

**Liceo Scientifico Statale “L. Da Vinci”
Reggio Calabria**

Fisica

Il Campo Elettrico

**Studentessa
Valentina Ielo
5h – A.s. 2004/2005**

Origine del concetto di “*campo*”

Il fisico inglese Newton (1642 – 1727), occupandosi dell’interazione fra masse, si pose già nel Seicento il problema di come il Sole riesca ad attirare la Terra. Le forze operavano a distanza nel vuoto oppure richiedevano un mezzo che fosse in grado di trasmetterle? L’azione del Sole sul nostro pianeta, per esempio, è istantanea, e quindi con velocità infinita, oppure richiede un certo tempo per propagarsi da un corpo all’altro? Newton alla fine affermò di non essere riuscito a dedurre le ragioni di fondo per cui la gravità ha determinate proprietà e scrisse in relazione a tale questione la famosa frase “ *Hypoteses non fingo* “ (non invento ipotesi).

Nell’Ottocento anche il francese Ampère , occupandosi dell’azione fra le cariche elettriche, si pose su una linea analoga a quella di Newton. Tuttavia, in alcuni suoi scritti ricorse al concetto di *fluido* per giustificare l’interazione fra i corpi carichi elettricamente, in quanto per gli scienziati dell’epoca era difficile, anche da un punto di vista psicologico, rinunciare all’idea di un *agente* che fungesse da mediatore per la trasmissione delle forze.

Nel 1821 Faraday introdusse per la prima volta le *linee di forza* , che all’inizio egli immaginò come linee geometriche utili semplicemente per descrivere tramite il disegno l’azione della forza, ma a cui non attribuiva nessuna concretezza fisica. In un secondo momento, cominciò a pensare che attorno alle cariche vi fosse una reale modificazione dello spazio e che le linee di forza costituissero un modo per rappresentare in termini fisico-matematici tale modificazione. Nacque così, sia pure a livello soltanto intuitivo, il concetto di *campo*.

Definizione e proprietà dei campi elettrico e gravitazionale.

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

La legge di Coulomb

traduce formalmente l'idea che fra due cariche elettriche si produce una forza. Essa contiene le grandezze caratteristiche di ciascuna delle due cariche interagenti e del mezzo in cui si trovano , mediante il valore della costante k.

In quanto formula che consente di determinare l'entità della forza fra le cariche, la legge di Coulomb è ineccepibile e non lascia dubbi sulla sua validità.

Le difficoltà nascono, invece , quando si comincia a chiedere in che modo si stabilisca tale forza. Storicamente a tale domanda furono date due risposte: la prima afferma che la forza fra le cariche si stabilisce istantaneamente, nel momento stesso in cui le cariche vengono create; la seconda, invece , afferma che la forza tra le cariche è il risultato dell'interazione fra ciascuna carica e un ente fisico misurabile che viene generato dall'altra carica.

Tale ente fisico richiede , per propagarsi, un tempo finito anche se brevissimo, e, quindi , l'istante in cui si stabilisce la forza tra le due cariche *non* è quello stesso in cui le due cariche vengono create. Questo ente fisico pervade tutto lo spazio ed è denominato genericamente ***campo***.

E' possibile formalizzare la grandezza fisica campo nel caso particolare ma, molto importante, in cui esso sia generato da una sola carica puntiforme q_1

Si definisce ***vettore campo elettrico*** generato nel punto P dalla carica q_1 il vettore E espresso dalla relazione seguente:

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

ove q indica il valore di una carica (detta carica esploratrice) molto piccola (così piccola da non modificare sostanzialmente il campo prodotto da q_1) posta in P, e F indica la forza agente su q determinabile in base alla legge di Coulomb.

Pertanto l'**intensità** del vettore campo elettrico nel caso in esame risulta

$$E = \frac{K \frac{q_1 q}{r^2}}{q} = K \frac{q_1}{r^2}$$

La **direzione** del vettore E è data dalla congiungente di P con q_1 , il **verso** di E risulta centrifugo rispetto a q_1 se questa è positiva, centripeto rispetto a q_1 se questa è negativa.

Le **unità di misura** della grandezza vettore campo elettrico sono N/C

Osservazioni

- 1) Si noti che l'espressione formale del campo elettrico contiene solo grandezze dipendenti dalla carica che lo genera e dal mezzo in cui questa si trova, non grandezze caratteristiche della carica esploratrice. Quindi, anche in assenza della carica q , E continuerebbe ad avere in P un valore ben definito.
- 2) In base alla descrizione attuale della struttura della materia, sappiamo che qualunque distribuzione di carica può essere ricondotta a una distribuzione di numerosissime particelle cariche positivamente o negativamente e praticamente puntiformi rispetto alle usuali distanze macroscopiche. Il campo elettrico prodotto da una qualunque distribuzione di carica può essere considerato come la somma vettoriale dei campi generati da cariche puntiformi.

