

Richiami di

ELETTROSTATICA

- CARICA ELETTRICA E FORZA DI COULOMB
- CAMPO ELETTROSTATICO
- ENERGIA POTENZIALE ELETTROSTATICA
- POTENZIALE ELETTRICO

CARICA ELETTRICA e FORZA di COULOMB

4^a grandezza fondamentale :



carica elettrica Q, q

(*)

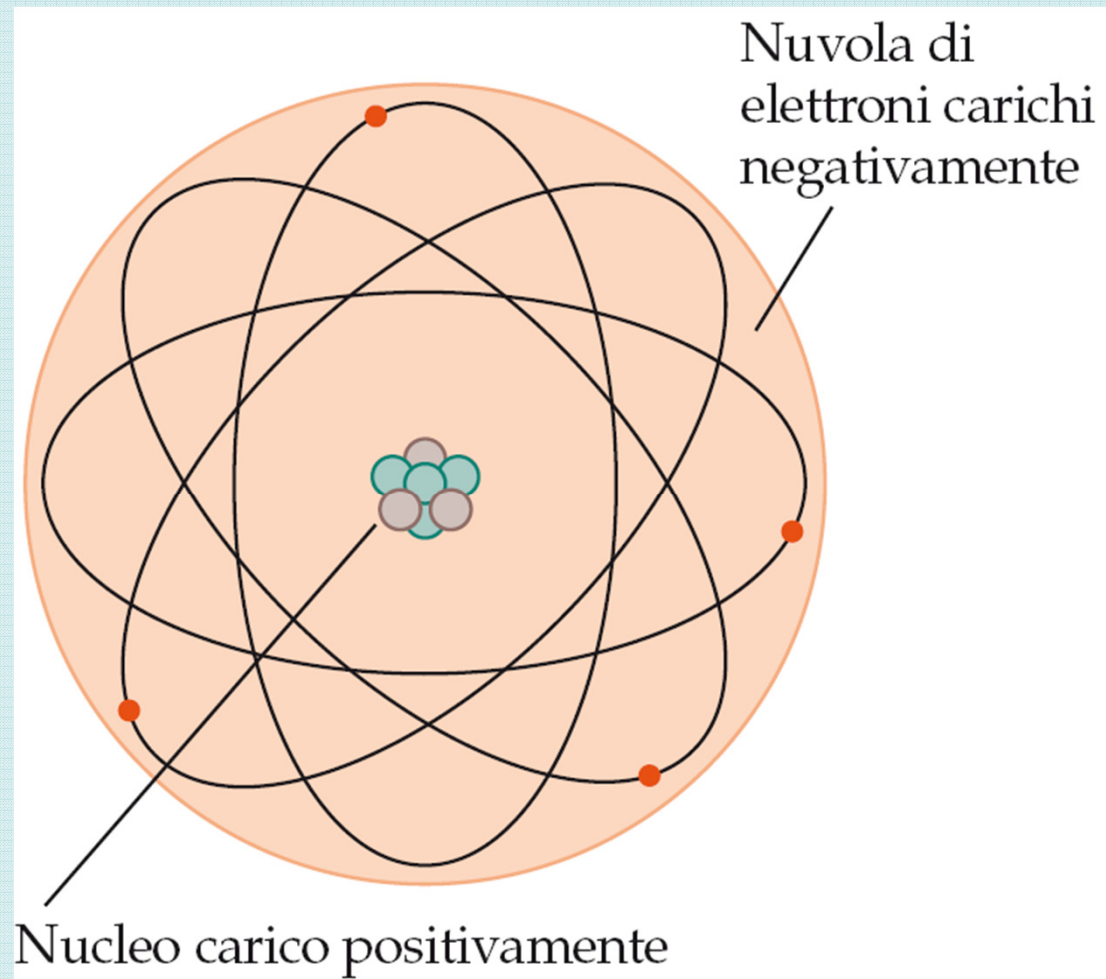
dimensioni $[Q] = [i] [t]$

• unità di misura S.I.

coulomb (C) \equiv ampere x secondo (*)

(*) nel S.I. la grandezza fondamentale elettrica é la corrente elettrica ($i = \Delta q / \Delta t$) la cui unità é l' **ampere**

