

Fondamenti di Fisica

necessari per i corsi di informatica ed elettronica

Ricordiamo che:

La velocità è data dal percorso fatto nel tempo.

Esempio: una velocità di 30Km/ora indica che in un ora si percorrono 30km.

Per cui:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Ove:

v = velocità

Δs = spazio percorso

Δt = tempo di percorrenza

Così come l'accelerazione è l'incremento della velocità nel tempo. cioè:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta s}{\Delta t^2}$$

Ove:

a = accelerazione

Δv = variazione della velocità

Ad esempio:

$$\text{accelerazione} = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Cioè la velocità si incrementa di 9,8 metri al secondo per ogni secondo.

La forza è proporzionale alla a accelerazione che imprime all'oggetto di massa m .

Per cui:

$$F = m \cdot a$$

Il lavoro è la forza necessaria per effettuare uno spostamento.

Per cui:

$$L = F \cdot \Delta s$$

ELETTROSTATICA

Composizione dell'atomo

Carica elettrica

Legge di Coulomb

Campo elettrico

Principio di sovrapposizione

Energia potenziale del campo elettrico

Moto di una carica in un campo elettrico statico

Teorema di Gauss

Campo elettrico e potenziale di

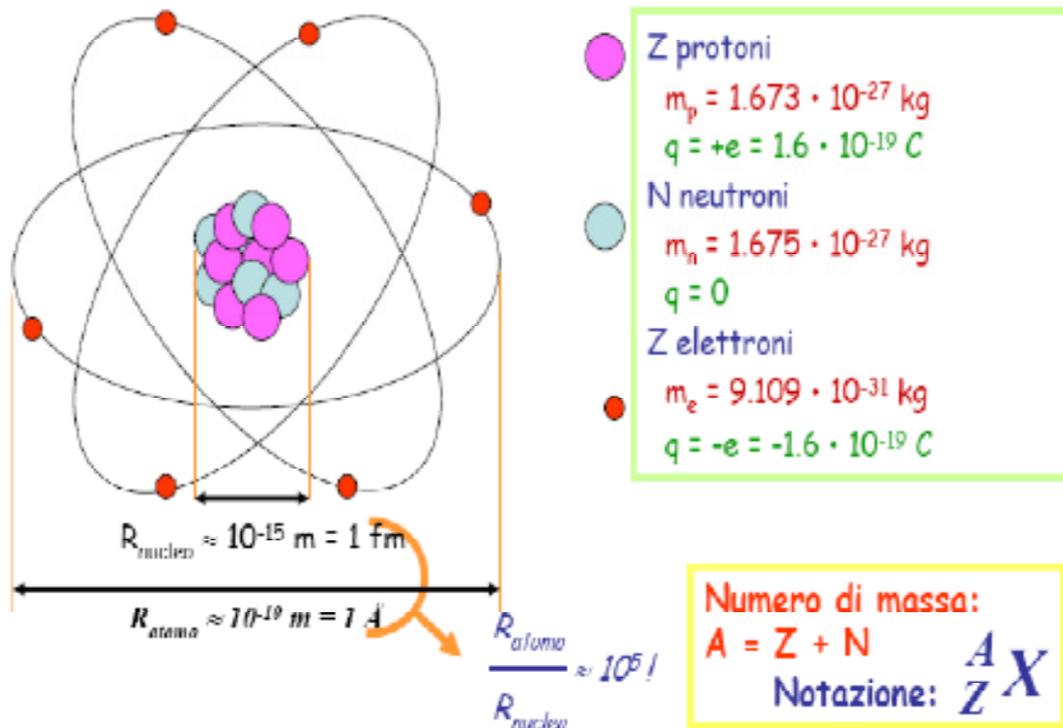
- **una carica puntiforme**
- **un dipolo elettrico**
- **un condensatore**

