



LICEO SCIENTIFICO STATALE "R. LOMBARDI SATRIANI" - PETILIA POLICASTRO
LICEO LINGUISTICO E DELLE SCIENZE UMANE - SEDE STACCATA DI MESORACA
LICEO SCIENTIFICO STATALE - SEDE STACCATA DI COTRONEI

Inquinamento Ambientale e Salute:
Analisi dell'Inquinamento Elettromagnetico e Ambientale nella Scuola e nel Territorio
PROGETTO «IN..CLOUD..IAMO CON LE STEM! - A.S. 2024 - 2025



TUTOR: Prof. Luigi Concio

ESPERTO: Dott. Vincenzo Londino

Presentazione cenni teorici elettromagnetismo

L'ESPOSIZIONE UMANA A CAMPI ELETTROMAGNETICI RAPPRESENTA UN FATTORE DI RISCHIO PER I CITTADINI. **NEGLI ULTIMI DECENNI, I LIVELLI DI ESPOSIZIONE A CAMPI ELETTRICI, MAGNETICI ED ELETTROMAGNETICI SONO AUMENTATI CON CONTINUITÀ E IN MISURA CONSIDEREBILE; NEL CONTEMPO, È ANDATA ANCHE AUMENTANDO LA DIFFUSIONE DI TALI ESPOSIZIONI TRA I LAVORATORI E LA POPOLAZIONE IN GENERALE.**

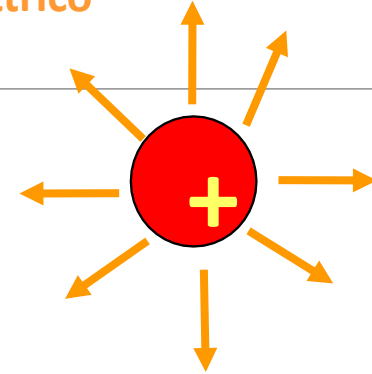
LA POPOLAZIONE ED I LAVORATORI SONO ESPOSTI A CAMPI ELETTROMAGNETICI PRODOTTI DA UNA GRANDE VARIETÀ DI SORGENTI: TALI CAMPI OCCUPANO LA PARTE DELLO SPETTRO ELETTROMAGNETICO CHE SI ESTENDE DAI CAMPI STATICI ALLE RADIAZIONI INFRAROSSE.

CONTRARIAMENTE A QUANTO ACCADE CON LE RADIAZIONI IONIZZANTI, PER LE QUALI IL CONTRIBUTO DELLE SORGENTI NATURALI RAPPRESENTA LA PORZIONE PIÙ ELEVATA DELL'ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE, PER LE RADIAZIONI NON-IONIZZANTI LE SORGENTI DI CAMPI ELETTROMAGNETICI REALIZZATI DALL'UOMO TENDONO A DIVENTARE VIA VIA PIÙ PREDOMINANTI RISPETTO ALLE SORGENTI NATURALI; IN DETERMINATE PARTI DELLO SPETTRO DI FREQUENZA, QUALI QUELLE UTILIZZATE PER LA DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA E PER LA RADIODIFFUSIONE, **I CAMPI ELETTROMAGNETICI PRODOTTI DALL'UOMO SONO MOLTE MIGLIAIA DI VOLTE SUPERIORI A QUELLI NATURALI PRODOTTI DAL SOLE O DALLA TERRA.**

Un cenno all'elettromagnetismo

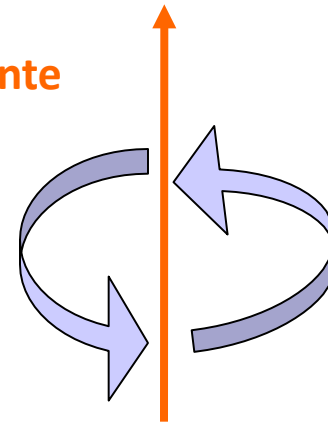
Un campo elettrico è generato da cariche elettriche ferme nello spazio

campo
elettrico



Cariche in moto generano un campo magnetico
Viceversa, un campo magnetico variabile nel tempo genera un campo elettrico

corrente



campo
magnetico

- Campo elettrico e magnetico variabili nel tempo: **CAMPO ELETTROMAGNETICO:**
- Una carica elettrica in moto emette o assorbe onde elettromagnetiche quando è soggetta ad accelerazioni

Onde

Perturbazione dello stato di un corpo o di un campo dovuto al **trasporto di energia**.

