

Enrico Tombelli

Docente presso
ITC "A. Volta" - Bagno a Ripoli - Firenze
(e.tombelli@libero.it)

Elettrotecnica di base

SISTEMI ED UNITÀ DI MISURA

- DEFINIZIONE DI GRANDEZZA

Ogni grandezza è definita se la sappiamo misurare, ovvero quando la si può confrontare con un valore campione definito univocamente ed esiste un criterio che permette di stabilire un determinato rapporto fra il campione e la grandezza. La grandezza campione è detta UNITÀ DI MISURA.

Le unità di misura si dividono in PRINCIPALI e DERIVATE. Le unità principali definiscono il SISTEMA DI UNITÀ DI MISURA, le altre derivano dalle prime.

Il sistema ormai universalmente adottato è l'MKSA, il cui nome deriva dalle iniziali delle grandezze principali che lo definiscono (metro, chilogrammo, secondo, Ampere)¹.

SISTEMA MKSA:

Grandezza	LUNGHEZZA	MASSA	TEMPO	INT. CORRENTE
UNITÀ	Metro	chilogrammo	secondo	Ampere
SIMBOLO	M	Kg	s	A
DIMENSIONE	[l]	[m]	[t]	[I]

Le unità che indicano nomi di persone iniziano con la lettera maiuscola. Da queste quattro grandezze derivano tutte le altre (GRANDEZZE DERIVATE).

- AREA

Le superfici (A) si misurano come lunghezze al quadrato:

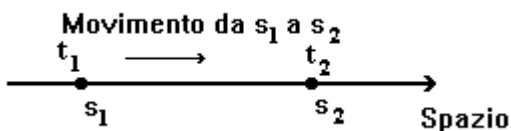
$$A = \text{BASE} \times \text{ALTEZZA}$$

(dove base e altezza sono lunghezze). Pertanto le superfici si misurano in metri quadrati [l]².

- VOLUME

I volumi (V) sono lunghezze al cubo e quindi si misurano in metri cubi [l]³.

- VELOCITÀ



La velocità (v) è definita come lo spazio (lunghezza) percorso nell'unità di tempo. Pertanto è definita matematicamente come il rapporto della distanza tra due punti

(s_1 ed s_2 , ovvero $\Delta s = s_2 - s_1$) diviso il tempo che è stato necessario per percorrerla (ovvero $\Delta t = t_2 - t_1$).

$$v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

La velocità (v) è $v = s/t$. Dato che $[v] = [l][t]^{-1}$ si misura in m/s.

¹In effetti le unità del Sistema Internazionale sono 7 in quanto comprende anche la TEMPERATURA TERMODINAMICA (° K - Grado Kelvin), QUANTITÀ DI MATERIA (mol - Mole) e INTENSITÀ LUMINOSA (cd - Candela). Inoltre vengono definite unità supplementari l'Angolo Piano (rad - radiante) e l'Angolo Solido (sr - Steradiano). Altre unità aggiuntive sono la Quantità di informazione (bit) e il Livello di Potenza (db -Decibel).

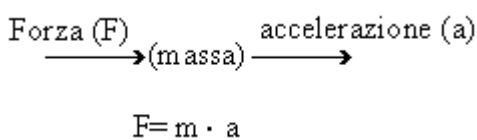
- ACCELERAZIONE

L'accelerazione (a) è la variazione della velocità nell'unità di tempo. Si misura come il rapporto fra la variazione di velocità e il tempo durante il quale la variazione è avvenuta. $a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

$a = \text{var. velocità} / \text{tempo}^2 = (s/t) / t \Rightarrow [l][t]^{-2} \Rightarrow \text{m/sec}^2$

Particolare importanza ha l'accelerazione di gravità (g) che dipende dalle dimensioni del pianeta: sulla Terra è mediamente 9.81 m/sec².

- FORZA



La forza (F) è definita tramite la LEGGE DI NEWTON. Essa specifica che un corpo di massa 'm', sottoposto ad una forza 'F', acquista un'accelerazione proporzionale alla forza. La massa, intesa come quantità di materia e che si misura in Kg-massa, agisce in proporzione inversa sull'accelerazione.

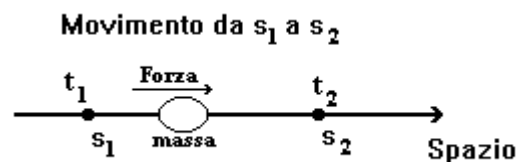
La forza ha dimensione [m][l][t]⁻² e si misura quindi in Kg.m/sec². A tale combinazione si dà il nome di NEWTON (N).

