

Complementi di Fisica - I Lezione

Introduzione e informazioni sul corso

Forza tra cariche elettriche: legge di Coulomb

Andrea Bettucci

4 marzo 2024

Dipartimento di Scienze di Base e Applicate per l'Ingegneria
Sapienza Università di Roma

Introduzione e informazioni sul corso

Complementi di Algebra Lineare, Analisi Matematica e Fisica

- Geometria differenziale: 2 CFU - Prof. Andrea Vietri
- Analisi matematica III: 3 CFU - Prof. Virginia De Cicco
- **Complementi di Fisica Generale**: 3 CFU - Prof. Andrea Bettucci

Complementi di Algebra Lineare, Analisi Matematica e Fisica

- Geometria differenziale: 2 CFU - Prof. Andrea Vietri
- Analisi matematica III: 3 CFU - Prof. Virginia De Cicco
- **Complementi di Fisica Generale**: 3 CFU - Prof. Andrea Bettucci

Tutte le informazioni sul corso, comprese le slides delle lezioni e le prove di autovalutazione, sono presenti alla pagina:

<https://www.sbai.uniroma1.it/bettucci-andrea/complementi-di-fisica-generale/2023-2024>

- Venerdì 08:00 - 10:00: lezione.
- Lunedì 10:00 - 11:00: esercitazioni.
- Ricevimento su appuntamento (sempre)
andrea.bettucci@uniroma1.it

Argomento del corso

Studio di alcuni fenomeni fisici legati alla presenza di cariche elettriche nello spazio.

- Cariche \Rightarrow **Campo elettrico.**
- Cariche in movimento (corrente) \Rightarrow **Campo magnetico.**

Campo di forze

Nelle interazioni a distanza è la regione dello spazio in ogni punto della quale si risente di una forza.

Forza tra cariche elettriche: legge di Coulomb

La carica elettrica q

- La carica elettrica è una proprietà intrinseca della materia (come la massa).
- La carica elettrica esiste in due diverse forme: positiva e negativa.
- L'unità di misura della carica elettrica è il **coulomb (C)**.
- 1 C è una carica enorme; ad esempio la carica di un elettrone è:
 $e \simeq 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.
- Per questo motivo vengono comunemente usati sottomultipli del coulomb:

$$1 \text{ mC} = 10^{-3} \text{ C}$$

$$1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$$

$$1 \text{ nC} = 10^{-9} \text{ C}$$

$$1 \text{ pC} = 10^{-12} \text{ C}$$

La carica elettrica q

- **La carica elettrica si conserva** - Se in processo viene prodotta una certa quantità di carica di un tipo, necessariamente deve essere prodotta anche una medesima quantità di carica dell'altro tipo in modo che la carica *netta* prodotta sia nulla.
- **La carica elettrica è quantizzata** - La carica totale di un corpo è nulla oppure un multiplo intero di $+e$ o $-e$: la carica elettrica può variare solo per quantità finite.

La carica elettrica q

- **La carica elettrica si conserva** - Se in processo viene prodotta una certa quantità di carica di un tipo, necessariamente deve essere prodotta anche una medesima quantità di carica dell'altro tipo in modo che la carica *netta* prodotta sia nulla.
- **La carica elettrica è quantizzata** - La carica totale di un corpo è nulla oppure un multiplo intero di $+e$ o $-e$: la carica elettrica può variare solo per quantità finite.

Conduttori e isolanti

- **Isolanti** - Sono caratterizzati dal fatto che le cariche create in un punto vi restano localizzate.
- **Conduttori** - In essi le cariche elettriche hanno la possibilità di muoversi; ad esempio, cariche dello stesso tipo create in un punto tendono ad allontanarsi reciprocamente il più possibile per effetto delle mutue azioni repulsive. I metalli sono tipici conduttori.

