Carica elettrica

LA CARICA CHE SI MUOVE È SOLAMENTE QUELLA ELETTRONICA, OVVERO LA NUBE ELETTRONICA DEGLI ELETTRONI CHE SI MUOVONO INTORNO AL NUCLEO DEGLI ATOMI.
LA CARICA ELETTRICA FONDAMENTALE È QUANTIZZATA E VALE $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C
OGNI "Q" È MULTIPLO DELLA CARICA FONDAMENTALE me.
SE LA CARICA È INFINITA, SI DEFINISCE CARICA CONTINUA (NELLA GRAN PARTE DEI CASI)

ESEMPIO

QUANDO DUE OGGETTI VENGONO STROFINATI E SI ELETTRIZZANO, UNO RIMANE CON UN ECCESSO DI ELETTRONI E L'ALTRO CON UN DIFETTO.
LA CARICA TOTALE DEI DUE OGGETTI PERÒ, SI CONSERVA, DEFINENDO UN PRINCIPIO:
LA LEGGE DI CONSERVAZIONE DELLA CARICA $\quad Q = [C]$ COULOMB

ESISTONO QUINDI DUE TIPI DI ELETTRICITÀ, ENTRAMBI CAUSATI DA UN MOVIMENTO DI ELETTRONI:
- QUANTIZZAZIONE DELLA CARICA
- CONSERVAZIONE DELLA CARICA ELETTRICA.

DAL PUNTO DI VISTA ELETTRICO, I MATERIALI SI DIVIDONO IN:
- CONDUTTORI, CARATTERIZZATI DAL LEGAME METALLICO (ELETTRONI LIBERI DI "MUOVERSI")
- ISOLANTI, CARATTERIZZATI DAL LEGAME IONICO (ELETTRONI CONFINATI INTORNO AI PROPRI ATOMI)

LA TERRA PUÒ ESSERE CONSIDERATA COME UN GRANDE CONDUTTORE A CARICA INFINITA
SE UN CONDUTTORE VIENE MESSO A CONTATTO COL TERRENO SI "SCARICA" E SI PARLA DI "MESSA A TERRA".

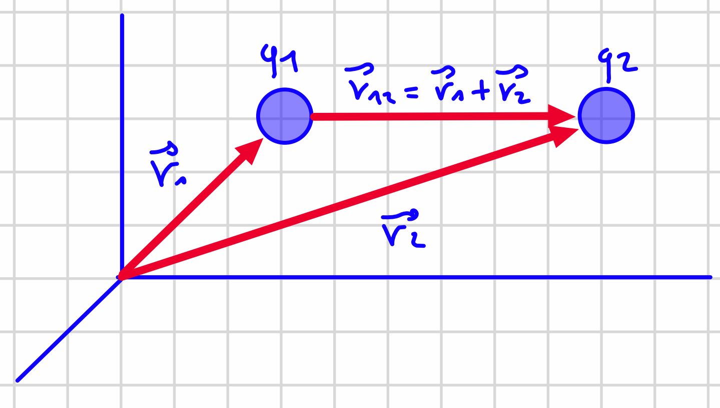
Legge di Coulomb

LA FORZA ESERCITATA TRA DUE CARICHE AGISCE LUNGO LA CONGIUNGENTE DELLE CARICHE.
È PROPORZIONALE ALLE CARICHE E INVERSAMENTE PROPORZIONALE AL QUADRATO DELLA DISTANZA.
È REPULSIVA PER CARICHE CONCORDI ED ATTRATTIVA PER CARICHE DISCORDI.

$$\vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12}$$

$$\vec{r}_{12} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$$

$$\hat{r}_{12} = \frac{\vec{r}_{12}}{|\vec{r}_{12}|}$$



SE ESISTE $\vec{F}_{12}$ (q_1 VERSO q_2) ESISTERÀ $\vec{F}_{21}$.
PER UN SISTEMA DI CARICA, LA FORZA TOTALE SU OGNI CARICA È DATA DALLA SOMMA VETTORIALE DELLE SINGOLE FORZE. VALE IL PRINCIPIO DI SOVRAPPOSIZIONE.
LA COSTANTE K DIPENDE DALLA SCELTA DELLE UNITÀ DI MISURA E DAL MEZZO IN CUI SONO IMMERSE LE CARICHE, CHE DI NORMA È ISOLANTE E PER LE SUE PROPRIETÀ ELETTRICHE VIENE CHIAMATO DIELETTRICO.

