

Lezione 4

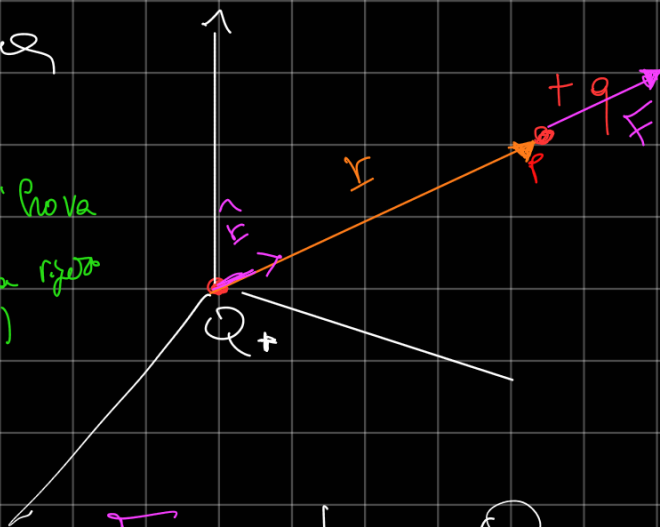
Legge di Coulomb per N cariche

$$\vec{F}_i = \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N \frac{q_j (\underline{r}_i - \underline{r}_j)}{|\underline{r}_i - \underline{r}_j|^3}$$

Supponiamo di avere una sola carica puntiforme, e considero il sys di rif. nella carica ^{multiforme} la carica è

Forza

esempio 1a
 $q+$ carica di prova
 carica piccola rispetto a $Q+$



$+q$ = CARICA DI PROVA
 Carica a campione
 che è orientato
 il vettore forza

modulo della F è una
 certa distanza individuata da $\underline{r}$
 di carica $q+$

esempio 2
 Forza repulsiva
 di Coulomb

$$\underline{F} = k_e \frac{Q q \cdot \underline{r}}{|\underline{r}|^3}$$

$$|\underline{r}| = r$$

Forza dipende dalla
 carica di prova

Se spostiamo la carica in quel punto
 dello spazio allora in Q , quel
 punto è associato un vettore F verso
 Q piccolo per non perturbare e modificare le
 campo potenziale di Q

Siamo in presenza di un CAMPO DI FORZA

avvicino ad ogni punto dello spazio un vettore. Ho un campo vettoriale

in ogni punto dello spazio in cui muoviamo q ,
abbiamo un vettore F_{vz}

CAMPO ELETTROSTATICO campo indipendente dalla carica di prova

$$\underline{E(r)} = \frac{\underline{F(r)}}{q}$$

↑
dipende dalla
posizione

per definire è un altro
campo vettoriale

in realtà: $E(r) = \lim_{q \rightarrow 0} \frac{\underline{F(r)}}{q}$, difficile da fare sperimentalmente

Definito come la forza in quel punto
diviso la carica.

Se muoviamo la carica molto piccola,
rende questo campo indipendente dalla
carica.

Esiste allora un **CAMPO DI FORZA** indipendente
della carica di prova

Ho un vettore. non dipende dalla carica
di prova

$$\underline{E(r)} = \frac{k_e Q \underline{r}}{|\underline{r}|^3}$$

CAMPO VETTORIALE che
dipende solo da Q .

CAMPO ELETTROSTATICO
GENERATO DA Q

Campo vettoriale che dipende solo da Q ,
carica sorgente data dalla fisica di cui stiamo parlando

La sola presenza della carica Q e l'ambiente lo sono circostanze riproducibili
di campo elettrostatico

$$E(r) = \text{CAMPO ELETTROSTATICO} \left[\frac{N}{C} \right]$$

[diventa una proprietà dello spazio, in ogni punto lo ha sempre]

il campo elettrostatico lo vediamo non come una
forza, ma come una

Potenziale dallo spazio, generato da
un insieme di cariche $\left[11 \text{ min} \right]$

Quindi la F_e è data dall'interazione

tra il campo e la carica prova

$$F = k_e \frac{Q q}{r^2} = E(r) q$$

interazione
del campo
e il punto

è il campo elettrico che esercita la forza, non
la carica Q che lo ha generato.