La forza di 1 N è quella capace di imprimere ad un Kg-massa l'accelerazione di 1 m/sec².

Particolare importanza ha la forza peso (p) che imprime ad ogni corpo una accelerazione costante (g=9.81 m/sec²). Per questo il peso di un corpo è calcolato come la sua massa per l'accelerazione di gravità (p=m.g).

- LAVORO/ENERGIA

L'energia (E) è una grandezza insita in ogni oggetto, e ne identifica la 'dinamicità'. Essa rappresenta la possibilità di compiere un LAVORO (L), inteso come prodotto fra una forza che sposta il suo punto di applicazione da un punto ad un altro dello spazio e la distanza fra i due punti.



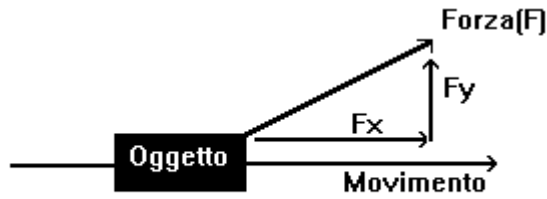
LAVORO = FORZA x SPOSTAMENTO $\Rightarrow L = F(s_2 - s_1)$

Il lavoro si misura quindi in Nxm=J (Joule)

Per rendere meglio l'idea del lavoro, possiamo riferirci alla "fatica" che normalmente facciamo quando spingiamo un pesante carrello. Tale fatica la spendiamo per vincere le forze di attrito e le forze di inerzia del carrello che si formano nel movimento. Si deve quindi precisare che non può esserci lavoro senza movimento come non può esserci senza applicare una forza. Infatti:

1. Gli oggetti nello spazio siderale si muovono anche senza che siano sottoposti a forze, semplicemente per l'effetto inerziale che essi hanno.
2. Quando stiamo seduti, pur gravando sulla sedia, questa reagisce producendo una forza uguale e contraria che ci sostiene. Non essendoci movimento, né la sedia né noi compiamo lavoro.

NB: Affinché venga compiuto lavoro, la forza deve agire secondo la direzione del movimento o al limite al contrario (in quest'ultimo caso il lavoro è negativo). Se la forza non è del tutto allineata con il movimento, il lavoro è compiuto dalla sua sola componente in linea con il movimento stesso.



N.B. Solo F_x produce lavoro.

Riprendendo il discorso sull'energia, possiamo affermare che essa rappresenta in qualche modo la quantità di lavoro che potenzialmente può essere da essa ricavata.

es: Per portare un corpo di 5 kg massa dal piano terra a 20m di altezza, si deve compiere un lavoro di:

$$L = F_x s = m \cdot g \cdot s = 5 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/sec}^2 \times 20 \text{ m} = 981 \text{ J} \quad (g = \text{accelerazione di gravità} = 9.81 \text{ m/sec}^2)$$

L'oggetto può restituire il lavoro acquisito cadendo verso il basso e raccogliendo l'energia alla fine della caduta. Quindi, nel punto più alto, esso ha una energia (POTENZIALE) esattamente uguale al lavoro svolto per portarlo a 20 m di altezza.

- ENERGIA POTENZIALE ($E_p = h \cdot p = h \cdot m \cdot g$)

L'energia può essere anche di tipo "CINETICO", ovvero dovuta alla velocità acquisita dal corpo cadendo verso il basso. Tale energia si accumula man mano che il corpo accelera nella caduta, fino a raggiungere un massimo nel momento in cui tocca il suolo. L'energia, a questo punto si dissipa nell'impatto sotto forma di calore.

- ENERGIA CINETICA ($E_c = 1/2 m \cdot v^2$)

Riassumendo, il LAVORO fatto per portare il corpo a 20m di altezza (Altezza x Peso) diventa ENERGIA POTENZIALE (E_p) dello stesso valore, e può trasformarsi in ENERGIA CINETICA (E_c) cadendo. È possibile raccogliere l'energia cinetica accumulata e convertirla nuovamente in lavoro (è quello che succede nelle centrali idroelettriche dove l'energia cinetica insita nel movimento dell'acqua viene trasformata in energia elettrica e di conseguenza può far compiere un lavoro ad un motore).

Da quanto sopra si osserva che tramite il lavoro, l'energia si trasforma senza mai esaurirsi, salvo poi deteriorarsi in calore che è anch'esso una forma di energia anche se meno nobile in quanto non può più compiere lavoro diretto.

