

L'A corrente elettrica

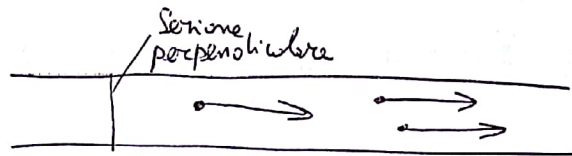
- La corrente elettrica
- La resistenza
- Resistenze in serie e in parallelo
- Esercizio con un circuito con resistenze in serie e ~~in~~ in parallelo
- La seconda legge di Ohm
- La potenza elettrica e l'effetto Joule
- Esercizio sull'effetto Joule

L' A CORRENTE elettrica

①

Si definisce corrente elettrica il passaggio di cariche elettriche in un mezzo conduttore.

Nei metalli, che sono tutti conduttori, le cariche elettriche sono gli elettroni, cioè le cariche negative.



Se chiamiamo ΔQ la quantità di carica che attraversa una sezione perpendicolare di un conduttore e con Δt l'intervallo di tempo, definiamo intensità di corrente

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Cioè l'unità di misura

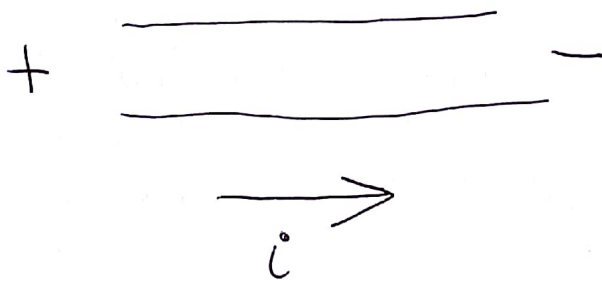
$$\frac{1 C}{1 s} = \frac{\text{Coulomb}}{\text{secondo}} = 1 A = 1 \text{ Ampere}$$

"Quindi definiamo Intensità di corrente (i) il rapporto tra la quantità di carica che attraversa una sezione trasversale di un conduttore fatto l'intervallo di tempo."

Definiamo verso della corrente quello con cui si muovono le cariche "positive". ②

Più precisamente definiamo verso della corrente quello che fa passare da punti a potenziale più alto a punti a potenziale più basso.

Nei metalli, dove non ci sono cariche positive in movimento, se gli elettroni si muovono da sinistra verso destra, il verso della corrente è al contrario.



I generatori di corrente continua sono delle apparecchiature che in base alla differenza di potenziale (ΔV) al fine di mantenere costante tale differenza di potenziale, producono corrente "i".

③

Un circuito elettrico è un insieme di conduttori.

Connessi opportunamente tra loro e sono collegati ad un generatore di corrente.

Vediamo qualche simbolo fondamentale



Generatore di tensione continua



Lampadine

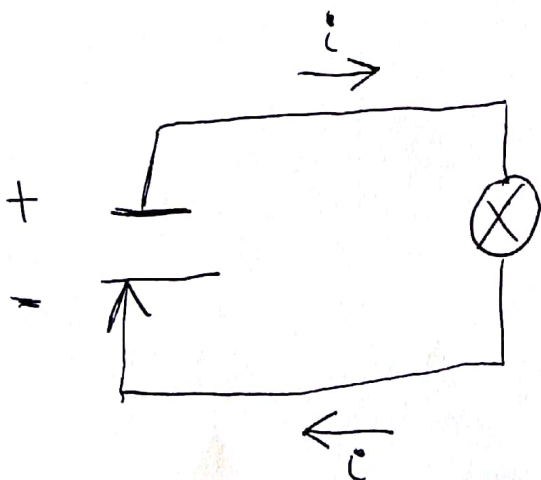


interuttore aperto



interuttore chiuso

Esempio di circuito



Definizione di Resistenza Elettrica:

"E' una grandezza fisica scalare che misura la tendenza di un corpo ad opporsi al passaggio di una corrente, quando esso è sottoposto ad una tensione elettrica elettrica"

Questa opposizione dipende dal materiale con cui il corpo è realizzato, dalle sue dimensioni fisiche e dalla sua temperatura.

Simbolo della resistenza R . Qualsiasi utilizzatore di corrente ha una sua ~~propria~~ resistenza, pur per alcuni infinitesima.

