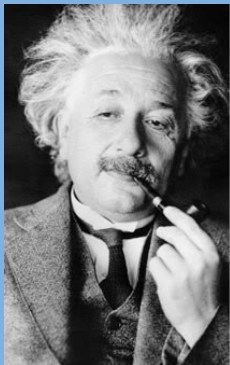


Vuoi saperne di più??

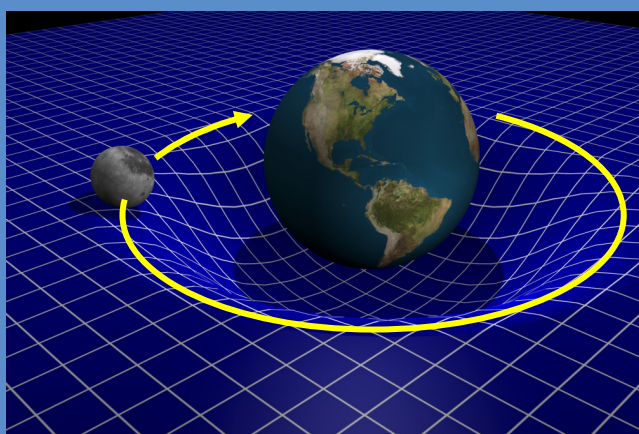
Gravità: Forza o Curvatura?



Albert Einstein

propose all'inizio del '900
una descrizione alternativa della
GRAVITÀ

La traiettoria di un corpo soggetto alla forza di gravità è la stessa di un corpo che si muove liberamente in uno spazio curvo.



Le grandi masse (come le stelle o i buchi neri) producono una **curvatura dello spazio-tempo**, che “attrae” i corpi circostanti di masse inferiori.

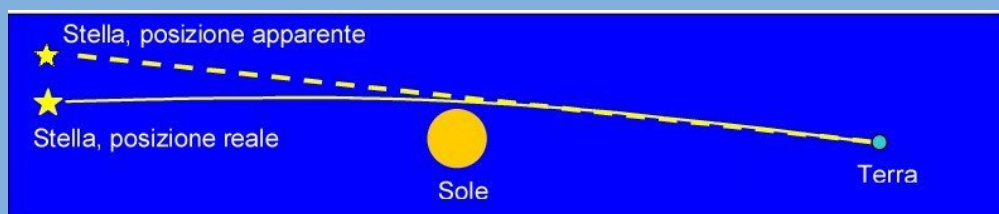
La **gravità** è così causa della **curvatura** dello spazio-tempo: tanto più essa è forte, tanto più lo spazio-tempo è incurvato.

“La materia dice allo spazio-tempo come curvarsi, lo spazio-tempo dice alla materia come muoversi”

J. A. Wheeler

Secondo le teorie di Einstein anche la **luce** (che è priva di massa ed è puramente energia) deve seguire traiettorie curve.

VERO!

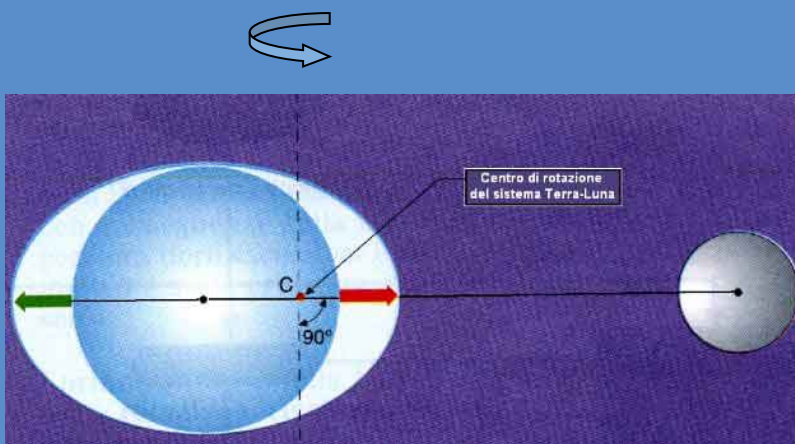


Vuoi saperne di più??