Si deve tenere conto che in ogni trasformazione parte dell'energia si deteriora in calore (per effetto dell'attrito). questo fenomeno è definito da un parametro detto RENDIMENTO (η) che è il rapporto fra l'energia utile (utilizzata e trasformata il lavoro e non in calore E_u) e l'energia di partenza (consumata E_t)

$$\eta = E_u / E_t$$

Qualunque trasformazione, inquina termicamente l'ambiente circostante intaccando la riserva di energia potenziale. Questo deterioramento dell'energia viene misurato da una grandezza detta ENTROPIA.

L'energia trasformata in calore si misura in CALORIE (cal). 1 cal = 4,186 J è il calore necessario per elevare di 1° C (da 14,5° a 15,5° C) 1 dm³ d'acqua distillata. NB: 1 Cal = 1000 cal.

- POTENZA

La potenza (P) definisce la velocità di trasformazione dell'energia in lavoro. Un motore, per esempio è tanto più potente se compie lo stesso lavoro di un altro in minor tempo (un'automobile effettua uno stesso tragitto in un tempo minore e quindi a velocità maggiore di un'altra meno potente).

La potenza (P) può essere definita come la quantità di lavoro svolta nell'unità di tempo ($P=L/t$) e si misura in $J/s = W$ (Watt). È più naturale definire il rendimento come rapporto fra le potenze che non tra le energie.

$$\eta = P_u / P_t$$

- RIFERIMENTO AL SISTEMA MKSA

È possibile esprimere la natura di ogni grandezza semplicemente attraverso le sue “COORDINATE” riferite al sistema MKSA secondo la tabella:

GRANDEZZA	LUNGHEZZA	MASSA	TEMPO	CORRENTE ELETTRICA
DISTANZA	1	0	0	0
AREA	2	0	0	0
VOLUME	3	0	0	0
VELOCITÀ	1	0	-1	0
ACCELERAZIONE	1	0	-2	0
FORZA	1	1	-2	0
LAVORO	2	1	-2	0
ENERGIA	2	1	-2	0
POTENZA	2	1	-3	0
RENDIMENTO	0	0	0	0

- ESPRESSIONI DIMENSIONALI

Quando si lavora con grandezze fisiche si deve tenere conto che il calcolo non è solo di tipo numerico, ma anche “DIMENSIONALE”. Questo secondo tipo si riferisce alle unità di misura che compongono le grandezze. Tanto per fare un esempio, moltiplicando una forza di 10 N per una velocità di 15 m/s, il risultato è una grandezza di intensità $10 \times 15 = 150$ e con una unità di misura composta dal prodotto delle rispettive grandezze moltiplicate.

$$F \times v \Rightarrow \text{produce } N \cdot m/s$$

La grandezza (X) risultante si misura quindi in Newton x metro / secondo, ed è pertanto

$$X = 150 N \cdot m/s$$

Le espressioni dimensionali, composte solo da prodotti e rapporti, sono molto utili per il controllo del risultato parziale o finale. Infatti è sempre bene controllare, sia durante il calcolo che alla fine che:

- ◆ Gli addendi di una somma (sottrazione) devono essere omogenei, ovvero devono avere tutti le stesse dimensioni (non è mai possibile sommare “MELE” con “PERE”) e le stesse unità di misura.
- ◆ I membri posti a sinistra e a destra di una

UNITA' DI MISURA NON STANDARD		
Pollice (inch)	0,0254 m	Lunghezza
Piede (Foot)	0,3048 m	Lunghezza
Pinta (Pint)	0,5676 litri (dm ³)	Capacità
Oncia (Ounce)	31,1035 g	Peso (forza)
Libbra	0,339 Kg	Peso (forza)
Miglio geografico	1,852 Km	Lunghezza
Caloria (Cal)	4185,5 J	Energia (calore)
Cavallo vapore	737 W	Potenza
Erg	$0,102 \times 10^{-7} \text{ Kgxm}$	Energia

uguaglianza devono avere le stesse dimensioni visto che rappresentano esattamente la stessa grandezza.