Il campo è generato da un insieme
di SORGENTI.

Anche q però è sorgente di un campo.

UNA CARICA NON NULLA PERTURBA LA CARICA Q
i due campi si sommano Q lo regolerà poco

dal punto di vista matematico

$$\lim_{q \rightarrow 0} \frac{F(r)}{q}$$

non misuriamo mai
l'effettiva proprietà dello
spazio, anche un singolo
elettrone modifica il
campo $E(r)$ generato da Q

Sperimentalmente non può
farlo, non esiste carica
più piccola dell'elettrone

Il punto in cui osservo
il campo elettrico generato
da Q

posizione

$$E(r) = k_e \frac{Q}{r^2} \hat{r}$$

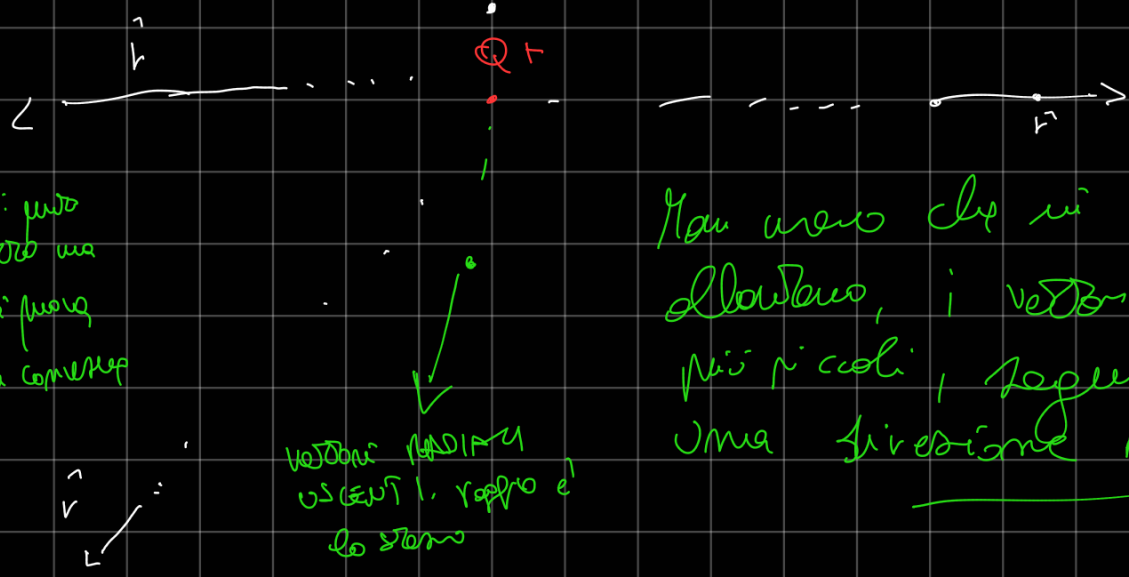
inversamente prop. alla distanza

più lontano vedo, minore sarà

CAMPO RADIALE

Campo elettrostatico non
Sul solo il campo del Sol

DIPENDE DAL SOL



può essere: può
essere visto una
carica di prova
q+ positiva per convenienza

Ma uno che mi
allontano, i vettori sono
più piccoli, seguendo
una direzione RADIALE

VECTORE RADIALE
USCENTI. rappo e'
lo stesso

noi usiamo la RAPPRES. VETTORIALE ATTRAVERSO
LE LINEE DI FORZA

Le linee di F sono tangenti al Campo elettrostatico

LINEE DI FORZA: linee nello spazio che in ogni punto
dello spazio sono TANGENTI a quel punto
Linee Tangenti a quel punto, la freccia indica il verso,
MANCA IL MODULO, l'ampiezza. LINEE SEMPRE TANGENTI al CAMPO VETTORIALE

La densità spaziale mi dà informazioni
sul MODULO dove le linee sono dense,
il campo è più forte.