NEL VUOTO $\boxed{K = \frac{1}{4\pi \varepsilon_0}}$, DOVE $\varepsilon_0 = 8{,}8542 \cdot 10^{-12} \left[\frac{C^2}{Nm^2}\right]$ È LA COSTANTE DIELETTRICA DEL VUOTO.

DUNQUE LA LEGGE DI COULOMB È $\boxed{F = \frac{1}{4\pi \varepsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}}$

Campo elettrico

LE FORZE ELETTRICHE VIGENTI SU UNA CARICA q_0 DOVUTE ALLE CARICHE CIRCOSTANTI SI SOMMANO COME VETTORI SECONDO IL PRINCIPIO DI SOVRAPPOSIZIONE:

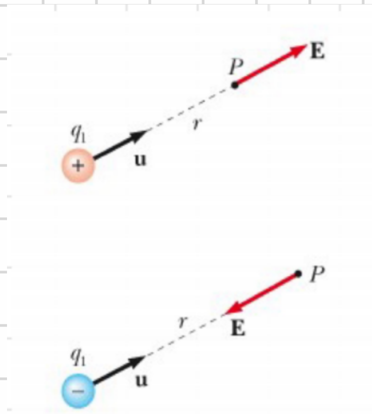
$\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i = q_0 \sum_i \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{q_i}{r_i^2} \hat{u}_i$, E DUNQUE POSSIAMO DEFINIRE LA GRANDEZZA VETTORIALE DEL CAMPO ELETTROSTATICO COME $\boxed{\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}}$ $\left[\vec{E} = \frac{N}{C}\right]$

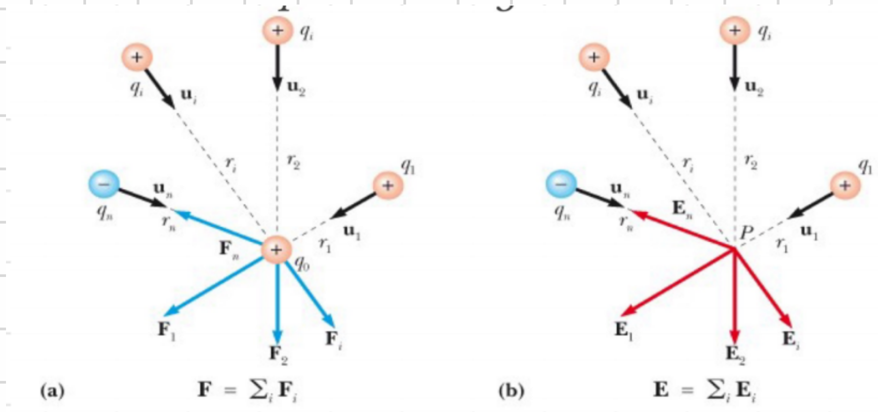
IN GENERALE IL CAMPO $\vec{E}$ PRODOTTO DA UN SISTEMA DI CARICHE PUNTIFORMI È $\boxed{\vec{E} = \sum_i k \frac{q_i}{r_i^2} \hat{u}_i}$

OVVERO LA SOMMA DEI CAMPI ELETTROSTATICI PRODOTTI SINGOLARMENTE DALLE CARICHE.

SE q_1 È POSITIVA È USCENTE

SE q_1 È NEGATIVA È ENTRANTE

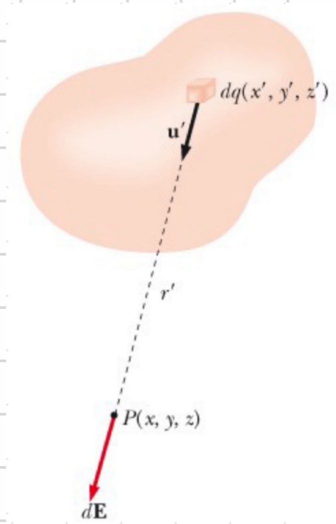




Campo elettrico prodotto da distribuzioni continue di carica

NEI CASI REALI LE CARICHE NON SONO CONCENTRATE IN UN UNICO PUNTO MA SONO DISTRIBUITE NELLO SPAZIO CON DETERMINATE GEOMETRIE.

SE LA CARICA È DISTRIBUITA IN UN CORPO C AVENTE IL VOLUME V, SI DEFINISCE LA DENSITÀ SPAZIALE DI CARICA $\rho(x', y', z')$ IN CUI È CONTENUTA LA CARICA $dq = (x', y', z')\, dV$, CON $dV = dx'\, dy'\, dz'$ VOLUME ELEMENTARE INTORNO AL PUNTO P.



