7° Lezione

Fenomeni Elettrici

- Bellini-Manuzio, Fisica per le Scienze della Vita, Piccin (viale regina margherita 290)
- Serway-Jewett, Principi di Fisica, EdiSes
- -Physics in Biology and Medicine, Paul Davidovits, Elsevier Academic Press
- -Physics of the Human Body, Irving P. Herman, Springer.

Due tipi di cariche: Positive e Negative

- Cariche dello stesso segno si respingono
- Cariche di segno opposto si attraggono

Un atomo è composto da

particelle cariche positivamente: protoni particelle cariche negativamente: elettroni particelle neutre: neutroni

e in condizioni "normali" ha carica totale nulla cioè è elettricamente neutro. I protoni e i neutroni si trovano nel nucleo intorno al quale ruotano a varie distanze gli elettroni

Carica

Massa

Elettrone $-1.6 \cdot 10^{-19} \, \text{C}$ $9.1 \cdot 10^{-31} \, \text{kg}$ Protone $1.6 \cdot 10^{-19} \, \text{C}$ $1.6 \cdot 10^{-27} \, \text{kg}$ Neutrone 0 $1.6 \cdot 10^{-27} \, \text{kg}$

Ogni corpo è costituito da una gran numero di cariche elettriche positive e negative. In "condizioni normali", la distribuzione di queste cariche è tale che il corpo sia Elettricamente Neutro

Nei conduttori (metalli), gli elettroni (di valenza) sono debolmente legati agli atomi e quindi sono liberi di muoversi

Negli isolanti (plastica), gli elettroni sono strettamente legati agli atomi

Ogni corpo è costituito da una gran numero di cariche elettriche positive e negative. In condizioni normali, la distribuzione di queste cariche è tale che il corpo sia Elettricamente Neutro

Elettrizzazione

Alcuni corpi come la plastica, vetro, ambra, vengono <u>strofinati</u> con un panno di lana, acquistano una carica elettrica "Si Elettrizzano", cioè sono in grado di attrarre o respingere altri corpi.

Le particelle che si sposta durante il processo di elettrizzazione sono gli elettroni.

Per strofinio si levano o aggiungono cariche (elettroni) da/a un corpo e generando una carica netta negativa o positiva.

Ogni corpo è costituito da una gran numero di cariche elettriche positive e negative. In condizioni normali, la distribuzione di queste cariche è tale che il corpo sia Elettricamente Neutro

Induzione

Se un corpo carico viene avvicinato ad un metallo, sulla superficie del metallo avviene una ridistribuzione non uniforme delle cariche elettriche che quindi evidenzia le cariche elettriche positive da quelle negative.

Legge di Coulomb

La legge di Coulomb definisce la forza d'interazione tra due cariche elettriche che in modulo vale:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r} \frac{q_1q_2}{r^2}$$

 $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} C^2 / N / m^2$ costante dielettrica del vuoto

 ε_r = costante dielettrica del mezzo rispetto al vuoto.

 $\varepsilon_r = 1$ nel vuoto; $\varepsilon_r > 1$ nella materia

r: distanza tra le cariche

- > La carica elettrica si misura nel S.I. in coulomb (C)
- ➤ La carica elettrica di 1C è quella carica che posta alla distanza di un metro da una carica di segno uguale, la respinge con una forza pari a 9 10° N

Legge di Coulomb

La legge di Coulomb definisce la forza d'interazione tra due cariche elettriche che in modulo vale:

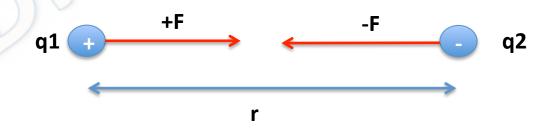
$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

 $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} C^2 / N / m^2$ costante dielettrica del vuoto

 ε_r = costante dielettrica del mezzo rispetto al vuoto.

 $\varepsilon_r = 1$ nel vuoto; $\varepsilon_r > 1$ nella materia

r: distanza tra le cariche



Campo Elettrostatico

I corpi elettricamente carichi e quindi le cariche elettriche generano nello spazio un campo Campo Elettrico.