1^a Legge di Ohm

$$\Delta V = R \cdot i$$

ΔV = Differenza di potenziale o tensione, si misura in Volt (V)

i = intensità di corrente, si misura in Ampere (A)

⑤

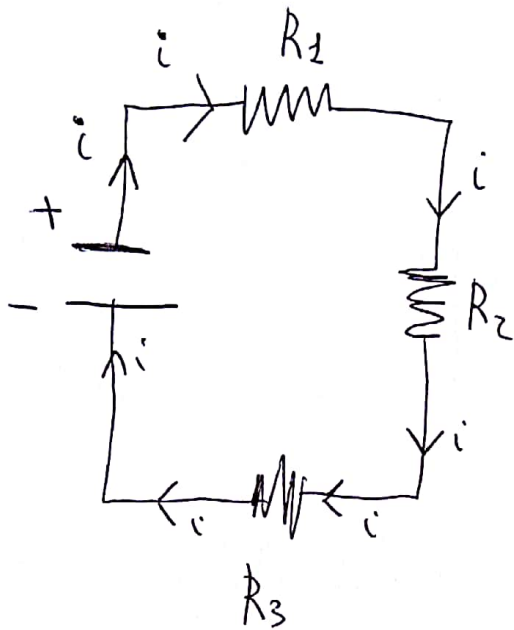
R = resistenza, si misura in Ohm (Ω)

"La differenza di potenziale è uguale al prodotto dell'intensità di corrente (i) per la resistenza (R).

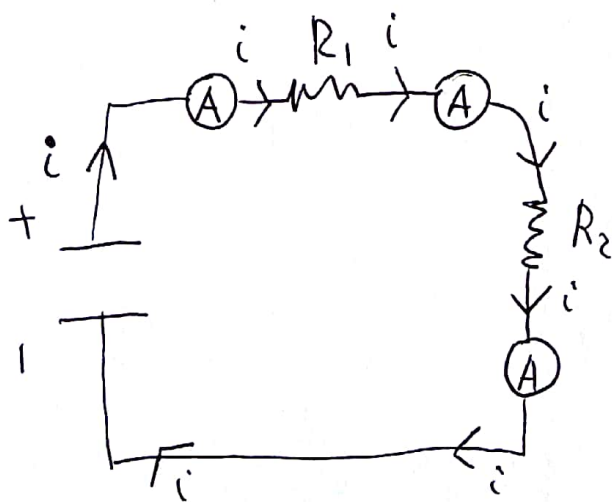
$$R = \frac{\Delta V}{i} \Rightarrow \frac{1V}{1A} = 1\Omega$$

⑥

Collegamento di resistenze in Serie



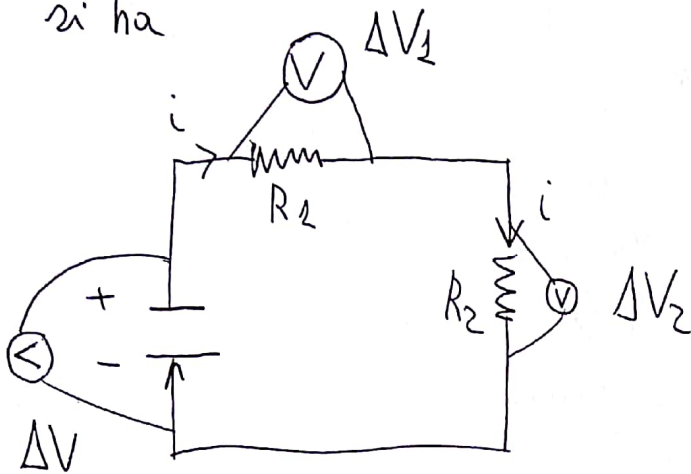
Se colleghiamo un Ampometro in serie, si osserverà che ~~essa~~ l'intensità di corrente se le resistenze sono collegate in serie è costante.



(7)

Mentre se collegiamo in parallelo i volmetri.

si ha



$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2$$

Inoltre per la prima legge di Ohm possiamo scrivere

$$\Delta V_1 = R_1 \cdot i \quad ; \quad \Delta V_2 = R_2 \cdot i$$

$$\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 = R_1 \cdot i + R_2 \cdot i = (R_1 + R_2) \cdot i$$

Per cui $R_T = R_1 + R_2$

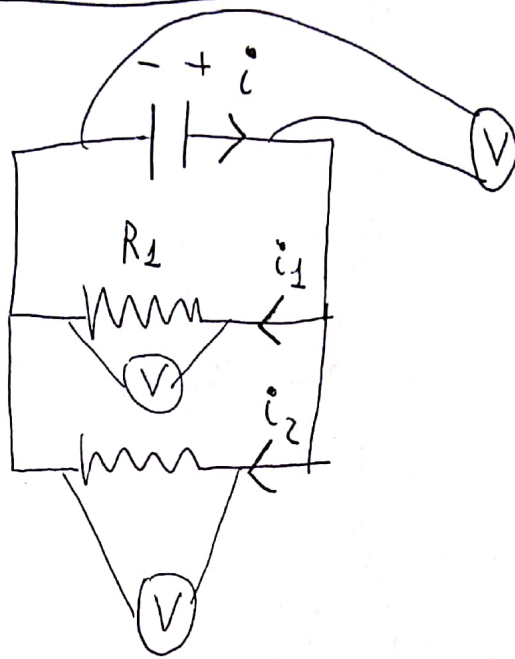
↓

resistenza totale

Nei circuiti in serie la resistenza totale è uguale alla somma delle singole resistenze