Struttura atomica



CARICA ELETTRICA e FORZA di COULOMB

caratteristiche

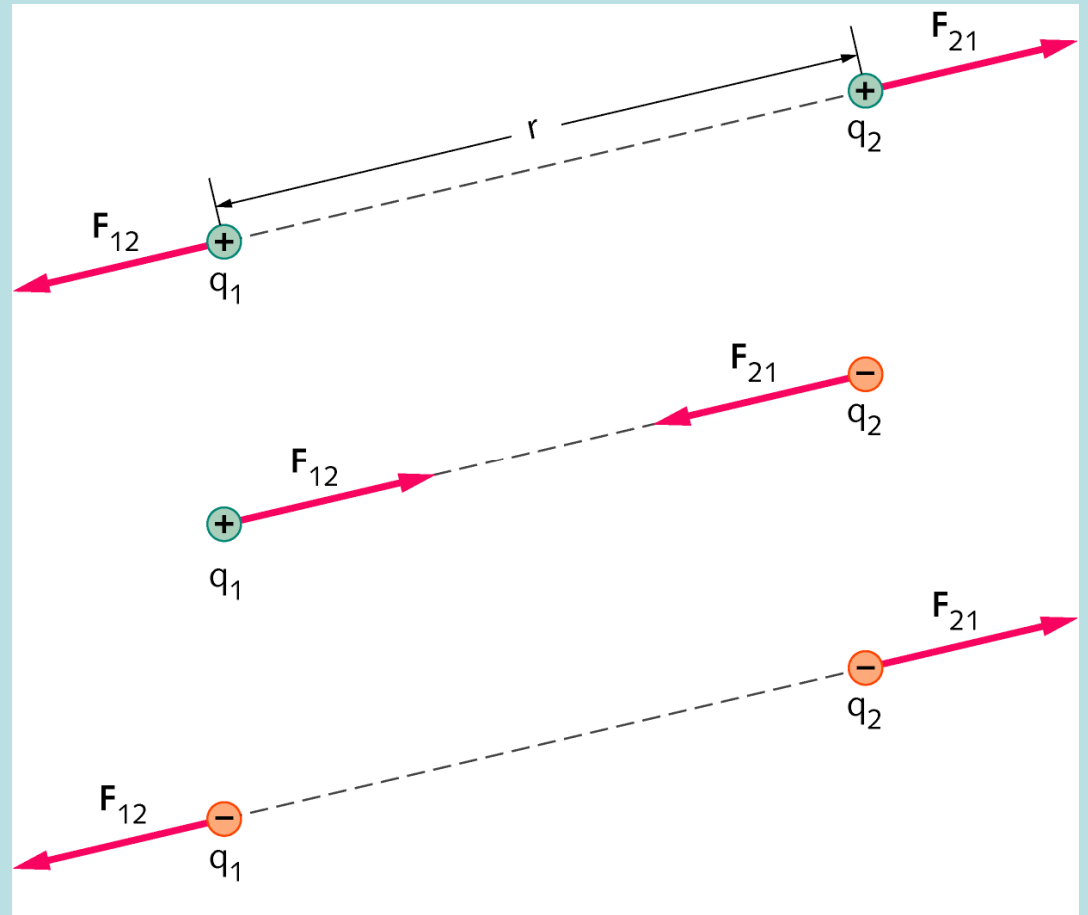
- positiva (+), negativa (-)
- Q multipla intera carica elettrica elementare
$$e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$
- conservazione della carica elettrica
- azioni di forza tra cariche elettriche:
forza di Coulomb (da legge di Coulomb)



La legge di Coulomb

$$F = k (q_1 q_2) / r^2$$

$$K = 8.99 \cdot 10^9 \text{ N m}^2 / \text{C}^2$$



Il Coulomb è quella carica che posta a 1 m di distanza da una uguale la respinge con una forza di $8.99 \cdot 10^9 \text{ N}$

CARICA ELETTRICA e FORZA di COULOMB

legge• di Coulomb per due cariche q_1 e q_2
a distanza r :

$$F = k q_1 q_2 / r^2$$

- *dir. prop. alle cariche e inv. prop. al quadrato della distanza*
- *la costante k dipende dal mezzo, e nel vuoto è maggiore che in qualsiasi altro mezzo*

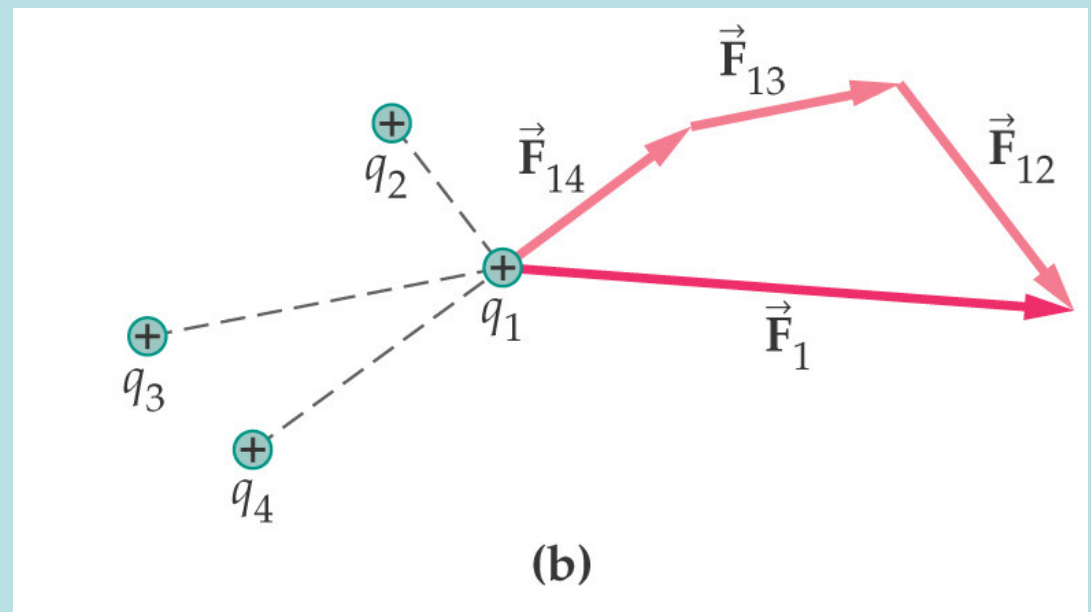
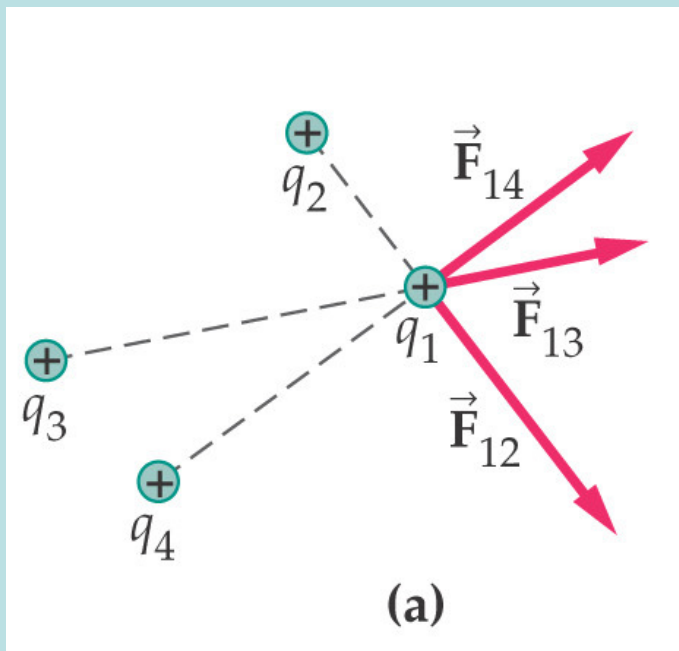
■ forza **attrattiva** per cariche di segno opposto