La corrente i

- Una corrente è costituita da un flusso di cariche .
- L'unità di misura dell'intensità corrente è l'**ampère (A)**.
- Vi è una relazione tra l'intensità della corrente costante i in un conduttore filiforme e la quantità di carica q che passa attraverso una sezione del conduttore in un tempo t :

$$i = \frac{q}{t}.$$

Una qualsiasi sezione di un conduttore filiforme percorso da una corrente di 1 A è attraversata da 1 C al secondo.

- Esempi di effetti sul corpo umano di correnti con diverse intensità:

3 mA soglia della percezione

10 mA soglia del dolore

30 mA blocco respiratorio

10 A rete a 220 V

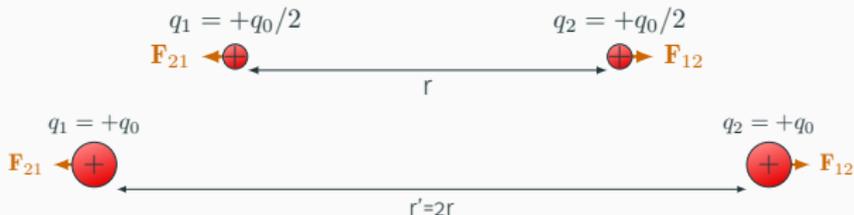
- Due cariche puntiformi si scambiano forze dirette lungo la loro congiungente: cariche dello stesso segno si respingono, cariche di segno opposto si attraggono.



- Due cariche puntiformi si scambiano forze dirette lungo la loro congiungente: cariche dello stesso segno si respingono, cariche di segno opposto si attraggono.



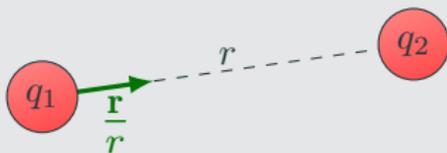
- La forza è proporzionale al prodotto delle cariche ed è inversamente proporzionale al quadrato della distanza.



Legge di Coulomb nel vuoto

La forza che si esercita tra due cariche puntiformi è diretta lungo la congiungente le due cariche. La forza è direttamente proporzionale al prodotto delle cariche e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza. Cariche dello stesso segno si respingono, si attraggono se di segno opposto

$$\mathbf{F} = K \frac{q_1 q_2}{r^2} \frac{\mathbf{r}}{r} \quad \Rightarrow \quad F = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$$



Sperimentalmente si trova

$$K \simeq 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}.$$

Si è soliti scrivere la costante K nella forma

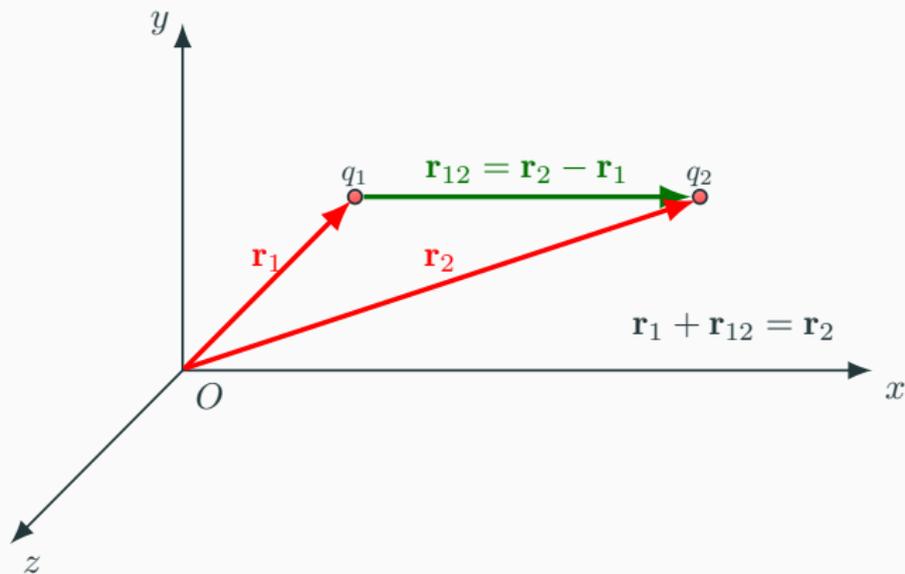
$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

dove ϵ_0 è detta **costante dielettrica del vuoto**

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}.$$

Legge di Coulomb nel vuoto

$$\mathbf{F} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \frac{\mathbf{r}}{r}$$



