



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

# Introduzione alla fisica delle particelle

Susanna Bertelli

INFN LNF - Education and Public Outreach Service

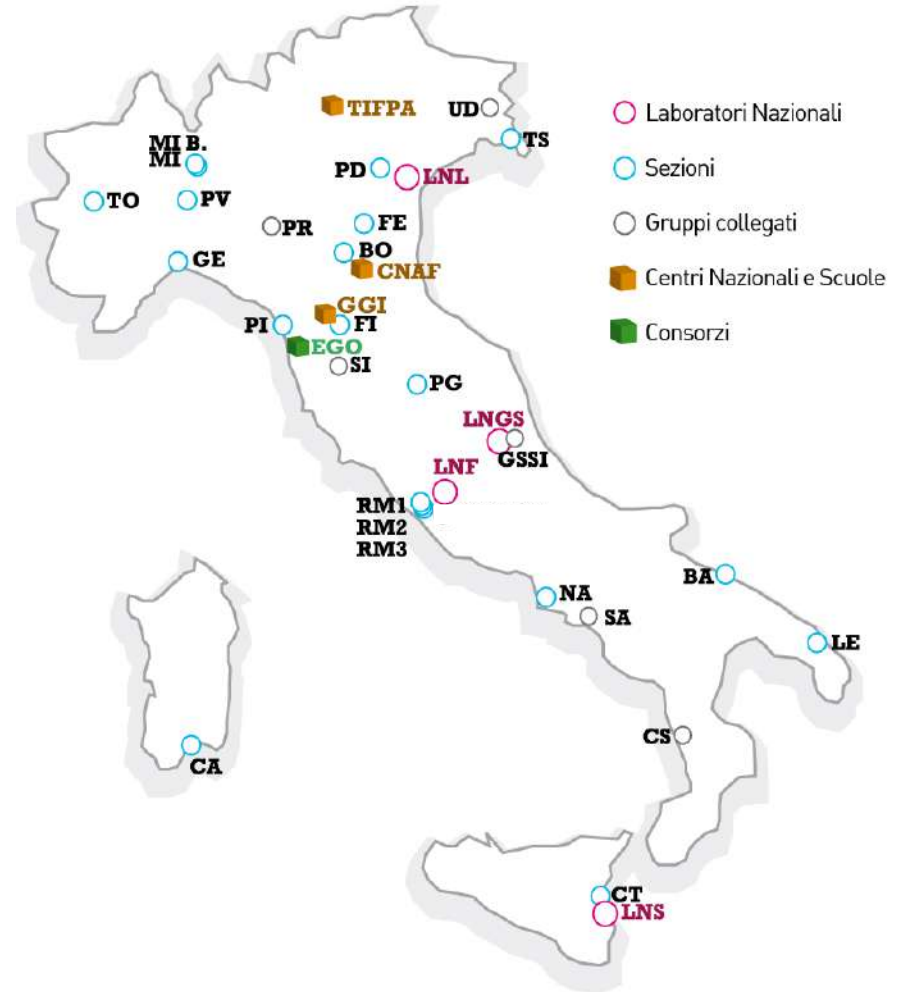


Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

■ INFN LNF: chi siamo

L'INFN ente pubblico nazionale di ricerca dedicato allo studio dei costituenti fondamentali della materia e delle leggi che li governano. Svolge attività di ricerca, teorica e sperimentale, nei campi della fisica subnucleare, nucleare e astroparticellare.

20 sezioni  
6 gruppi collegati  
4 laboratori nazionali



Costruiti nel 1955, i **Laboratori Nazionali di Frascati (LNF)** sono stati la prima struttura di ricerca italiana per lo studio della fisica nucleare e subnucleare con macchine acceleratrici e sono il più grande laboratorio dell'INFN

I LNF sono situati a circa 20 km da Roma, all'interno del comune di Frascati nella zona che accoglie i maggiori centri di ricerca di eccellenza tra cui ENEA, ESA-Esrin e CNR.