LA CARICA TOTALE DEL CORPO È DUNQUE $q = \int_V \rho(x', y', z')\, dV$

IL CAMPO $\vec{E}$ PRODOTTO DA dq IN UN PUNTO P DISTANTE r DA dq È:

$$d\vec{E}(x, y, z) = k \frac{dq}{r^2} \hat{u} = k \frac{\rho\, dV}{r^2} \hat{u}$$

IL CAMPO TOTALE IN P DOVUTO ALLA DISTRIBUZIONE DI CARICA È:

$$\boxed{\vec{E}(x, y, z) = k \int_V \frac{\rho\, dV}{r^2} \hat{u}} = k \int_V \frac{\rho(x', y', z')\, dx'\, dy'\, dz'}{r^2} \hat{u}$$

IN ALCUNI CASI SI PUÒ TROVARE UNA DENSITÀ SUPERFICIALE DI CARICA $dq = \sigma(x', y', z')\, dS$, O UNA DENSITÀ LINEARE DI CARICA $dq = \lambda(x', y', z')\, dL$

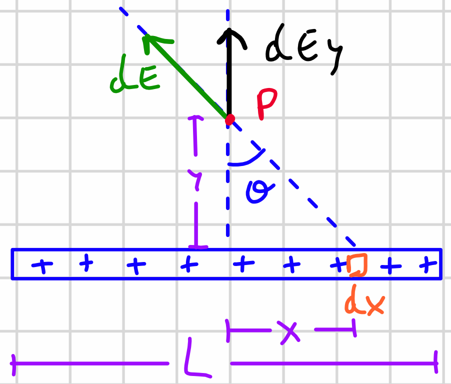
I CAMPI SONO RISPETTIVAMENTE $\vec{E}(x, y, z) = k \int_S \frac{\sigma\, dS}{r^2} \hat{u}$ e $\vec{E}(x, y, z) = k \int_L \frac{\lambda\, dL}{r^2} \hat{u}$.

QUANDO ρ, σ, λ SONO COSTANTI SI PARLA DI DISTRIBUZIONI UNIFORMI E VALGONO LE FORMULE PIÙ SEMPLICI $q = \rho V$, $q = \sigma S$, $q = \lambda L$

$\left[\rho = \frac{C}{m^3}, \sigma = \frac{C}{m^2}, \lambda = \frac{C}{m}\right]$

Esempio: filo carico

SUPPONIAMO DI AVERE UN FILO DI LUNGHEZZA L CARICO POSITIVAMENTE E VOGLIAMO CALCOLARE IL CAMPO ELETTRICO DEL FILO IN UN PUNTO CHE DISTA y DAL FILO ED È POSTO LUNGO L'ASSE DI SIMMETRIA DEL FILO.



L'ELEMENTO dx DISTA x DALL'ASSE DI SIMMETRIA E POSSIEDE UNA CARICA dq E GENERA IL CAMPO ELETTRICO dE IN P.
LE COMPONENTI ORIZZONTALI DEL CAMPO ELETTRICO SI ELIMINANO PER SIMMETRIA E DUNQUE IL CAMPO ELETTRICO SARÀ $E = E_y$.

$$E = E_y = \int_{\text{cariche}} dE_y \qquad dE_y = dE\cos\theta \qquad dE = k\frac{dq}{r^2}$$

$$\Rightarrow E_y = \int_{\text{cariche}} k\frac{dq}{r^2}\cos\theta = \int_{\text{cariche}} k\frac{\lambda\,dx}{r^2}\cos\theta$$

$$dq = \lambda\,dx = \frac{Q}{L}dx \qquad r^2 = x^2+y^2 \qquad \cos\theta = \frac{y}{r} = \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}}$$

GLI ESTREMI DI INTEGRAZIONE ANDRANNO DA $-\frac{L}{2}$ A $\frac{L}{2}$ PER COPRIRE TUTTO IL FILO DATO CHE $x=0$ CORRISPONDE COL CENTRO.