Le maree

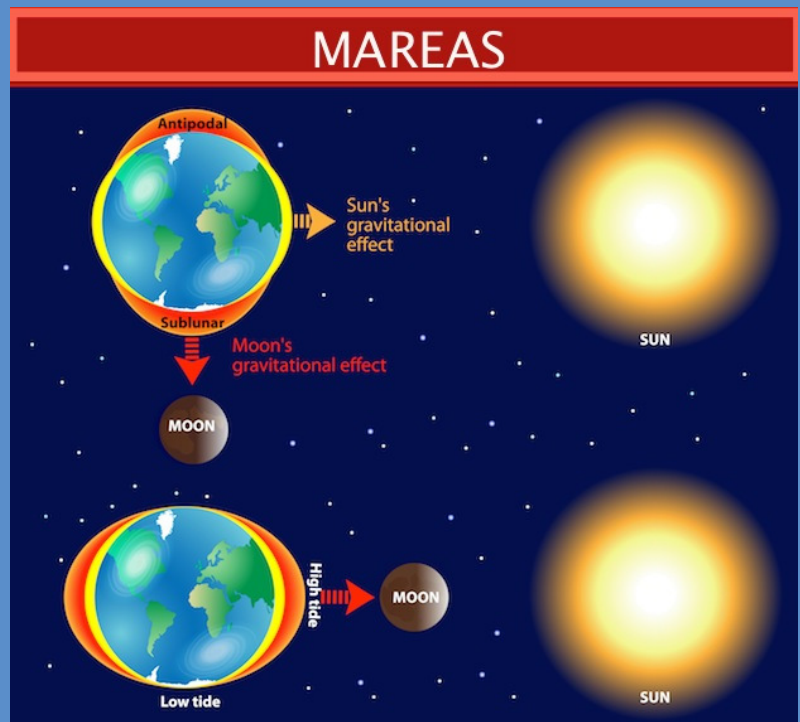
Le maree avvengono solitamente circa ogni sei ore (un quarto di giorno terrestre), e sono dovute alla combinazione di tre fattori:

- l'attrazione gravitazionale, esercitata sulla Terra dalla Luna (e, in misura minore, dal Sole)
- la forza centrifuga dovuta alla rotazione del sistema Terra-Luna intorno al proprio centro di massa



Sulla **faccia** della Terra **rivolta verso la Luna** i due effetti si sommano producendo una forza diretta verso la Luna. Sull'**altra faccia** i due effetti sono in **contrapposizione**. Prevalendo la **forza centrifuga** la forza risultante punta nel verso opposto. Ne consegue un sollevamento del mare sia sul lato della Terra rivolto verso la Luna, sia sul lato opposto (la cosiddetta "seconda gobba" della marea, più bassa dell'altra). Ecco perché **l'alta e la bassa marea si alternano** all'incirca **due volte al giorno** e non **una sola**.

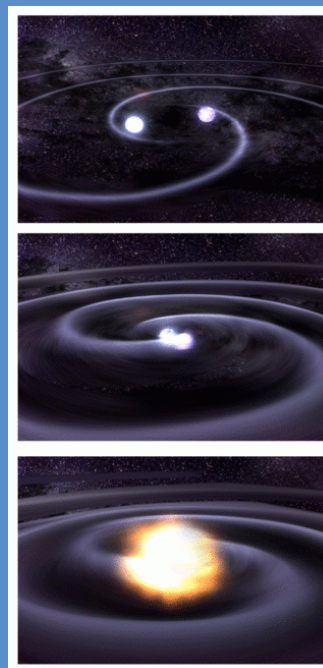
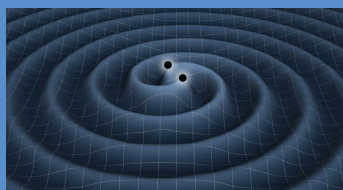
A ciò si aggiunge l'effetto del Sole, che esercita sulla Terra una forza di marea analoga a quella esercitata dalla Luna ma più debole (circa il 46% di quella della Luna) a causa della grande distanza. A seconda della **posizione relativa di Terra, Sole e Luna**, la forza di marea del Sole può agire **nello stesso verso** di quella della Luna oppure **nel verso opposto**: ne risulta un **rafforzamento della marea** quando i due astri si trovano in **congiunzione** (Luna nuova) o in **opposizione** (Luna piena), e un suo **indebolimento** quando si trovano in **quadratura** (primo o ultimo quarto). L'ampiezza delle maree perciò aumenta e diminuisce ciclicamente, con un **periodo di circa quindici giorni**.