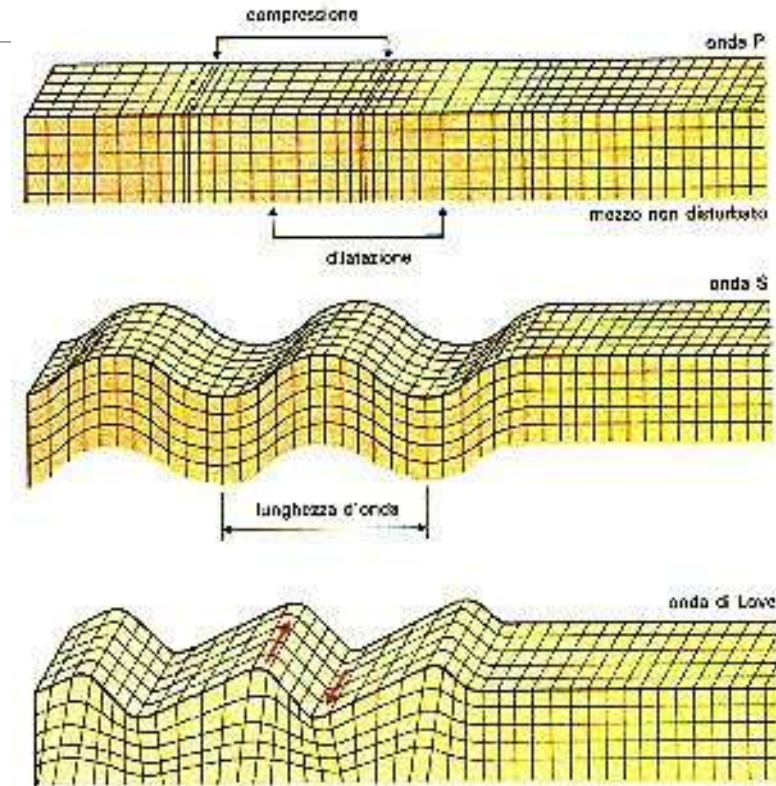
Le onde acustiche trasmettono energia al mezzo in cui si propagano attraverso il moto vibrazionale delle molecole. A vibrare sono i **vettori posizione, velocità e accelerazione**.

Le onde elettromagnetiche trasmettono energia perturbando lo stato del campo elettromagnetico. A vibrare sono i **campi elettrici e magnetici**.

Onda periodica

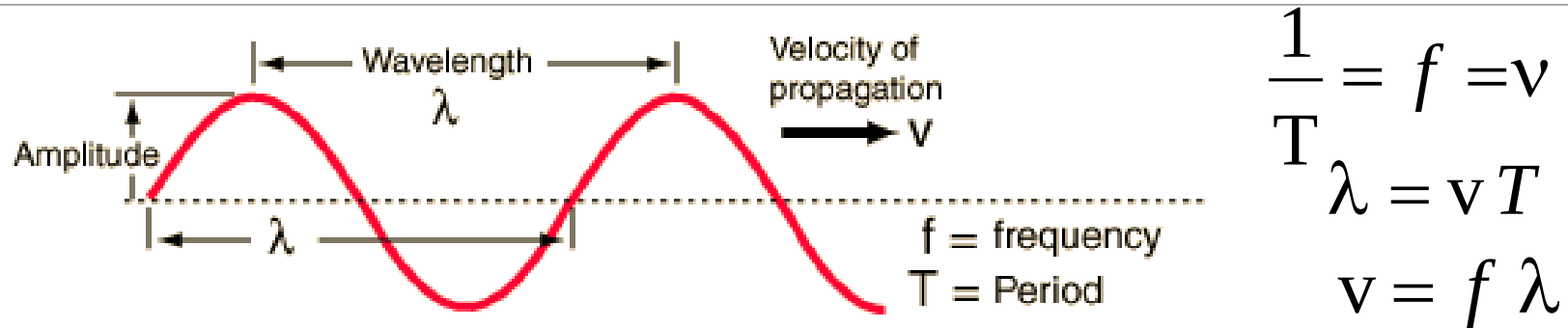
Onda che presenta la stessa configurazione in intervalli successivi.

Un'onda sinusoidale è un'onda periodica la cui descrizione è data da una funzione trigonometrica.



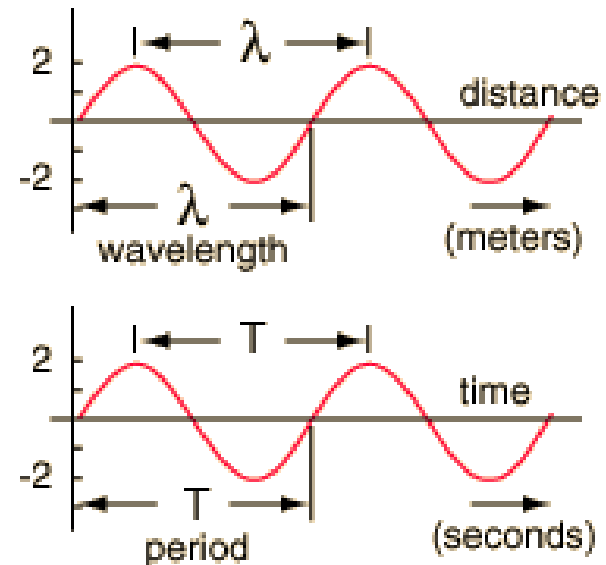
Grandezze caratteristiche di un'onda piana

Un'onda che si propaga con una frequenza fissata assume la forma di un'onda sinusoidale. Ad un singolo istante di tempo appare come in figura; le sue grandezze caratteristiche sono: **frequenza**, **lunghezza d'onda** e **velocità di propagazione**.