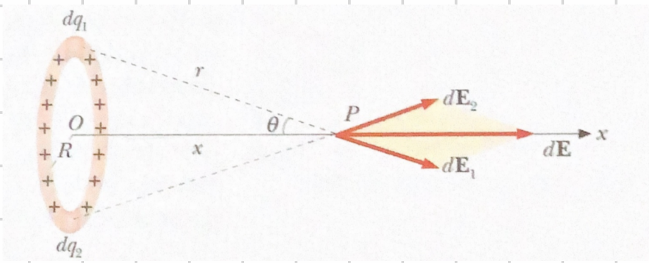
$$E_y = \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} k\frac{\lambda}{x^2+y^2}\frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}}\,dx = k\lambda y\int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}}\frac{1}{(x^2+y^2)^{3/2}}\,dx = k\lambda y\left[\frac{1}{y^2}\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}\right]_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} =$$

$$= \dots = \frac{kq}{2y}\frac{1}{\sqrt{L^2+4y^2}}$$

PER $L \to +\infty$ SI FA IL LIMITE E SI HA $E = \dfrac{k\lambda}{2y}$

Esempio: anello carico

CALCOLARE $\vec{E}$ SULL'ASSE DELL'ANELLO



$$dq = \lambda\,dL \Rightarrow \lambda = \frac{q}{2\pi R} \quad \text{COSTANTE}$$

$$dE_x(x) = k\frac{\lambda\,dL}{r^2}\cos\theta \Rightarrow \vec{E}(x) = k\frac{\lambda\cos\theta\,\hat{u}_x}{r^2}\int_0^{2\pi R} dL =$$

$$= k\frac{\lambda\cos\theta}{r^2}2\pi R\,\hat{u}_x$$

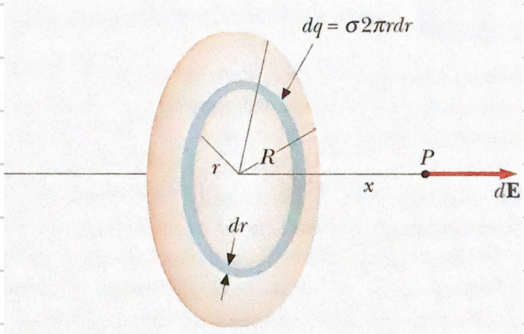
$$r^2 = R^2+x^2 \qquad \cos\theta = \frac{x}{r} = \frac{x}{\sqrt{R^2+x^2}} \qquad \Rightarrow \vec{E}(x) = k\lambda\frac{2\pi R}{(R^2+x^2)^{3/2}}$$

$$\boxed{\vec{E}(x) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\frac{x}{(R^2+x^2)^{3/2}}\hat{u}_x} \; * \qquad \to \vec{E}(x \gg R) = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0}\hat{u}_x$$

PER $x>0$ È CONCORDE E PARALLELO ALL'ASSE
PER $x<0$ È DISCORDE E PARALLELO ALL'ASSE
PER $x=0 \Rightarrow \vec{E}$ È NULLO PERCHÉ TUTTI I PUNTI SI ELIDONO.

Esempio: disco carico

CALCOLARE $\vec{E}$ SULL'ASSE DEL DISCO.



$$dq = \sigma\, dS \Rightarrow \sigma = \frac{q}{\pi R^2} \quad \text{COSTANTE}$$

ISOLIAMO UNA CORONA CIRCOLARE COMPRESA TRA r E $r+dr$ ASSIMILABILE A UN ANELLO DI SUPERFICIE $dS = 2\pi r\, dr$ E CARICA $dq = 2\pi\sigma r\, dr$, E QUINDI POSSIAMO USARE ✱ PERCHÉ HO UN ANELLO.

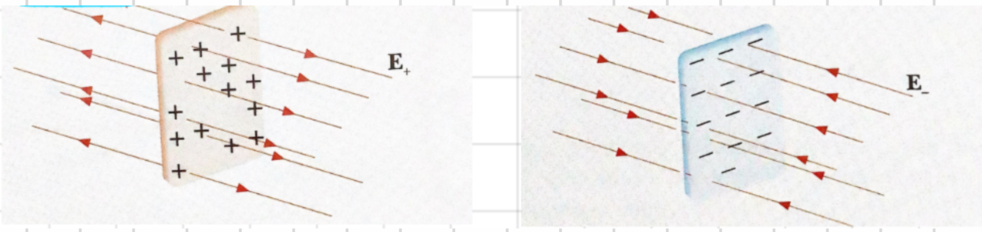
$$d\vec{E}(x) = \frac{\sigma x}{2\varepsilon_0} \frac{r\, dr}{(r^2+x^2)^{3/2}}\, \hat{u}_x = \frac{q x}{2\pi \varepsilon_0 R^2} \frac{r\, dr}{(r^2+x^2)^{3/2}}\, \hat{u}_x$$

$$\vec{E}(x) = \frac{\sigma x \hat{u}_x}{2\varepsilon_0} \int_0^R \frac{r\, dr}{(r^2+x^2)^{3/2}} = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2+R^2}}\right) \hat{u}_x$$