Resistenze in parallelo

⑧



$$i_T = i_1 + i_2 \quad ; \quad \Delta V \text{ è la stessa}$$

$$\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2$$

Per la legge di Ohm

$$\Delta V = R \cdot i$$

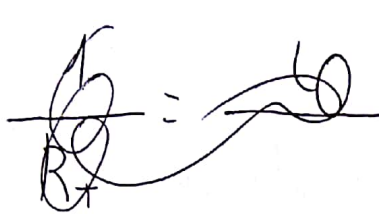
$$i = \frac{\Delta V}{R}$$

$$i_1 = \frac{\Delta V}{R_1} \quad \text{e} \quad i_2 = \frac{\Delta V}{R_2}$$

9

$$i_T = i_1 + i_2 = \frac{\Delta V}{R_1} + \frac{\Delta V}{R_2} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \cdot \Delta V$$

Per cui


$$R_T = \frac{\Delta V}{i_T} ;$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{i_T}{\Delta V} = \frac{1}{\Delta V} (i_T) = \frac{1}{\Delta V} (i_1 + i_2) =$$

$$= \frac{1}{\Delta V} (i_1 + i_2) = \frac{1}{\Delta V} \left(\frac{\Delta V}{R_1} + \frac{\Delta V}{R_2} \right) =$$

$$= \frac{1}{\cancel{\Delta V}} \cdot \frac{\cancel{\Delta V}}{R_1} + \frac{1}{\cancel{\Delta V}} \cdot \frac{\cancel{\Delta V}}{R_2} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Cioè le resistenze in parallelo rispondono
alla seguente legge:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

Generalizzando

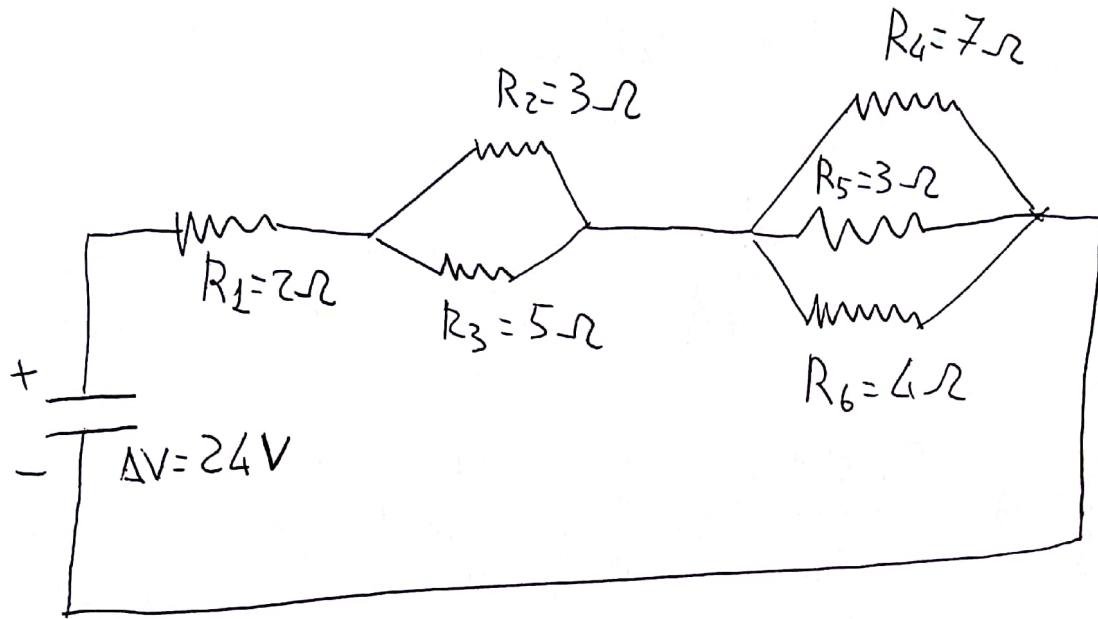
(10)

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

Ricordiamo che risolvere un circuito significa calcolare la corrente (i) e la differenza di potenziale (ΔV) ai capi di ciascuna resistenza.