- MULTIPLI E SOTTOMULTIPLI DELLE UNITÀ DI MISURA:

Spesso le unità di misura rappresentano dei termini di paragone troppo grandi o troppo piccoli per essere adoperati direttamente (basta pensare che il metro è una unità troppo piccola per poter rappresentare il diametro della terra; d'altra parte è troppo grande per poter apprezzare le distanze molecolari). Otterremo quindi dei numeri o esageratamente grandi o esageratamente piccoli. A risolvere questo problema ci viene incontro la definizione di prefissi atti ad indicare che l'unità è amplificata o ridotta di un certo numero di volte

EXA	E	10 ⁺¹⁸
PETA	P	10 ⁺¹⁵
TERA	T	10 ⁺¹²
GIGA	G	10 ⁺⁹
MEGA	M	10 ⁺⁶
KILO	K	10 ⁺³
UNITÀ	1	10 ⁰
milli	m	10 ⁻³
micro	μ	10 ⁻⁶
nano	n	10 ⁻⁹
pico	p	10 ⁻¹²
femto	f	10 ⁻¹⁵
acto	a	10 ⁻¹⁸

La tabella riporta, per ogni prefisso il valore numerico moltiplicativo ad esso associato: per fare un esempio, si osserva che 25 Km corrispondono a 25 x 10⁺³ metri, ovvero a 25.000 m, come 18μg corrispondono a 10⁻⁶ grammi, ovvero a 1/1.000.000 di grammo.

ELETTROSTATICA

- CARICA ELETTRICA

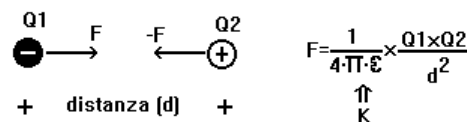
La carica elettrica è un'entità capace di far risentire la sua azione in un suo intorno. Questa capacità dipende da complessi fenomeni detti "ELETTROSTATICI", osservati quando si strofinano alcuni materiali fra loro (per esempio bachelite con lana). Il lavoro consumato per lo strofinio, permette ad uno dei due materiali di sottrarre cariche elementari (ELETTRONI e⁻) all'altro materiale. Il materiale che acquista elettroni e che quindi ne ha in sovrabbondanza si comporta in modo diverso rispetto a quello che ne è deficitario, e per questa ragione si dice che uno si carica negativamente (sovrappiù) e l'altro positivamente (carente). Fra i due materiali si manifesta inoltre un'attrazione fisica dipendente dalla distanza e dalla quantità di cariche elementari scambiate. D'altra parte due corpi che hanno lo stesso tipo di carica si respingono. Da qui nasce quindi tutta la fenomenologia elettrostatica che è impostata come segue.

La carica elettrica è misurata in Coulomb (C=A·s) [I][t]

NB: 1 C = 6.25x10¹⁸ elettroni (e⁻); 1 e⁻ = 1,6 x 10⁻¹⁹ C

Sperimentalmente si è osservato che la legge che regola il fenomeno è la "LEGGE DI COULOMB".

Ogni carica crea quindi attorno a se un'influenza, in quanto se in prossimità di essa vi è un'altra carica essa viene attratta (o respinta se dello stesso segno).



ε = costante dielettrica del mezzo
ε₀ = cost. dielettrica del vuoto (8.85x10⁻¹² F/m)

MEZZO	COST. DIELETTRICA (ε)
Aria secca	1,00054 ε ₀
Acqua	78,2 ε ₀
Mica	(6,9 % 7,3) ε ₀
Gomma vulcanizzata	2,94 ε ₀

Quest'influenza è chiamata "CAMPO ELETTRICO" e viene misurata per confronto utilizzando una carica unitaria che funge da sonda. Il campo Elettrico è quindi la forza dovuta all'azione di una carica che agisce su un'altra CARICA UNITARIA posta nelle vicinanze.

Riguardando la legge di Coulomb si osserva che se una delle due cariche è unitaria ($Q_2=1C$), otteniamo il valore del campo elettrico in funzione della carica influente e della distanza.

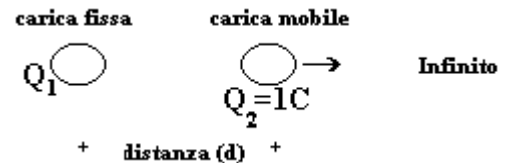
$$E=F/Q_2 \text{ ovvero } E=KxQ_1/d^2$$

Il campo elettrico si misura quindi in N/C

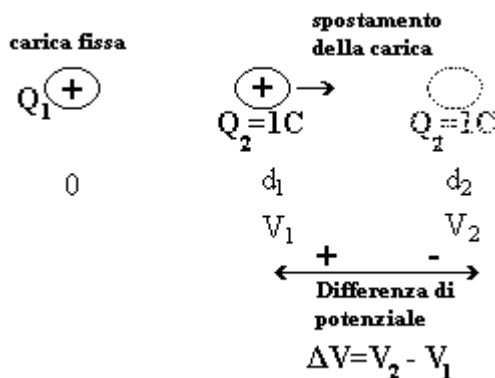
- POTENZIALE ELETTRICO E DIFFERENZA DI POTENZIALE:

Il potenziale elettrico è il lavoro che la carica unitaria svolge per portarsi fuori del campo di azione della carica influente.