Le onde cambiano periodicamente sia nel tempo che nello spazio

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi v$$



Onde elettromagnetiche

Soluzioni dell'equazione di Maxwell:

$$\frac{\partial^2 E_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E_x}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$$

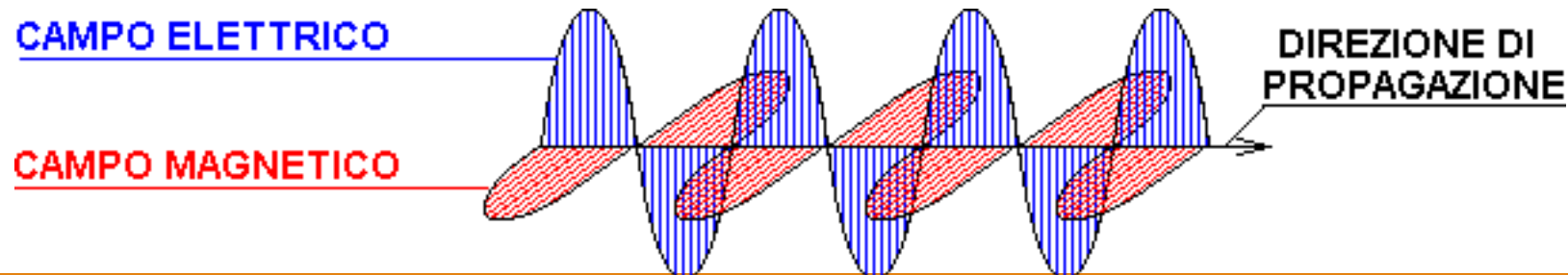
Equazione analoga per il campo magnetico **B**

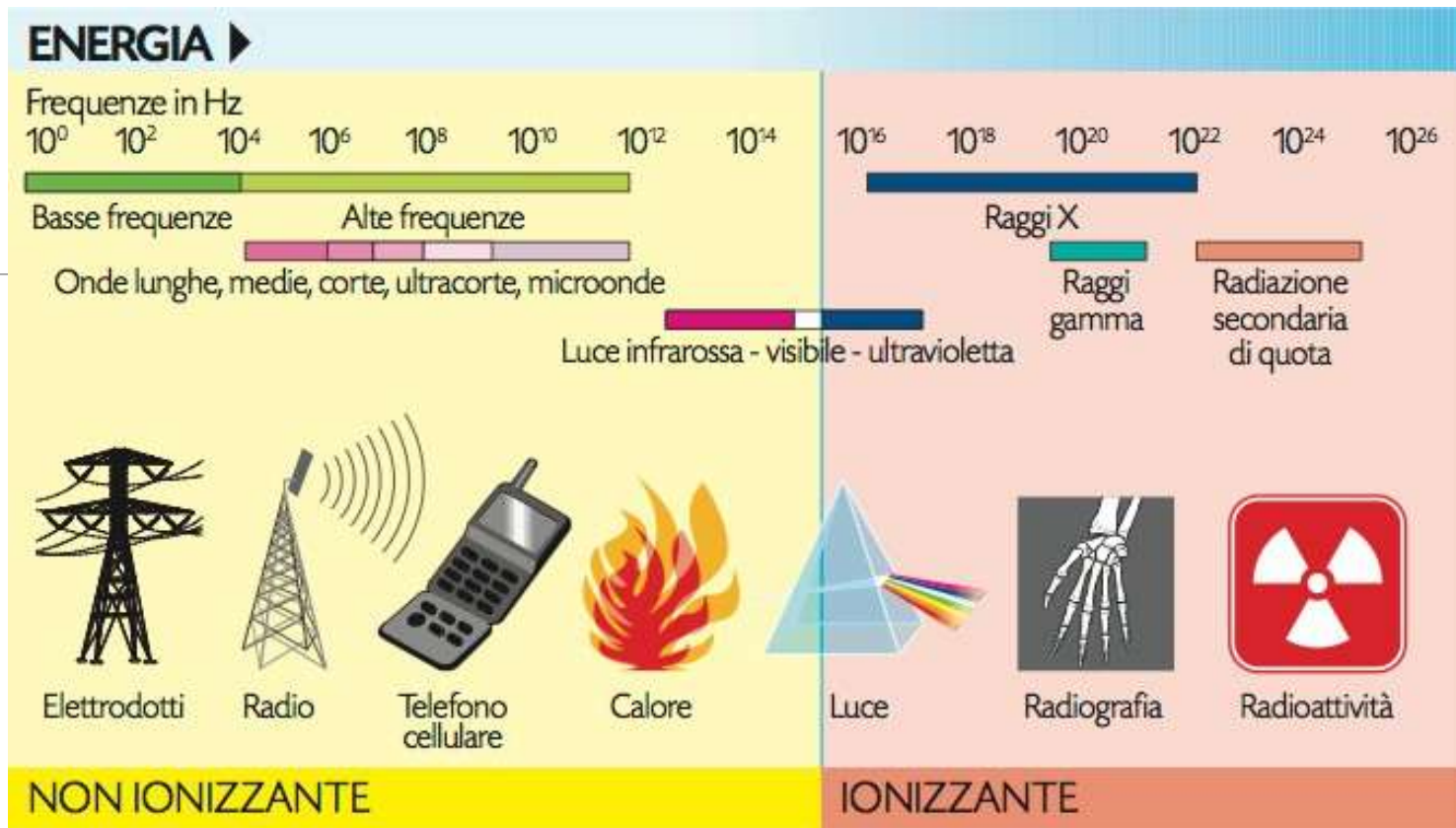
- **E e B sono perpendicolari tra loro e perpendicolari alla direzione di propagazione**
- **le onde elettromagnetiche si propagano nel vuoto alla velocità della luce**