Carica negativa Q^- , FORZA ATTRATTIVA

Il Principio di SOVRAPPOSIZ. EFFETTI

vale anche PER IL CAMPO ELETTRICO

Se ho più cariche MINUTO 27

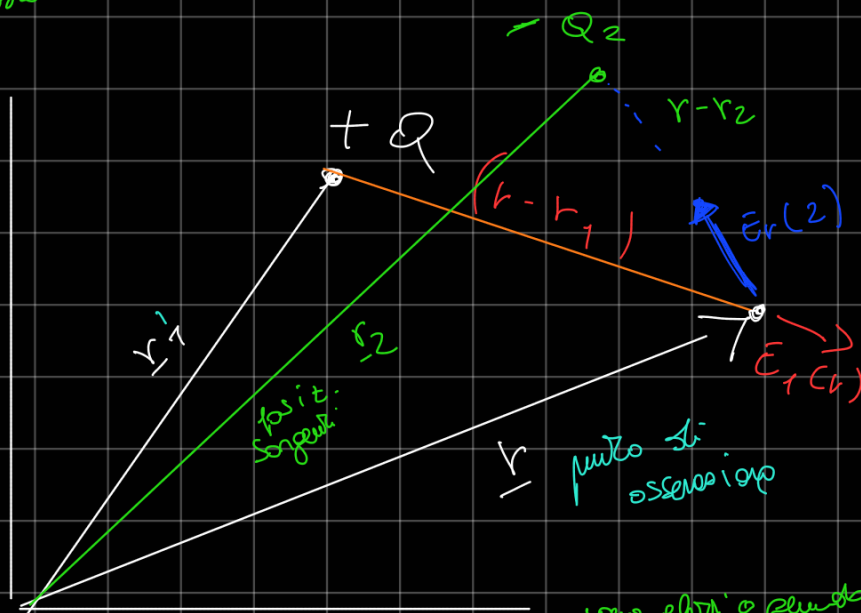
se non carica

corpi si sommano come se fossero le coppie da sole

no 2 sorgenti

CAMPO ELETTRICO OSSERVATO NEL PUNTO r , GENERATO DA Q

Diverso punto di osservazione



$r-r_1$ è linea diretta

$$\vec{E}_1(r) = k_e \frac{Q_1 (r-r_1)}{|r-r_1|^3}$$

direzione del punto di osservazione

corpo elettronico punto 2 sorgenti separate

$$= k_e \frac{Q}{|r-r_1|^2} \frac{r-r_1}{|r-r_1|}$$

vale anche se cambia SDR

$$\vec{E}_2(r) = k_e \frac{(-Q_2) (r-r_2)}{|r-r_2|^3}$$

negativo

campo elettrico generato da 2 sorgenti

(usando lo stesso SDR)

$$\vec{E}(r) = k_e \frac{Q_1 (r-r_1)}{|r-r_1|^3} + k_e \frac{(-Q_2) (r-r_2)}{|r-r_2|^3}$$