Superfici equipotenziali

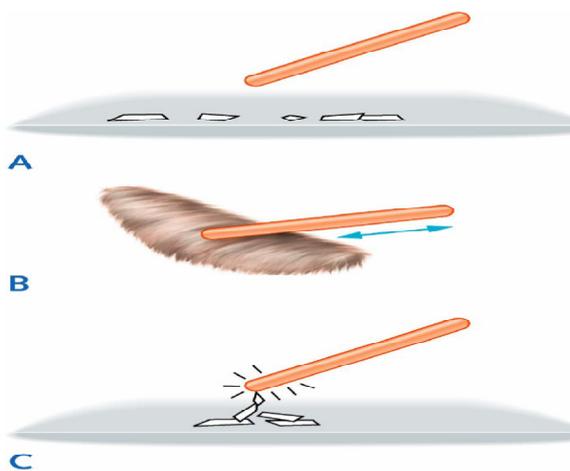
Conduttori

Isolanti

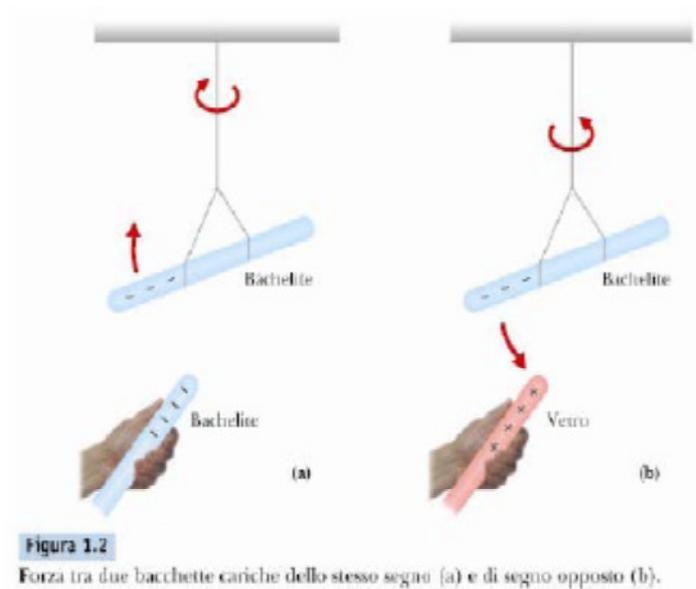
Struttura atomica della materia



Proprietà elettriche della materia



note fin dall'antichità
 (es. attrazione per strofinio)
 ma normalmente "nascoste" nella
 struttura atomica.



Elettroscopio

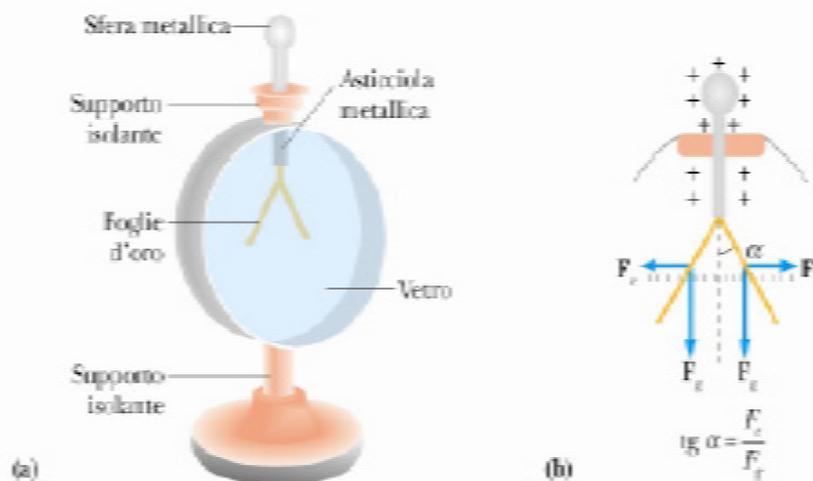


Figura 1.4 Elettroscopio a foglie d'oro (o alluminio) (a); equilibrio delle forze che agiscono sulle foglie di un elettroscopio carico (b).

L'elettrostatica è lo studio dei fenomeni elettrici in presenza di cariche a riposo.

