

Elettrostatica

Elettrostatica studia l'interazione fra corpi stazionari dotati di carica.

Fenomeno di elettrizzazione:

per strofinamento: operazione che produce cariche opposte su coppia oggetti
(es: ambra con pelliccia, vetro con seta).

per contatto: passaggio elettricità fra corpi a contatto elettrizzati e non elettrizzati.

Due tipi di elettrizzazione: **positiva e negativa.**

(esempio: ambra strofinata ha carica negativa, vetro ha carica positiva).

Due palline metallo a contatto entrambe con ambra o entrambe con vetro elettrizzati → si respingono

Due palline metallo a contatto una con ambra e una con vetro elettrizzati → si attraggono

Conduttori ed isolanti

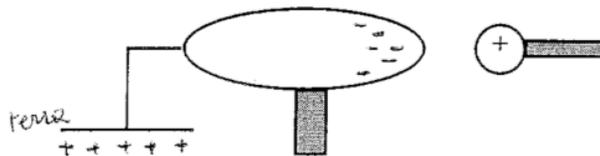
Nei conduttori si ha presenza di elettroni liberi di muoversi

Corpo carico avvicinato a conduttore isolato (non elettrizzato) → il conduttore viene elettrizzato nella parte vicina al corpo carico (con carica opposta a quella del corpo)

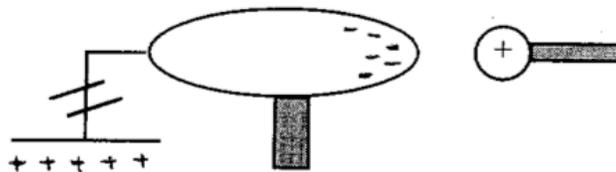


La carica totale nel conduttore e' zero, ma elettroni si sono spostati per induzione nella parte vicino corpo carico lasciando deficienza di elettroni nell'altra parte

Elettrizzazione per induzione



Conduttore collegato a terra → elettroni fluiscono da terra per neutralizzare parte positiva lontana da corpo carico (terra perde elettroni). Rimane la carica vicina al corpo carico.



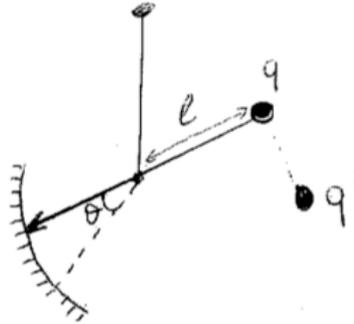
Tagliamo connessione con la terra. Se ora allontaniamo corpo carico il conduttore conserva eccesso di carica negativa → elettrizzato negativamente. Si poteva elettrizzarlo positivamente con corpo carico negativamente

Legge di Coulomb

E' la legge che descrive la **forza fra due cariche elettriche**.

Coulomb fu il primo a verificarla sperimentalmente.

Consideriamo una sferetta con carica q all'estremita' di una bacchetta isolante sospesa orizzontalmente mediante un filo a torsione.



Ad essa viene avvicinata sferetta con carica q' .

Sferetta sospesa viene respinta e si ha torsione del filo di angolo θ .

Si puo' studiare la forza di repulsione:

variando q

variando q'

variando la distanza r fra q e q'

Forza di Coulomb

$$F = k \frac{qq'}{r^2}$$

Cariche puntiformi \rightarrow direzione forza lungo la congiungente

Il verso forza dipende se forza e' **attrattiva** o **repulsiva** (se cariche segno opposto o stesso segno)

Unita' di misura della carica elettrica

Si e' introdotto l'unita' di carica nel sistema MKSA chiamato **Coulomb**.