Data una carica Q, la forza che una carica q subisce è data da:

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 \varepsilon_r} \frac{qQ}{r^2} \hat{r}$$

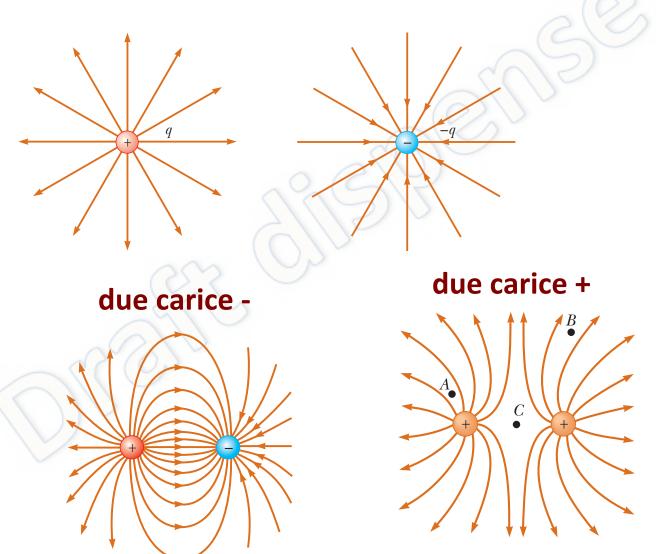
$$def: \overrightarrow{E} = \frac{F}{q}$$

- ➤ Il campo elettrico è definito come il rapporto tra la forza agente su una carica q e la carica stessa.
- ➤ Unità di misura nel S.I: NC⁻¹
- ➤ Il campo è radiale →

Campo

Campo di una carica positiva

Campo di una carica negativa

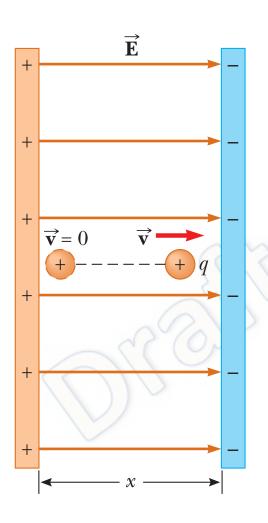


Campo tra due lastre Conduttrici parallele

Moto uniformemente accelerato con accelerazione:

$$q\overrightarrow{\mathbf{E}}/m$$

Condizioni iniziali : $X_i e V_i = 0$



$$x_f = x_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2$$

$$v_f = v_i + at$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a(x_f - x_i)$$

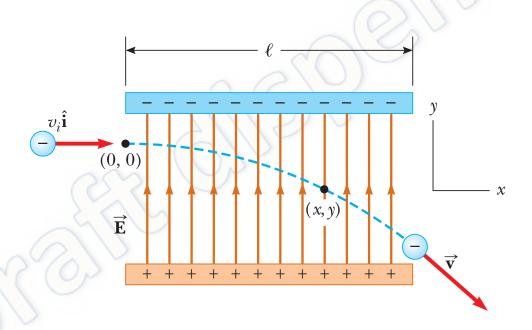
$$x_f = \frac{1}{2}at^2 = \frac{qE}{2m}t^2$$

$$v_f = at = \frac{qE}{m}t$$

$$v_f^2 = 2ax_f = \left(\frac{2qE}{m}\right)x_f$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\left(\frac{2qE}{m}\right)x = qEx$$

Una particella carica che passa attraverso il campo elettrico che si forma tra due lastre conduttrici cariche, viene deflessa



Energia Potenziale Elettrostatica

La forza che genera il campo elettrostatico è una forza conservativa.

- ➢ Il lavoro lungo una traiettoria chiusa è = 0
- ➤ Si può quindi definire l' energia potenziale elettrostatica di una carica q, una funzione U(r) che dipende solo dalla posizione, tale che il lavoro elettrico per spostare la carica q dalla sua posizione iniziale a quella finale è :

$$L_{if} = U(r_i) - U(r_f)$$

$$ricorda: L = \overrightarrow{F} \cdot d\overrightarrow{s}$$

La carica q (carica di test) è immersa in un campo elettrico (generato da una distribuzione di carica esterna). Il potenziale elettrico del sistema formato dalla carica q nel campo E dipende dalla carica di test q e da tutte le altre cariche che formano il campo.