Vuoi saperne di più??

Le onde gravitazionali

Così come un oggetto in movimento nell'acqua produce onde, nello stesso modo una massa accelerata produce nello spazio-tempo delle onde, dette “**onde gravitazionali**”. Esse si propagano alla **velocità della luce** (300.000 Km/s) e producono una **modificazione nel tempo della distanza tra due punti**.



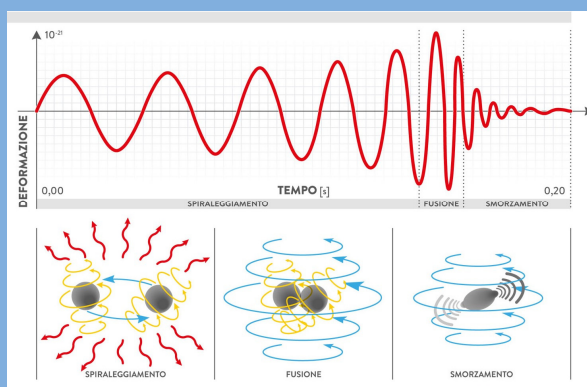
Previste nel **1916** da Einstein sono state osservate per la prima volta nel **2016**.

Perché c'è voluto tanto tempo??

Poiché la gravità è la più debole delle quattro forze fondamentali, devono essere coinvolte **enormi masse** affinché le onde gravitazionali siano percepibili a grande distanza, e si tratta comunque di **fenomeni debolissimi** (variazioni di un miliardesimo di miliardesimo di metro per una lunghezza di 4 km!!). Dunque servono strumenti per misurare le lunghezze **enormemente precisi**.

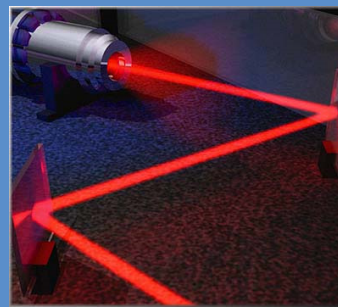
Il Laboratorio **LIGO-VIRGO** ha misurato le onde gravitazionali sviluppate da due **buchi neri** durante il loro processo di **fusione**.

Essi cominciano a ruotare rapidamente l'uno attorno all'altro, a distanze sempre minori e a velocità sempre più grandi, finché non collidono e si uniscono insieme. Durante questo processo vengono emesse **onde gravitazionali** sufficientemente intense da poter essere misurate anche a grande distanza.



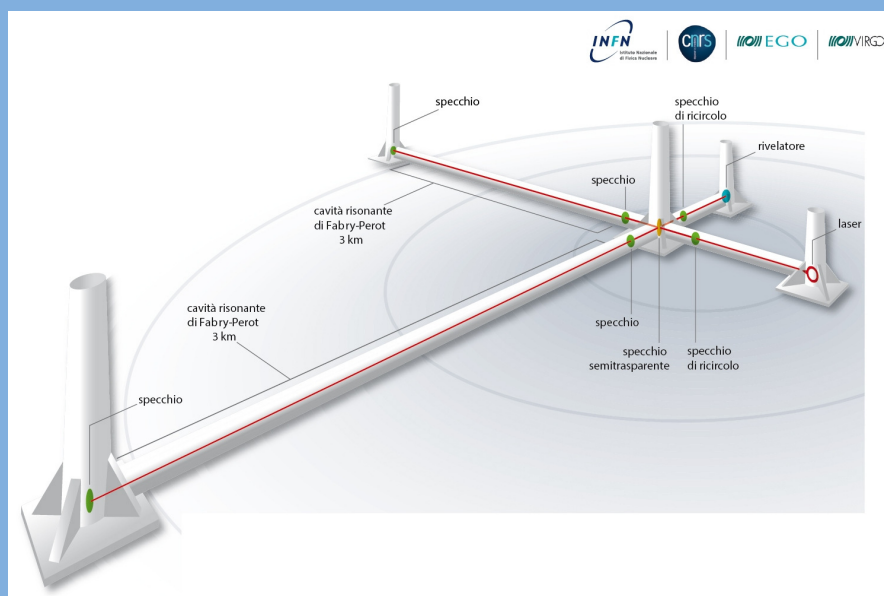
Vuoi saperne di più??