Introducendo il Coulomb la costante k non e' adimensionale:

$$[k] = [M L^3 T^{-2} Q^{-2}]$$

Si definisce:

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

ϵ_0 = costante dielettrica del vuoto

$$\epsilon_0 = 8.86 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$$

$$k = 8.98 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

Se il mezzo non e' il vuoto si usa costante dielettrica del mezzo:

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r$$

ϵ_r = costante dielettrica relativa

La forza di Coulomb e':

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2}$$

Coulomb (C) e' definito quindi come:

la quantita' di carica che posta ad 1 m di distanza da una carica uguale, nel vuoto, la respinge con una forza di $8.98 \cdot 10^9$ N

Campo elettrico

Un corpo carico e' un corpo circondato da campo di forze: regione dello spazio dove altri corpi carichi sono soggetti a forze.

La forza su un corpo carico puo' esser vista come **interazione corpo-campo elettrostatico** prodotto da una o molte cariche distribuite nello spazio.

Questo campo e' il **campo elettrico**.

Per lo studio degli effetti del campo si introduce una "carica di prova" (piccola come dimensioni e carica) con carica positiva +q. Essa e' soggetta a forza elettrica F.

Definiamo **intensita' del campo elettrico**:

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

E' **grandezza vettoriale**.

Unita' di misura: **Newton/Coulomb**

Linee di forza del campo: famiglia di curve tangenti in ogni punto ai vettori del campo → rappresentano la direzione e verso in cui la carica di prova sarebbe spinta dalla forza del campo.

Linee di forza vanno da carica positiva a carica negativa.

Campo elettrico di una carica puntiforme +Q

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

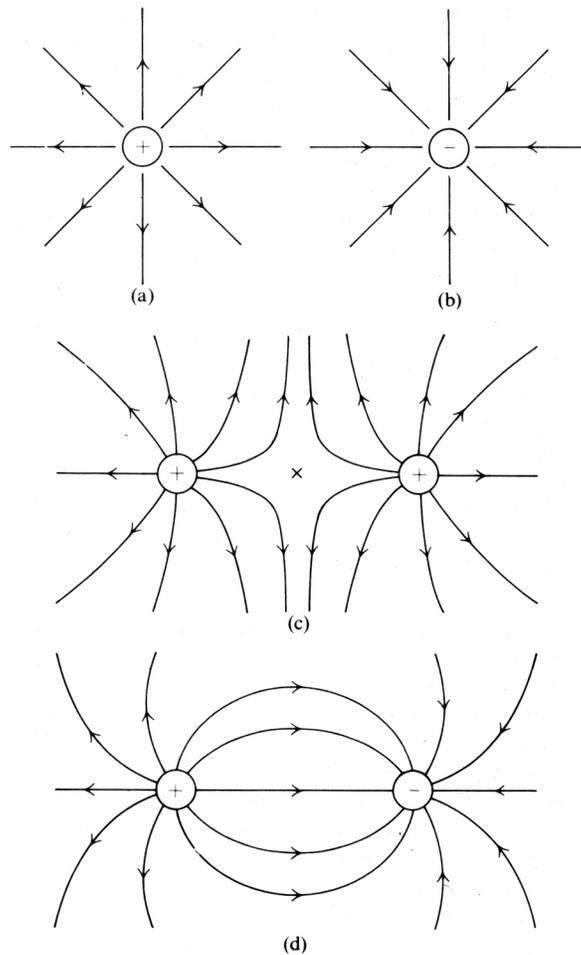
Infatti si ricava dalla forza di Coulomb:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{r^2}$$

Il campo ha simmetria sferica.

Le linee di forza di carica +Q vanno verso l'esterno.

Se la carica e' -Q le linee vanno verso l'interno.

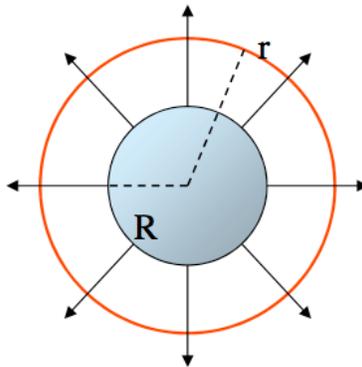


Linee di campo sono piu' fitte dove il campo elettrico e' piu' intenso.

Campo elettrico per un conduttore sferico

Consideriamo un conduttore sferico di raggio R che porta carica $+q$

Per simmetria le linee di forza sono perpendicolari a tutte le superfici sferiche concentriche di raggio r esterne al conduttore.