■ forza **repulsiva** per cariche di segno uguale

Direzione: come la congiungente



Nel caso di più di due cariche puntiformi le forze si sommano per sovrapposizione



Legge di Coulomb e Principio di sovrapposizione

Campo elettrico

Tra due cariche q e Q a distanza r si esercita la forza

$$\vec{F} = k \frac{q Q}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$$

Una carica Q crea attorno a sé un “campo elettrico”, cioè:

ogni altra carica q_0 (“carica di prova”, *molto minore di Q*) che si trova nello spazio attorno a Q risente di una forza di attrazione/repulsione dovuta alla presenza di Q .

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

La forza che agisce sulla carica di prova può essere quella dovuta ad una singola carica puntiforme Q (legge di Coulomb) oppure quella generata da una distribuzione di carica più complessa (principio di sovrapposizione)

Il campo elettrico

Definizione di campo elettrico

Se una carica di prova risente di una forza \mathbf{F} in una data posizione, il **campo elettrico \mathbf{E}** , in quella posizione, è definito come:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

E ha le dimensioni di una forza diviso una carica:

$$[E] = [MLT^{-2}Q^{-1}]$$

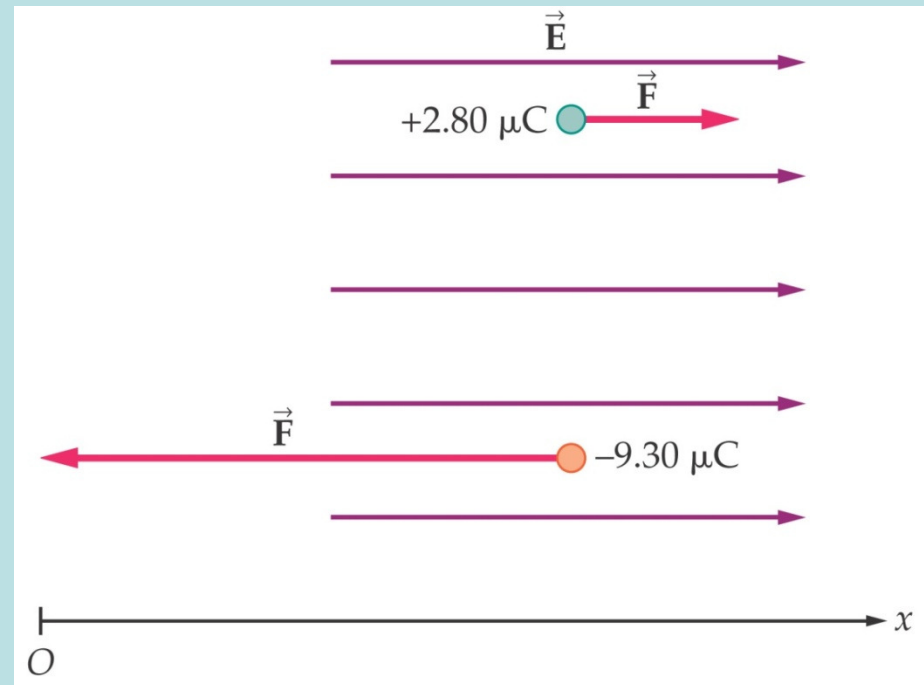
Nel SI si misura in newton su coulomb (N/C)

La carica q_0 è una “carica di prova”: serve a misurare la forza elettrica ma è abbastanza piccola da non perturbare la distribuzione delle altre cariche del sistema

Conoscendo il campo elettrico possiamo calcolare la forza che agisce su una carica qualsiasi

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

Il verso della forza dipende dal segno della carica: è lo stesso del campo per una carica positiva, ed è opposto per una carica negativa