ESERCIZIO:
Risolvere il seguente circuito

(11)



Troviamo la resistenza equivalente alle R_2 e R_3

$$\frac{1}{R_{2,3}} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_{2,3}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{5} ; \quad \frac{1}{R_{2,3}} = \frac{5+3}{15} = \frac{8}{15}$$

$$R_{2,3} = \frac{15}{8} = 1,9 \Omega \quad . \quad \text{Cioè} \quad \boxed{R_{2,3} = 1,9 \Omega}$$

(12)

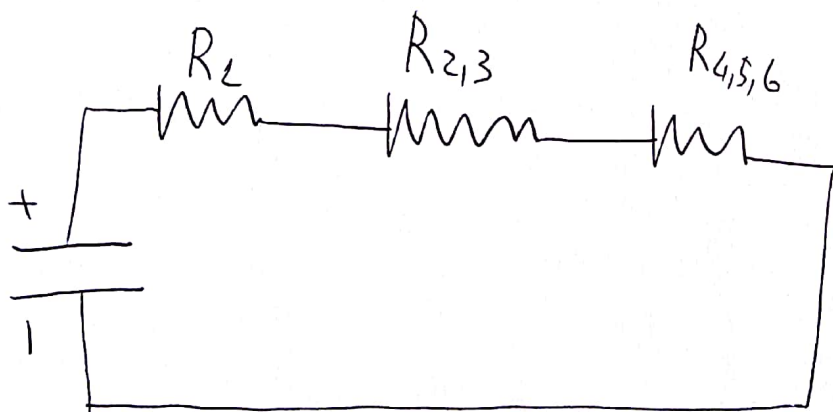
Calcoliamo la resistenza equivalente alle resistenze R_4, R_5 e R_6 collegate in parallelo.

$$\frac{1}{R_{4,5,6}} = \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_6}$$

$$\frac{1}{R_{4,5,6}} = \frac{1}{7} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} = \frac{12+28+21}{84} = \frac{61}{84}$$

$$R_{4,5,6} = \frac{84}{61} = 1,377 \, \Omega . \text{ cioè } \boxed{R_{4,5,6} = 1,38 \, \Omega}$$

A questo punto il circuito lo possiamo così rappresentare



Adesso sono 3 resistenze in serie per cui vale

$$R_T = R_1 + R_{2,3} + R_{4,5,6}$$

(13)

$$R_t = 2 + 1,9 + 1,38 = 5,28 \Omega$$

Per la legge di Ohm possiamo scrivere

$$\Delta V = R \cdot i \quad ; \quad i = \frac{\Delta V}{R}$$

$$i = \frac{24}{5,28} = 4,54 \text{ A}$$

Il generatore deve fornire 4,54 A.

Da R_1 passano $4,54 \text{ A}$, da $R_{2,3}$ passano $4,54 \text{ A}$, da $R_{4,5,6}$ passano $4,54 \text{ A}$

Per calcolare la tensione ai capi di R_1 applichiamo la 1^a legge di Ohm

$$\Delta V = R \cdot i$$

$$R_1 = 2 \Omega$$

$$i = 4,54 \text{ A}$$

$$\Delta V_1 = R_1 \cdot i$$

$$\Delta V_1 = 2 \cdot (4,54) = 9,08 \text{ V}$$

Quindi in definitiva di R_1 sappiamo tutto:

$$R_1 = 2 \Omega, i = 4,54 \text{ A}, \Delta V_1 = 9,08 \text{ V}$$

Passiamo allo studio di $R_{2,3}$

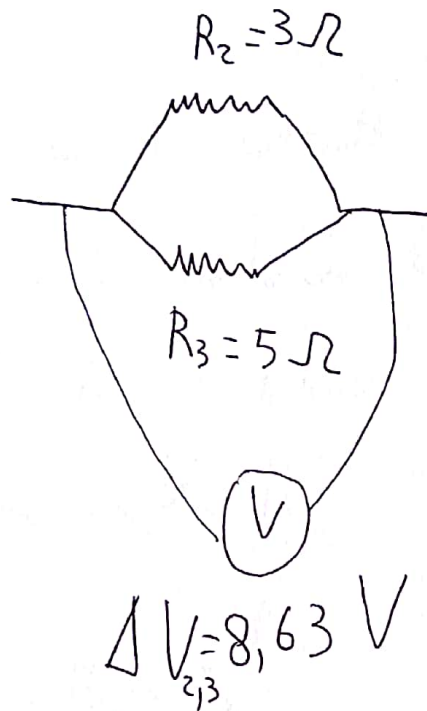
da $R_{2,3}$ passano sempre $4,54 \text{ A}$ calcoliamo la differenza di potenziale c'è agli estremi di $R_{2,3}$

$$\Delta V_{2,3} = R_{2,3} \cdot i \quad \text{cioè} \quad \Delta V_{2,3} = R_{2,3} \cdot i$$

$$\Delta V_{2,3} = (1,9) \cdot 4,54 = 8,63 \text{ V}$$

(15)

Ma noi sappiamo che la resistenza $R_{2,3}$ è l'equivalente delle



ma noi sappiamo che se le resistenze sono collegate in parallelo la tensione in R_2 è uguale a quella in R_3 ed è $8,63 \text{ V}$.