Potenziale elettrico

Il potenziale elettrico è definito come

$$def: V(r) = \frac{U(r)}{q}$$

$$V(r) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r} \frac{Q}{r}$$

- ➤ Unità di misura nel S.I.: volt (V)=joule/coulomb
- ➤ Il lavoro per spostare una carica q dalla posizione iniziale i a quella finale f è quindi dato da:

$$L_{if} = U(r_i) - U(r_f) = q[V(r_i) - V(r_f)]$$

Potenziale elettrico

- ➤ Unità di misura nel S.I.: volt (V)=joule/coulomb
- ➤ Il lavoro per sportare una carica q dalla posizione iniziale i a quella finale f è quindi dato dalla Differenza Di Potenziale (d.d.p)

$$L_{if} = U(r_i) - U(r_f) = q[V(r_i) - V(r_f)]$$

$$1V = \frac{1J}{1C}$$

Quindi:

una d.d.p = 1V esiste tra due punti, se le forze del campo elettrico compiono un lavoro di 1J per spostare una carica di 1C tra i due punti (punto iniziale -> punto finale)

➤ Unità di misura spesso usata: elettronVolt (eV) = 1.6 10^{-19} C· $1V = 1.6 10^{-19}$ J

Moto delle cariche

Applicata una d.d.p.:

- > Le cariche + si muovono verso i potenziali decrescenti
- > Le cariche si muovono verso i potenziali crescenti

$$L_{if} = q[V(r_i) - V(r_f)]$$

$$\text{se } L_{if} > 0$$

$$q > 0 \Rightarrow V(r_i) > V(r_f)$$

$$q < 0 \Rightarrow V(r_i) < V(r_f)$$

Per avere lavoro sulla carica q di test, generato dal campo E prodotto da una distribuzione di cariche (lavoro positivo quindi), se la carica è + allora il potenziale elettrico iniziale deve essere maggiore di quello finale mentre se la carica è – vale il contrario

Capacità elettrica

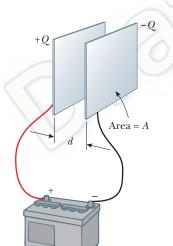
Quando a un conduttore (inizialmente isolato) viene data una carica Q, il conduttore assume un potenziale V.

Si definisce capacità elettrica C del conduttore il:

$$def: C = \frac{Q}{V}$$

Si definisce capacità elettrica

- La capacità dipende solo dalla forma geometrica del conduttore
- ➤ Le unità di misura sono i farad (F) tali che 1F=1 C/V

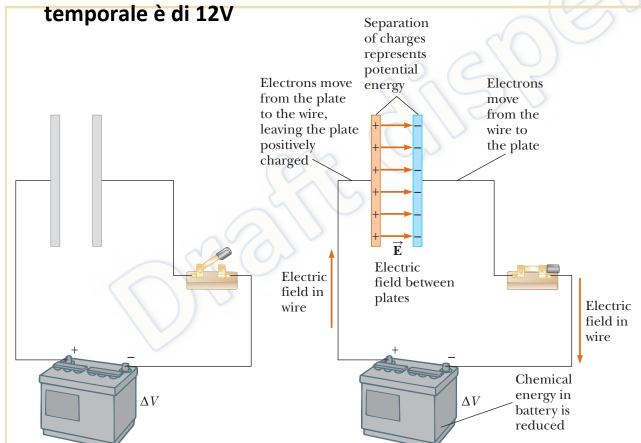


Per due lastre piane e parallele

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

La quantità di carica che il sistema delle due lastre può avere data un certa d.d.p <u>In generale</u> se due corpi conduttori vengono messi in contatto (filo con piastra), avviene una ridistribuzione di cariche tali da portare i due conduttori allo stesso potenziale elettrico.