Dato che le cariche dello stesso segno tendono a respingersi, se la carica unitaria ($Q_2=1 C$) viene svincolata dalla sua posizione essa comincerà a muoversi allontanandosi dall'influenza della carica in esame (Q_1) e si porterà fuori del campo elettrico. Il movimento della carica (Q_2) è dovuto alla forza di Coulomb che persisterà fino all'infinito. Tale forza è il campo elettrico stesso, che moltiplicato per la distanza coperta dalla carica unitaria (ovvero infinito) dà il lavoro, ovvero il potenziale della carica stessa. Tale potenziale si esaurisce man mano che la carica unitaria si allontana, tendendo ad annullarsi. Questo fatto comporta che il lavoro e quindi il potenziale non tende all'infinito, ma è un valore calcolabile secondo l'espressione



$$V=KxQ_1/d$$



Anche se la carica non va all'infinito, tutte le volte che essa si muove (radialmente) rispetto alla carica influente, essa compie un lavoro uguale alla DIFFERENZA DI POTENZIALE fra i due punti.

Il punto 2 è a più basso potenziale rispetto al punto 1 ($V_1>V_2$) perché la carica ha compiuto un lavoro per andare da 1 a 2 esaurendo parte della sua riserva di energia.

Se Q_2 non è unitaria, l'energia dissipata e trasformata in lavoro è proporzionale alla carica (Q):

$$\text{Energia spesa} = \text{Lavoro svolto} = (V_1-V_2) \times Q$$

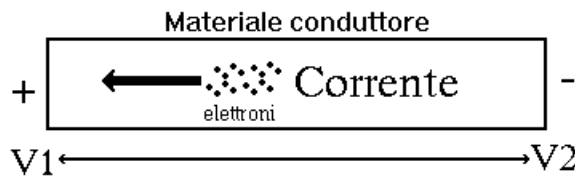
Sia il potenziale, che la ddP si misurano in J/C =V (Volt)

NB: Dato che $V=Exd$ il campo elettrico si può misurare anche in Volt/m

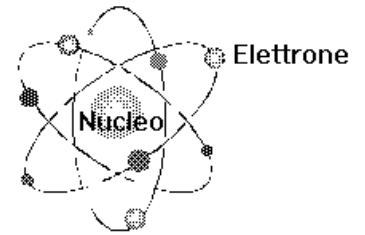
ELETTROTECNICA DI BASE

- CONDUTTORI E ISOLANTI

La materia è costituita da particelle dette ATOMI che interagiscono fra loro solidalmente tramite dei legami di vario tipo. Il tipo di legame



dipende dalla particolare struttura dell'atomo che è composto da un NUCLEO centrale (costituito a sua volta da particelle



Modello di Rutherford - Bohr

positivamente [PROTONI] e da particelle neutre [NEUTRONI]). Il numero dei protoni definisce il tipo di materiale (p.e. l'atomo d'idrogeno possiede un unico protone, quello di Elio ne ha due). Intorno al nucleo ruotano altre particelle di natura molto diversa dette ELETTRONI². Questi ultimi hanno particolare importanza per il nostro studio in quanto e proprio essi che dipendono i fenomeni elettrici.

Gli elettroni hanno massa e dimensione molto più piccole dei protoni, ma hanno carica uguale e contraria (negativa). Quindi, se il numero degli elettroni è lo stesso dei protoni l'atomo si dice neutro.

