

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

La forza di Coulomb e il campo elettrostatico

Introduzione



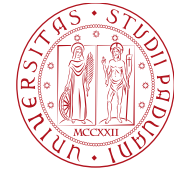
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

I greci avevano osservato che l'**ambra** (elektron) aveva delle caratteristiche particolari se strofinata con una pelliccia, il **vetro** invece presentava le stesse caratteristiche se strofinato con la seta.

Questi materiali, dopo essere stati strofinati, avevano la capacità di attirare a loro piccoli oggetti. Nel sedicesimo secolo Gilbert studiò sistematicamente tutti i materiali che avevano questa caratteristica e li chiamò **elettrizzati** dando il nome di **forza elettrica** alla forza che si veniva a creare.

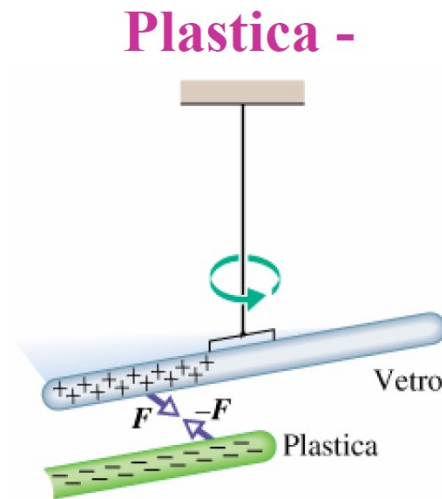
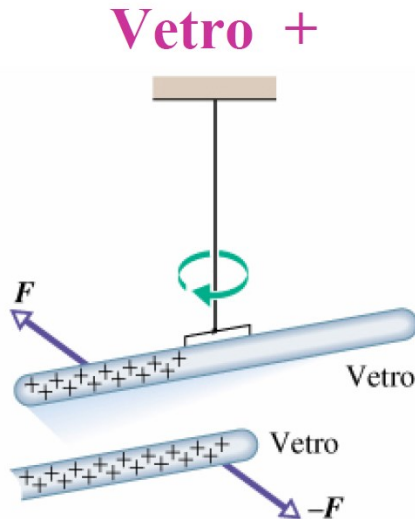
Al giorno d'oggi abbiamo conoscenza della struttura della materia e degli atomi che la costituiscono, formati da **cariche elettriche positive e negative**.

Le cariche elettriche

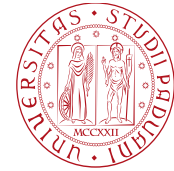


Osservando il fenomeno dell'elettrizzazione per strofinio quindi lo interpretiamo come una variazione del normale equilibrio di carica interna dei corpi.

<https://www.youtube.com/watch?v=EHAa3MWnkC8>



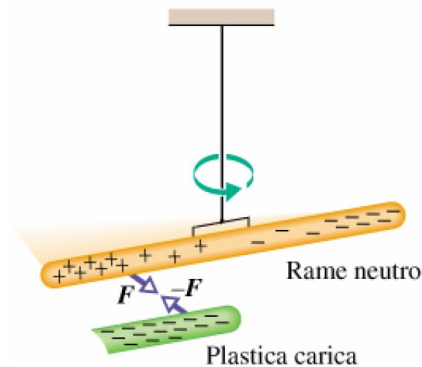
La carica elettrica



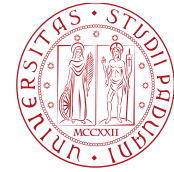
Due corpi che possiedono lo stesso tipo di elettrizzazione (+ o -) si respingono, mentre si attraggono se possiedono tipi di elettrizzazione diversi (uno + e l'altro -).

I corpi che possono essere elettrizzati per strofinio vengono detti **isolanti**, sono capaci di trattenere la carica elettrica.

Esiste un'altra categoria di corpi che non ha questa capacità, vengono detti **conduttori**, non è possibile elettrizzarli per strofinio (i metalli ad esempio).