Carica elettrica

Costituzione dell'atomo:

nucleo con protoni (carica $+e$) e neutroni (carica 0) elettroni (carica $-e$) orbitanti attorno al nucleo

Carica elettrica = proprietà intrinseca della materia grandezza fisica fondamentale (\leftarrow v. corrente elettrica)

unità di misura: coulomb (C)

Proprietà fondamentali:

- 2 tipi di carica elettrica: positiva e negativa
- sempre multipla di $\pm e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ \rightarrow carica elementare
- si conserva (non si crea e non si distrugge, ma si separa/unisce)

Forza di Coulomb

Tra due corpi di carica q_1 e q_2 , posti a distanza r , si esercita sempre una forza di attrazione o di repulsione

- diretta lungo la congiungente tra i due corpi
- proporzionale alle due cariche
- inversamente proporzionale al quadrato di r

LEGGE DI COULOMB

$$F = \pm k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Ove k , costante di Coulomb, vale:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon}$$

La costante dielettrica ϵ può essere considerata come composta dalla costante dielettrica relativa al mezzo ϵ_r e dalla costante dielettrica nel vuoto ϵ_0 .

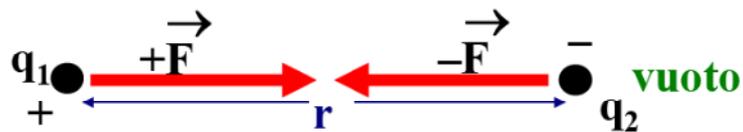
$$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$$

Ove:

$$\epsilon_r = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N} \cdot \text{m}^2$$

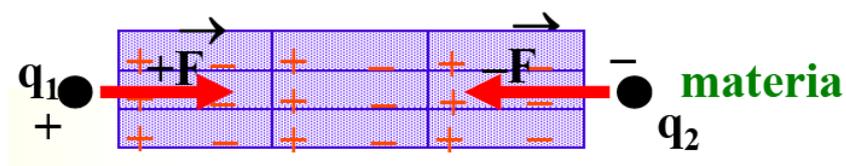
Mentre nel vuoto:

$$\epsilon_r = 1$$



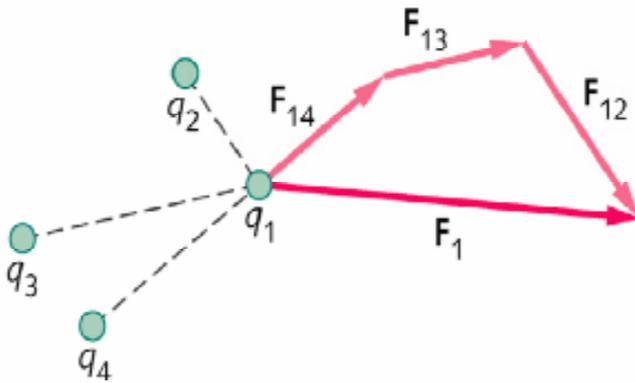
nei materiali sarà:

$$\epsilon_r > 1$$



Ad esempio nell'acqua è **80 volte** superiore.

Principio di sovrapposizione



La forza che agisce su una carica (es: q_1) ad opera di altre cariche (es: q_2 , q_3 , q_4) è uguale alla somma vettoriale delle forze che le cariche eserciterebbero su di essa da sole.

Campo elettrico

Tra due cariche q e Q poste a distanza r secondo la legge di Coulomb si esercita la forza:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0\epsilon_r} \frac{Qq}{r^2}$$

Quindi una carica Q crea attorno a sé un campo elettrico (un campo di forza).

La regione di spazio attorno a una carica elettrica Q è sede di un campo di forza elettrico: ogni altra carica q (“carica di prova”) che si trova in quella regione risente di una forza di attrazione/repulsione dovuta alla presenza della carica “sorgente” Q .

Per cui ponendo q carica di prova unitaria positiva avremo:

$$q = + 1 \text{ C}$$

da questa avremo:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

Per cui dimensionalmente la misura del campo elettrico E sarà Newton/Coulomb (N/C).