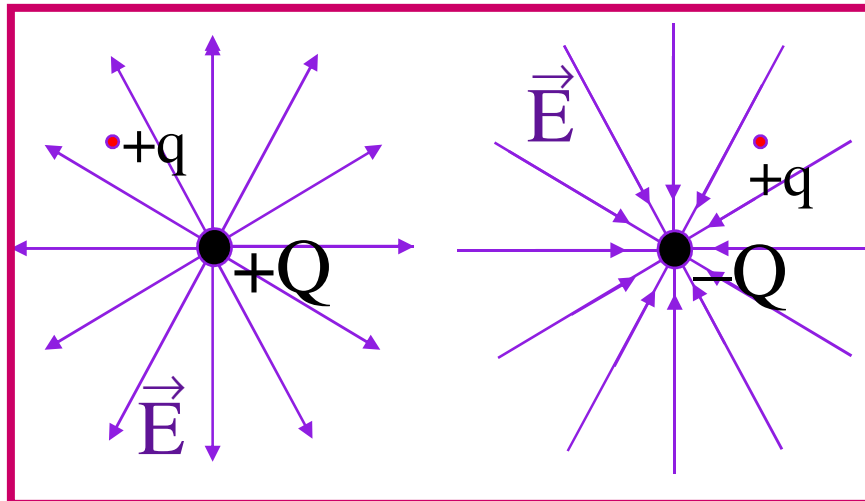


Campo elettrico: esempi

Carica puntiforme Q :

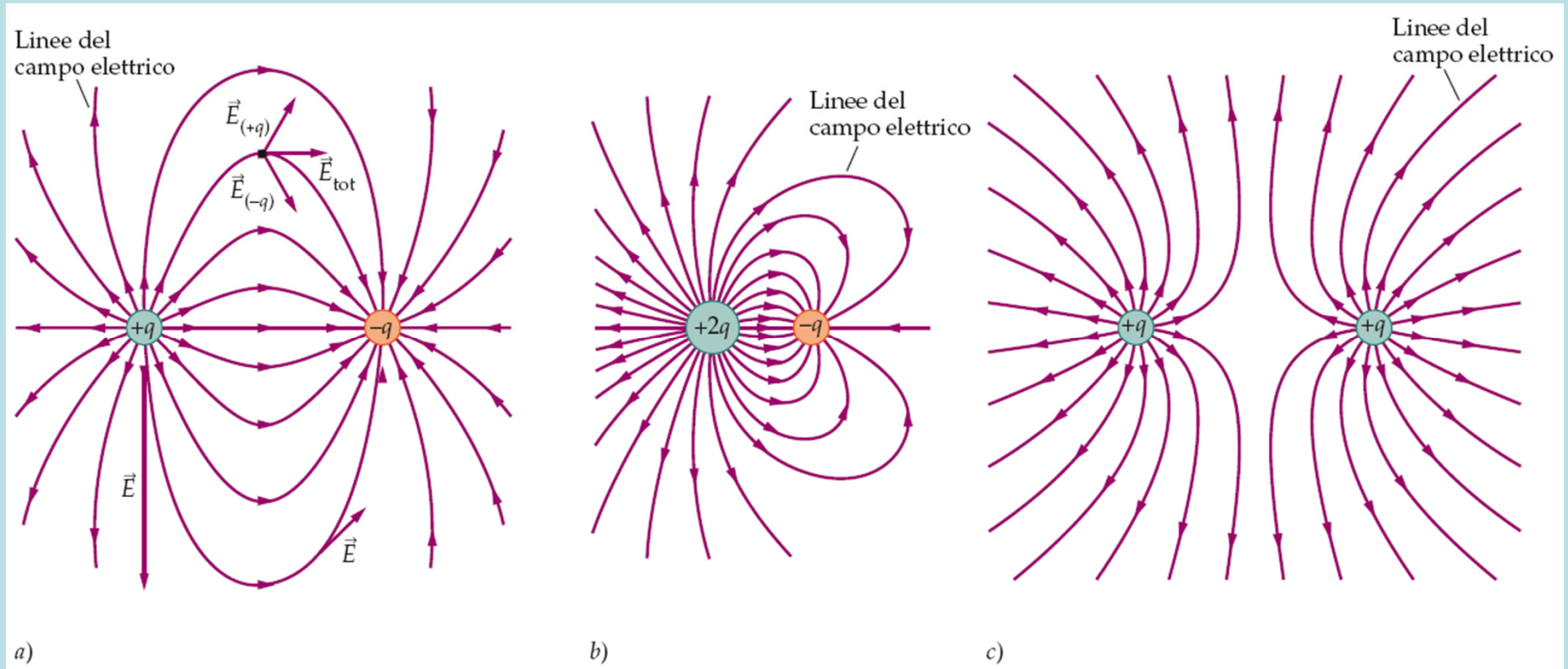
$Q > 0 \rightarrow$ linee di forza uscenti (F repulsiva su q positiva)

$Q < 0 \rightarrow$ linee di forza entranti (F attrattiva su q positiva)