Viceversa l'atomo è ionizzato (positivamente a causa della perdita di elettroni). L'elettrone stesso (e^-), è una carica negativa di valore specifico e può raggrupparsi con altri elettroni per comporre quantità di cariche più consistenti. L'elettrone pur ruotando su se stesso e intorno al nucleo è normalmente vincolato a rimanere all'interno dell'atomo, pertanto è possibile strapparli dalla sua orbita solo con una forza e quindi una energia adeguata. Tale energia dipende dal tipo di materiale ed in particolare dal tipo di legame che sussiste fra atomo e atomo per formare la materia solida. In alcuni materiali tale legame è molto forte (covalente) pertanto risulta difficile romperlo e liberare elettroni. In altri casi (p.e. metalli) il legame è più labile o addirittura gli elettroni sono liberi di muoversi all'interno della struttura molecolare. In questo ultimo caso gli elettroni formano vere e proprie "nuvole elettroniche" che vagano all'interno del materiale. Quando questo è sottoposto ad un campo elettrico gli elettroni al suo interno si spostano in conseguenza tendendo ad avvicinarsi al punto a potenziale più alto (polo positivo) in quanto hanno carica negativa. Si hanno quindi vere e proprie migrazioni di intensità e velocità tanto più alte quanto più intenso è il campo elettrico, ovvero tanto più alta è la ddp generata dal campo elettrico stesso (TENSIONE ELETTRICA). Questi movimenti formano delle 'CORRENTI' di elettroni più o meno intense. Per questo i materiali come i metalli sono detti 'CONDUTTORI'. In altri materiali, dove i legami sono molto più forti, gli elettroni sono altrettanto fortemente vincolati e non possono quindi staccarsi dal proprio atomo. L'applicazione di un campo elettrico, se pure intenso non provoca quindi movimenti ovvero correnti elettroniche. Si ha a che fare, in questo caso con materiali detti 'ISOLANTI' (gomma, carta, ceramica ecc.)³.

² Il diametro del nucleo è di circa 10^{-12} cm mentre quello di tutto l'atomo è di 10^{-8} cm (l'atomo è 50.000 volte più grande del nucleo). Il diametro dell'elettrone è di poco più piccolo di quello del protone (5×10^{-13} cm). Se si volesse fare una proporzione si potrebbe pensare al nucleo come ad un pallone da calcio, intorno al quale ruotano gli elettroni, della dimensione di una pallina da ping-pong ad una distanza radiale di 15 Km. La velocità di rotazione degli elettroni intorno al nucleo è di circa $1.000.000.000 \times 1.000.000$ (10^{15}) giri al secondo. la massa dell'elettrone è di $0,91 \cdot 10^{-27}$ g (1/1837 di quella dell'atomo di idrogeno), mentre quella del protone è di $1,672 \cdot 10^{-24}$ g.

³ Esistono materiali che hanno caratteristiche elettriche intermedie e sono detti SEMICONDUCTORI. In essi alcuni legami, pur essendo covalenti, si rompono a causa dell'agitazione termica degli atomi dovuta al calore (temperatura) permettendo ad alcuni elettroni di liberarsi e quindi di poter formare delle correnti sia di pur limitata intensità.

- LEGGE DI OHM

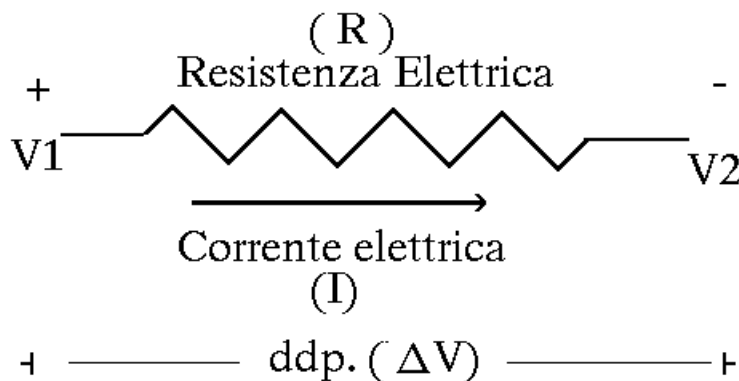
La legge di OHM è una delle più importanti nel campo dell'Elettrotecnica. Essa mette in relazione il moto delle cariche attraverso un conduttore elettrico e la ddp ai suoi capi.

È chiaro che una differenza di potenziale (o tensione) fra due punti $(V1-V2)= \Delta V$ induce una forza su ogni carica che si trova sotto l'influenza del campo elettrico generato dalla ddp. Se le cariche hanno la possibilità di muoversi, ovvero si trovano all'interno del conduttore, esse tendono a spostarsi verso il polo positivo formando un CORRENTE ELETTRICA (I) convogliata lungo lo sviluppo del conduttore stesso qualunque forma abbia. La corrente è tanto più intensa quanti più elettroni transitano attraverso una sezione del conduttore. La corrente elettrica quindi può considerarsi come la quantità di elettroni (o meglio ancora di cariche) che passano attraverso una sezione qualsiasi del conduttore nell'unità di tempo⁴.

$$I = \Delta Q / \Delta t$$

La corrente elettrica (o semplicemente "corrente") si misura quindi in Coulomb/secondi = Ampere (C/s=A). In effetti l'Ampere è una delle grandezze fondamentali in quanto è più facilmente misurabile della carica. Si preferisce quindi derivare dall'Ampere e dal tempo l'unità di carica elettrica (C=A · t).