Come misurare una lunghezza mille volte più piccola del nucleo atomico ???



Lo strumento usato da LIGO (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory, USA) e VIRGO (Italia) è un **interferometro LASER**.

Un raggio di luce LASER viene diviso in due. I due raggi percorrono due tunnel perpendicolari di 4 km di lunghezza, al termine dei quali vengono riflessi indietro da uno specchio. I due raggi riflessi infine si ricongiungono all'interno dello strumento e arrivano ad un rivelatore.



Se un'onda gravitazionale attraversa l'interferometro, le **lunghezze** dei due **bracci** vengono **deformate in modo diverso**, alterando le caratteristiche del raggio che si forma all'atto del ricongiungimento.

Lo strumento è in grado di misurare le **variazioni di ampiezza** dell'onda gravitazionale.

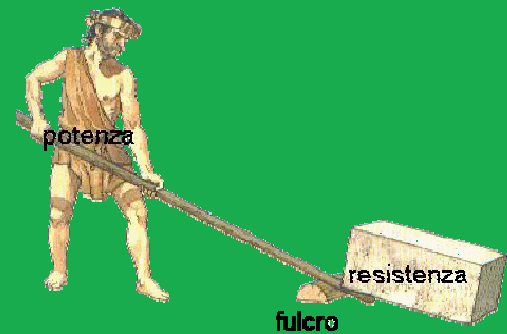
Grazie a questo risultato potremo aprire una nuova stagione di **esplorazione del Cosmo**, in cui – oltre alla luce – potremo **misurare le onde gravitazionali** emesse dalle varie sorgenti nell'Universo per capirne meglio la natura e l'evoluzione



Vuoi saperne di più??

Le Leve

Chiamiamo **leva** qualunque dispositivo a cui applicare una forza (chiamata **POTENZA**) per vincerne un'altra (chiamata **RESISTENZA**). Tipicamente è costituita da un'asta **rigida** che può ruotare attorno ad un **punto fisso**, chiamato **FULCRO**. Il fulcro "divide" la leva in due BRACCI: il **braccio-potenza** e il **braccio-resistenza**.