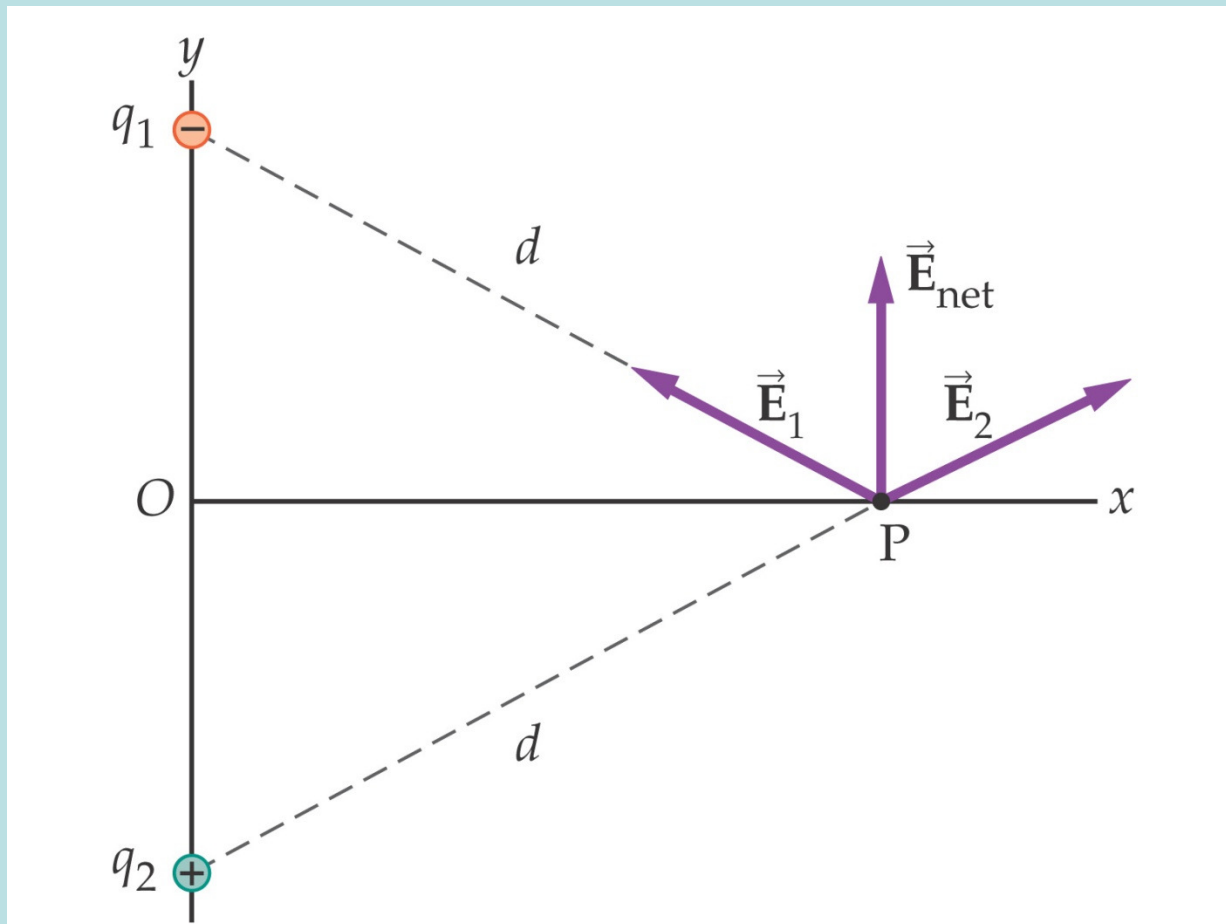


Combinazioni di cariche

In realtà nelle figure qui sotto c'è un solo punto in cui il campo è nullo: **riesci a trovarlo?**



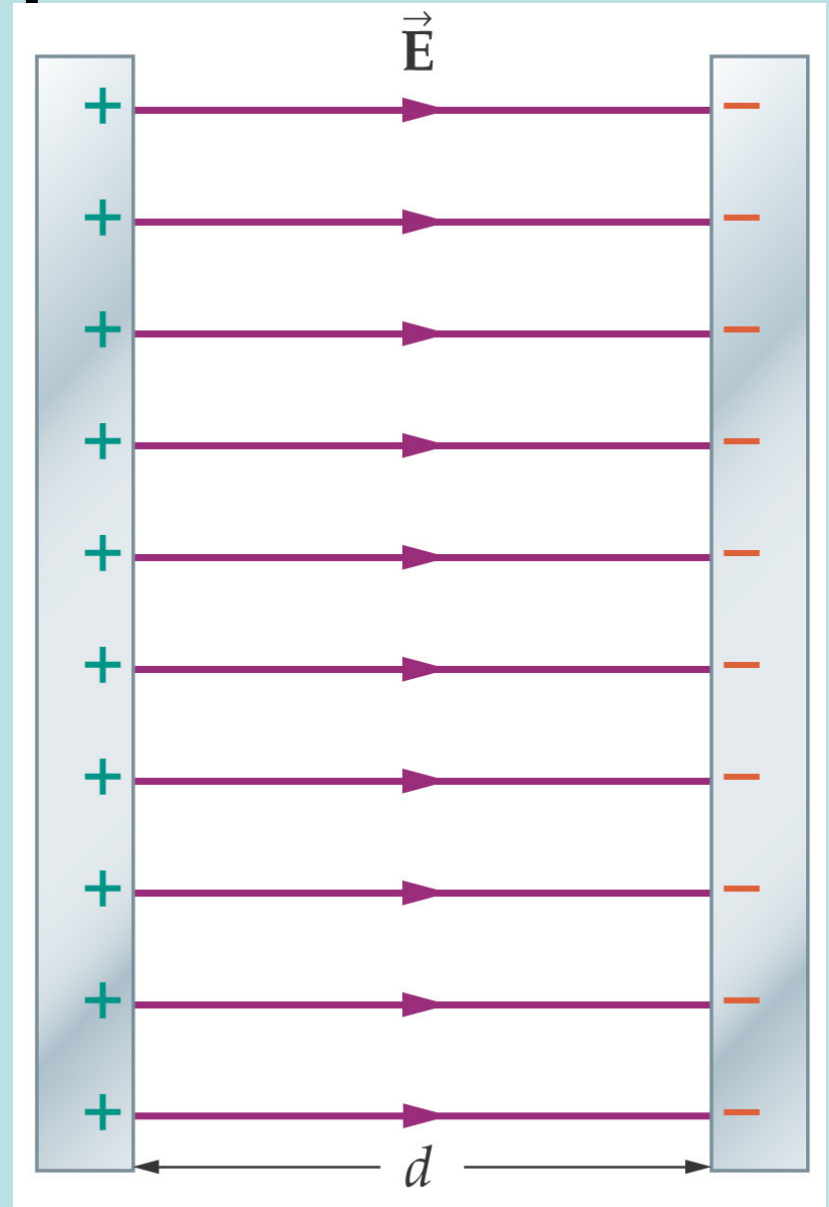
Anche per i campi elettrici, come per le forze elettriche, vale il **principio di sovrapposizione**