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

$$E = E_m \sin(kx - \omega t) \quad B = B_m \sin(kx - \omega t)$$

$$\frac{E_m}{B_m} = c$$



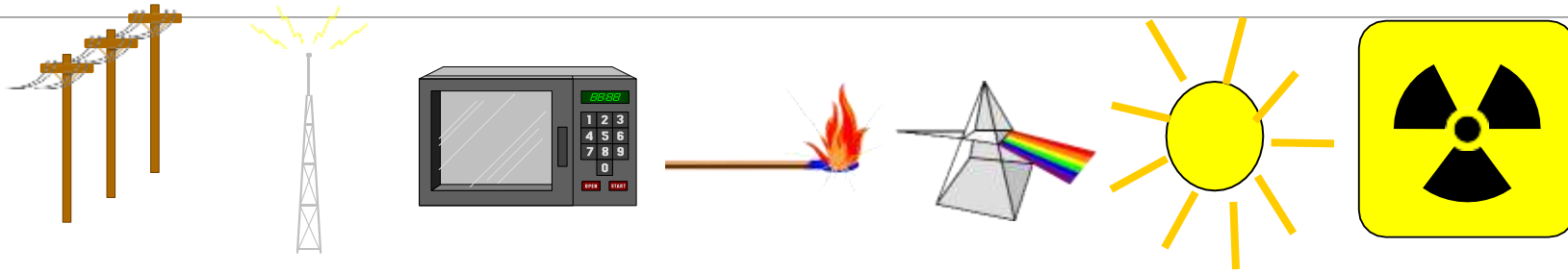


Fenomeni fisici apparentemente diversi tra loro, per esempio emissione di

- luce da una lampada
- calore da una fiamma
- particelle elementari da una sorgente radioattiva
- ...

Radiazione → **trasporto di energia nello spazio**

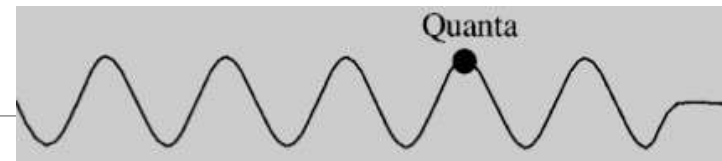
Spettro della radiazione elettromagnetica



correnti alternate	radio onde	micro onde	I.R.	visibile	UV	X e γ	
10^{-12}	10^{-8}	10^{-4}	10^{-1}	10^0	10^2	10^7	eV
10^5	10^{-1}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-9}	10^{-14}	m
10^3	10^7	10^{11}	10^{14}	10^{15}	10^{17}	10^{22}	Hz

La teoria quantistica dell'elettromagnetismo

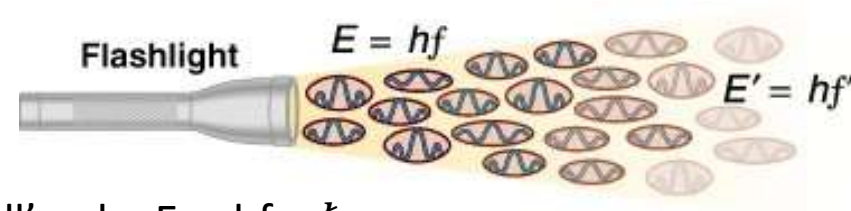
La radiazione elettromagnetica manifesta proprietà corpuscolari.



I fotoni:

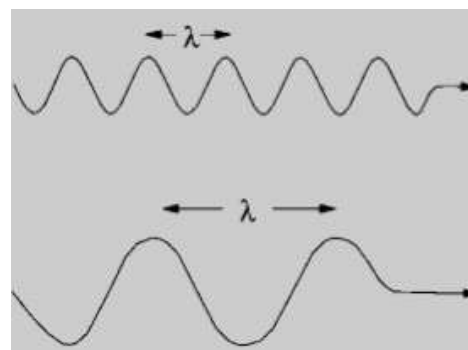
- sono particelle prive di massa ($m=0$)
- si propagano con velocità della luce ($v=c$)
- hanno energia proporzionale alla frequenza dell'onda: $E = hf = \hbar\omega$

$$h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J*s} = 4.13 \times 10^{-15} \text{ eV*s} \quad (\text{costante di Planck})$$