Calcoliamo adesso la corrente i che attraversa R_2

$$\Delta V_2 = R_2 \cdot i_2 ; 8,63 = 3 \cdot i_2 ;$$

$$i_2 = \frac{8,63}{3} = 2,88 \text{ A}$$

Quindi per R_2 sappiamo tutto:

(46)

$$R_2 \left\{ \begin{array}{l} 3 \Omega \\ V_2 = 8,63 V \\ i_2 = 2,88 A \end{array} \right.$$

Calcoliamo la corrente i_3 che attraversa R_3 sapendo che $V_3 = 8,63 V$ visto che R_3 è collegata in parallelo con R_2 e quindi è sottoposta alla stessa tensione della R_2 , cioè a $8,63 V$.

$$V_3 = R_3 \cdot i_3$$

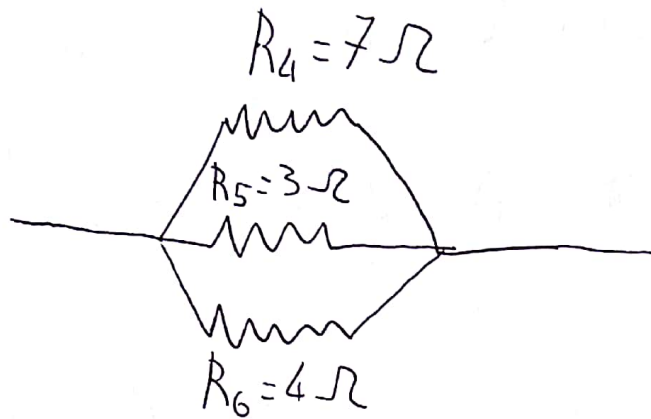
$$8,63 = 5 \cdot i_3 \quad ; \quad i_3 = \frac{8,63}{5} \quad ; \quad i_3 = 1,73 A$$

Per R_3 possiamo scrivere

$$R_3 \left\{ \begin{array}{l} 5 \Omega \\ V_3 = 8,63 V \\ i_3 = 1,73 A \end{array} \right.$$

(17)

Studiando cosa accade nelle resistenze $R_{4,5,6}$ collegate in parallelo.



L'intensità di corrente che attraversa $R_{4,5,6}$ è di $4,54\text{ A}$

La resistenza equivalente $R_{4,5,6}$ è di $1,38\Omega$

Per cui la differenza di potenziale a cui è sottoposta la resistenza equivalente $R_{4,5,6}$ è

$$\Delta V_{4,5,6} = R_{4,5,6} \cdot i_{4,5,6}$$

$$\Delta V_{4,5,6} = (1,38\Omega) \cdot (4,54\text{ A}) = 6,26\text{ V}$$

Visto che le resistenze R_4, R_5, R_6 sono collegate tra loro in parallelo, significa che in ciascuna di esse c'è una tensione di $6,26 \text{ V}$.

$$V_{4,5,6} = V_4 = V_5 = V_6$$

Calcoliamo la corrente che attraversa R_4

$$V_4 = R_4 \cdot i_4 ; 6,26 = 7 \cdot i_4 ; i_4 = \frac{6,26}{7}$$

$$i_4 = 0,89 \text{ A}$$

Calcoliamo la corrente i_5 che attraversa R_5

$$V_5 = R_5 \cdot i_5 ; 6,26 = 3 \cdot i_5 ; i_5 = \frac{6,26}{3} ; i_5 = 2,1 \text{ A}$$

~~Definita per R_5 sappiamo che~~



Calcoliamo la corrente i_6 che attraversa R_6

$$V_6 = R_6 \cdot i_6 ; 6,26 = 4 \cdot i_6 ; i_6 = \frac{6,26}{4} = 1,56 \text{ A}$$

$$i_6 = 1,56 \text{ A}$$

In definitiva sappiamo che:

per R_4

$$R_4 \left| \begin{array}{l} 7 \Omega \\ V_4 = 6,26 V \\ i_4 = 0,89 A \end{array} \right.$$

per R_5 :

$$R_5 \left| \begin{array}{l} 3 \Omega \\ V_5 = 6,26 V \\ i_5 = 2,1 A \end{array} \right.$$