Per le formule che esprimono la forza elettrica o il campo elettrico si utilizza la

costante di Coulomb k . Questioni di tipo formale hanno però messo in evidenza la

convenienza di sostituire la costante k con un'altra costante, detta **costante dielettrica**

del mezzo (simbolo ϵ) così definita

$$\epsilon = \frac{1}{4\pi k}$$

Utilizzando questa nuova costante in luogo di k:

- la formula dell'intensità della forza elettrica che si produce fra due cariche q_1 e q_2 poste a distanza r è data da:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

- la formula dell'intensità del campo elettrico E generato dalla carica q_1 a distanza r è data da:

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon} \cdot \frac{q_1}{r^2}$$

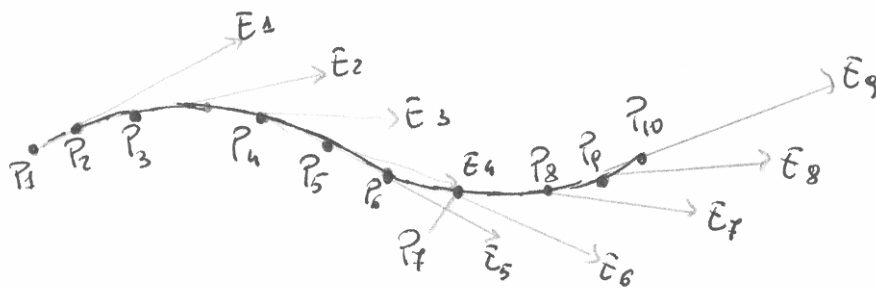
Spesso può essere utile saper descrivere, almeno in prima approssimazione, le caratteristiche del vettore campo elettrico nei diversi punti dello spazio circostante le cariche che generano il campo.

Questo obiettivo si realizza tracciando le cosiddette **linee di campo** (dette anche per motivi storici, **linee di forza**)

Sia P_1 un punto di un generico campo e E_1 il vettore rappresentativo del campo in esso. Si immagini di spostarsi nella direzione e nel verso indicati dal vettore E_1 da P_1 a P_2 . In questo nuovo punto il campo elettrico è caratterizzato da un vettore E_2 generalmente diverso da E_1

Ci si sposti ora , nuovamente, da P_2 , nella direzione e nel verso indicati da E_2 fino al punto P_3 e sia E_3 il vettore rappresentativo del campo in tale punto.

Così continuando si ottiene una successione di punti $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ estremi di una spezzata i cui lati P_1P_2, P_2P_3 ecc. individuano la direzione del vettore campo elettrico nei punti $P_1, P_2, \dots, P_n$ rispettivamente.



Se gli spostamenti P_1P_2 , P_2P_3 ecc. sono molto piccoli, si possono identificare, con ottima rappresentazione, con gli archi corrispondenti sulla linea curva che raccorda la successione dei punti. La linea così definita si dice **linea di campo del campo elettrico**. Le modalità con le quali si è costruita una linea di campo conducono alla seguente definizione:

si dice **linea di campo** quella linea le cui tangenti coincidono con la direzione del campo nel punto di tangenza.

La stretta analogia esistente tra la formula che esprime l'interazione fra cariche elettriche

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

e quella che esprime l'interazione fra masse

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Suggerisce immediatamente la possibilità di estendere a quest'ultima quanto detto a proposito della prima. In particolare, suggerisce l'introduzione del concetto di **campo**

gravitazionale, caratterizzabile mediante una grandezza vettoriale.

Data una generica distribuzione di masse, si definisce **vettore campo gravitazionale**

in un punto P dello spazio a essa circostante la grandezza vettoriale H , determinabile mediante la relazione :

$$H = \frac{F}{m} \quad (1)$$

Dove m è una piccola massa esploratrice (abbastanza piccola da non perturbare in modo significativo il campo prodotto dalla distribuzione di masse) posta in P e F è la

forza che si produce su m .