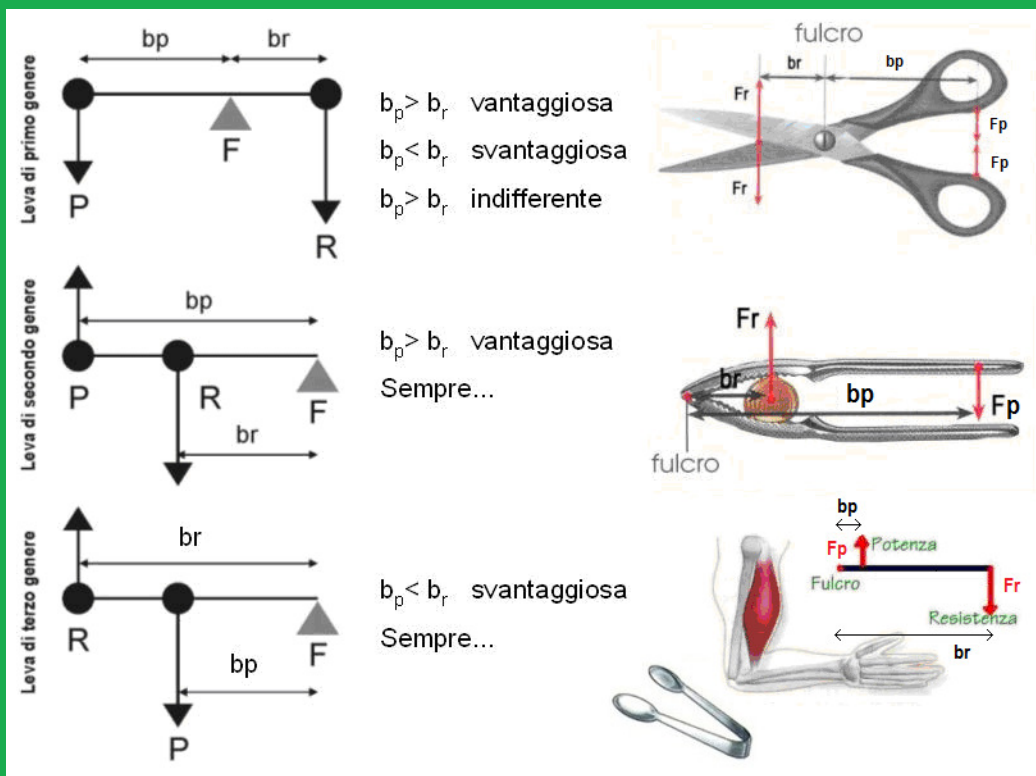


Caratteristica della leva è che la forza da applicare è tanto più piccola quanto più è lungo il suo braccio.

In base a ciò, le leve si distinguono in tre tipi:

- **Leve vantaggiose**, ossia quelle in cui il braccio della potenza è sempre più lungo di quello della resistenza, come per lo schiaccianoci.
- **Leve svantaggiose**, ossia quelle in cui il braccio della potenza è sempre più corto di quello della resistenza, come nel caso delle pinzette per ciglia.
- **Leve indifferenti**, in cui i due bracci hanno la stessa lunghezza, come nell'altalena.

Le leve che hanno il fulcro ad una delle due estremità sono dette di **secondo genere** (vantaggiose) o di **terzo genere** (svantaggiose), mentre le leve che hanno il fulcro al centro sono dette di **primo genere** (e possono essere vantaggiose, svantaggiose o indifferenti).



Anche le leve svantaggiose sono utili, per esempio per svolgere lavori di precisione (in cui serve una forza ridotta) o perché il corpo che esercita la forza resistente va tenuto a distanza (come nel caso delle pinze utilizzate per spostare i carboni ardenti nel camino).

Vuoi saperne di più??