Per la teoria della relatività $E = mc^2$, da cui seguono importanti relazioni:

$$p = \frac{E}{c} = \frac{hf}{c} = \frac{hc}{c\lambda} = \frac{h}{\lambda}$$



Lunghezza d'onda minore $\rightarrow$
energia più elevata

Lunghezza d'onda maggiore $\rightarrow$
energia più bassa

Le Forze fondamentali

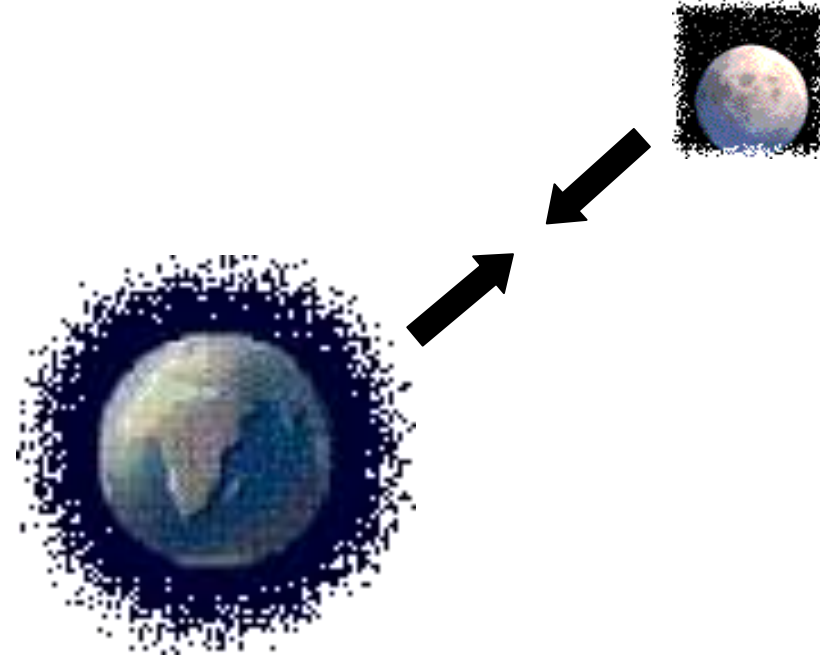
-
- Gravitazionale, forza attrattiva tra le masse - G
 - **Elettromagnetica**, si manifesta tra cariche elettriche $\cong 10^{37}$ G
 - **Forza Forte**, fortemente attrattiva tra nucleoni $\cong 10^{39}$ G
 - Forza Debole, responsabile dei decadimenti radioattivi $\cong 10^{24}$ G
- ~ 40 ordini di grandezza

Essenzialmente due determinano lo stato energetico delle particelle nell'atomo:

- La forza (nucleare) forte
- La forza di attrazione elettrica tra il nucleo, carico positivamente, e gli elettroni sulle orbite nucleari

Forza Gravitazionale

- E' la forza con cui due oggetti si attraggono a causa della loro massa
- L'intensità dipende dalle rispettive masse (direttamente) e distanze (inversamente)



Questa forza non ha un ruolo significativo nel tenere insieme l'atomo

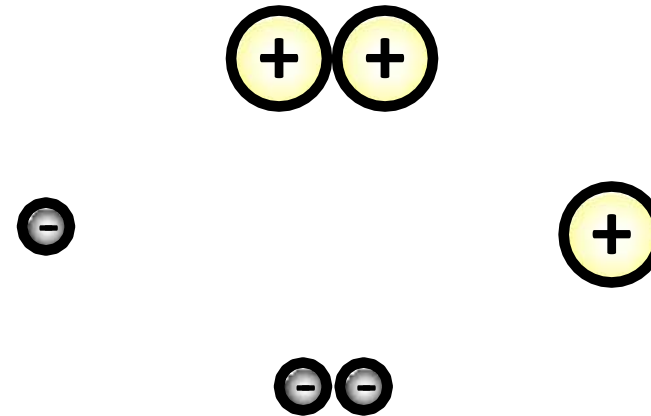
Forza Elettromagnetica

- E' responsabile della repulsione tra cariche dello stesso segno e dell'attrazione tra quelle di segno opposto

$$F_{em} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} = k_0 \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

- Mantiene gli elettroni in orbita intorno al nucleo
- Lega gli atomi in molecole: gli atomi sono elettricamente neutri, ma gli elettroni dell'uno sono attratti dai protoni dell'altro, e viceversa



La carica elettrica

L'unità di carica elettrica è il **Coulomb**.