- Il polo positivo della batteria porta la lastra metallica di sinistra al suo potenziale
- > Il polo negativo della batteria porta la lastra metallica di destra al suo potenziale
- > La d.d.p tra le due lastre piane e parallele che s'instaura dopo un transiente



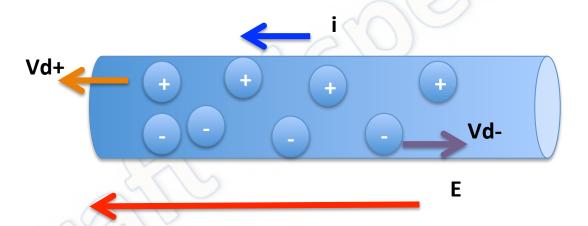
ACTIVE FIGURE 20.20

(a) A circuit consisting of a capacitor, a battery, and a switch. (b) When the switch is closed, the battery establishes an electric field in the wire that causes electrons to move from the left plate into the wire and into the right plate from the wire. As a result, a separation of charge exists on the plates, which represents an increase in electric potential energy of the system. This energy in the system of the circuit has been transformed from chemical energy in the battery.

Physics Now™ Log into
PhysicsNow at www.pop4e.com and
go to Active Figure 20.20 to adjust
the battery voltage and see the
result on the charge on the plates
and the electric field between the
plates.

Corrente elettrica

Quando ai capi di un filo conduttore viene applicata una d.d.p, allora si produce una corrente elettrica dovuto al moto delle cariche nel filo. Le cariche positive si muovo in verso opposto a quelle positive e il verso della corrente è preso come quello del moto delle cariche +.



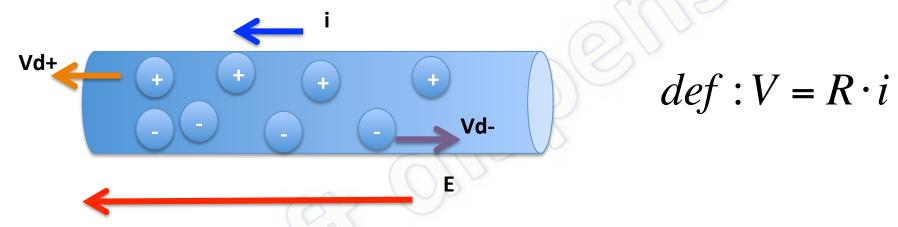
Si definisce intensità di corrente elettrica:
$$def: i = \frac{q}{t}$$

Rapporta tra la quantità di carica che attraversa la sezione di un conduttore e il tempo trascorso.

Unità di misure: ampère: (A) ed è una grandezza fondamentale

Leggi di Ohm

In un conduttore metallico l'intensità della corrente elettrica è proporzionale alla d.d.p. applicata ai suoi estremi



La resistenza di un conduttore metallico di lunghezza L e sezione A è:

Unità di misura di R nel S.I. ohm (
$$\Omega$$
) = volt/ampere $R = \rho \frac{L}{A}$ Unità di misura pratica di ρ ohm·cm = (Ω ·cm)

Resistività: dipende dalla natura del materiale e dalla sua temperatura Le correnti possono essere di due tipi: variabili nel tempo i(t) o costanti

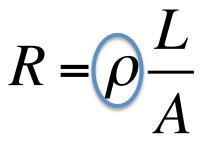
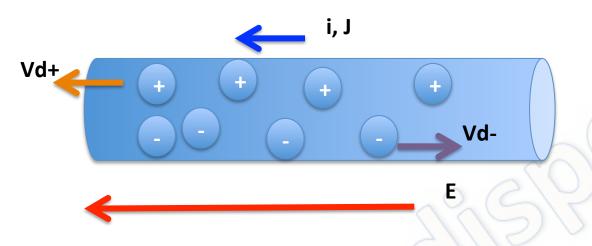