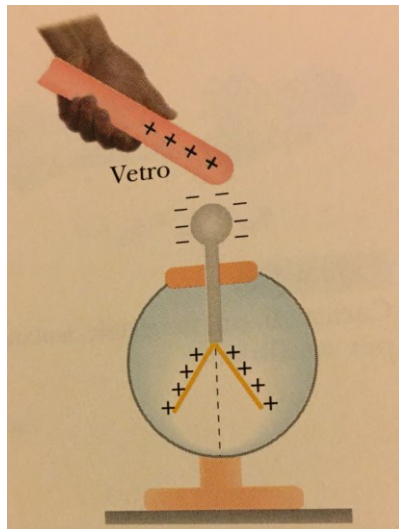
Induzione elettrostatica



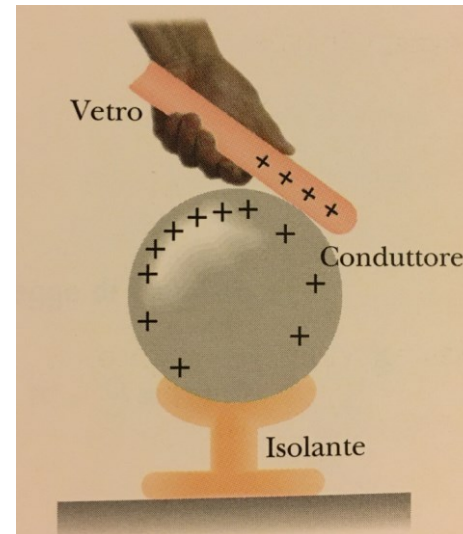
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