Tutte le cariche osservate in natura sono quantizzate in multipli della carica del protone o dell'elettrone

$\oplus$ proton charge $e = 1.602 \times 10^{-19}$ coulombs

$\ominus$ electron charge $-e = -1.602 \times 10^{-19}$ coulombs

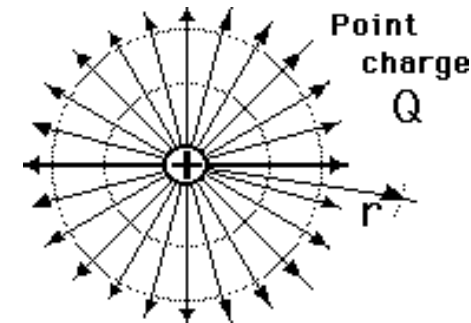
Gli effetti delle cariche sono caratterizzati in termini delle forze tra di loro (**legge di Coulomb**), dei **campi elettrici** e delle **differenze di potenziale** che generano. Un **Coulomb** è la quantità di carica che fluisce attraverso una lampadina da **120 Watt** (in un impianto di corrente alternata a **120 Volt**) in un **secondo**. Due cariche di un **Coulomb** ciascuna poste alla distanza di un **metro** si respingono con una forza di circa un **milione di tonnellate**! La variazione di carica nell'unità di tempo $\Delta Q/\Delta t$ è chiamata **corrente elettrica** ed è misurata in **Ampère**

$$P = RI^2 = VI \quad \longrightarrow \quad 120 \text{ Watt} = 120 \text{ Volt} \times 1 \text{ Coulomb/sec}$$

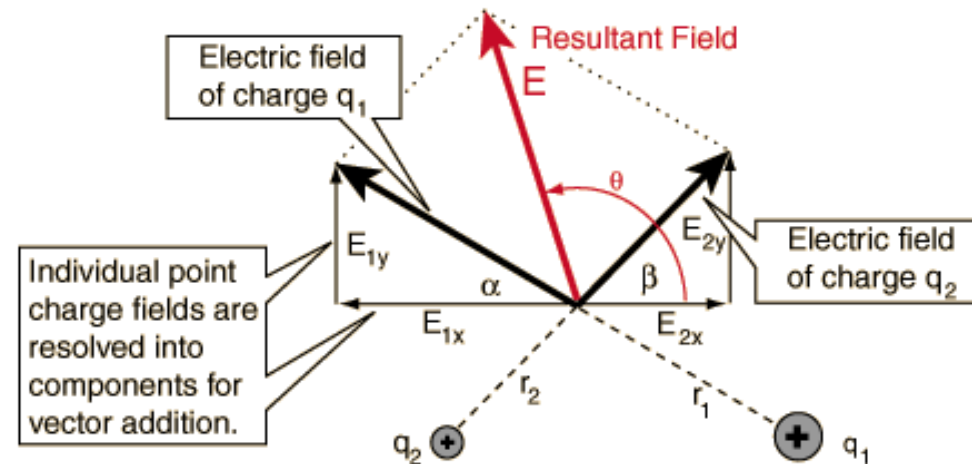
Una delle leggi fondamentali della natura è la **conservazione della carica elettrica**. Nessun processo fisico noto produce una variazione netta della carica.

Il **campo elettrico** E è definito come la **forza elettrica** per unità di carica. La **direzione del campo** è presa lungo la direzione della forza che si eserciterebbe su di una **carica di prova positiva**.
Il **campo elettrico** di una carica puntiforme si ottiene dalla legge di **Coulomb**:

$$E = \frac{F}{q} = \frac{kQ_{\text{source}} q}{qr^2} = \frac{kQ_{\text{source}}}{r^2}$$

