

IL CAMPO ELETTRICO E LE SUE CARATTERISTICHE

In questa lezione esamineremo:

- il campo elettrico
- il potenziale elettrico
- le linee di forza

Il campo elettrico

Cariche elettriche concentrate in uno o più punti generano un campo di forza chiamato *campo elettrico*.

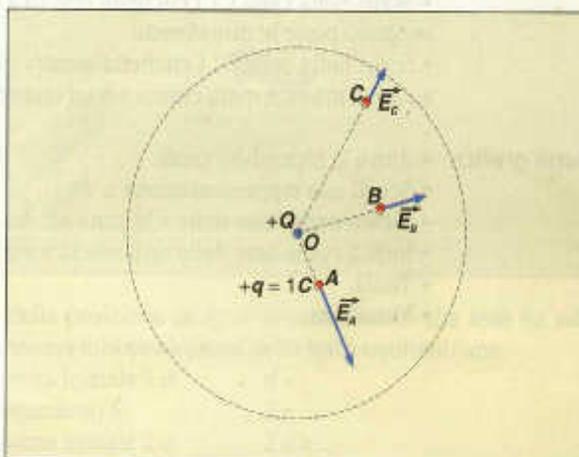
Che cos'è il campo elettrico

Possiamo definire il campo elettrico come quella **regione dello spazio** in cui si rendono manifeste forze di natura elettrica, nel senso che **qualsiasi altra carica** posta in tale regione risulta **sollecitata da una forza**.

Studieremo il campo elettrico attraverso il comportamento di una carica $+q$ posta in esso (che chiameremo *carica di prova*), carica che non ne influenza il valore e la distribuzione.

Per semplicità ci riferiremo a un campo elettrico generato da una carica positiva Q concentrata in un punto O e sceglieremo quale carica di prova quella positiva unitaria, cioè la carica $+q$ di 1 coulomb (1C): vedi fig. 1.

1. Una carica di prova $+q$ posta in un campo elettrico viene sollecitata da forze diverse a seconda della posizione in cui viene a trovarsi.



Se poniamo la nostra carica di prova in un punto A , essa sarà sollecitata da una forza \vec{E}_A che, in base alla *legge di Coulomb*, sarà repulsiva e agente nella direzione OA .

Ora chiediamoci: ponendo la stessa carica di prova prima nel punto B , poi nel punto C ecc., la forza agente su di essa sarà la stessa o sarà diversa?

Evidentemente sarà diversa se sono diverse le distanze OA , OB , OC ecc. Dunque, possiamo concludere che:

una volta fissata la carica $+Q$ e la carica di prova $+q$, su quest'ultima agiscono forze diverse a seconda della posizione in cui essa viene a trovarsi.

A ogni punto del campo associamo, quindi, una grandezza fisica, che indica, diciamo,

Forze agenti su q e sua posizione

l'intensità con cui il campo stesso esplica la sua azione. Chiamiamo tale grandezza vettore campo elettrico e la indichiamo con \vec{E} .

Che cos'è il vettore campo elettrico

p. 161

Più precisamente, definiamo **vettore campo elettrico** \vec{E} in un punto del campo, la **forza che agisce sulla carica unitaria positiva posta in quel punto**.

Facciamo notare che è ormai invalso l'uso di definire campo elettrico proprio il vettore \vec{E} . Così, il vettore campo elettrico \vec{E}_A nel punto A è la forza che agisce sulla carica unitaria posta in A ; e così per l'intensità \vec{E}_B, \vec{E}_C ecc. È naturale, inoltre, che se utilizzassimo come cariche di prova le cariche di 2 coulomb, di 3 coulomb ecc., la forza agente su queste ultime acquisterebbe l'intensità di $2\vec{E}, 3\vec{E}$ ecc. In generale, la forza agente su una carica q qualsiasi è $\vec{F} = q\vec{E}$, da cui:

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

Nel SI, il vettore \vec{E} si misura in newton/coulomb (N/C).

Il potenziale elettrico

Consideriamo ancora una volta la carica di prova $+q$ posta in un punto A . Essa, a causa della forza \vec{E} , tende a spostarsi lungo la direzione OA e a uscire, quindi, dal campo elettrico. Dunque, possiamo dire che sulla carica $+q$ agisce una forza, per effetto della quale la carica subisce uno spostamento nella stessa direzione della forza.

Quindi esiste un lavoro, attuato dalle forze del campo elettrico, per effetto del quale la carica esce fuori dal campo.