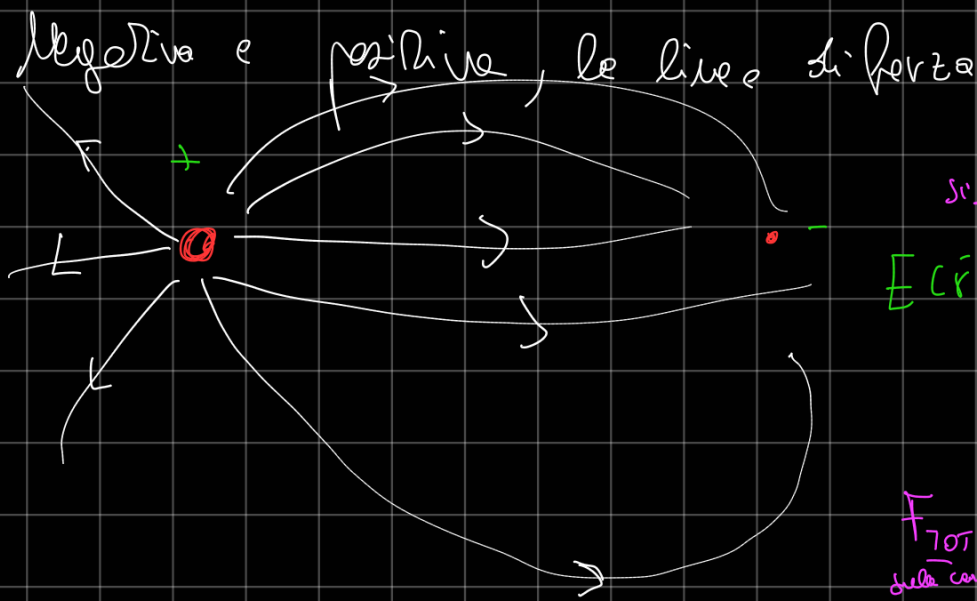
Proprietà dello Spazio

In ogni punto, il valore è sempre due campi elettrici

Le linee di forza elettriche
 positiva: linee di forza uscenti.

vedi PDF Sui campi di forza

se ho un sistema
 di N cariche
 puntiformi nello
 spazio
 $Q_1, Q_2 \dots Q_n$
 con $\underline{r}_1, \underline{r}_2 \dots \underline{r}_n$



sist di N cariche puntiformi

$$E(\underline{r}) = k \sum \frac{Q_i}{|\underline{r} - \underline{r}_i|^3} (\underline{r} - \underline{r}_i)$$

$|\underline{r} - \underline{r}_i|^3$ → $\frac{1}{r^2}$ (mag.)
 $(\underline{r} - \underline{r}_i)$ → $\frac{1}{r}$ (mag.)
 Q_i → $\frac{1}{r}$ (mag.)

$$\underline{F}_{TOT} = E_{TOT} q$$

forza su q

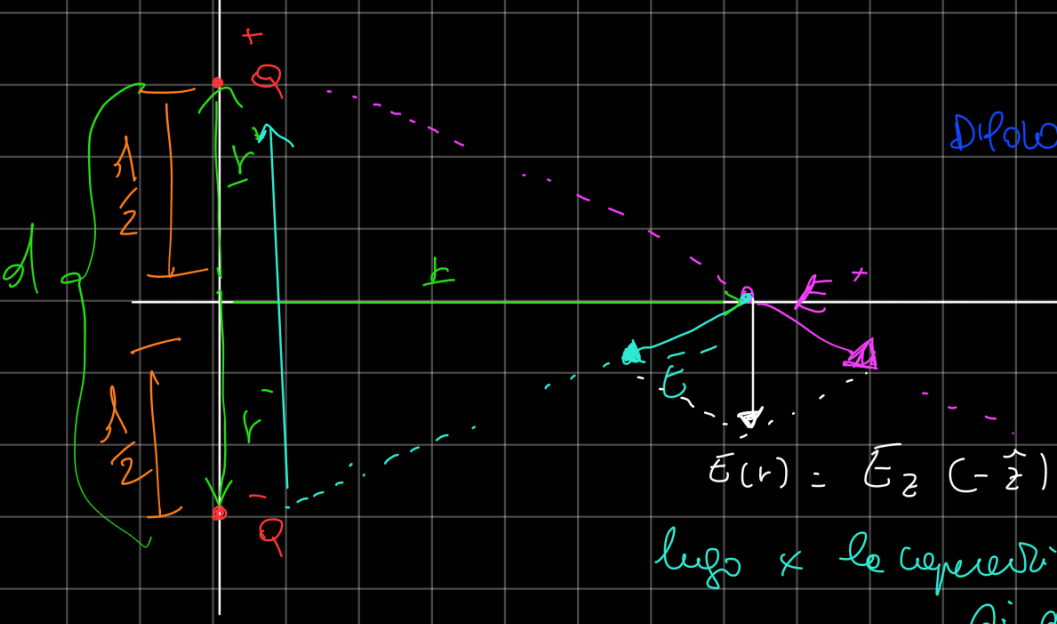
Da grandissima distanza, vedendo le linee di
 forza, è come se fosse un unico corpo elettrico