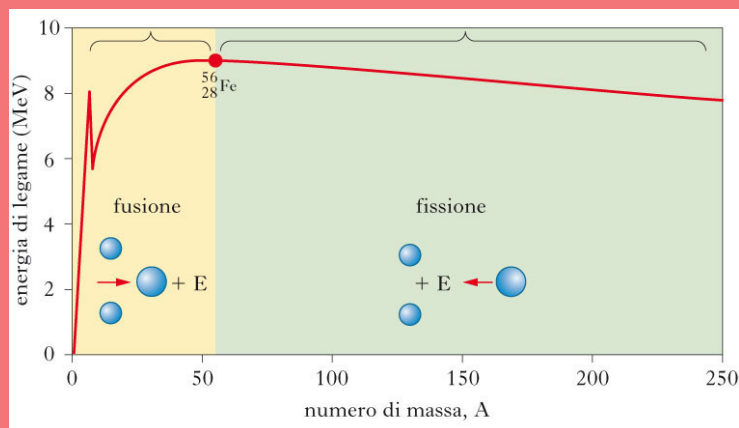
Solo i nuclei più “forti” sopravvivono

All'interno del nucleo atomico **competono tre diverse forze:**

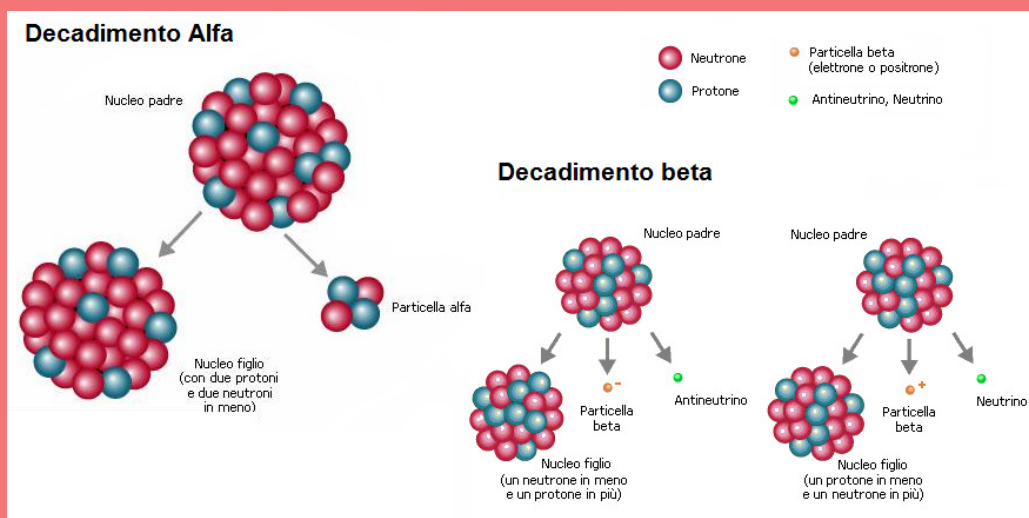
l'attrazione nucleare forte tra tutti i nucleoni,
la repulsione elettromagnetica tra i protoni,
e la forza nucleare debole.

Quando queste ultime due forze prevalgono, **il nucleo si modifica**. Il **nuovo nucleo** che si genera è tipicamente **più stabile** del precedente: dunque solo l'atomo più “forte” (quello cioè in cui prevale l'effetto della **forza nucleare forte**) riesce a resistere alle forze che tendono a disgregarlo.

In generale, gli **atomi più stabili** sono quelli in cui i nucleoni sono più fortemente legati. Il nucleo più stabile è quello del Ferro, che contiene 56 nucleoni (protoni e neutroni) nel suo nucleo. Per questo motivo, i nuclei di massa minore diventano più stabili **fondendosi** tra loro (accade nelle stelle), mentre quelli di massa maggiore tendono a diventare più stabili riducendo la loro massa, attraverso i **decadimenti** o processi come la **fissione nucleare**.



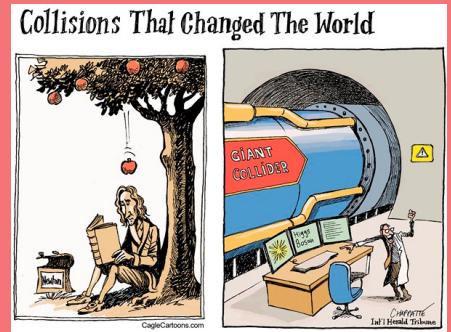
- **Decadimento alfa** Se nel nucleo la forza elettromagnetica prevale, il nucleo può espellere un protone o, più frequentemente, una particella alfa, cioè un nucleo di Elio.
- **Decadimento beta** La forza nucleare debole può portare alla trasformazione di un neutrone in protone (o viceversa) dentro il nucleo, con conseguente emissione di elettroni (o positroni)



Vuoi saperne di più??

Il Modello Standard

Secondo la visione scientifica moderna che prende il nome di **MODELLO STANDARD** tutto l'Universo è costituito da due famiglie di **particelle elementari**:



i **FERMIONI**, che rappresentano i “mattoni” con cui è costruita tutta la materia

	mass →	≈2.3 MeV/c ²	≈1.275 GeV/c ²	≈173.07 GeV/c ²
QUARKS	charge →	2/3	2/3	2/3
	spin →	1/2	1/2	1/2
		u	c	t
		up	charm	top
		≈4.8 MeV/c ²	≈95 MeV/c ²	≈4.18 GeV/c ²
		-1/3	-1/3	-1/3
	1/2	1/2	1/2	
	d	s	b	
	down	strange	bottom	

	mass →	0.511 MeV/c ²	105.7 MeV/c ²	1.777 GeV/c ²
LEPTONS	charge →	-1	-1	-1
	spin →	1/2	1/2	1/2
		e	μ	τ
		electron	muon	tau
		<2.2 eV/c ²	<0.17 MeV/c ²	<15.5 MeV/c ²
		0	0	0
	1/2	1/2	1/2	
	ν_e	ν_μ	ν_τ	
	electron neutrino	muon neutrino	tau neutrino	

e i **BOSONI DI GAUGE**, che “trasportano” le forze.