Che cos'è il potenziale elettrico

p. 191 e 195

Al valore numerico di tale lavoro diamo il nome di **potenziale elettrico** e lo indichiamo con la lettera V .

Anche il valore del potenziale elettrico, come quello dell'intensità del campo elettrico, varia al variare della posizione del campo considerata.

Così, il potenziale V_A in un punto A è numericamente uguale al lavoro compiuto per portare la carica unitaria dal punto A fuori dal campo elettrico. Esso ha, in genere, un valore diverso da quello del potenziale elettrico in un altro punto qualsiasi del campo. Se consideriamo, invece della carica unitaria, una generica carica q , il lavoro fatto su quest'ultima va espresso mediante l'equazione:

$$W = q \cdot V$$

Facciamo notare che mentre W è omogeneo a un'energia, V non lo è. W è detta energia potenziale e rappresenta il lavoro che si può ottenere dalle forze del campo quando la carica si sposta dal punto considerato all'infinito (punto fuori dal campo). Si può quindi affermare che:

Misura del potenziale elettrico

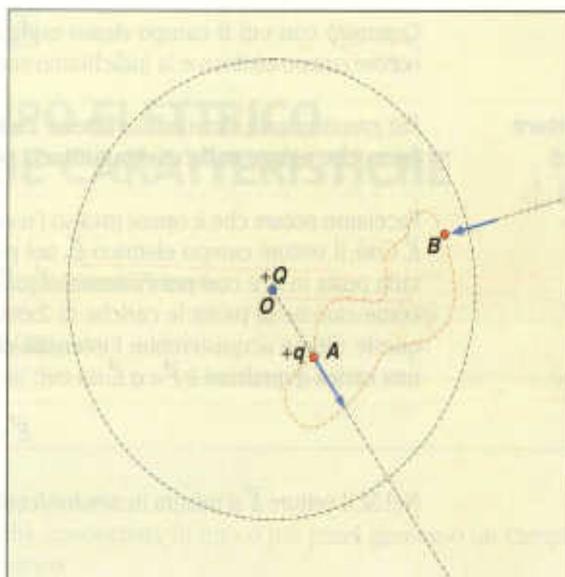
il potenziale elettrico in un punto del campo è dato dal rapporto tra l'energia potenziale posseduta da una carica $+q$ posta in quel punto e il valore q della carica stessa.

Supponiamo, ora, di voler portare la nostra carica di prova dal punto A del campo elettrico al punto B e calcoliamo il lavoro occorrente per fare tale operazione.

Ebbene, tra gli infiniti percorsi che la nostra carica di prova $+q$ può effettuare per portarsi da A a B , consideriamo quello per cui essa, partendo da A , va dapprima fuori dal campo elettrico e da qui si riporta successivamente in B (fig. 2).

Il lavoro finale che intendiamo calcolare, quindi, è dato dalla somma di due lavori: quello fatto dalle forze del campo per portare la carica unitaria da A fuori dal campo elettrico e quello fatto contro le forze del campo per portare la carica unitaria q da qui in B .

2. Qualunque sia il cammino seguito dalla carica di prova $+q$ per portarsi da A a B , il lavoro compiuto è sempre identico.



Il primo ha il valore V_A , cioè il potenziale elettrico in A , il secondo, ovviamente, $-V_B$, essendo V_B (potenziale elettrico in B) pari al lavoro necessario per portare la carica elettrica unitaria da B fuori dal campo elettrico. Quindi:

$$W_{AB} = V_A + (-V_B) = V_A - V_B$$

Pertanto il lavoro di cui volevamo calcolare il valore è pari alla differenza tra il potenziale elettrico in A e il potenziale elettrico in B .

Che cos'è la differenza di potenziale

La differenza di potenziale tra due punti di un campo elettrico è numericamente uguale al lavoro che bisogna compiere per portare la carica unitaria da un punto all'altro del campo.