Se prendo due forze uguale e opposte,
 da grande distanza vedo... ~~un unico~~

loca. il campo E
 continua ad essere

DIPLO ELETTRISTICO

E^+ = campo elettrico
 dovuto alla
 carica positiva



DIPLO: due cariche opposte
 vicine tra loro, separate
 da una certa distanza

DISTANZA DIPOLO = r
 che va da Q^- a Q^+

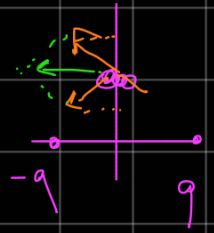
$$E(r) = E_z (-\hat{z})$$

lung x le componenti di cui sono
 di senso lungo z

L'anipera dei due corpi elettrici è uguale
 una solo una componente lungo z
 infatti:

$$\underline{r}^+ = \left(0, 0, \frac{d}{2} \right) = \frac{d}{2} \hat{z}$$

$$\underline{r}^- = \left(0, 0, -\frac{d}{2} \right) = -\frac{d}{2} \hat{z}$$



$\underline{r} = x \hat{x}$ auto esteso.

$$(\underline{r} - \underline{r}^+) = x \hat{x} - \frac{d}{2} \hat{z}$$

$$|\underline{r} - \underline{r}^+| = \sqrt{x^2 + \frac{d^2}{4}} = \Delta$$

$$(\underline{r} - \underline{r}^-) = x \hat{x} + \frac{d}{2} \hat{z}$$

$$|\underline{r} - \underline{r}^-| = \sqrt{x^2 + \frac{d^2}{4}} = \Delta$$

c. el. v. p. s. e.

$$E(\underline{r}) = k_e \frac{Q_1 (\underline{r} - \underline{r}_1)}{|\underline{r} - \underline{r}_1|^3} + k_e \frac{(-Q_2) (\underline{r} - \underline{r}_2)}{|\underline{r} - \underline{r}_2|^3}$$

L

$$\Rightarrow \underline{E}(\underline{r}) = k_e \frac{Q \left(x \hat{x} - \frac{d}{2} \hat{z} \right)}{\Delta^3} + k_e \frac{(-Q) \left(x \hat{x} + \frac{d}{2} \hat{z} \right)}{\Delta^3}$$

$$= \frac{k_e Q}{\Delta^3} \left[x \hat{x} - \frac{d}{2} \hat{z} - x \hat{x} - \frac{d}{2} \hat{z} \right] = \left[-k_e Q \frac{d}{\Delta^3} \hat{z} \right]$$

in modulo

direzione lungo z , e un'anipera $\left[-k_e Q \frac{d}{\Delta^3} \right]$

- Se $\frac{1}{r^3} \rightarrow +\infty$, il corpo elettrostatico tende a 0. tende, ma non diventa mai 0.

Questo le cariche sono uguali: il corpo ripulisce $\neq 0$,

- Il termine prevalentemente, si chiama MONOPOLIO ELETTR., senso di polo

- Dipolo elettrico: il corpo elettrico è diverso da 0, anche con due cariche vicine opposte

Dipolo elettrico: sistema formato da due cariche uguali e opposte

MOMENTO DI DIPOLLO

MA $\text{CORRIP} = Fd$

forza carica corpo el. mi dà MOMENTO

Grandezza vettoriale P di orientata sella carica positiva verso la carica negativa

$$\underline{P} = Q d \hat{z}$$

Carica orientata sella carica positiva alla negativa

$$\underline{P} = Q d \quad \text{d valore da } Q^- \text{ a } Q^+$$

Q carica positiva

$$\Rightarrow \underline{E}(r) = -k_e \frac{Q}{r^3} \hat{z} = -k_e \frac{\underline{P}}{r^3}$$