Storia dei Laboratori Nazionali di Frascati – A.Ghigo <https://www.youtube.com/watch?v=pEFl2-lo--s>

I Laboratori Nazionali di Frascati : la ricerca

Fisica delle alte energie, Astroparticelle, Fisica nucleare, Fisica applicata, Computing



# Attività di terza missione dei LNF

## **EDUCAZIONE SCIENTIFICA**

Programma studenti e  
docenti

## **COMUNICAZIONE SCIENTIFICA**

Web, news, newsletter,  
social

## **PUBLIC OUTREACH**

Seminari, openday,  
visite guidate

## **TRASFERIMENTO TECNOLOGICO**

Aziende, enti, università



# Educazione scientifica

---

Suscitare interesse e curiosità verso la scienza

Aumentare la conoscenza della scienza e delle sue applicazioni

Promuovere la scienza come strumento per cittadini consapevoli, sostenere la cultura scientifica

Incoraggiare le carriere STEM Science, Technology, Engineering, Mathematics

## Studenti

Attività per allievi delle  
Scuole Primarie,  
Secondarie di I e II grado,  
italiane e straniere

## Docenti

Corsi di formazione e  
aggiornamento per  
docenti delle Scuole  
Secondarie di I e II  
grado

## AccendiScienza

Portale di e-learning  
per studenti e docenti

# Public outreach

---

Programma di attività di divulgazione scientifica per il vasto pubblico rivolto agli appassionati di scienza e a chi è desideroso di esplorare il mondo della ricerca scientifica.

## Seminari

I ricercatori LNF presentano diverse conferenze in librerie, Università, eventi scientifici

## Openday

Giornate di apertura al pubblico con visite guidate ai siti sperimentali, conferenze, spazi per bambini