Naturalmente per trasportare una carica doppia, tripla ecc., occorre un lavoro anch'esso doppio, triplo ecc. Se per la carica di 1 C abbiamo $W = V_A - V_B$, per trasportare la carica di q coulomb avremo:

$$W_{AB} = q (V_A - V_B)$$

e quindi:

$$V_A - V_B = \frac{W_{AB}}{q}$$

L'equazione $W_{AB} = q (V_A - V_B)$ ci consente di affermare che:

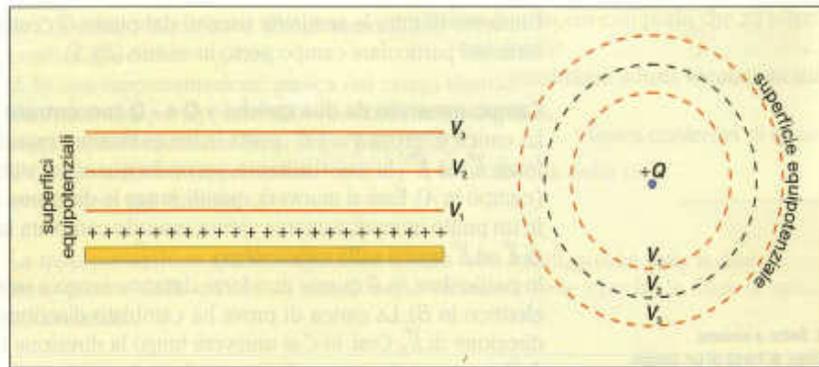
Il campo elettrico è conservativo

il lavoro fatto per portare la carica q da A a B non dipende dalla traiettoria seguita dalla carica q , ma solo dai valori del potenziale in A e in B . Il campo elettrico è, quindi, conservativo, come avevamo già anticipato.

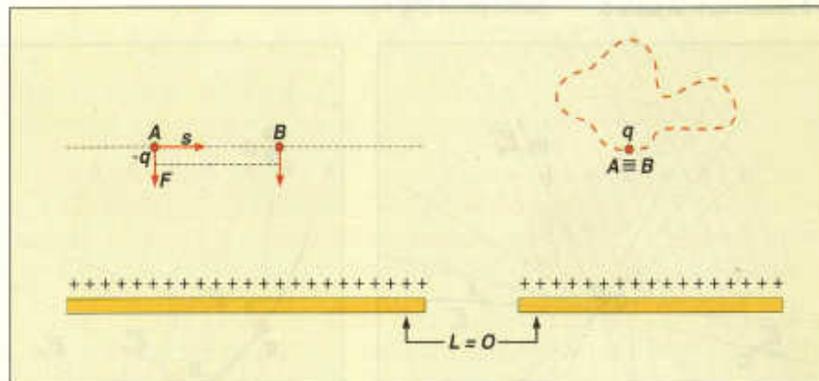
La stessa equazione afferma, inoltre, che il lavoro fatto per portare una carica q può essere nullo in due casi:

1. Quando $V_A = V_B$, cioè quando A e B hanno lo stesso potenziale. Più in generale, diremo che in ogni campo elettrico vi sono superfici i cui punti hanno tutti lo stesso potenziale. Tali superfici sono dette **superfici equipotenziali** (fig. 3). Lo spostamento di una carica su tali superfici richiede lavoro nullo (fig. 4).
2. Quando il punto A coincide con il punto B , cioè quando la traiettoria descritta dalla carica è chiusa (fig. 4).

3. Esempi di superfici equipotenziali.



4. Il lavoro necessario per portare la carica q dal punto A al punto B è nullo in entrambi i casi.



Nel SI il potenziale elettrico e la differenza di potenziale sono misurati in **volt (V)**. Essendo il potenziale il rapporto tra un lavoro e una carica elettrica, la sua unità di misura sarà espressa dall'equazione:

$$1 \text{ volt} = 1 \text{ joule} / 1 \text{ coulomb}$$

Ossia:

Come si misura la differenza di potenziale

tra due punti A e B c'è la **differenza di potenziale di 1 volt** quando per portare la carica di **1 coulomb** da un punto all'altro le forze del campo devono **compiere il lavoro di 1 joule**.

Le linee di forza

La carica di prova, posta in un punto del campo, risulta sollecitata da una forza, per effetto della quale descrive una traiettoria che può essere rettilinea o curvilinea, a seconda del campo.

Che cos'è la linea di forza

La **linea formata da tutti i punti** in cui il vettore **campo elettrico \vec{E}** è **tangente alla linea stessa** è detta **linea di forza**.

Facciamo qualche esempio.

Campo generato da una carica + Q concentrata in un punto O

La carica di prova posta nel punto A si muoverà lungo la semiretta OA, posta nel punto B si muoverà lungo la semiretta OB, posta nel punto C si muoverà lungo la semiretta OC ecc.

L'insieme di tutte le semirette uscenti dal punto O costituisce l'insieme delle linee di forza del particolare campo preso in esame (fig. 5).