Dato che gli elettroni hanno carica negativa è chiaro che la corrente da loro formata è anch'essa negativa. È, però, più comodo considerare il fatto che lo spostamento di un elettrone in una direzione provoca la



sua mancanza nella direzione opposta. Siccome tale mancanza lascia positivo l'ambiente si può pensare che lo spostamento sia stato fatto non da un elettrone, ma dalla sua equivalente carica positiva nel senso opposto. Si preferisce quindi fare riferimento a correnti positive che hanno verso opposto rispetto a quelle effettive di elettroni. Se quindi gli elettroni si muovono verso il polo positivo del campo le correnti nominalmente positive si dirigono sempre verso il polo negativo, ovvero

quello a più basso potenziale.

Da una analisi sperimentale si osserva che in un conduttore l'intensità di corrente elettrica è proporzionale alla differenza di potenziale che la genera. La costante di proporzionalità dipende dal tipo di materiale e viene detta RESISTENZA ELETTRICA (R) in quanto rappresenta uno ostacolo al movimento degli elettroni.

$$R = \Delta V / I$$

Formule inverse:

$$\Delta V = R \cdot I \quad \text{e} \quad I = \Delta V / R$$

⁴ Molto utile è pensare alla corrente come ad un "FIUME" che scorre nel suo letto o all'acqua dentro ad un tubo, spinta dal suo stesso peso dal punto a livello maggiore a quello di livello minore. la differenza di livello è l'analogo della tensione ovvero della differenza di potenziale localizzata ai capi del conduttore.

Si può osservare che a parità di corrente, nei materiali a resistenza più alta è necessario fornire una ddp maggiore. D'altra parte, a parità di ddp una resistenza maggiore provoca una corrente minore.

La resistenza elettrica di un materiale è indicata con un simbolo a zig-zag. La resistenza elettrica di un materiale, essendo il rapporto fra la ddp e la corrente si misura in V/A ovvero in Ohm (Ω)

Esiste anche l'inverso della resistenza ovvero la CONDUTTANZA ($=1/R$) che si misura in Siemens ($S=1/\Omega$)

- POTENZA ELETTRICA

La potenza è la capacità di compiere un certo lavoro in un determinato tempo, ovvero si calcola come il lavoro compiuto nell'unità di tempo. Nel caso elettrico consiste nel portare una carica da un punto ad un altro del campo elettrico in un certo tempo e quindi

$$\text{Potenza} = \text{Lavoro svolto} / \text{Tempo} = (V_1 - V_2) \times Q / t$$

Dato che Q/t è la CORRENTE ELETTRICA (I) procurata dal movimento della carica (sia essa distribuita o concentrata), si ottiene:

$$\text{Potenza} = (V_1 - V_2) \times I$$

Ovvero la potenza è il prodotto della ddp per la corrente elettrica.

Ricordando la legge di OHM si ottiene:

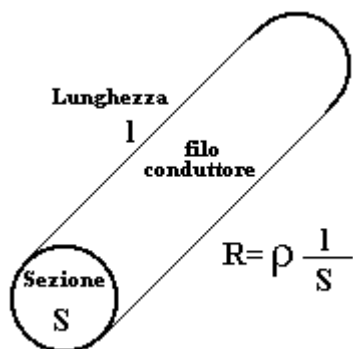
$$\text{Potenza} = V^2 / R = I^2 \times R$$

- DIMENSIONI DELLE GRANDEZZE ELETTRICHE

Riassumendo, le dimensioni delle grandezze elettriche appena definite sono:

GRANDEZZA	LUNGHEZZA	MASSA	TEMPO	CORRENTE ELETTRICA	U.d.M	SIMBOLO
CORRENTE ELETTRICA	0	0	0	1	Ampere (A)	I
CARICA ELETTRICA	0	0	1	1	Coulomb (C)	Q
POTENZIALE ELETTRICO	2	1	-3	-1	Volt (V)	V
DIFFERENZA DI POTENZIALE	2	1	-3	-1	Volt (V)	ΔV
CAMPO ELETTRICO	1	1	-3	-1	Volt/m	E
RESISTENZA ELETTRICA	2	1	-3	-2	Ohm (Ω)	R
CONDUTTANZA ELETTRICA	-2	-1	3	2	Siemens (S)	G

- RESISTIVITÀ SPECIFICA E COEFFICIENTE DI TEMPERATURA



Nel caso elettrico il termine “Metallo” è sinonimo di “conduttore”. Questo perché i metalli sono tutti dei buoni conduttori di elettricità. Alcuni metalli però presentano una maggiore facilità al passaggio di corrente rispetto ad altri. Per poter confrontare tra loro questa caratteristica è necessario porsi nel caso in cui tutti i materiali in esame abbiano le stesse condizioni dimensionali (normalmente si opera con conduttori filiformi).