Si puo' calcolare il **campo elettrico a una certa distanza r dal centro** del conduttore (cioe' su superficie sferica di raggio r).

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Il **campo elettrico E a distanza r e' indipendente dal raggio R del conduttore** (sfera puo' essere grande o piccola, basta che sia $R < r$).

Il campo elettrico e' lo stesso come se tutta la carica q fosse concentrata nel centro della sfera (carica puntiforme)

Il campo elettrico E sulla superficie del conduttore sferico carico (quindi a distanza R dal centro della sfera) e':

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2}$$

Se sulla sfera di raggio R del conduttore la carica e' distribuita uniformemente si ha **densita' superficiale di carica σ costante**:

$$\sigma = \frac{q}{4\pi R^2}$$

Quindi il **campo su una superficie sferica carica isolata e'**:

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R^2} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

Campo elettrico per un conduttore piano

Se un conduttore sferico isolato ha raggio R che tende all'infinito si ha un **conduttore piano**

Per qualunque raggio R del conduttore, quindi anche al limite che tende all'infinito (conduttore piano), il campo elettrico vale:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

Se si hanno **due conduttori piani paralleli** infinitamente estesi il campo elettrico nella regione fra i piani vale ancora:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

Se i piani sono hanno dimensione finita la relazione vale ancora trascurando gli effetti ai bordi

Potenziale elettrico

Il campo elettrico totale e' la somma di n campi, e' una grandezza vettoriale.

E' comodo rappresentare il campo elettrico con il **potenziale elettrostatico**. Il potenziale e' **grandezza scalare**.

La forza elettrica compie lavoro spostando una carica.

Si puo' spostare una carica in un campo elettrico con una forza che compie lavoro contro la forza elettrica.

La carica in un campo elettrico possiede una **energia potenziale elettrostatica**.

Definiamo come:

potenziale di un campo (in una posizione): energia per unita' di carica per portare una carica di prova positiva dall'infinito al punto considerato.

Il **potenziale dipende dalla posizione**.

Per convenzione il **potenziale all'infinito vale zero**.

Consideriamo una carica puntiforme +Q.

La forza elettrica che agisce su carica +q a distanza ad una generica distanza r da +Q e':

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{r^2}$$

La forza elettrica compie lavoro infinitesimo dW spostando la carica $+q$ a distanza dr :

$$dW = F dr = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{r^2} dr$$

Il lavoro che la forza elettrica compie per spostare la carica $+q$ da distanza R da $+Q$ all'infinito:

$$W = \int_R^{\infty} F dr = \int_R^{\infty} \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 r^2} dr = -\frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 r} \Big|_R^{\infty} = \frac{qQ}{4\pi\epsilon_0 R}$$

Questo e' anche il lavoro che si compie contro la forza elettrica per portare la carica $+q$ dall'infinito a R .

E' **energia potenziale** posseduta dalla carica $+q$.

Il **potenziale V e' energia potenziale/carica (lavoro/carica)**:

$$V = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$$

E' **energia per unita' di carica immagazzinata che viene recuperata quando la carica viene spinta all'infinito dalla forza elettrica.**

Lavoro indipendente da percorso: **forza elettrica e' conservativa**

Differenza di potenziale

Se fra punto A e punto B si ha differenza di potenziale ($V_A - V_B$) occorre fare un lavoro **$W = q (V_A - V_B)$** per portare una carica q da un punto all'altro contro le forze del campo.

Unità di misura del potenziale e': **Volt (V) → Joule/Coulomb**

Due punti hanno differenza di potenziale di 1 Volt se occorre fare un lavoro pari a 1 Joule per portare una carica di 1 Coulomb da 1 punto all'altro contro le forze del campo.

Superficie equipotenziale se tutti i punti della superficie si trovano allo stesso potenziale.

Le superfici equipotenziali sono sempre perpendicolari alle linee di forza del campo elettrico (la componente del campo elettrico parallela alla superficie equipotenziale e' nulla).