<https://www.youtube.com/watch?v=XXVUuW5F0xU>

Test 1



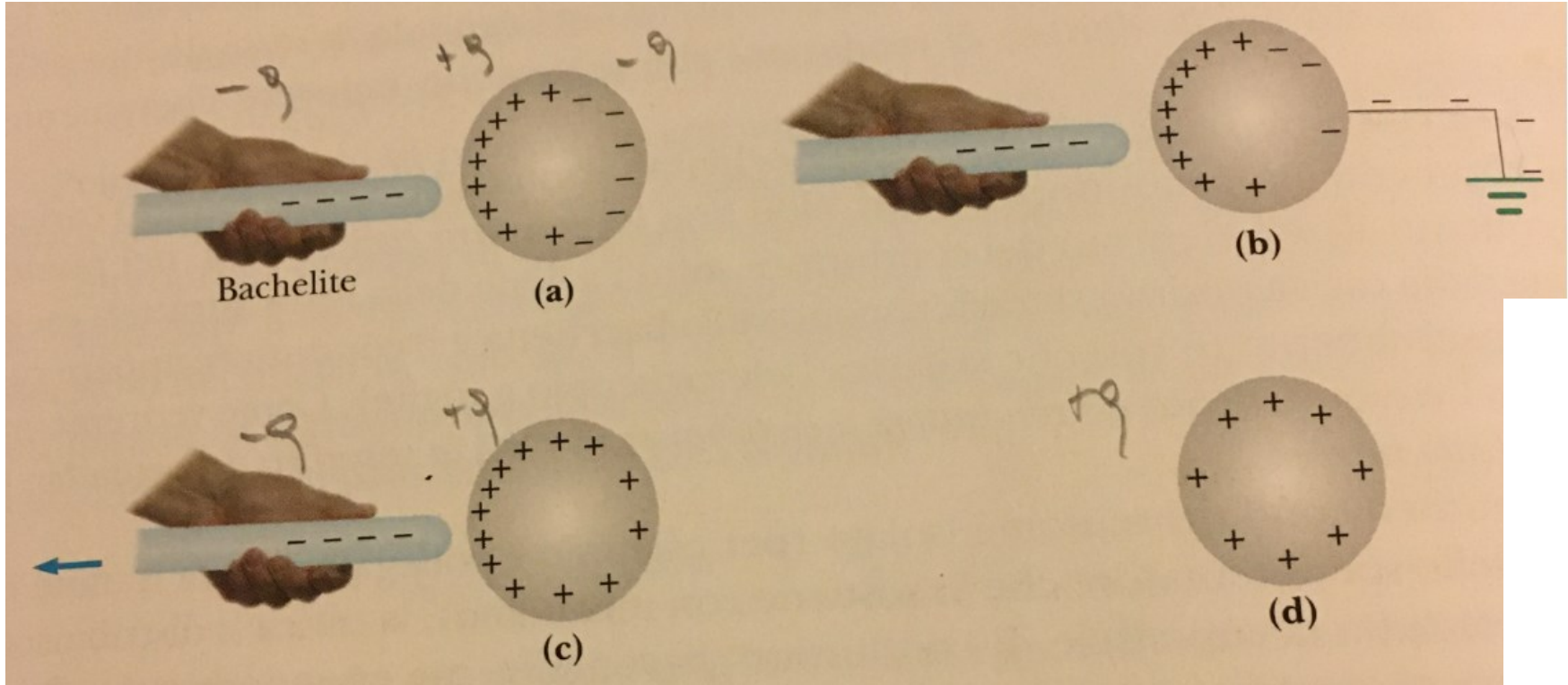
Test 2



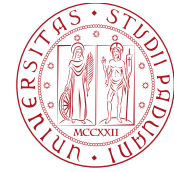
Induzione elettrostatica



Test 3

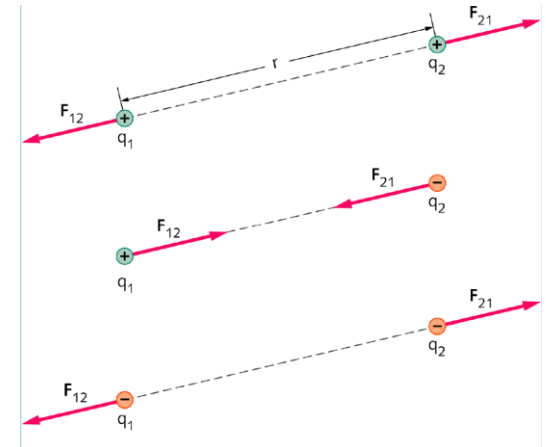


La forza di Coulomb



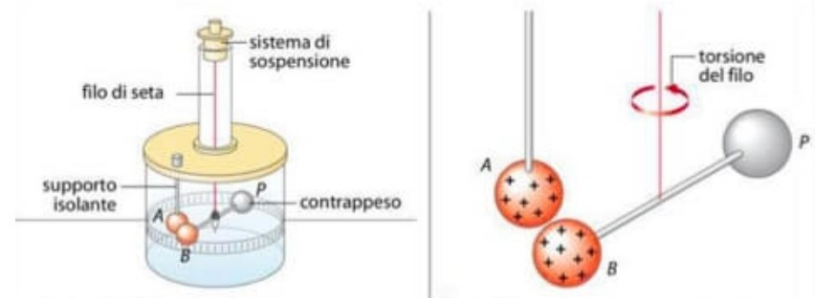
Abbiamo quindi compreso che l'interazione tra le cariche dipende dal loro tipo, cariche opposte si attraggono mentre cariche uguali si respingono.

Così come le masse dei corpi sono responsabili dell'attrazione gravitazionale le cariche sono responsabili dell'interazione elettrica.



Alla fine del 1700 Coulomb, servendosi di una bilancia di torsione, formulò la legge che ci permette di determinare la forza elettrostatica tra due corpi carichi.

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



La forza di Coulomb



L'unità di misura della carica elettrica è il Coulomb [C] ed è definita come la carica trasportata da una corrente di 1 Ampere in un secondo.

Vedremo che l'entità delle cariche elettriche in natura è molto inferiore, lavoreremo sempre con sottomultipli di questa grandezza.