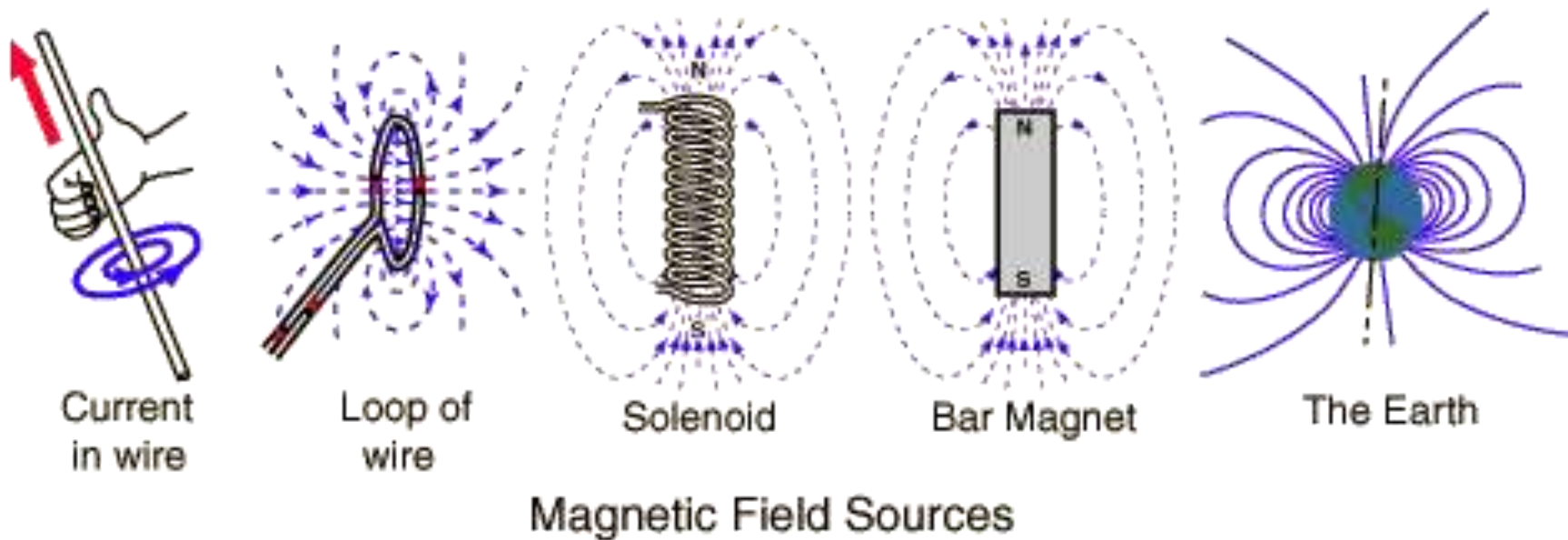


Il campo elettrico generato da un qualunque numero di cariche puntiformi si ottiene come la **somma vettoriale** dei campi generati dalle singole cariche



Campi magnetici

I **campi magnetici** sono prodotti da **correnti elettriche**, che possono essere correnti macroscopiche in fili o correnti microscopiche associate al moto degli elettroni in orbite atomiche. Il campo magnetico **B** è definito in termini della forza che agisce su di una carica in movimento, la **Forza di Lorentz**. Le sorgenti del campo magnetico sono di natura dipolare, in quanto hanno sempre un polo Sud ed un polo Nord.

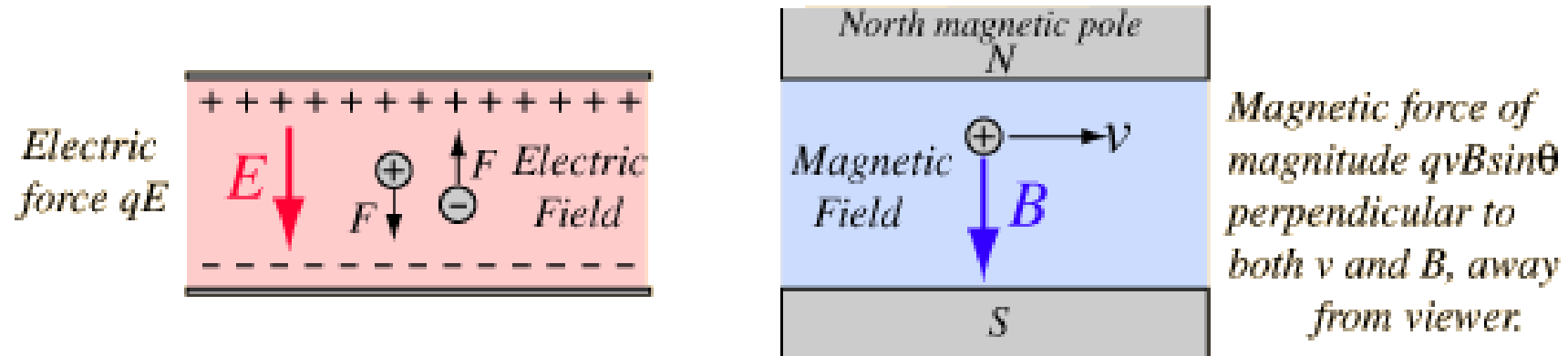


La Forza di Lorentz

Sia il **campo elettrico** che il **campo magnetico** possono essere definiti tramite la forza di Lorentz:

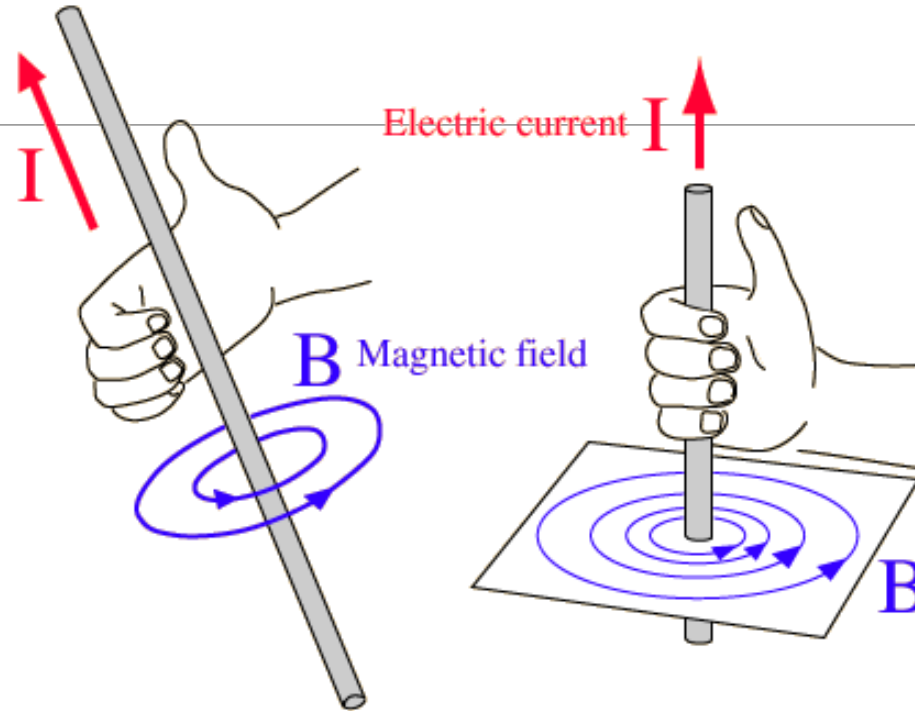
$$\vec{F} = \underbrace{q\vec{E}}_{\text{Electric force}} + \underbrace{q\vec{v} \times \vec{B}}_{\text{Magnetic force}}$$