GAUGE BOSONS	0	g	gluon
	0	γ	photon
	91.2 GeV/c ²	Z	Z boson
	80.4 GeV/c ²	W	W boson
	?	G	graviton

FORZA NUCLEARE FORTE

Coesione nucleare, forze tra quark, combustione stellare

FORZA ELETTROMAGNETICA:

Luce, legami atomici, coesione molecolare, reazioni chimiche

FORZA NUCLEARE DEBOLE

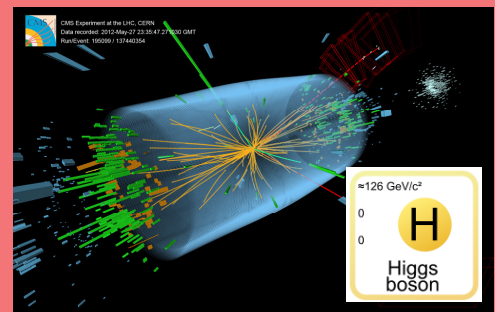
Decadimento beta, combustione stellare

FORZA GRAVITAZIONALE

Gravitazione universale, coesione galattica e planetaria, peso

+
I
n
t
e
n
s
i
t
à

A queste particelle si aggiunge il **BOSONE DI HIGGS**, un bosone particolare che interagendo con tutte le particelle elementari (tranne il fotone) conferisce loro una **massa** che altrimenti non avrebbero. L'esistenza del bosone di Higgs è stata ipotizzata nel 1964 da Peter Higgs, ed è stata **confermata sperimentalmente** all'acceleratore LHC del **CERN** solo recentemente, nel 2012.



Ciò che non è ancora descritta dal Modello Standard è la **GRAVITA'**: questa forza dovrebbe essere trasportata da un altro bosone speciale, il **GRAVITONE**, che non è stato ancora scoperto.



Vuoi saperne di più??

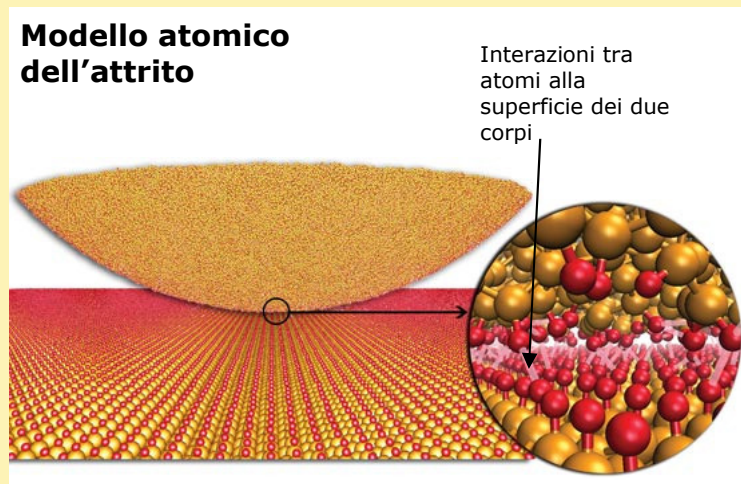
L'Attrito: c'è sempre, ma non è "fondamentale"!

Quando cerchiamo di muovere un corpo in contatto con un altro corpo o immerso in un fluido avvertiamo una certa difficoltà.
È l'effetto della **forza di attrito**!



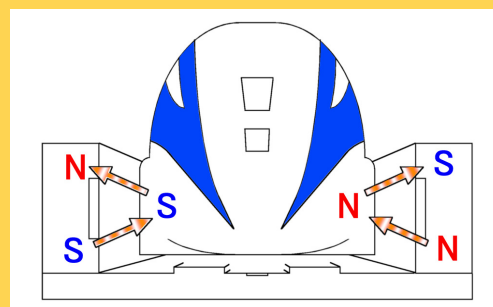
Questa forza, praticamente sempre presente, **non è tuttavia una forza fondamentale**. Essa infatti è dovuta alle **interazioni elettriche** che si creano tra gli atomi del corpo e quelli della superficie, che ostacolano il moto. Per questo l'attrito dipende molto dalla conformazione delle superfici coinvolte (lisce o ruvide), ma anche da quanto i loro atomi tendono a legarsi spontaneamente (affinità chimica).