per R_6

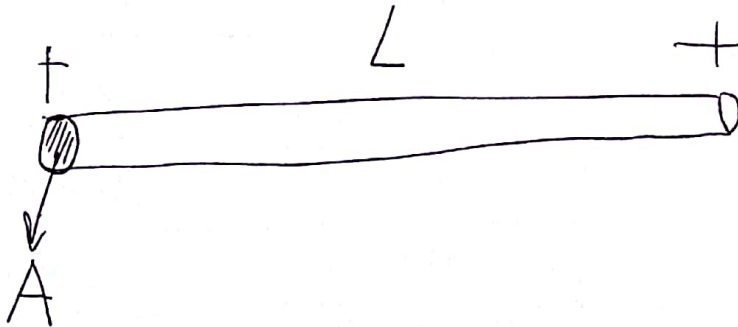
$$R_6 \left| \begin{array}{l} 4 \Omega \\ V_6 = 6,26 V \\ i_6 = 1,56 A \end{array} \right.$$

A questo punto il circuito è completamente studiato.

La seconda legge di Ohm

E' noto che la resistenza di un conduttore dipende dalla natura del materiale ~~da~~ ρ dalla forma del corpo e dalla temperatura del conduttore.

La seconda legge di Ohm determina la resistenza di un filo conduttore di lunghezza L e di ^{area di} sezione trasversale A .



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

La quantità ρ è una costante detta "Resistività" del materiale

L'unità di misura di ρ è il ($\Omega \cdot m$)

(21)

Vediamo qualche valore in tabella

Materiale	Resistività
Alluminio	$2,82 \cdot 10^{-8}$
Rame	$1,72 \cdot 10^{-8}$
Oro	$2,44 \cdot 10^{-8}$
Mercurio	$95,8 \cdot 10^{-8}$
Argento	$1,59 \cdot 10^{-8}$
Tungsteno	$5,6 \cdot 10^{-8}$
Carbonio	$3,5 \cdot 10^{-5}$
Silicio	20 - 2300
Mica	$10^{11} - 10^{15}$
Gomma	$10^{13} - 10^{16}$
Teflon	10^{16}
Legno	$3 \cdot 10^{10}$

Semi-
conduttori

ISOLANTI

(22)

La resistenza dipende anche dalla temperatura
l'equazione è

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$$

α è una costante detta "coefficiente di temperatura della resistenza"

α è positivo nei metalli e nei conduttori.

Mentre è negativo nei semi conduttori.

Anche la Resistenza varia in funzione della temperatura, la formula è

$$R = R_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$$

T_0 = una qualsiasi determinata temperatura (23)

T = un'altra temperatura

ρ_0 = è la resistenza del conduttore alla temperatura

T_0

ρ = è la resistenza quando il conduttore è
alla temperatura T

α = lo abbiamo già descritto e si misura in

$^{\circ}\text{C}^{-1}$ e T e T_0 si misureranno in $^{\circ}\text{C}$ (Celsius)

oppure α si misura in K^{-1} e la temperatura

si misura in Kelvin (K).

R_0 = la resistenza alla temperatura T_0 , si
misura in Ω (Ohm)

R = la resistenza alla temperatura T , si
misura in Ohm (Ω).

Ci sono dei materiali la cui resistenza tende
 rapidamente a zero se il corpo si trova al
 di sotto di una temperatura critica T_c .

Al di sotto di tale temperatura critica
 i materiali si comportano come dei super-conduttori.

Si è più volte verificato che le correnti elettriche
 scorrono per anni all'interno di anelli super-
 conduttori senza alcuna diminuzione di
 intensità.

Mentre l'intensità di un materiale non
 super conduttore si riduce velocemente a
 zero quando non vi è obbla forza
 elettromotrice.

Purtroppo la temperatura critica è
 vicina allo zero assoluto.

Ad esempio

25

Alluminio ($T_c = 1,18 \text{ K}$), Stagno ($T_c = 3,72 \text{ K}$)

Piombo ($T_c = 7,2 \text{ K}$)

In laboratorio sono stati creati materiali composti da ossidi di rame che diventano superconduttori a 175 K

I superconduttori hanno svariate applicazioni in molti settori: risonanze magnetiche, lickerazione magnetica, la trasmissione di potenza elettrica con basse perdite, in motori elettrici di grande potenza e piccolo ingombro e dei computer super veloci.

La potenza elettrica

Sia i l'intensità di corrente, V la differenza di potenziale, definiamo potenza P :

$$P = i \cdot V \quad (1)$$

$$1A \cdot 1V = 1W \text{ (watt)}$$

Gli elettrodomestici hanno più o meno le seguenti potenze: riscaldamento (1200W), stufa elettrica (2000W), lavatrice (800W), climatizzatore (1000W), televisore (150W), trapano (500W).