Superficie di un conduttore carico e' equipotenziale → le cariche libere di muoversi si spostano finche' rendono il potenziale uguale in ogni punto.

Puo' essere comodo usare l'**elettronvolt (eV)**:
l'elettronvolt e' energia acquistata da 1 elettrone che attraversa una differenza di potenziale di 1 Volt.

Poiche' carica elettrone = $1.6 \cdot 10^{-19}$ C, se differenza di potenziale e' 1V, l'elettrone acquista energia cinetica pari a $1.6 \cdot 10^{-19}$ J.

Differenza di potenziale fra due piastre cariche parallele

Supponiamo distanza fra le piastre: d

Campo elettrico fra due piastre cariche: $E = \sigma/\epsilon_0$

Lavoro della forza elettrica $F = q' E$ per portare una carica q' da piastra negativa e piastra positiva distanti d :

$$W = q' E d$$

Differenza di potenziale e':

$$V = W/q'$$

$$V = E d$$

Capacita' di un conduttore

Non si possono depositare infinitamente cariche su un conduttore metallico isolato → il campo elettrico puo' raggiungere un valore limite (poi si produce scarica attraverso l'aria o attraverso sostegno isolante).

La stessa quantita' di carica non produce lo stesso potenziale su tutti i conduttori.

Si definisce come **capacita' di un conduttore la carica da esso posseduta quando il suo potenziale e' unitario:**

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

Unita' di misura (MKSA): **Farad (F)** = Coulomb/Volt

Un conduttore ha la capacita' di 1 F se acquistando la carica di 1 C assume un potenziale di 1 V.

Capacita' di un conduttore sferico (di raggio r e carica +Q)

$$C = Q/V = Q / \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$C = 4 \pi \epsilon_0 r$$

Condensatori

Solitamente non si usa un conduttore isolato per immagazzinare cariche → se ad un conduttore isolato si avvicina un altro conduttore la capacità totale aumenta.

Solitamente il secondo conduttore è messo a terra

Se il primo conduttore ha carica $+q$ → il secondo si carica con $-q$ per induzione

Le due armature sono cariche con segno opposto: si ottiene un **condensatore**

Fra i due conduttori si ha mezzo isolante

Linee di forza e quindi del campo elettrico vanno da armatura positiva + ad armatura negativa -.

Capacità è carica sull'armatura positiva /differenza di potenziale fra le armature ($Q/\Delta V$)

Energia di un condensatore carico

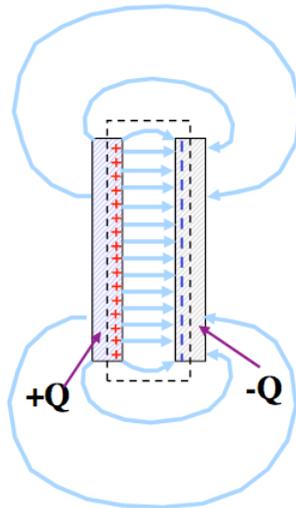
Per caricare un condensatore occorre spendere energia.

È energia accumulata come energia potenziale elettrostatica liberata quando il condensatore si scarica

Un condensatore si carica fino ad un certo potenziale V → possiede energia ben definita (indipendente dal processo di caricamento)

Condensatore piano

Due piastre piane parallele di superficie A poste a distanza d



Differenza di potenziale V e':

$$V = E d = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d$$

La **capacità** C :

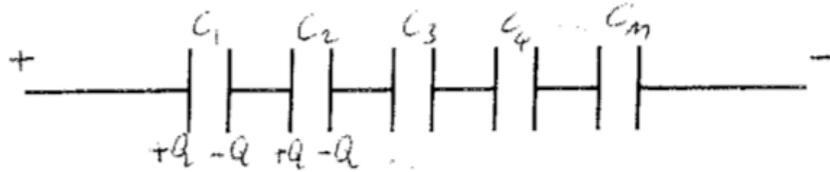
$$C = Q/V = \frac{A\sigma}{\frac{\sigma}{\epsilon_0} d}$$