Le unità di misura di H si deducono immediatamente dalla formula (1) = N/kg

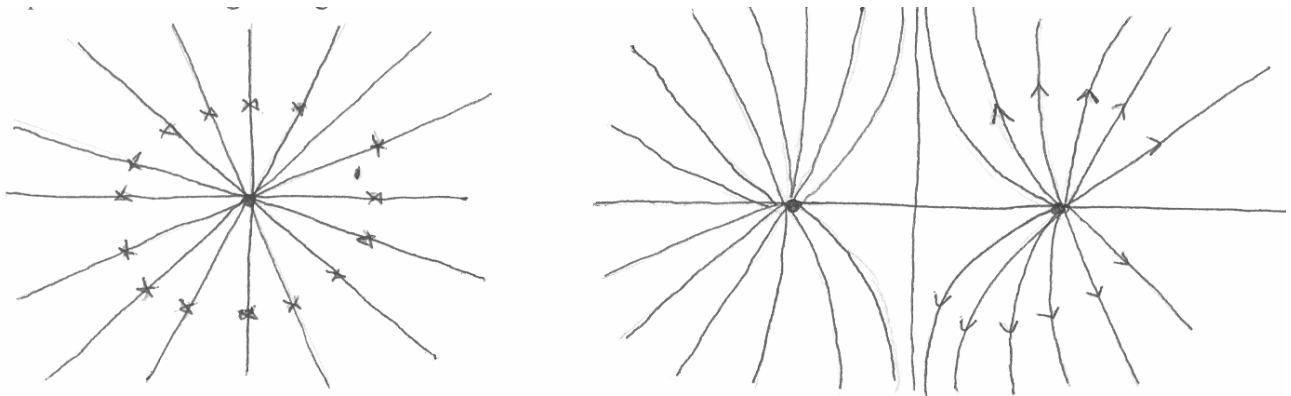
Il campo gravitazionale è dunque uno spazio i cui punti sono caratterizzati dal valore dell'*accelerazione di gravità* in essi registrabile, accelerazione che è prodotta dalle masse che creano quel campo.

Nel caso particolare in cui a generare il campo sia una sola massa m_1 puntiforme, l'intensità di H in un punto P distante r da m_1 e nel quale si immagina posta una massa m , è data da:

$$H = \frac{F}{m} = \frac{G \frac{m_1 m_2}{r^2}}{m} = G \frac{m_1}{r^2}$$

Come per il campo elettrico, è possibile tracciare un insieme di *linee di forza* anche per il campo gravitazionale. Tenendo conto che le forze gravitazionali sono solo attrattive, il loro andamento nel caso di in campo generato da una sola massa o da due

masse uguali è del tutto simile a quello riprodotto dalle figure seguenti:



L'esistenza del campo elettrico si può constatare attraverso gli effetti da esso prodotti in sistemi adeguatamente progettati in laboratorio. La stessa cosa non si può dire per il campo gravitazionale (se si esclude naturalmente il fatto che ogni oggetto che cade sta a testimoniare l'esistenza di questo campo).

Il motivo di questa differenza consiste nella diversa intensità dei due campi prodotti dalla medesima sorgente.

Per renderci conto di questa affermazione eseguiamo ora il calcolo della forza che i campi associati alla "carica elettrica" e alla "carica gravitazionale" di una particella-sorgente producono su un'identica particella posta, ad esempio, a una distanza uguale

a 100 suoi diametri dalla prima.

Come particella assumeremo il protone, il quale possiede una "carica elettrica" pari a $1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ e una "carica gravitazionale" pari a $1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$.

Il diametro approssimativo di un protone è di circa 10^{-15}m .

Pertanto:

Campo elettrico a 100 diametri =

$$9 \cdot 10^9 \frac{N m^2}{C^2} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} C}{(10^{-13} m)^2} = 1,44 \cdot 10^{17} N/C$$

Campo gravitazionale a 100 diametri =

$$6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N m^2}{kg^2} \cdot \frac{1,67 \cdot 10^{-27} kg}{(10^{-13} m)^2} = 1,11 \cdot 10^{-11} N/kg$$

Passando ora alle forze:

$$E \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} C = 2,3 \cdot 10^{-2} N$$

forza repulsiva elettrica su un
protone posto a 100 diametri

forza attrattiva gravitazionale su un
protone posto a 100 diametri

$$H \cdot 1,67 \cdot 10^{-27} kg = 1,85 \cdot 10^{-38} N$$

Questi calcoli ci fanno comprendere che, per ottenere una forza gravitazionale identica a una certa forza elettrica prodotta da un certo numero di particelle elettrizzate, occorrerà disporre di un sistema generatore di campo gravitazionale costituito da un numero di particelle enormemente grande.

Quanto affermato per le particelle e le cariche ferme può essere trasferito anche al caso di particelle e cariche in movimento, a sistemi, cioè, capaci di irraggiare nello spazio dei campi gravitazionali ed elettrici.

Pertanto, se per generare un campo elettrico abbastanza intenso da essere captato, è sufficiente un impulso di corrente lanciato in una piccolissima antenna alimentata da

una piccola batteria, per generare un campo gravitazionale altrettanto intenso è necessario attendere l'esplosione di enormi stelle o addirittura galassie; questo sistema non è certo comodo e, soprattutto, non è realizzabile a piacere e in un laboratorio.

Ielo Valentina

VH