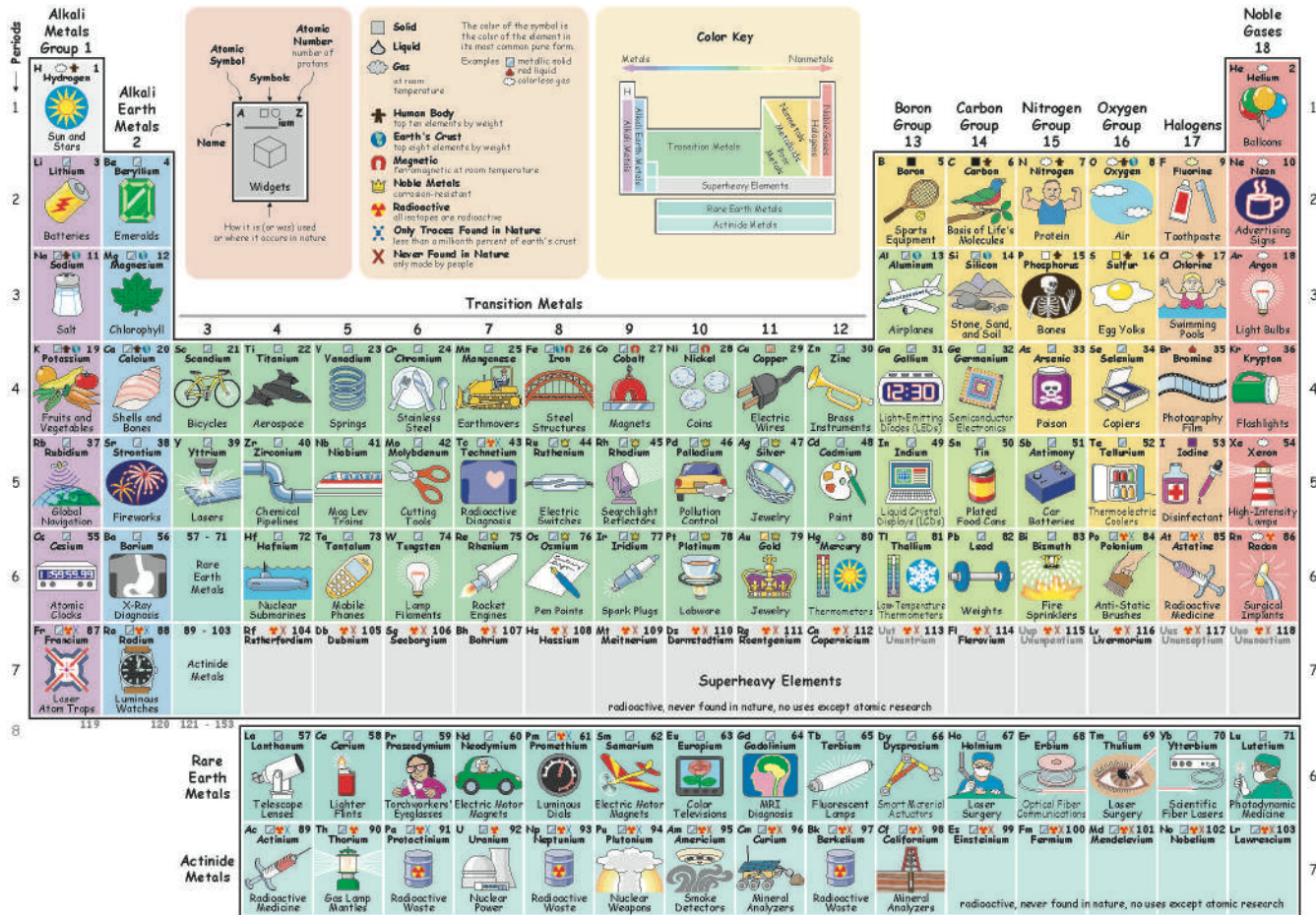
## Bruno Touschek Visitor Centre

Polo didattico museale dedicato alla Storia dei LNF, visite guidate condotte dai ricercatori



Di cosa è fatta la materia?

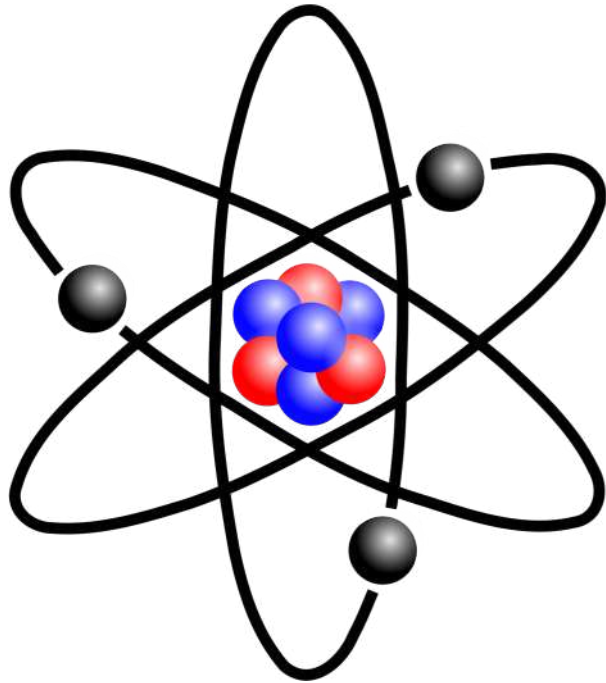
# The Periodic Table of the Elements, in Pictures