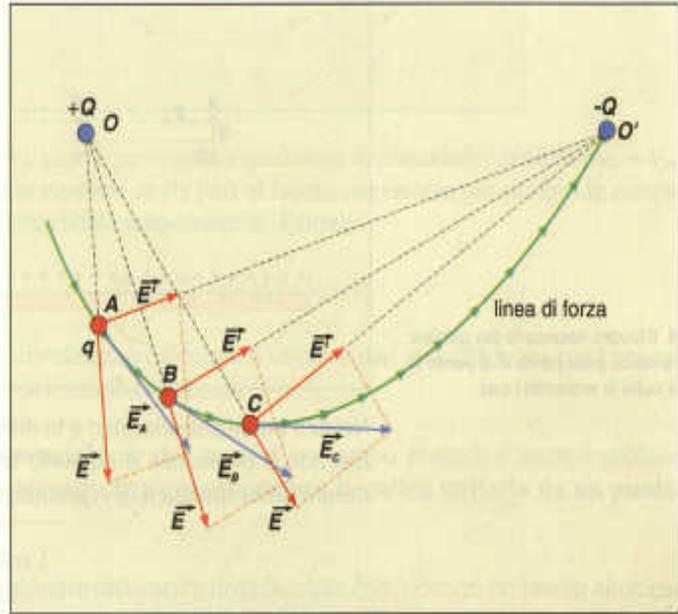
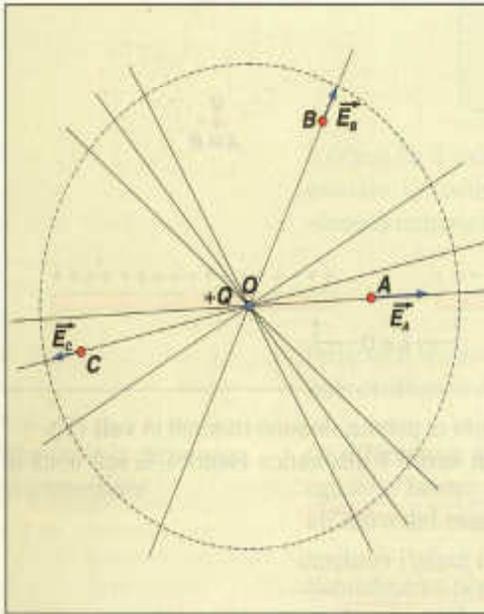
Campo generato da due cariche $+Q$ e $-Q$ concentrate nei punti O e O'

La carica di prova $q = 1\text{ C}$, posta in un qualunque punto A , risulta sottoposta alle due forze \vec{E} ed \vec{E}' , la cui risultante, secondo quanto è stato detto in precedenza, è \vec{E}_A (campo in A). Essa si muoverà, quindi, lungo la direzione di \vec{E}_A .

In un punto immediatamente vicino, essendo cambiata la posizione, cambiano i valori di \vec{E} ed \vec{E}' agenti sulla carica stessa.

In particolare, in B queste due forze daranno luogo a una nuova risultante \vec{E}_B (campo elettrico in B). La carica di prova ha cambiato direzione e si muove adesso lungo la direzione di \vec{E}_B . Così, in C si muoverà lungo la direzione di \vec{E}_C ecc. Infilando i punti A, B, C, \dots e unendoli con una linea, otteniamo la rappresentazione della linea di forza passante per A (fig. 6).