DEFINIZIONE DI CAMPO ELETTRICO

In un punto dello spazio esiste un campo elettrico \vec{E} se una carica elettrica qualsiasi q posta in quel punto subisce l'azione di una forza \vec{F} . Il vettore campo elettrico \vec{E} in quel punto è tale che:

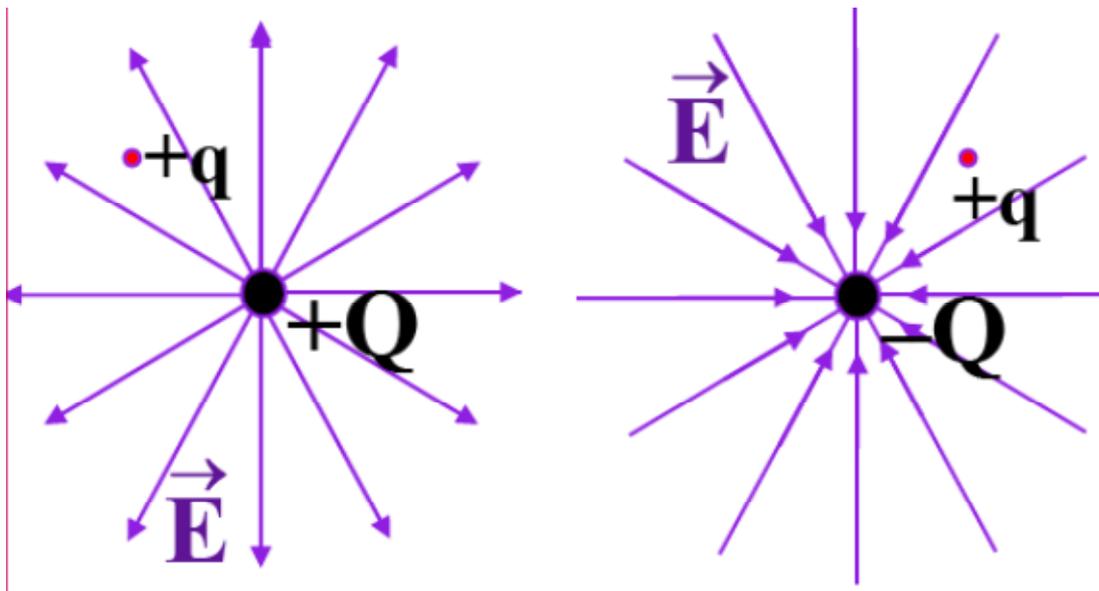
$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

Ove i due vettori \vec{F} ed \vec{E} hanno la stessa direzione

Campo elettrico: esempi

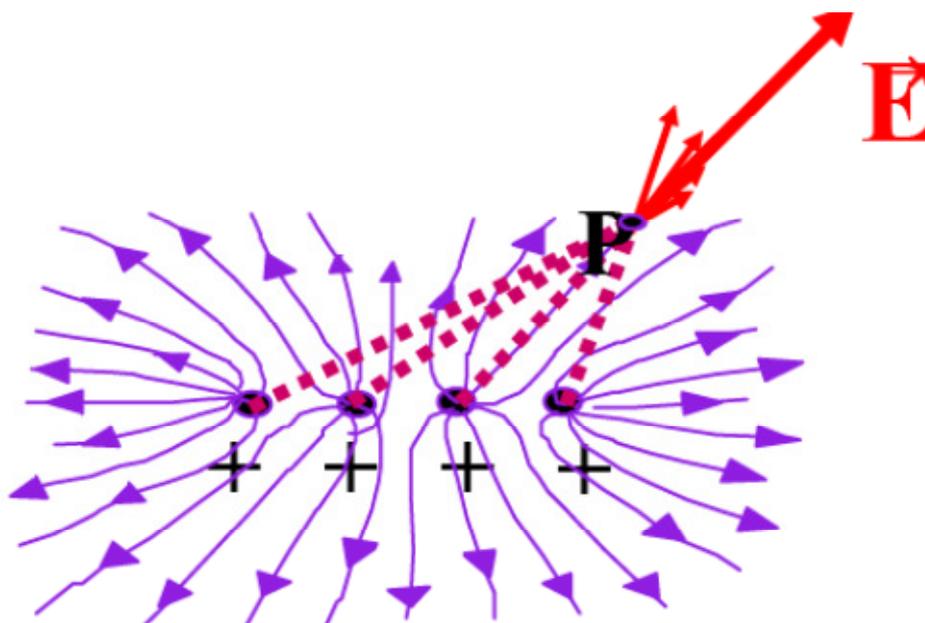
Carica puntiforme Q :