La forza che q_1 esercita su q_2 è:

$$\mathbf{F}_{12} = K \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \frac{\mathbf{r}_{12}}{r_{12}} \quad \Rightarrow \quad F_{12} = K \frac{|q_1 q_2|}{r_{12}^2}$$

Principio di sovrapposizione delle forze

Se si hanno più cariche puntiformi, la forza su una di esse è la risultante di quelle che ciascuna delle altre eserciterebbe qualora agisse da sola.

Esercizio

Tre cariche puntiformi sono disposte lungo l'asse x : q_1 è posta nell'origine dell'asse; q_2 si trova in $x = 2,0$ m e q_3 in $x = 3,5$ m. Si determini la forza totale su q_3 . ($q_1 = 25$ nC; $q_2 = -10$ nC; $q_3 = 20$ nC.)



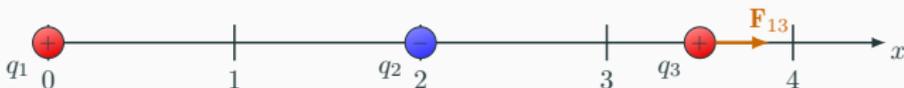
Esercizio

Tre cariche puntiformi sono disposte lungo l'asse x : q_1 è posta nell'origine dell'asse; q_2 si trova in $x = 2,0$ m e q_3 in $x = 3,5$ m. Si determini la forza totale su q_3 . ($q_1 = 25$ nC; $q_2 = -10$ nC; $q_3 = 20$ nC.)



La forza che q_1 esercita su q_3 è:

$$\begin{aligned}\mathbf{F}_{13} &= K \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} \mathbf{i} = \frac{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2})(25 \times 10^{-9} \text{ C})(20 \times 10^{-9} \text{ C})}{(3,5 \text{ m})^2} \mathbf{i} = \\ &= (0,37 \times 10^{-6} \text{ N}) \mathbf{i}.\end{aligned}$$



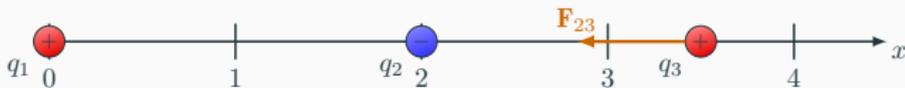
La forza che q_2 esercita su q_3 è:

$$\mathbf{F}_{23} = K \frac{q_2 q_3}{r_{23}^2} \mathbf{i} = \frac{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \text{C}^{-2})(-10 \times 10^{-9} \text{ C})(20 \times 10^{-9} \text{ C})}{(1,5 \text{ m})^2} \mathbf{i} =$$
$$= -(0,80 \times 10^{-6} \text{ N}) \mathbf{i}.$$



La forza che q_2 esercita su q_3 è:

$$\mathbf{F}_{23} = K \frac{q_2 q_3}{r_{23}^2} \mathbf{i} = \frac{(9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 \text{C}^{-2})(-10 \times 10^{-9} \text{ C})(20 \times 10^{-9} \text{ C})}{(1,5 \text{ m})^2} \mathbf{i} = - (0,80 \times 10^{-6} \text{ N}) \mathbf{i}.$$



In conclusione, la forza totale che si esercita su q_3 è determinata

$$\mathbf{F}_{\text{tot}} = \mathbf{F}_{13} + \mathbf{F}_{23} = (0,37 \times 10^{-6} \text{ N}) \mathbf{i} - (0,80 \times 10^{-6} \text{ N}) \mathbf{i} = - (0,43 \times 10^{-6} \text{ N}) \mathbf{i}$$

