da 80 a 130
Incanto	Charm	c	$+2/3$	da 1.150 a 1.350
Fondo	Bottom	b	$-1/3$	da 4.100 a 4.400
Cima	Top	t	$+2/3$	174.300 ± 5.100

Tabella 1
Caratteristiche dei quark

Quark	Massa	Carica
Su	2 MeV	$+2/3$
Su	2 MeV	$+2/3$
Giù	5 MeV	$-1/3$
Totale	9 MeV	$+1$

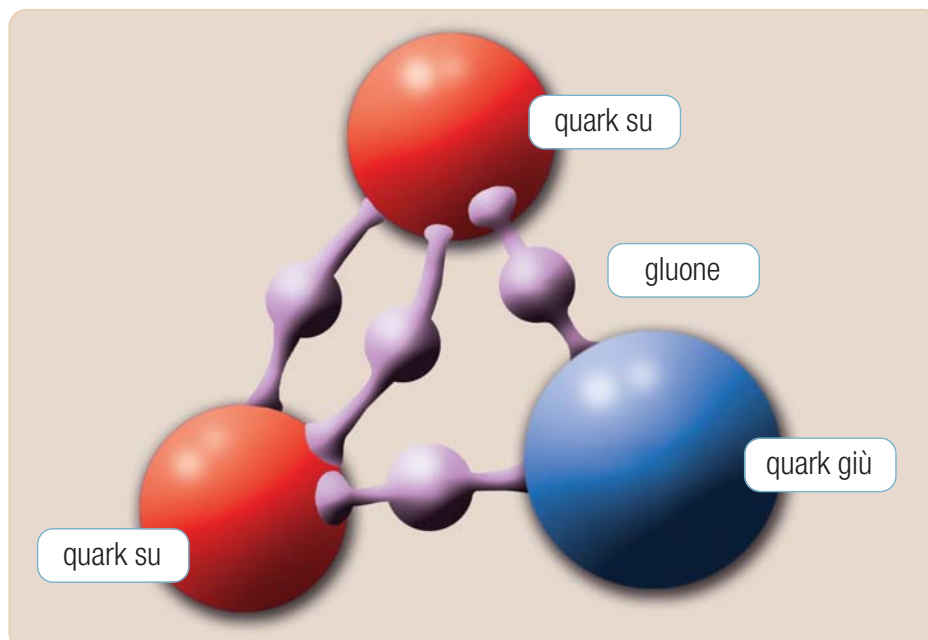
Tabella 2
Caratteristiche dei quark del protone

Quark	Massa	Carica
Su	2 MeV	$+2/3$
Giù	5 MeV	$-1/3$
Giù	5 MeV	$-1/3$
Totale	12 MeV	0

Tabella 3
Caratteristiche dei quark del neutrone

Dalla tabella 2 si può notare che la massa totale dei quark presenti nel protone è di 9 MeV ($1,60439^{-29}$ kg). Un neutrone invece è composto da due quark giù (down) e uno su (up). Dalla tabella 3 si può notare che la massa totale dei quark presenti nel neutrone è di 12 MeV ($2,13919^{-29}$ kg).

A questo punto si può concludere che la massa totale dei quark presenti nel protone è molto inferiore alla massa totale dello stesso protone (9 MeV contro 938,272 MeV), e la massa totale dei quark presenti nel neutrone è molto inferiore alla massa totale dello stesso neutrone (12 MeV contro 939,568 MeV).



Al contrario dei nuclei, la cui massa totale è data dalla somma delle masse dei nucleoni (protoni e neutroni), la massa dei protoni e dei neutroni è presente all'interno di queste particelle sotto forma di enormi energie ($E = mc^2$) che servono a tenere uniti i quark. Queste energie sono espressione della forza nucleare forte, una forza che si esplica a cortissimo raggio, e le particelle che mediano questa forza vengono dette **gluoni** (dall'inglese *glue* = colla).

Figura 3
I gluoni tengono uniti i quark in un protone