La costante $k = 8.9875 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$, viene normalmente approssimata con il valore

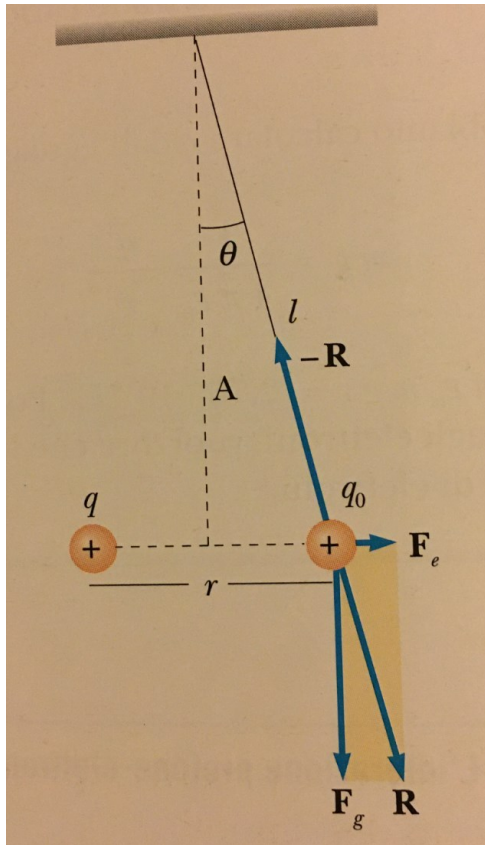
$k = 9 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$, può anche essere espressa come: $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$

dove ϵ_0 rappresenta la costante dielettrica del vuoto ed è pari a $8.8542 \cdot 10^{-12} \text{ Nm}^2/\text{C}^2$

Si nota che il valore della costante k è molto maggiore del valore della costante di gravitazione universale, per questo motivo l'interazione gravitazionale viene trascurata in sistemi dove è presente interazione elettrica.

Misura della carica elettrica

Nota la forma analitica della forza di Coulomb si possono effettuare misure quantitative della carica elettrica, ad esempio con un elettroscopio.



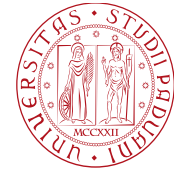
Supponendo di avere posto una carica q sulle due sferette, abbiamo che il sistema è in equilibrio quando l'angolo di inclinazione in figura vale θ .

Scrivendo la condizione di equilibrio tra la forza peso e la forza elettrostatica abbiamo che:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{F_e}{F_G} = \frac{q_0 q}{4\pi\epsilon_0 m g r^2}$$

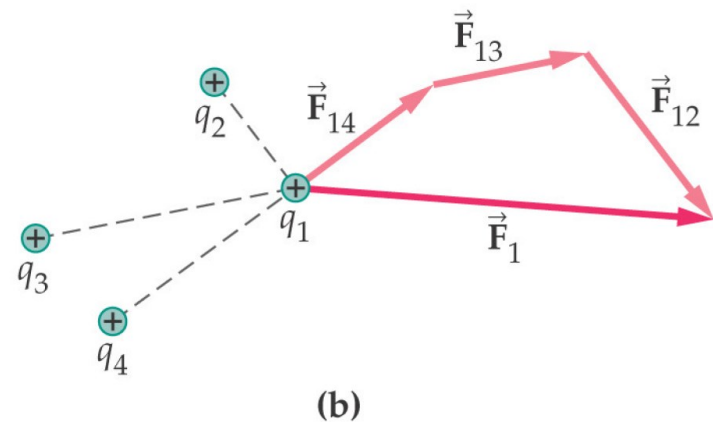
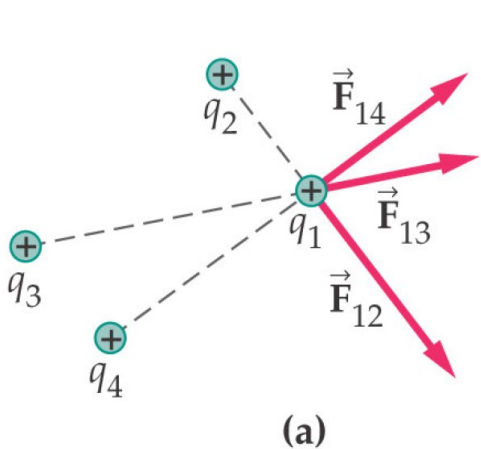
L'angolo di equilibrio è quindi legato al valore della carica e può essere utilizzato per misurarla.