5. Sotto a sinistra. Linee di forza di un campo elettrico generato da una carica $+Q$ concentrata in un punto O .

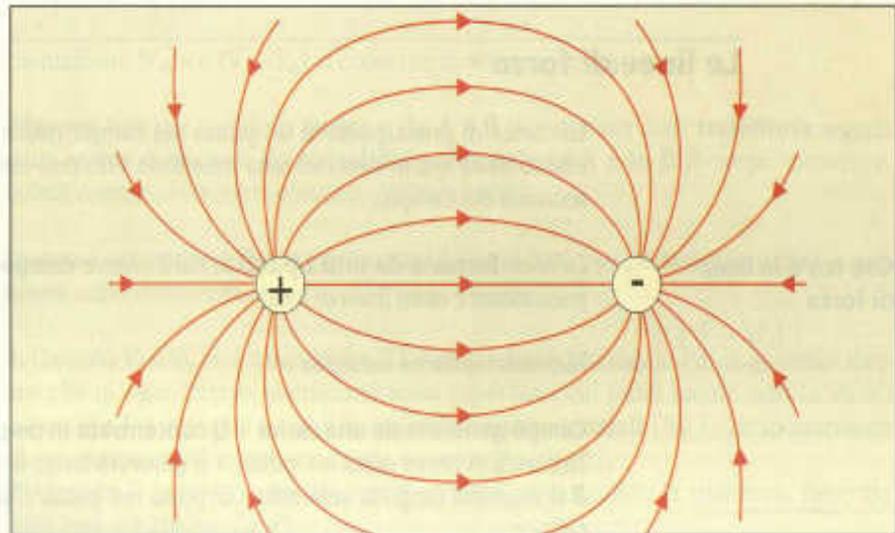


6. Sopra a destra. Costruzione di una linea di forza di un campo generato da due cariche elettriche $+Q$ e $-Q$.

Come si intuisce, la linea è una curva che esce da una delle cariche che hanno generato il campo ed entra nell'altra.

Estendendo lo stesso ragionamento ad altri punti del campo, avremo una configurazione dell'andamento delle linee di forza come quella illustrata nella fig. 7. Svolgiamo due ultime considerazioni sulle proprietà delle linee di forza.

7. Configurazione delle linee di forza di un campo elettrico generato da due cariche $+Q$ e $-Q$.

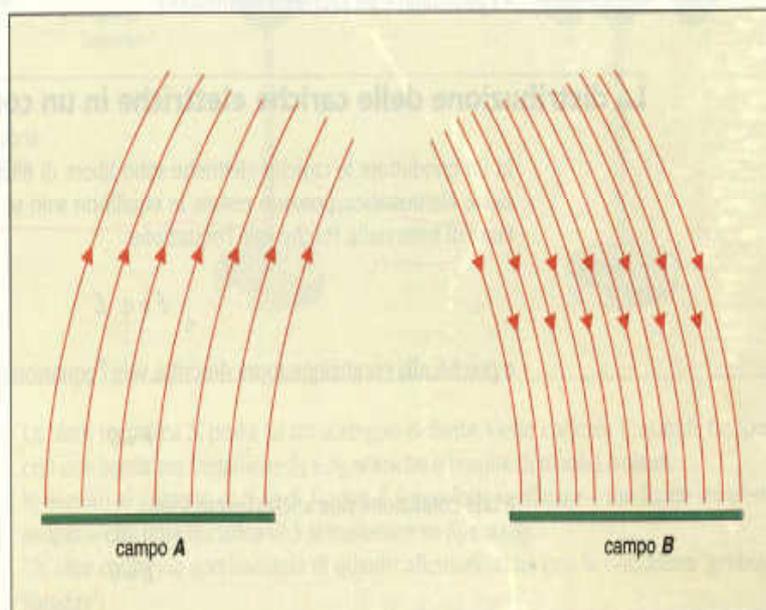


1. Convenzionalmente si dà un verso alle linee di forza, orientandole dalla carica positiva alla carica negativa.

2. In una rappresentazione grafica dei campi elettrici mediante le linee di forza, è più intenso il campo rappresentato mediante le linee più fitte, è meno intenso il campo rappresentato mediante linee meno fitte (fig. 8).

Il campo elettrico rappresentato nella fig. 7, in prossimità delle cariche $+Q$ e $-Q$, è, ovviamente, più intenso.

La rappresentazione grafica rispecchia questo fatto. Infatti, poiché tutte le linee entrano o escono dalle cariche in questione, in vicinanza delle cariche le linee si vanno addensando.



8. Il campo elettrico in B è più intenso del campo elettrico in A.

TEST

- 1 Definisci il campo elettrico.
- 2 Definisci il vettore campo elettrico.
- 3 Come si misura nel SI il vettore campo elettrico?
- 4 Determina l'intensità del campo elettrico in un punto in cui una carica elettrica di $2 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ è soggetta a una forza di 70 N.
- 5 Determina la forza agente su una carica di $3 \cdot 10^{-7} \text{ C}$ posta in un punto in cui l'intensità del campo elettrico è di $60 \cdot 10^7 \text{ N/C}$.
- 6 Definisci il potenziale del campo elettrico in un punto.
- 7 Definisci la differenza di potenziale tra due punti.
- 8 "Il campo elettrico è conservativo". Che cosa significa?
- 9 Che cos'è il volt (V)?
- 10 Fai un esempio di superficie equipotenziale.
- 11 Che cosa rappresenta una linea di forza di un campo elettrico?
- 12 Calcola il lavoro necessario per trasportare una carica elettrica di $5 \cdot 10^{-3} \text{ C}$ da un punto a un altro di un campo elettrico tra i quali esiste una differenza di potenziale di 300 V.