Modello atomico dell'attrito



ATTRITO SÌ ..., ATTRITO NO

Per contrastare la forza d'attrito si può, per esempio, utilizzare la forza magnetica. Nei **treni a levitazione magnetica** la rotaia e il fondo del mezzo sono formati da magneti con polarità identiche, che si respingono: il **campo magnetico** bilancia", quindi, la **forza gravitazionale** e il treno rimane sollevato da terra. In questo modo, l'attrito con la rotaia scompare e l'unico attrito da vincere è quello (molto minore) con l'aria. Così con un consumo di energia limitato, il treno riesce a raggiungere velocità oltre i 600 km/h!



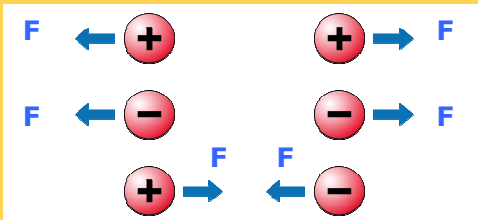
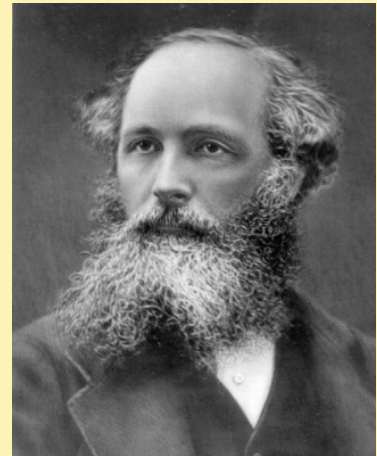
Vuoi saperne di più??

Le Equazioni di Maxwell

Tra il 1861 ed il 1867 Maxwell scrisse le sue famose quattro equazioni basandosi sui dati sperimentali a sua disposizione.

Esse descrivono in modo completo i **fenomeni elettrici, quelli magnetici e le loro strette relazioni.**

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \vec{E} &= \frac{\rho}{\epsilon_0} \\ \nabla \cdot \vec{B} &= 0 \\ \nabla \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \vec{B} &= \mu_0 \vec{J} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}\end{aligned}$$



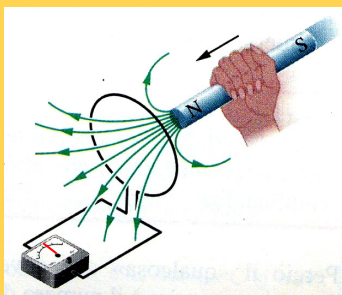
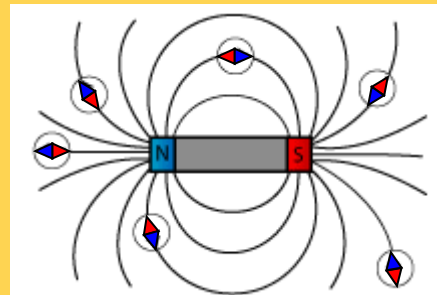
La prima equazione esprime matematicamente il fatto che

le sorgenti della forza elettrostatica sono le cariche elettriche.

La seconda equazione dice che non esistono sorgenti sigole per i campi magnetici (monopoli magnetici):

i poli magnetici sono sempre in coppia.

Per questo, quando spezziamo a metà una calamita, ci ritroviamo sempre con due nuove calamite!



La terza equazione descrive matematicamente il fatto che

facendo variare un campo magnetico nel tempo attraverso un circuito elettrico, in quel circuito si manifesta un campo elettrico

che agisce sulle cariche mobili presenti nel circuito.

La quarta equazione completa la descrizione della relazione tra campi elettrici e magnetici:

una corrente o un campo elettrico variabile nel tempo produce un campo magnetico.

Infatti un filo percorso da corrente genera un campo magnetico che può deviare l'ago di una bussola.