Dalla legge di Ohm sappiamo che $V = R \cdot i$

per cui la (1) diventa

$$P = V \cdot i = (R \cdot i) \cdot i = R \cdot i^2 \quad \text{cioè}$$

$$P = R \cdot i^2 \quad (2)$$

Effetto Joule

Noi sappiamo che in generale se indichiamo con P la potenza, W il lavoro, Δt il tempo

$$P = \frac{W}{\Delta t} \quad (3)$$

"La potenza è il rapporto tra il lavoro prodotto e il tempo impiegato"

Quando passa la corrente si dissipa una certa potenza

$$P = V \cdot i \quad (1) \quad \text{oppure}$$

$$P = V \cdot i = (R \cdot i) \cdot i = R \cdot i^2$$

$$P = V \cdot i^2 \quad (2) \quad \text{oppure}$$

$$P = V \cdot i = V \cdot \left(\frac{V}{R} \right) = \frac{V^2}{R}$$

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (3)$$

Noi sappiamo che

$$W = P \cdot \Delta t$$

Se tutto il lavoro W si converte in calore (Q)
~~allora~~ allora.

$$Q = P \cdot \Delta t \quad \text{per cui volgono}$$

$$Q = V \cdot i \cdot \Delta t \quad (4)$$

$$Q = V \cdot i^2 \cdot \Delta t \quad (5)$$

$$Q = \frac{V^2}{R} \cdot \Delta t \quad (6)$$

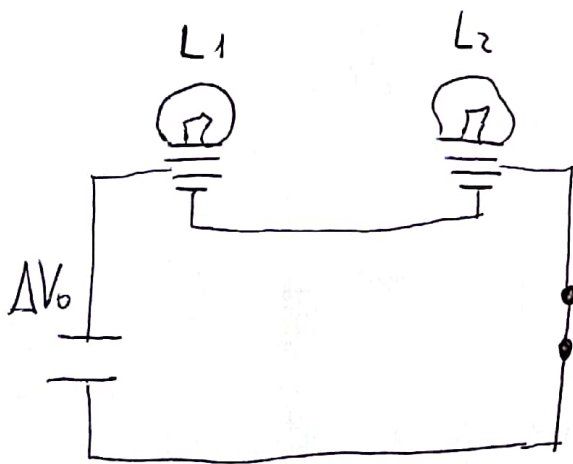
Esercizio

29

Supponiamo di avere due lampadine uguali,
per avere più luce possibile, come collegherle
in serie o in parallelo?

Sol.

Collegiamo due lampadine in serie



Vediamo quanto vale la potenza dissipata dalle lampadine,
collegate in serie L_1 e L_2

Essendo collegate in serie $i(L_1) = i(L_2) = i(Z)$

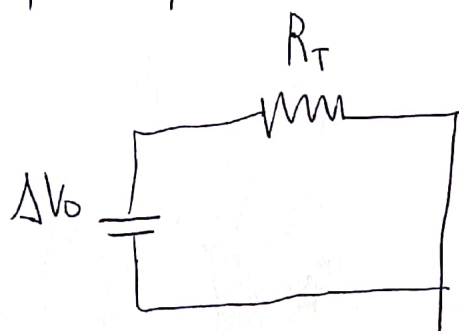
Supponiamo che il generatore fornisca una tensione
 ΔV_0

Le lampadine sono delle resistenze e del collegamento di resistenze in serie sappiamo che

$$R_T = R(L_1) + R(L_2) \quad (8)$$

Cioè la resistenza equivalente è uguale alla somma delle singole resistenze.

A questo punto il circuito equivalente



La corrente i è data da

$$i = \frac{\Delta V_0}{R_T} \quad (9)$$

Visto che per ipotesi sono 2 resistenze uguali

$$R_T = R + R = 2R \quad (10) \text{ per cui}$$

$$i = \frac{\Delta V_0}{2R} \quad (11)$$

nota la corrente è molto semplice

Calcolare la potenza dissipata, possiamo utilizzare la (1) la (2) o la (3)

(31)

$P = i^2 \cdot R_T = i^2 \cdot 2R$ dove R è la resistenza delle singole lampadine

$P = 2 \cdot i^2 \cdot R$, ma essendo per la (11)