Le linee del campo elettrico

Un condensatore a
facce piane parallele è
formato da due lastre
conduttrici dotate di
carica uguale e opposta

Ecco il suo campo
elettrico



Energia potenziale

Per un **campo di forza conservativo**, si definisce **energia potenziale** $U(P)$ quella funzione scalare dei punti dello spazio tale che la sua variazione tra due qualsiasi punti A, B sia uguale a meno del segno al lavoro compiuto dalla forza del campo per andare da A a B (lungo un qualsiasi percorso).

$$W_{if} = - \Delta U = - (U_f - U_i)$$

L'energia potenziale ha le stesse dimensioni (e le stesse unità di misura) del Lavoro

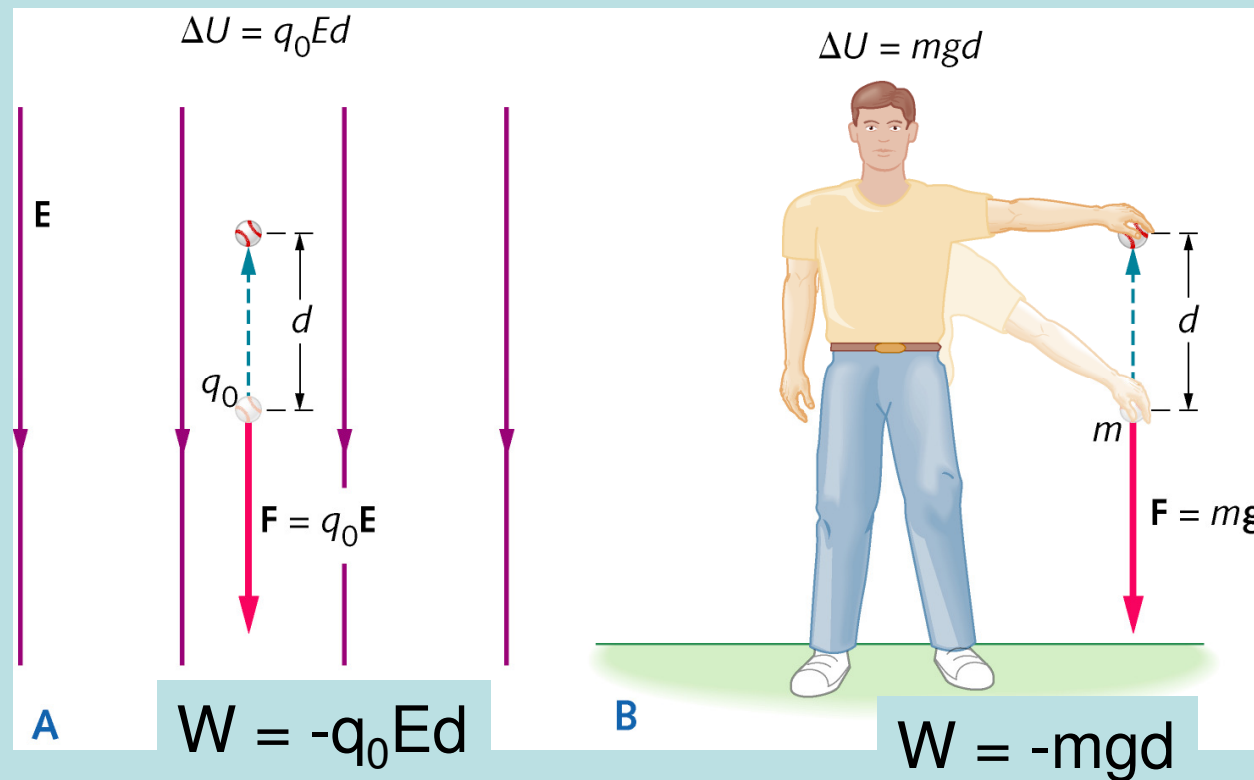
Al contrario della energia cinetica, la sua espressione esplicita dipende dal tipo di forza conservativa

N.B. l'energia potenziale è **definita a meno di una costante arbitraria** (\equiv al valore ad essa convenzionalmente assegnato in un punto arbitrario)