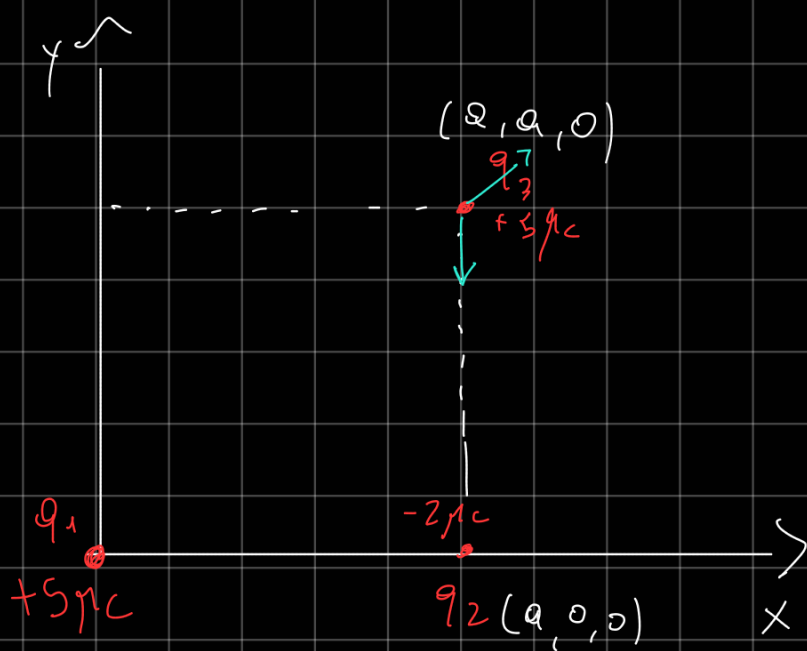
allora posso scrivere il corpo elettrostatico

$$q_1 = +5 \mu C$$

$$q_2 = -2 \mu C$$

$$q_3 = +5 \mu C$$

Calcolo i corpi presenti da q₁, q₂, q₃ e colloca la P di q₃



$$\underline{r_1} = (0, 0, 0)$$

$$\underline{r_2} = a\hat{x} + 0\hat{y} + 0\hat{z}$$

$$\underline{r} = a\hat{x} + a\hat{y} + 0\hat{z} \quad \text{mitte aussuchen.}$$

$$(\underline{r} - \underline{r_1}) = a\hat{x} + a\hat{y}$$

$$(\underline{r} - \underline{r_2}) = -a\hat{y}$$

$$|\underline{r} - \underline{r_1}| = \sqrt{2} a$$

$$|\underline{r} - \underline{r_2}| = a$$

$$\underline{E}(a, a, 0) = \frac{k_e q_1 \frac{(\underline{r} - \underline{r_1})}{|\underline{r} - \underline{r_1}|^3}}{2\sqrt{2} a^2} + \frac{k_e q_2 \frac{(\underline{r} - \underline{r_2})}{|\underline{r} - \underline{r_2}|^3}}{a^2}$$

-(-) = +

$$= \frac{k_e q_1}{2\sqrt{2} a^2} (\hat{x} + \hat{y}) + \frac{k_e q_2}{a^2} \hat{y}$$

$$= \frac{k_e q_1 \hat{x}}{2\sqrt{2} a^2} + \frac{k_e}{a^2} \left(\frac{q_1}{2\sqrt{2}} + q_2 \right) \hat{y}$$

componente lungo x *componente lungo y*

sostituendo i valori

$$= \frac{k_e}{2\sqrt{2} a^2} 5 \cdot 10^{-6} \hat{x} + \frac{k_e}{2\sqrt{2} a^2} (q_1 + 2\sqrt{2} q_2) \hat{y} =$$

$$= \frac{k_e}{2\sqrt{2} a^2} \left[5 \cdot 10^{-6} \hat{x} + (5 \cdot 10^{-6} - 2\sqrt{2} \cdot 2 \cdot 10^{-6}) \hat{y} \right]$$

però si osserva.

$$0,64 \cdot 10^{-6}$$

$$\underline{E}(a, a, 0) = \frac{k_e}{2\sqrt{2} a^2} (5 \cdot 10^{-6} \hat{x} - 0,64 \cdot 10^{-6} \hat{y})$$

comp. el. in (a, a, 0)

$$F(a, a, 0) = q_3 \underline{E}(a, a, 0) =$$

$$= \frac{k_3 q_3}{2\sqrt{2} a^2} (5 \cdot 10^{-6} \hat{x} - 0,64 \cdot 10^{-6} \hat{y})$$

$$a = 10 \text{ cm}$$

$$q = 5 \mu\text{C}$$