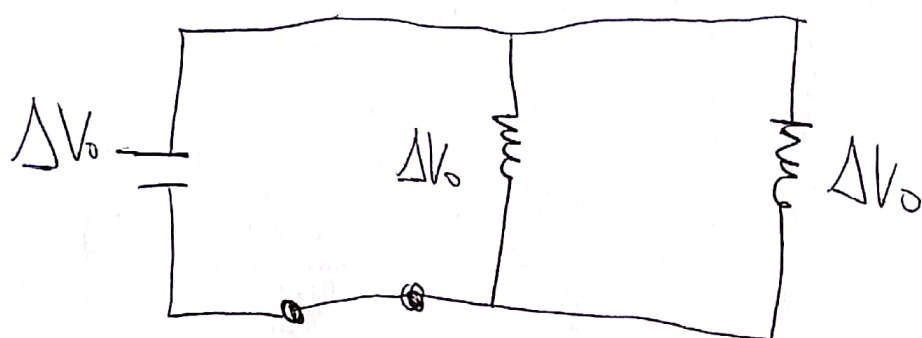
$$i = \frac{\Delta V_0}{2R}$$

$$P = 2 \cdot \left(\frac{\Delta V_0^2}{4R^2} \right) \cdot R = \frac{\Delta V_0^2}{2R} \quad (12) \text{ cioè}$$

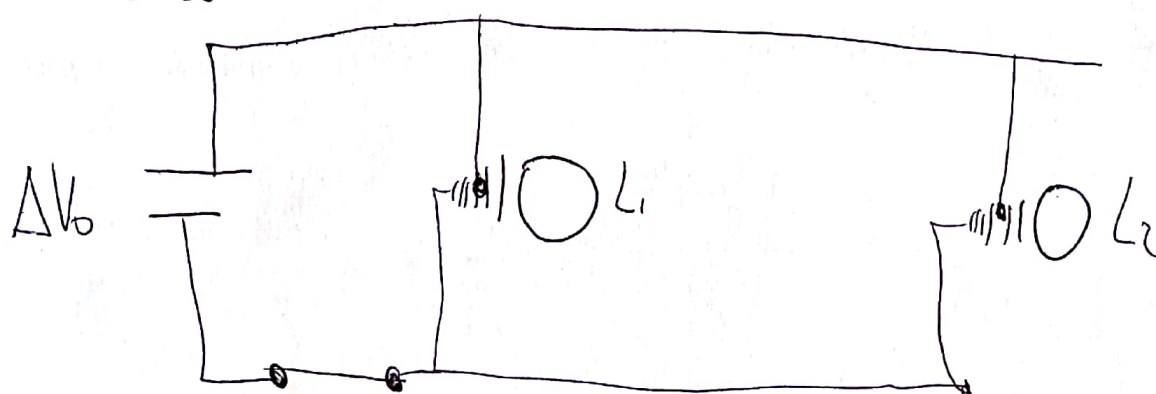
La potenza dissipata da 2 si trasforma in luminosità erogata dalle lampadine e

$$P = \frac{\Delta V_0^2}{2R} \quad (13)$$

A questo punto calcoliamo la potenza dissipata
~~nel~~ nel caso in cui le lampadine sono
 collegate in parallelo.



Cioè



Come sappiamo entrambe le resistenze in parallelo
 condizionano la stessa differenza di potenziale (d.d.p.) =
 $= \Delta V_0$

Calcoliamo la potenza dissipata. In questo caso utilizziamo la formula

$$P = \frac{\Delta V^2}{R} \quad (14)$$

$$P = \frac{\Delta V_0^2}{R_T} \quad (15)$$

ma essendo resistenze in parallelo 2. ha

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{1+1}{R} = \frac{2}{R} \Rightarrow$$

$$R_T = \frac{R}{2} \quad (16)$$

Inseriamo la (16) $\rightarrow$ (15)

$$P = \frac{\Delta V_0^2}{\frac{R}{2}} = \Delta V_0^2 \cdot \frac{2}{R} = \frac{2V_0^2}{R} \quad \text{Cioè}$$

$$P = \frac{2V_0^2}{R}$$

In definitiva, le potenze dissipate e le lampadine sono collegate in parallelo e

$$P = \frac{2V_0^2}{R}$$

Confrontiamo le 2 potenze dissipate

$$P_{\text{ser}} = \frac{\Delta V_0^2}{2R} \quad ; \quad P_{\text{par}} = \frac{2V_0^2}{R}$$

Studiamo il rapporto

$$\frac{P_{\text{par}}}{P_{\text{ser}}} = \frac{\frac{2V_0^2}{R}}{\frac{\Delta V_0^2}{2R}} = \frac{2V_0^2}{R} \cdot \frac{2R}{\Delta V_0^2} = 4$$

Cioè le potenze dissipate e le lampadine sono collegate in parallelo e 4 volte superiore a quella se sono collegate in serie, cioè è molto più luminoso se le colleghiamo in parallelo

35

Quindi conviene collegare le lampadine in parallelo. Un altro vantaggio di collegare in parallelo è quello che se una lampadina si fulmina, le sono collegate in parallelo le altre funzionano, mentre se sono collegate in serie si interrompe il circuito e non si accende nessuna lampadina.