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

Se lo spazio fra le due armature e' riempito di dielettrico con costante dielettrica ϵ :

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

Condensatori in serie



Differenza di potenziale V ai due capi della catena

Numero n di condensatori di capacita' $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$

Calcoliamo la capacita' equivalente C

Al sistema si fornisce carica Q

La prima armatura del condensatore 1 ha carica $+Q \rightarrow$ seconda armatura assume carica $-Q$ per induzione

La prima armatura del condensatore 2 ha carica $+Q$ (perche' e' collegato a seconda armatura condensatore 1 \rightarrow hanno carica totale nulla)

Così fino all'ultimo condensatore

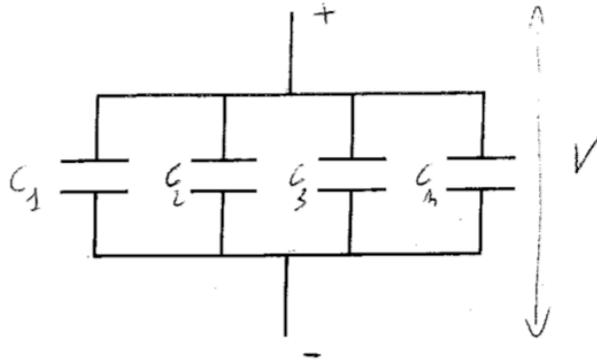
Siano $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$ le differenze di potenziale dei condensatori

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3} + \dots + \frac{Q}{C_n}$$

Poiche' $V = Q/C$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Condensatori in parallelo



Ciascun condensatore ha stessa differenza di potenziale V .

Calcoliamo la capacita' equivalente C

La carica Q fornita al sistema si distribuisce secondo le varie capacita'.

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots + Q_n = C_1 V + C_2 V + C_3 V \dots + C_n V$$

Poiche' $Q = C V$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \dots + C_n$$

Conduzione nei solidi

Si ha flusso di cariche se c'è differenza di potenziale.

Per convenzione il flusso è quello delle cariche positive (da potenziale maggiore a potenziale minore).

Il flusso in realtà è di elettroni (quindi è opposto)

Flusso di cariche e' corrente elettrica

Corrente media I_m in un intervallo di tempo t e':

$$I_m = \frac{Q}{t}$$

Q = carica totale passante per una sezione di un filo in certo tempo t

Corrente istantanea = derivata della carica rispetto al tempo:

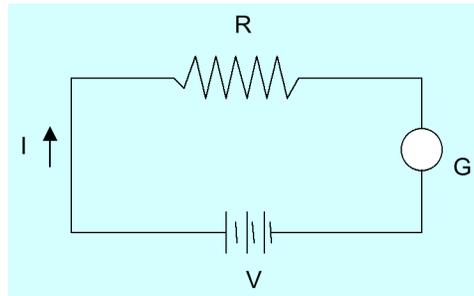
$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Se corrente è stazionaria (differenza di potenziale costante ai capi del filo) allora corrente media = corrente istantanea

Unità di corrente elettrica: **Ampere (A)** = Coulomb/secondo

Legge di Ohm

Consideriamo un circuito chiuso con dispositivo (batteria) che genera differenza di potenziale V



Mettiamo nel circuito un misuratore di corrente G
Variando la differenza di potenziale: $V, 2V, 3 V \dots \rightarrow$
si misura corrente $I, 2 I, 3 I, \dots$

Corrente e' proporzionale alla differenza di potenziale posta ai capi del conduttore.

Legge di Ohm

$$V = R I$$

$$\frac{V}{I} = \text{costante} = R$$

R e' la resistenza del circuito

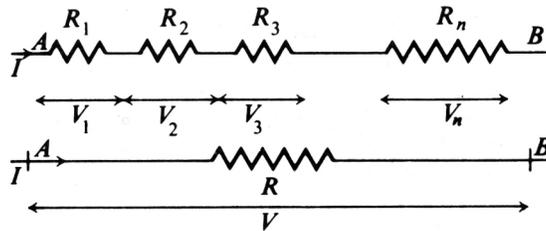
Il filo conduttore ha resistenza

Una resistenza nel circuito puo' essere un componente elettrico o un apparecchio elettrico

Unita' di misura: **Ohm** (Ω) = Volt/Ampere

1 ohm e' la resistenza di un conduttore con differenza di potenziale pari a 1 Volt quando fluisce 1 A di corrente.