Viaggio nel mondo degli atomi

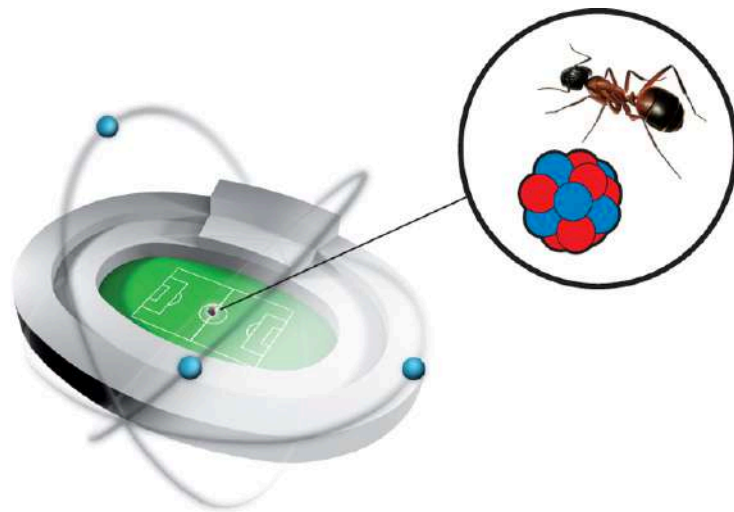
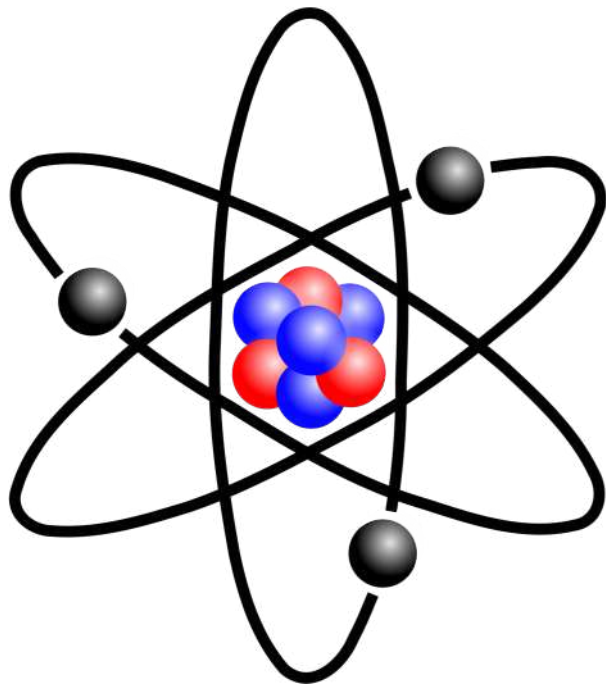
<https://videos.cern.ch/record/2307613>

# Modello di atomo

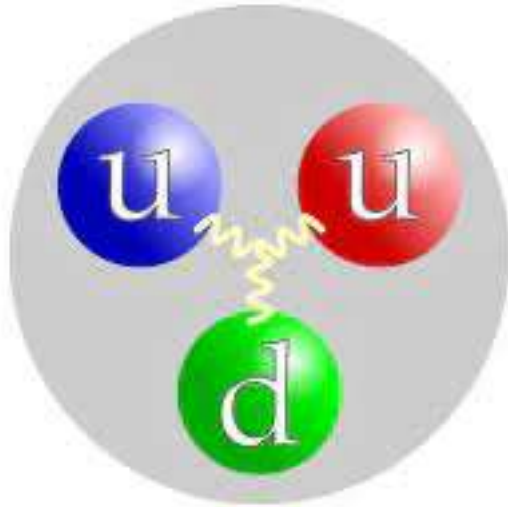


# Modello di atomo

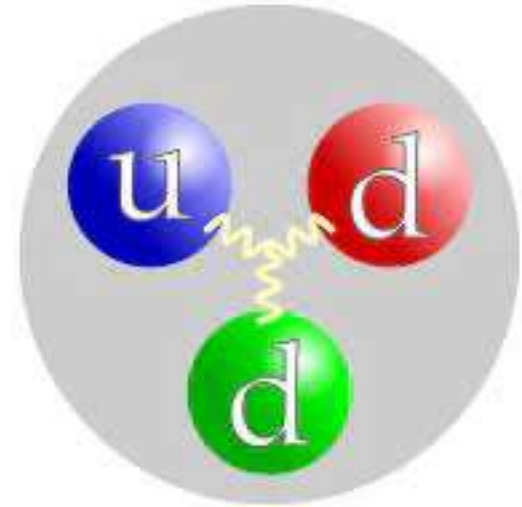
---



**Protone**



**Neutrone**





# Modello Standard delle Particelle Elementari

		tre generazioni della materia (fermioni)			mediatori delle forze / interazioni (bosoni)	
		I	II	III		
massa		$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 124.97 \text{ GeV}/c^2$
carica	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
QUARK		<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b>g</b> gluone	<b>H</b> higgs
		<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b><math>\gamma</math></b> fotone	
		<b>e</b> elettrone	<b><math>\mu</math></b> muone	<b><math>\tau</math></b> tauone	<b>Z</b> bosone Z	
LEPTONI		<b><math>\nu_e</math></b> neutrino elettronico	<b><math>\nu_\mu</math></b> neutrino muonico	<b><math>\nu_\tau</math></b> neutrino tauonico	<b>W</b> bosone W	