PER $x>0$ È PARALLELO E CONCORDE AL VERSO.
PER $x<0$ CAMBIA SOLO VERSO.

$$\vec{E}(x) = \pm \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1 - \frac{|x|}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)\hat{u}_x = \pm \frac{q}{2\pi \varepsilon_0 R^2}\left(1 - \frac{|x|}{\sqrt{x^2+R^2}}\right)\hat{u}_x$$

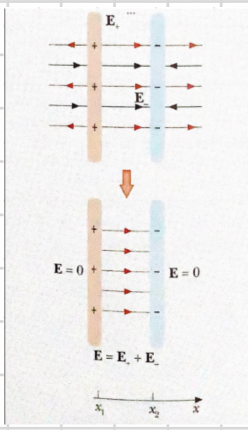
SE $R \to \infty$ MANTENENDO σ COSTANTE, OTTENIAMO UN <u>PIANO INDEFINITO</u> UNIFORMEMENTE CARICO E DUNQUE $\vec{E}$ SARÀ:



$$\vec{E} = \pm \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\hat{u}_x$$

Esempio: due piani indefiniti carichi

DI DENSITÀ $+\sigma$ E $-\sigma$



$$E_+ = E_- = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0} \qquad E = E_+ + E_-$$

PER $x_1 < x < x_2$: $\vec{E} = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\hat{u}_x$ TRA I DUE PIANI

PER $x > x_2$ E $x < x_1$: $\vec{E} = 0$ ALL'ESTERNO

Linee di forza del campo elettrostatico

PER UNA CARICA PUNTIFORME LE LINEE DI FORZA HANNO <u>DIREZIONE RADIALE</u> CON ORIGINE SULLA CARICA E SONO USCENTI SE È POSITIVA, ENTRANTI SE È NEGATIVA.
LE LINEE SI INFITTISCONO AVVICINANDOCI ALLA <u>SORGENTE</u> DEL CAMPO, IL CHE INDICA CHE L'INTENSITÀ DEL CAMPO È CRESCENTE.

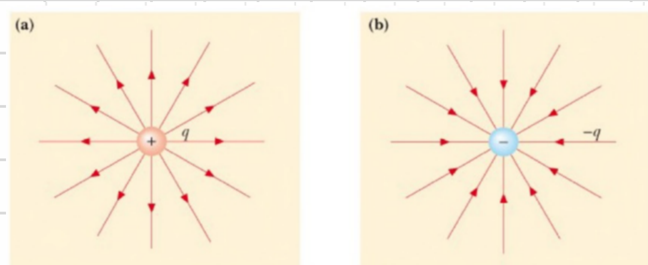


Figura 1.31 Linee di forza di una carica puntiforme positiva (a) e negativa (b).

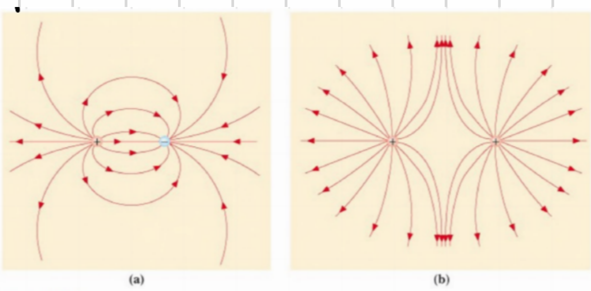


Figura 1.32 Linee di forza di due cariche puntiformi di valore uguale di segno opposto (a) e dello stesso segno (b).

INOLTRE LE LINEE DI FORZA <u>NON SI INCROCIANO MAI</u>, IN QUANTO IN OGNI PUNTO IL CAMPO ELETTROSTATICO È DEFINITO UNIVOCAMENTE E NON PUÒ AVERE DUE DIREZIONI DISTINTE.
INFINE LE LINEE DI FORZA HANNO ORIGINE DALLE CARICHE POSITIVE E TERMINANO SU QUELLE NEGATIVE.
PER CARICHE DELLO STESSO SEGNO, LE LINEE SI CHIUDONO ALL'INFINITO.