Resistenze in serie



Fluisce corrente stazionaria $I \rightarrow I$ e' la stessa in tutti i resistori

Differenza di potenziale fra A e B e' V

Calcoliamo la resistenza equivalente R

Resistore equivalente $R \rightarrow$ deve valere $V = R I$

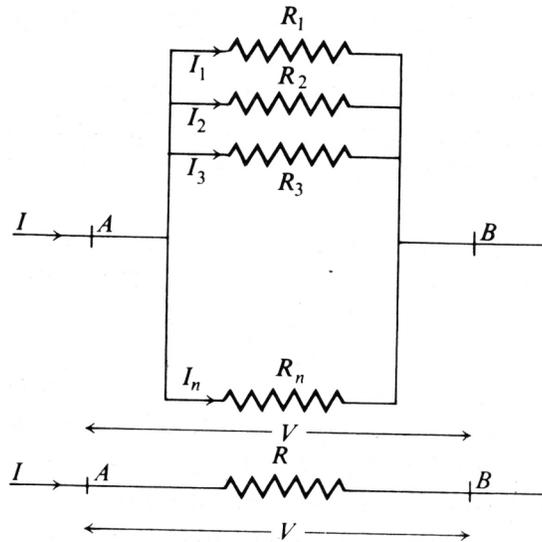
Per legge di Ohm

$$I R = V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n = I R_1 + I R_2 + I R_3 + \dots + I R_n$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Resistenza equivalente e' maggiore delle singole resistenze

Resistenze in parallelo



Differenza di potenziale fra ciascun dei due capi dei resistori e' V

I si distribuisce nei vari rami a seconda delle resistenze

Calcoliamo la resistenza equivalente R

Nel circuito con R equivalente vale $I = \frac{V}{R}$

Per la legge di Ohm:

$$\frac{V}{R} = I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} + \dots + \frac{V}{R_n}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Resistenza equivalente e' minore delle singole resistenze

Resistività'

Se si hanno fili di lunghezza L diversa, con applicata la stessa differenza di potenziale V , si dimostra sperimentalmente che il grafico della corrente I in funzione di $1/L$ e' una retta.

I proporzionale ad $1/L$

I proporzionale a $1/R$ (per legge di Ohm se V e' costante)

Quindi:

R proporzionale a L

Se si hanno fili di sezione A diversa, con applicata la stessa differenza di potenziale V , si dimostra sperimentalmente che il grafico della corrente I in funzione di A e' una retta

I proporzionale ad A

I proporzionale a $1/R$

Quindi:

R proporzionale a $1/A$

Risulta:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

ρ = resistività' del materiale

Unita' di misura di ρ : ohm m

Per molti materiali la resistività aumenta al crescere della temperatura

Manteniamo la stessa V e misuriamo I a diverse temperature

La variazione della resistenza è proporzionale alla variazione di temperatura in intervalli non grandi (circa 0°C – 100°C)

$$R_t = R_0[1 + \alpha(t - t_0)]$$

$$\alpha = \frac{R_t - R_0}{R_0(t - t_0)}$$

È **coefficiente di temperatura della resistenza**

È la variazione relativa della resistenza per variazione di temperatura di 1 grado

Effetto termico della corrente (effetto Joule)

Supponiamo differenza di potenziale V fra punto A e punto B
Se in A il potenziale e' maggiore \rightarrow carica Q in A presenta energia potenziale maggiore di $Q V$ rispetto quella in B

Carica fluisce da A (potenziale maggiore) a B (potenziale minore)
Lavoro compiuto su carica Q da campo di forze elettriche e' QV

Per esempio, se corrente fluisce in motore elettrico il lavoro e' convertito in energia meccanica