**BOSONI DI GAUGE**  
BOSONI VETTORI

**BOSONI SCALARI**

# Standard Model of Elementary Particles

			three generations of matter (elementary fermions)			three generations of antimatter (elementary antifermions)			interactions / force carriers (elementary bosons)	
			I	II	III	I	II	III		
QUARKS	mass		$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 125.09 \text{ GeV}/c^2$
	charge		$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$-\frac{2}{3}$	$-\frac{2}{3}$	$-\frac{2}{3}$	0	0
	spin		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
			<b>u</b> up	<b>c</b> charm	<b>t</b> top	<b><math>\bar{u}</math></b> antiup	<b><math>\bar{c}</math></b> anticharm	<b><math>\bar{t}</math></b> antitop	<b><math>\gamma</math></b> photon	<b>H</b> higgs
			$\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 96 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 96 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$	
			$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	0	
			$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
			<b>d</b> down	<b>s</b> strange	<b>b</b> bottom	<b><math>\bar{d}</math></b> antidown	<b><math>\bar{s}</math></b> antistrange	<b><math>\bar{b}</math></b> antibottom	<b>Z</b> Z <sup>0</sup> boson	
			$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$	
			-1	-1	-1	1	1	1	1	
			$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
			<b>e</b> electron	<b><math>\mu</math></b> muon	<b><math>\tau</math></b> tau	<b><math>e^+</math></b> positron	<b><math>\bar{\mu}</math></b> antimuon	<b><math>\bar{\tau}</math></b> antitau	<b><math>W^+</math></b> W <sup>+</sup> boson	
LEPTONS			$< 2.2 \text{ eV}/c^2$	$< 1.7 \text{ MeV}/c^2$	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$	$< 2.2 \text{ eV}/c^2$	$< 1.7 \text{ MeV}/c^2$	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$	
			0	0	0	0	0	0	-1	
			$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
				<b><math>\nu_e</math></b> electron neutrino	<b><math>\nu_\mu</math></b> muon neutrino	<b><math>\nu_\tau</math></b> tau neutrino	<b><math>\bar{\nu}_e</math></b> electron antineutrino	<b><math>\bar{\nu}_\mu</math></b> muon antineutrino	<b><math>\bar{\nu}_\tau</math></b> tau antineutrino	<b><math>W^-</math></b> W <sup>-</sup> boson
									0	
									0	
									1	
										<b>g</b> gluon

GAUGE BOSONS  
VECTOR BOSONS

SCALAR BOSONS

# Le interazioni fondamentali

---

In natura esistono 4 interazioni fondamentali, che sono alla base degli scambi di energia tra le particelle e sono responsabili della struttura dell'Universo



L'interazione elettromagnetica responsabile della struttura atomica e molecolare della materia. Al livello microscopico, si manifesta tra particelle dotate di carica elettrica diversa da zero ed al fotone come mediatore dell'interazione



L'interazione forte lega protoni e neutroni nel nucleo e impedisce al nucleo di disintegrarsi. In conseguenza della repulsione elettromagnetica tra i protoni del nucleo. E' connessa ai quark.



Le interazioni deboli sono responsabili del decadimento di quark e leptoni, radioattività e attività solare.



L'interazione gravitazionale responsabile della caduta dei corpi, moto stellare...

<b>interazioni</b>	intensità relativa	raggio di azione	mediatore
interazione forte	1	$10^{-11}$ m	gluoni
elettromagnetica	$10^{-2}$	$\infty$	fotoni
interazione debole	$10^{-13}$	$10^{-13}$ m	bosoni
gravitazionale	$10^{-39}$	$\infty$	gravitone