TABLE 21.1	Resistivities and Temperature Coefficients of Resistivity for Various Materials	
Material	Resistivity $^a (\Omega \cdot m)$	Temperature Coefficient α [(°C) ⁻¹]
Silver	1.59×10^{-8}	3.8×10^{-3}
Copper	1.7×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Gold	2.44×10^{-8}	3.4×10^{-3}
Aluminum	2.82×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Tungsten	5.6×10^{-8}	4.5×10^{-3}
Iron	10×10^{-8}	5.0×10^{-3}
Platinum	11×10^{-8}	3.92×10^{-3}
Lead	22×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Nichrome ^b	1.50×10^{-6}	0.4×10^{-3}
Carbon	3.5×10^{-5}	-0.5×10^{-3}
Germanium	0.46	-48×10^{-3}
Silicon	640	-75×10^{-3}
Glass	10^{10} to 10^{14}	
Hard rubber	$\sim 10^{13}$	
Sulfur	10^{15}	
Quartz (fused)	75×10^{16}	

^aAll values are at 20°C.

Leggi di Ohm generalizzata



La densità di corrente: $def: \vec{J} = \sigma \cdot \vec{E}$

 σ è la conducibilità elettrica ed è proporzionale alla velocità media degli elettroni < v_e >

$$\rho$$
=1/ σ

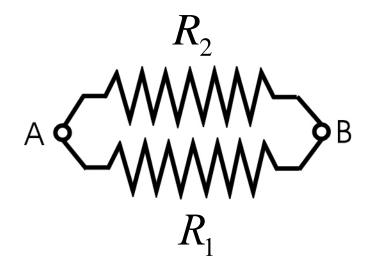
Unità di misura di J nel S.:1.: ampere·m⁻² (Am⁻²)

Resistenze in Serie

$$\begin{array}{c} \overset{\mathsf{A}}{\hspace{-2pt}} & \overset{\mathsf{B}}{\hspace{-2pt}} & \overset{\mathsf{C}}{\hspace{-2pt}} \\ & R_1 & R_2 \\ \\ V_B - V_A = R_1 \cdot i \\ V_C - V_B = R_2 \cdot i \\ \\ \Rightarrow V_C - V_A = (R_1 + R_2) \cdot i = i \cdot \mathbf{R}_{\text{equivalente}}^{\text{serie}} \\ R_{tot} = R_1 + R_2 + \dots \end{array}$$

Tra i punti A e C è applica una d.d.p. La corrente scorre lungo le due resistenze (percorso vincolato).

Resistenze in Serie



La corrente sceglie sempre il passaggio con minor resistenza

Tra i punti A e B è applica la stessa d.d.p quindi le due resistenze sentono la stessa d.d.p ma la corrente come si distribuisce?

$$\begin{cases} \frac{V_B - V_A}{R_1} = i_1 \\ \frac{V_B - V_A}{R_2} = i_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow i = i_1 + i_2 = \left(V_B - V_A\right) \left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right]$$

$$\Rightarrow V_B - V_A = i \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = i \cdot R_{\text{equivalente}}^{\text{parallelo}}$$

$$R_{equivalente}^{serie} > R_{equivalente}^{parallelo}$$

Effetto Joule

Il lavoro che la d.d.p compie per il passaggio della carica q=i·t è:

$$L = V \cdot q = V \cdot i \cdot t$$

Questo lavoro viene dissipato in calore tramite la resistenza (si scalda)

Se un conduttore è mantenuto ad una d.d.p costante

$$\begin{cases} L = V \cdot q = V \cdot i \cdot t \\ i = \frac{V}{R} \end{cases}$$

$$\Rightarrow L = \frac{V^2}{R} \cdot t$$

Se un conduttore è mantenuto ad una corrente costante

$$\begin{cases} L = V \cdot q = V \cdot i \cdot t \\ i = \frac{V}{R} \end{cases}$$

$$\Rightarrow L = i^2 \cdot R \cdot t$$

Effetto Joule

La potenza dissipata è def:

$$P = \frac{L}{t}$$

Unità di misura nel S.I.: J/s = watt (W)

Se un conduttore è mantenuto ad una d.d.p costante

Se un conduttore è mantenuto ad una corrente costante

$$\Rightarrow P = \frac{V^2}{R}$$

$$\Rightarrow P = i^2 \cdot R$$