Energia potenziale elettrostatica

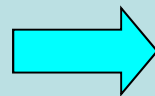
$$W = -\Delta U$$

Le forze elettriche, come quelle gravitazionali, sono **conservative**



È quindi possibile definire una **energia potenziale elettrica**

$$\Delta U = -W$$

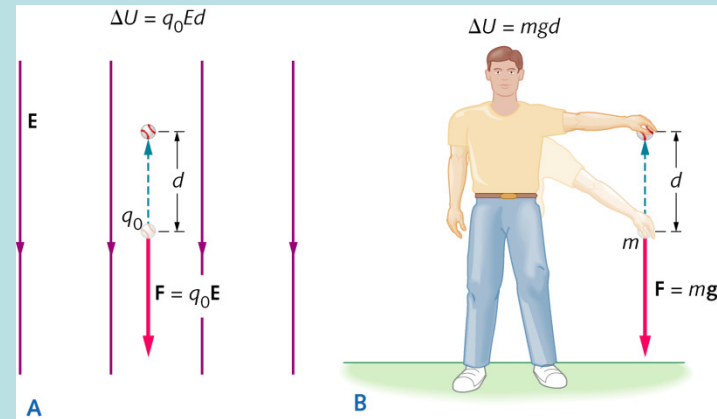


$$\Delta U = -W = q_0 E d$$

potenziale elettrico

Definiamo il potenziale elettrico:

$$\Delta V = \Delta U / q_0$$



La variazione di potenziale e il potenziale elettrico si misurano in Joule/Coulomb (VOLT)

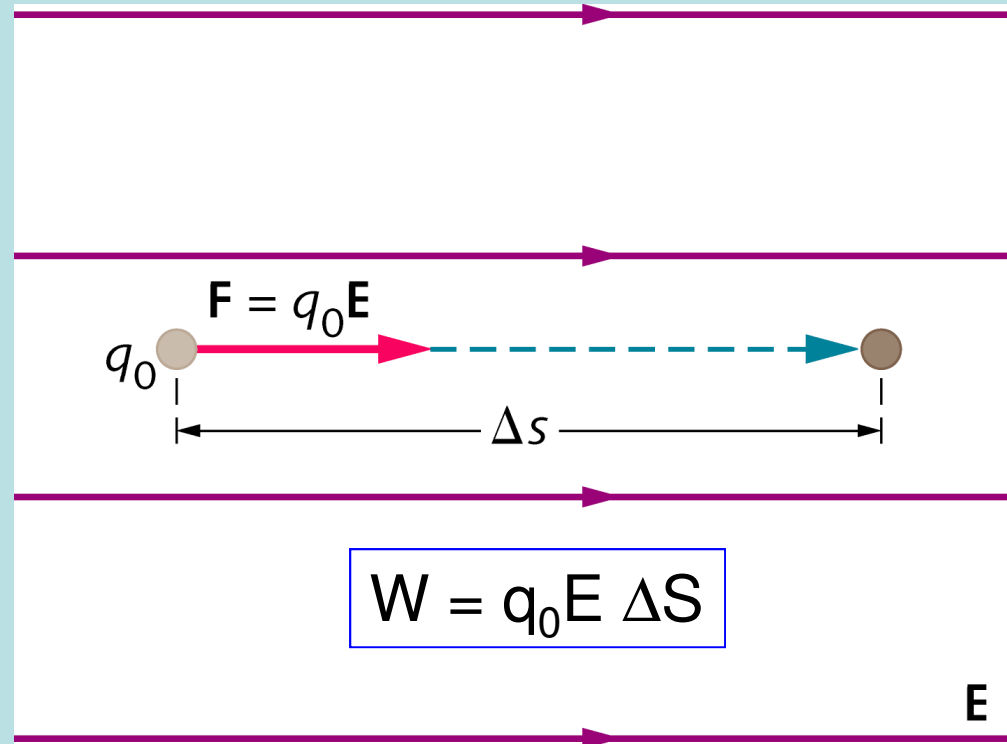
Una unità di misura pratica di energia per i sistemi atomici è l'**elettronvolt**:

$$1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Joule}$$

definita come la variazione di energia potenziale elettrica

$\Delta U = q_0 \Delta V$ prodotta sulla carica di un elettrone da una differenza di potenziale di un Volt