La forza elettrica è semplicemente lungo la direzione del campo elettrico se la carica q è positiva, la direzione della forza magnetica è perpendicolare al campo magnetico



Il campo magnetico di una corrente

Una corrente elettrica esercita una forza su di un piccolo magnete di prova (Oersted)



Il **campo magnetico** di un filo infinitamente lungo percorso da una corrente **I** è dato dalla legge di Ampere.

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$$

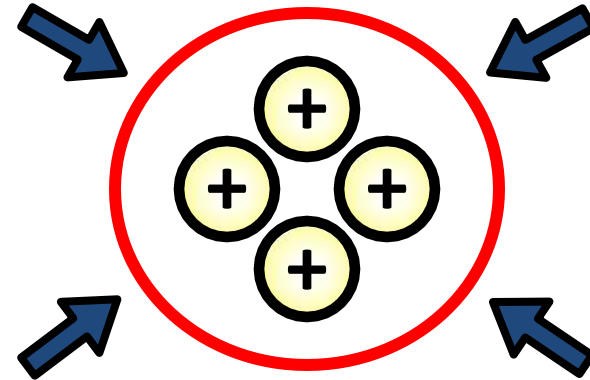
r = distanza dal filo

μ_0 = permeabilità magnetica

Forza (nucleare) “Forte”

- E' la forza che tiene insieme il nucleo atomico, legando protoni e neutroni (nucleoni) in nuclei
- E' sempre attrattiva
- Controbilancia la repulsione elettromagnetica tra i protoni “**incollandoli**” tra loro

La forza elettromagnetica determina la repulsione tra i protoni, mentre quella forte li tiene insieme



Senza questa interazione non esisterebbe il nucleo

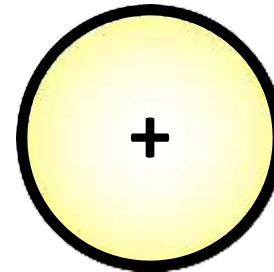


Forza Debole

E' la forza responsabile del decadimento radioattivo

→ Processo in cui il nucleo di un atomo radioattivo (instabile) **emette radiazione nucleare**

La particella originaria
"muta" in una nuova



Come si studiano le particelle elementari e le teorie quantistiche? Ad esempio in esperimenti con acceleratori di particelle



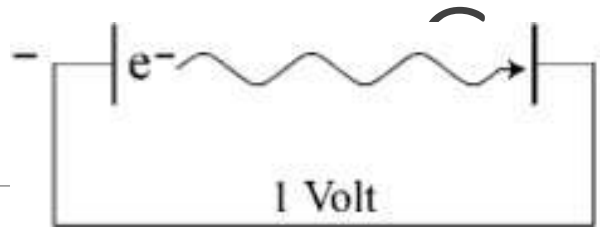
- prendere particelle cariche
- accelerarle con sistemi elettrici e magnetici (acceleratori)
- farle urtare tra loro

Tunnel di LHC, CERN (Ginevra)

Nei grandi laboratori sistemi complessi di acceleratori portano particelle a energie elevatissime

Negli urti tra queste particelle, altre particelle vengono prodotte. Massa si trasforma in energia e viceversa





andezze e unità di misura

Nel **SI** l'unità di misura dell'energia usata in campo atomico è l'**elettronvolt (eV)**, corrispondente all'energia posseduta da 1 elettrone in un punto di un campo elettrico dove il potenziale è di 1 volt.

Poiché la carica dell'elettrone vale: $e = 1,60210 \cdot 10^{-19}$ coulomb

ed inoltre 1 Coulomb * 1 Volt = 1 Joule, abbiamo:

$$\begin{aligned} 1 \text{ eV} &= (q)(\Delta V) = (1.60217653 \times 10^{-19} \text{ C}) \times (1 \text{ V}) \\ &= 1.60217653 \times 10^{-19} \text{ V C} \\ &= 1.60217653 \times 10^{-19} \text{ J} \\ &= 1.60217653 \times 10^{-12} \text{ erg} \end{aligned}$$

$$1 \text{ eV} = 1.60217653 \times 10^{-19} \text{ J} = 1.60217653 \times 10^{-12} \text{ erg}$$