- $Q > 0 \rightarrow$ linee di forza uscenti (F repulsiva su q)
- $Q < 0 \rightarrow$ linee di forza entranti (F attrattiva su q)



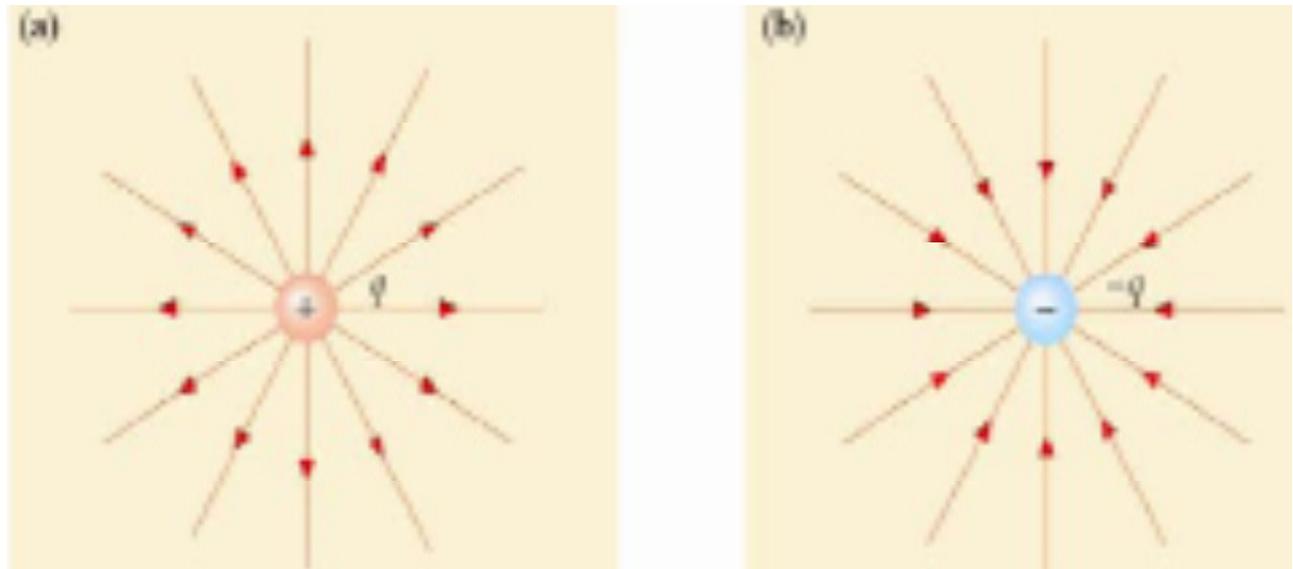
Distribuzione di cariche:

risultante vettoriale del contributo di ciascuna carica separatamente dalle altre.



Campo elettrico di due cariche

Linee di forza:



- in ogni punto la direzione della tangente a linea di forza indica la direzione di \mathbf{E} in quel punto;
- il numero di linee che attraversano una superficie unitaria normale ad esse è proporzionale all'intensità di \mathbf{E} .
- le linee di forza escono dalle cariche positive ed entrano in quelle negative

Energia potenziale elettrostatica

La forza coulombiana è conservativa:

il lavoro compiuto per spostare una carica q in un campo elettrico lungo una traiettoria chiusa è nullo.

Il lavoro $L_{AB} = -L_{BA}$ per portare q da A a B dipende solo dalla posizione relativa di A e B e non dal cammino seguito.

Calcoliamo per esempio il lavoro che la forza elettrica compie nel trasportarla carica puntiforme $q+$ dal punto A al punto B nel caso che il campo sia creato da una sola carica Q e che il dielettrico sia il vuoto.

La carica $q+$ si sposterà allora da A a B lungo una linea di forza rettilinea; il vettore:

$$\vec{F} = \vec{E}_0 \cdot q$$

di intensità:

Sarà funzione della distanza r da Q .
Sia:

$$F_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2_A} q$$

e nell'estremo A_I del primo intervallino:

$$F_{A_1} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2_{A_1}} q$$

L'intervallo AA_1 è talmente piccolo che, senza errore sensibile, si può scegliere come valore costante del vettore \vec{F} in esso al media aritmetica o quella geometrica dei valori che esso assume agli estremi. Per comodità di calcolo è preferibile scegliere la media geometrica. Pertanto:

$$F_{AA_1} = \sqrt{\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2_A} q \cdot \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2_{A_1}} q} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Qq \frac{1}{r^2_A r^2_{A_1}}$$

Lo stesso per gli altri intervalli.