Il campo elettrostatico

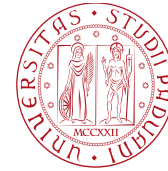


La carica elettrica che è responsabile della forza di Coulomb è la sorgente del Campo Elettrostatico (analogamente alla massa che è sorgente di un campo Gravitazionale).

L'effetto di più cariche elettriche è additivo e vale il principio di sovrapposizione, la Forza totale generata da un insieme di cariche è data dalla somma delle forze generate da ogni carica.



Il campo elettrostatico

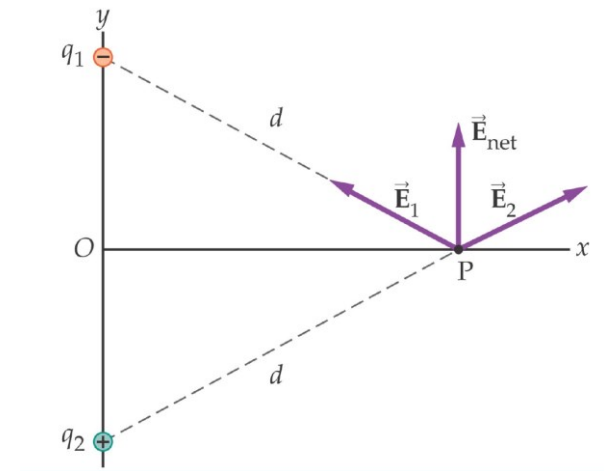


Data una distribuzione di cariche viene generato un campo elettrostatico \vec{E} che è definito come il rapporto tra la forza esercitata dalla distribuzione di cariche su di una carica di prova q_0 e il valore della carica q_0 .

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad \text{l'unità di misura è N/C}$$

Il campo elettrostatico è un vettore che ha la stessa direzione e verso della forza di Coulomb, anche per il campo vale il principio di sovrapposizione.

Data una distribuzione di cariche elettriche il campo elettrico risultante è dato dalla somma dei contributi relativi ad ogni singola carica.



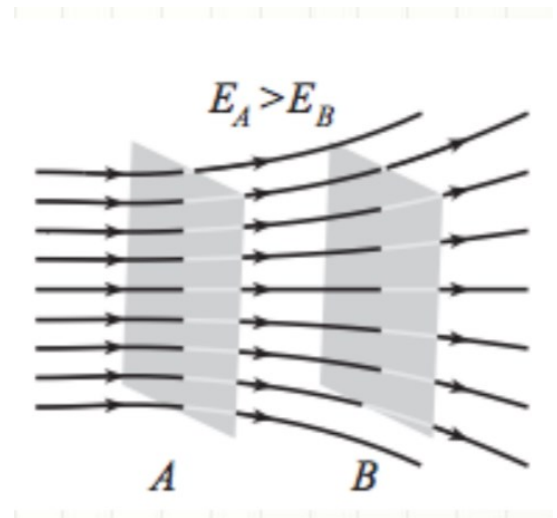
Le linee di forza del campo elettrostatico - I

Mettendo una carica elettrica in un punto, lo spazio intorno cambia, diventa diverso da quello che era prima. Ogni punto dello spazio circostante acquista la proprietà, che inizialmente non aveva, di attrarre o respingere altri corpi carichi.

Allo scopo di permettere una immediata visualizzazione della distribuzione spaziale del campo elettrico Faraday introdusse il concetto di linee di forza.

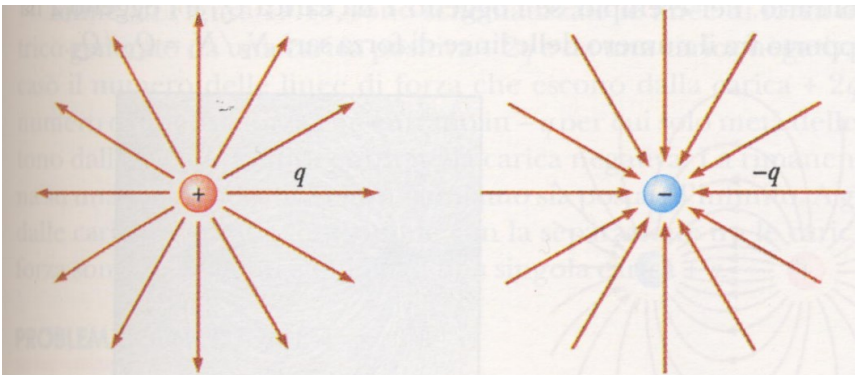
Le proprietà delle linee di forza sono:

- Il vettore campo elettrico è tangente alle linee di forza in ogni punto.
- Il numero di linee di forza per unità di area che attraversano una superficie ad esse perpendicolare è proporzionale all'intensità del campo elettrico in corrispondenza della superficie (si addensano dove l'intensità del campo è maggiore).



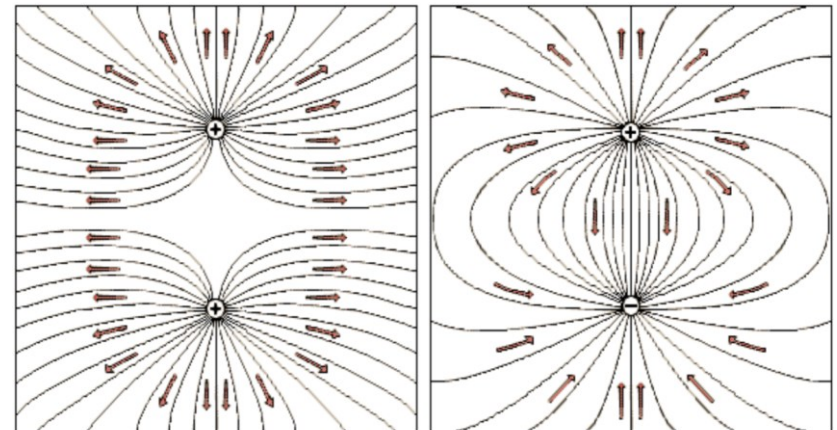
Le linee di forza del campo elettrostatico - II

- Non si incrociano mai (il campo è univocamente definito)
- Hanno origine nella cariche positive e terminano in quelle negative. Se ci sono cariche di un solo segno, le linee si chiudono all'infinito.



Cariche puntiformi

Due cariche



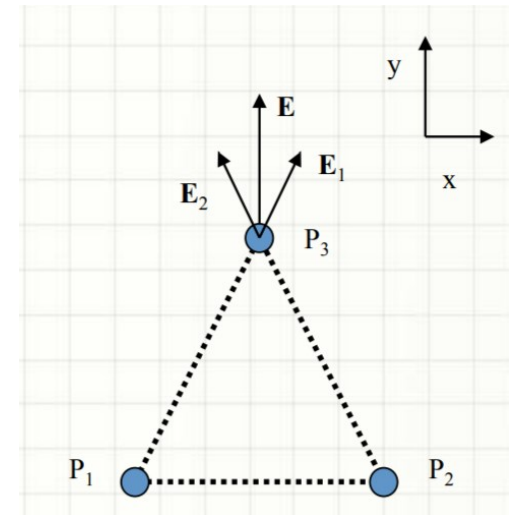
Esempio di calcolo del campo elettrostatico

Tre cariche positive eguali $q_1=q_2=q_3=q$ sono fisse nei vertici di un triangolo equilatero di lato l . Calcolare la forza elettrica agente su ognuna delle cariche e il campo elettrostatico nel centro del triangolo.

Calcoliamo il campo E in P_3 somma del campo prodotto da q_1 e q_2 :

$$E_1 = E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{l^2} \quad \longrightarrow$$

$$E = E_{1y} + E_{2y} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2q \cos 30}{l^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q\sqrt{3}}{l^2}$$



La forza che agisce su q_3 sarà quindi:

$$\vec{F} = q_3 \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2 \sqrt{3}}{l^2} \vec{u}_y$$

Analogamente si ragiona per le cariche q_1 e q_2 .

Nel centro C , equidistante dai vertici, i moduli dei campi generati dalle tre cariche sono uguali.

La somma dei tre vettori è nulla, quindi il campo elettrico nel centro del triangolo è nullo.