Se corrente passa in un resistore si ha aumento di energia cinetica di vibrazione \rightarrow lavoro della forza elettrica produce calore

Se differenza di potenziale e' $V \rightarrow$ lavoro e' $Q V$

Potenza dissipata dalla corrente e' lavoro/tempo t :

$$P = \frac{QV}{t} = IV = RI^2 = \frac{V^2}{R}$$

Effetto Joule: per effetto della resistenza del mezzo l'energia cinetica acquistata dalla carica e' trasformata in energia termica

Il calore (in Joule) e':

$$P t = I V t$$

Se potenza di 1 W e' applicata per 1 s \rightarrow energia = di 1 Joule

Se 1 kW di potenza e' applicato per 1 ora \rightarrow energia = 1 kWh = 10^3 3600 J s

Esercizi

- 1) Un essere umano può rimanere folgorato se una pur piccola corrente di **50 mA** passa vicino al suo cuore. Un elettricista che lavora a mani nude e sudate realizza un buon contatto elettrico. Se la resistenza dell'elettricista è **2000 Ω**, quale tensione gli sarebbe fatale ?

$$(\Delta V = 100 \text{ V})$$

$$V = R I$$

$$V = 2000 * 0.05 \text{ V}$$

- 2) Una stufa elettrica da **1250 W** viene costruita per essere alimentata a **220 V**. Quale sarà la corrente nella stufa? Qual è la resistenza dell'elemento riscaldante? Quanta energia viene prodotta in un'ora di accensione dalla stufa?

$$(I = 5,7\text{A}, R = 38,7 \Omega, U = 4,5 \times 10^6 \text{ J})$$

$$P = V I$$

$$I = P/V$$

$$R = V/I$$

$$\text{Energia} = P * \text{tempo} = 1250\text{W} * 3600\text{s}$$

Conduzione ionica

Liquidi puri (acqua distillata, alcool, benzolo...) inseriti nel circuito di un generatore non lasciano passare corrente.

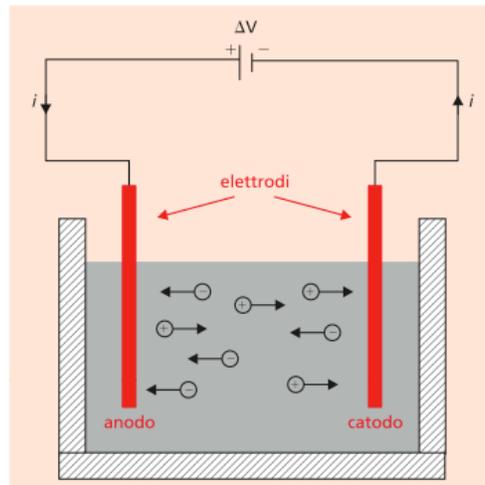
Soluzioni acquose di sali, acidi, basi sono buoni conduttori → elettroliti

Molecole disciolte si dividono in ioni dotati di carica elettrica positiva e negativa.

Se gli elettrodi (terminali metallici) hanno differenza di potenziale:

Ioni positivi migrano verso il catodo

Ioni negativi migrano verso l'anodo



Esempi di elettroliti:

Cloruro di sodio: $\text{Na Cl} \rightarrow \text{Na}^+ \text{Cl}^-$

Solfato di rame: $\text{Cu S O}_4 \rightarrow \text{Cu}^{++} \text{S O}_4^{--}$

Acido solforico: $\text{H}_2 \text{S O}_4 \rightarrow \text{H}_2^{++} \text{S O}_4^{--}$

Nitrato d'argento: $\text{Ag N O}_3 \rightarrow \text{Ag}^+ \text{N O}_3^-$

Quando gli ioni giungono sugli elettrodi possono reagire con gli elettrodi o con l'elettrolita

Immersi quindi due elettrodi in soluzione a cui e' applicata una differenza di potenziale si stabilisce un campo elettrico

→ doppio movimento di ioni:

ioni positivi verso il catodo riacquistano elettroni mancanti degli elettrodi

ioni negativi verso l'anodo cedono elettroni mancanti degli elettrodi

Gli ioni ridiventano atomi depositandosi sugli elettrodi o reagendo con solvente o elettrodi.