Campo elettrico e potenziale



$$W = q_0 E \Delta S$$

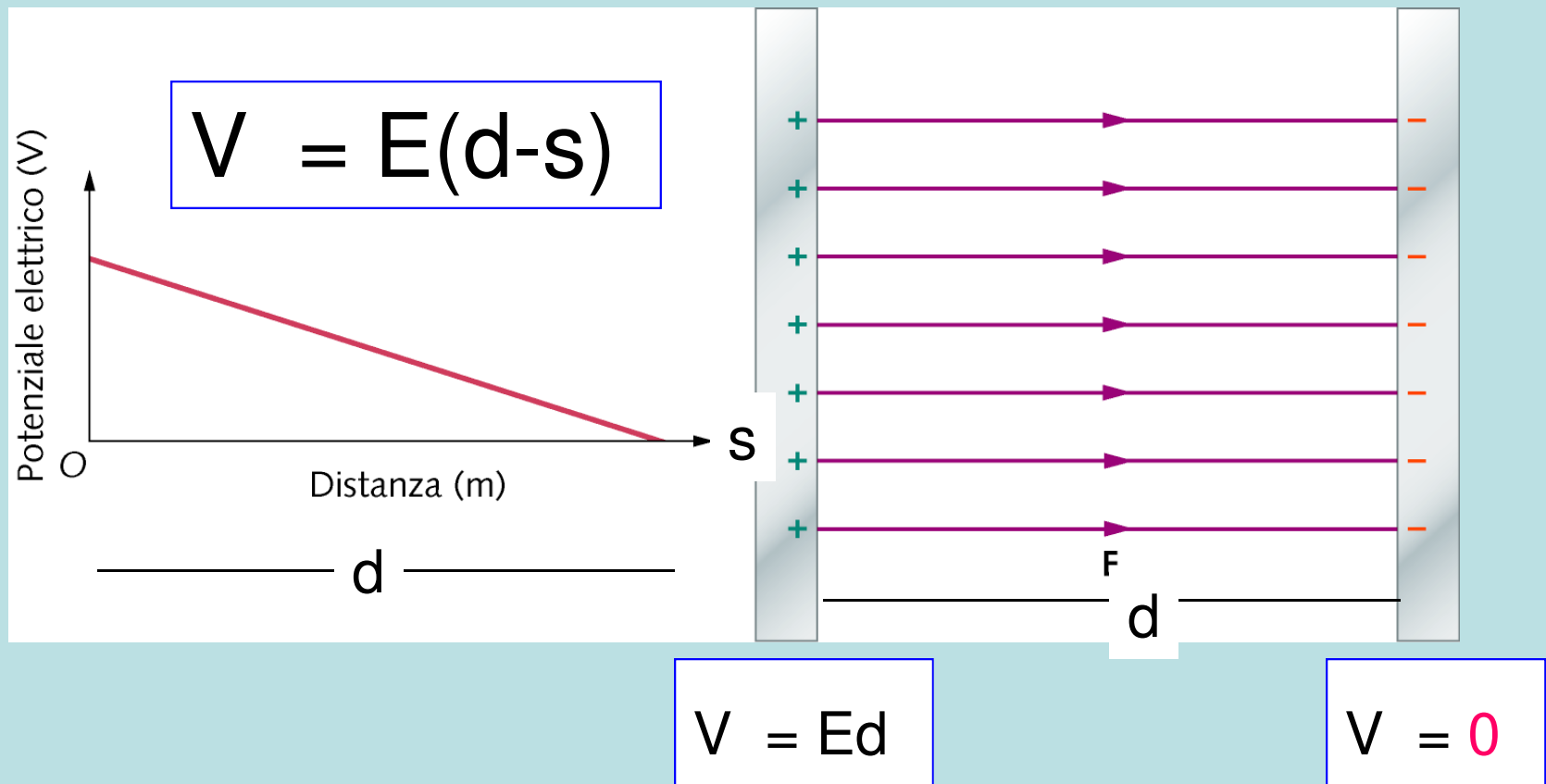
$$\Delta V = - W/q_0 = -(q_0 E \Delta S)/q_0 = - E \Delta S$$

$$E = - \Delta V / \Delta S$$

Il campo elettrico si può misurare anche in **volt/metro**

Campo elettrico e potenziale

Variazione del potenziale in un campo uniforme



quando ci si sposta nella direzione e nel verso delle linee del campo elettrico

N.B. Lo zero del potenziale è stato (arbitrariamente) posto sulla armatura di destra

N.B.

Il lavoro elettrico si può scrivere come il prodotto di una carica per una differenza di potenziale

$$-W_{el} = \Delta U = q \Delta V$$

ENERGIA POTENZIALE ELETTROSTATICA

La forza Coulombiana è **conservativa** (cioé il lavoro per portare q da A a B dipende solo dalla posizione di A e B, e non dal cammino seguito).

Pertanto è possibile definire una **energia potenziale elettrostatica** in termini del **lavoro W per portare q da A a B**, cioè $U_A - U_B = W$ dove U è il valore della “funzione energia potenziale elettrostatica”.

Nel caso del campo generato da una singola carica puntiforme Q ponendo per convenzione $U_B = 0$ per $r = \text{infinito}$ l'energia potenziale ad una distanza r da Q risulta:

$$U(r) = k Q q/r$$

Interpretabile come il lavoro necessario per portare q dall'infinito (posizione di riferimento) fino alla posizione P che dista r da Q

Potenziale elettrico

Potenziale elettrico in un punto P = energia potenziale di una carica **unitaria positiva** (+1 Coulomb) in quel punto. Interpretabile come il lavoro per portare la carica q dalla posizione di riferimento a P diviso la carica q stessa



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

$$V(r) = k Q / r$$

$$V = W/q$$

Volt =
Joule/Coulomb

$$V = J/C = (N \cdot m)/C$$
$$E = N/C = V/m$$

Differenza di potenziale

Poiché il punto di riferimento del valore del potenziale (dove $V=0$) è arbitrario, ciò che conta non è il valore assoluto del potenziale in ogni punto, bensì la *differenza* tra due valori di potenziale, la quale non cambia anche se cambia il riferimento

$\Delta V = V_B - V_A =$ lavoro necessario per spostare la carica di 1 Coulomb da A a B

numericamente!

Elettrostatica

- **carica elettrica:** nel S.I. si misura in **Coulomb** ($C=A \cdot s$); può essere **positiva o negativa**, ed è **multipla intera** della carica elementare ($e=1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)
- **legge di Coulomb:** $F=kq_1q_2/r^2$, direttamente proporzionale alle cariche e inversamente proporzionale al *quadrato* della distanza; è **attrattiva** per cariche di segno **opposto** e **repulsiva** per cariche dello **stesso** segno
- **campo elettrostatico** prodotto da una carica (puntiforme) Q:
 $E = F/q = kQ/r^2$; unità di misura: **Newton/Coulomb** o **Volt/metro**
- **energia potenziale elettrostatica** della carica **q** immersa nel campo creato dalla carica puntiforme Q: $U(r) = kqQ/r$
- **potenziale elettrico** prodotto da una carica puntiforme Q:
 $V(r) = U/q = kQ/r$; unità di misura: Volt (**$1 \text{ Volt} = 1 \text{ J/C}$**)
- **elettronvolt:** è una unità di misura pratica per l'energia:
 $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joule}$