Calcoliamo dunque il lavoro elettrico totale come somma di n lavori parziali eseguiti dalle forze $\vec{F}_{AA_1}, \vec{F}_{A_1A_2}, \dots, \vec{F}_{A_{n-1}B}$ per i rispettivi spostamenti:

$$\overline{AA_1} = r_{A_1} - r_A \quad \overline{A_1A_2} = r_{A_2} - r_{A_1} \quad \dots \quad \overline{A_{n-1}B} = r_B - r_{A_{n-1}}$$

Per cui:

$$L = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Qq \frac{1}{r_A r_{A_1}} (r_{A_1} - r_A) + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Qq \frac{1}{r_{A_2} r_{A_1}} (r_{A_1} - r_A) + \dots$$
$$\dots + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Qq \frac{1}{r_{A_{n-1}} r_B} (r_B - r_{A_{n-1}})$$
$$L = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Qq \left[\frac{r_{A_1} - r_A}{r_A r_{A_1}} + \frac{r_{A_2} - r_{A_1}}{r_{A_2} r_{A_1}} + \dots + \frac{r_{A_{n-1}} - r_{A_{n-2}}}{r_{A_{n-1}} r_{A_{n-2}}} + \frac{r_B - r_{A_{n-1}}}{r_B r_{A_{n-1}}} \right]$$
$$L = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Qq \left[\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_{A_1}} + \frac{1}{r_{A_1}} - \frac{1}{r_{A_2}} + \dots + \frac{1}{r_{A_{n-2}}} - \frac{1}{r_{A_{n-1}}} + \frac{1}{r_{A_{n-1}}} - \frac{1}{r_B} \right]$$

Nell'interno della parentesi rimane solo il primo e l'ultimo termine.

Quindi:

$$L = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Qq \left[\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B} \right]$$

Se B è a distanza infinita $r_B = \infty$, e quindi $\frac{1}{r_B} = 0$

Per cui la precedente diventa:

$$L = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} Qq \frac{1}{r_A}$$

Che rappresenta il lavoro fatto dalla forza \vec{F} per trasportare la carica q da A all'infinito

Se la carica q è ancora una volta la carica unitaria positiva, $+q = 1$ diverrà:

$$L = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r_A}$$

Il lavoro eseguito dalla forza \vec{F} per trasportare la carica unitaria positiva da A all'infinito la si chiama POTENZIALE ELETTROSTATICO del punto A e si indica con V_A .

$$V_A = \frac{L}{q} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r_A}$$

In conclusione:

- a) **La misura del potenziale elettrico assoluto di un campo elettrostatico di un campo nel punto A coincide con quella del lavoro che la forza elettrica può eseguire trasportando l'unità di carica positiva da A all'infinito**
- b) **Il potenziale elettrostatico assoluto nel punto A è direttamente proporzionale alla carica Q che genera il campo e inversamente proporzionale alla distanza di A da Q**

Il lavoro compiuto “contro” la forza coulombiana si ritrova sotto forma di energia potenziale “immagazzinata” dalla carica.

In ogni punto del campo elettrico si può definire un'energia potenziale rispetto a un punto di riferimento arbitrario a energia potenziale nulla.

Potenziale elettrico in un punto = energia potenziale di una carica unitaria positiva ($q = +1 \text{ C}$) in quel punto.

$$\text{potenziale elettrico(nel punto P)} = \frac{\text{lavoro per portare la carica } q \text{ da "terra" a P}}{\text{carica trasportata } q}$$

Dimenzionalmente:

$$\text{Volt} = \frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}} = \frac{\text{Newton} \cdot \text{Metro}}{\text{Coulomb}}$$

Ed anche:

$$\text{Campo elettrico } E = \frac{\text{Newton}}{\text{Coulomb}} = \frac{\text{Volt}}{\text{Metro}}$$

Differenza di potenziale