La differenza di potenziale del generatore conserva costante da differenza di potenziale fra gli elettrodi → richiama elettroni da anodo e sostituisce elettroni perduti a catodo

Si ha corrente elettrica nel circuito metallico esterno

Leggi di Faraday sull'elettrolisi

- 1) La massa di una qualsiasi sostanza liberata o depositata nell'elettrolisi da un elettrodo e' direttamente proporzionale alla quantita' di carica che ha attraversato l'elettrolita:

$$M \propto Q \propto It$$

- 2) Le masse degli elettrodi depositate o liberate dal passaggio della stessa quantita' di elettricita' attraverso elettrodi diversi sono direttamente proporzionali ai rispettivi equivalenti chimici (peso atomico/valenza)

$$M \propto W_C$$

Corrente elettrica e corpo umano

Il corpo umano e' un sacco d'acqua pieno di ioni. Tessuti e fluidi nel corpo umano conducono elettricit  → conduzione ionica

1790: *Luigi Galvani* conduce i suoi celebri esperimenti sulla contrazione del muscolo di rana per mezzo di un bimetallo



↪ *elettricit  animale*

Alessandro Volta approfondisce

↪ *conduttore elettrolitico*

➔ *Elettrofisiologia*
(studio tra elettricit  e organismo vivente)

Le variazioni di potenziale prodotte dall'attivit  biologica, all'interno del corpo umano sono indicative del funzionamento normale o anormale di alcuni organi (elettrocardiogramma, elettroencefalogramma, elettromiogramma, retinogramma)

Effetti dell'elettricit  sul corpo umano

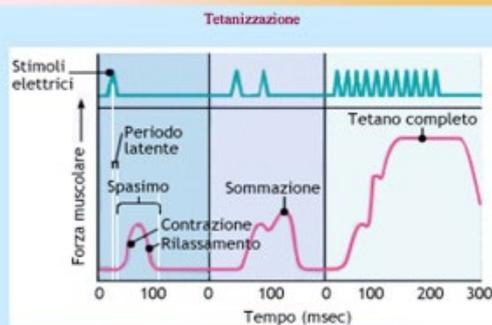
Quando una corrente elettrica attraversa un corpo umano pu  produrre un'azione diretta su:
vasi sanguigni e cellule nervose;
determinare un'alterazione permanente
nel sistema cardiaco,
nell'attivit  cerebrale e
nel sistema nervoso centrale;
infine pu  arrecare danni all'apparato uditivo,
all'apparato visivo,
all'epidermide ecc.

Fenomeni principali:

- 1. Tetanizzazione*
- 2. Arresto della respirazione*
- 3. Fibrillazione ventricolare*
- 4. Ustioni*

Tetanizzazione

Lo stimolo elettrico applicato ad una fibra nervosa, se ha intensità e durata appropriate, produce un *potenziale d'azione* che si propaga lungo la fibra nervosa fino al muscolo, **contraendosi** per poi ritornare allo stato di riposo. Se successivi, gli effetti possono sommarsi e il muscolo si contrae in modo progressivo **contrazione tetanica**



Effetti sul muscolo di più stimoli elettrici applicati al nervo

e in questa posizione permangono finché non cessano gli stimoli.

Resistenza elettrica del corpo umano

Dare dei valori precisi alla resistenza elettrica del corpo umano risulta piuttosto difficoltoso essendo questa influenzata da molte variabili:

percorso della corrente,
stato della pelle,
superficie di contatto,
tensione di contatto.

Resistenza elettrica del corpo umano varia da un punto all'altro → dipende dal sistema nervoso simpatico

La resistenza varia in modo prevedibile

Si può misurare resistenza mettendo due elettrodi in due punti diversi del corpo (mantenendo uno fisso e spostando l'altro) e misurando la corrente

In regioni con terminazioni nervose danneggiate (es. carcinoma che comprime nervi) la resistenza è più grande.