Infatti è sperimentalmente provato che la resistenza dipende dalle dimensioni e dalla forma stessa del conduttore, ed in particolare è

abbastanza intuitivo comprendere che disponendo di fili metallici dello stesso conduttore, la resistenza più alta si ha in quelli di maggiore lunghezza e minore sezione.

Può essere utile alla comprensione aiutarsi con un esempio di tipo idraulico. Infatti, presupponendo che le cariche percorrano il conduttore esattamente come l'acqua convogliata in un tubo, si capisce che l'attrito opposto dal tubo al passaggio del liquido è maggiore se la sezione è piccola e la lunghezza è più grande.

Da questo fatto si evince che la resistenza è proporzionale alla lunghezza del tubo e inversamente proporzionale alla sezione, ma dipende anche dal tipo di materiale. Prendendo quindi in esame fili conduttori di materiali diversi, ma di eguale lunghezza e sezione si osserva che alcuni hanno resistenza minore di altri. Per tenere conto quindi del materiale si fa riferimento ad un parametro proprio del metallo che è detto RESISTIVITÀ SPECIFICA⁵ (ρ).

La resistenza di un filo conduttore (R) è pertanto data dal prodotto della resistenza specifica (ρ) per la lunghezza (l) rapportata alla sezione (S).

Da tale espressione si ricava che la resistività specifica di un materiale si può ricavare dalla formula:

$$\rho = R \frac{S}{l}$$

e che quindi si misura in $\Omega \times m$ (a dire il vero, dato che si lavora normalmente con materiali filiformi è più idoneo misurare la sezione in mm^2 e quindi misurare a sua volta la resistività in $\Omega \times mm^2/m$).

Es: Il rame ha una resistività specifica di $0,0176 \Omega \times mm^2/m$ (a $20^\circ C$). Pertanto, un filo di rame di sezione circolare il cui di diametro è $D=0,1$ mm e lungo 80 m ha una RESISTENZA calcolata come segue:

$$S = (D/2)^2 \times \pi = (0,1/2)^2 \times 3,14 = (0,05)^2 \times 3,14 = 0,00785 \text{ mm}^2$$

$$R = \rho \times l/s = 0,0176 \Omega \times mm^2/m \times 80 \text{ m} / 0,00785 \text{ mm}^2 = 179 [\Omega \times mm^2/m] \times [m] / [mm^2] = 179 \Omega$$

L'inverso della resistività è la CONDUTTIVITÀ (γ)

D'altra parte, uno stesso materiale può variare la sua resistività specifica in funzione della temperatura. Infatti il riscaldamento provoca l'agitazione degli atomi. È noto, infatti, che il calore, altro non è che una microvibrazione della materia ed in particolare degli atomi intorno alla loro posizione (moto Browniano). È chiaro quindi che più alta è la temperatura del materiale e più esaltate sono le vibrazioni degli atomi. Le vibrazioni ostacolano il moto degli elettroni e delle cariche in genere, pertanto l'aumento della temperatura comporta un aumento anche della resistività e quindi della resistenza elettrica.

CONDUTTORE	resistività (ρ) a $20^\circ C$ [$\Omega \times mm^2/m$]	Coefficiente di temperatura α [$^\circ C^{-1}$]
ACCIAIO	0,10 ÷ 0,25	x
ALLUMINIO	0,028	0,004
ARGENTO	0,0164	0,0038
CARBONE	20 ÷ 100	0,0002
FERRO	0,10 ÷ 0,15	0,006
MERCURIO	0,958	0,00089
NICHEL	0,0724	0,006
ORO	0,023 ÷ 0,024	x
OTTONE	0,06 ÷ 0,08	0,002
PLATINO	0,1	0,0036
RAME	0,0176	0,0039
STAGNO	0,11 ÷ 0,12	x
TUNGSTENO	0,055	0,0045
ZINCO	0,06	x

⁵ Questo parametro è molto simile al peso specifico dei materiali.

Approssimativamente è ragionevole pensare che nel campo di variazione della temperatura ambiente l'aumento segua un andamento lineare (variazioni proporzionali) con le variazioni di temperatura. Ciò vuole dire che ad ogni variazione della temperatura (ΔT°) corrisponde una proporzionale variazione relativa della resistenza (ΔR) secondo l'espressione:

$$\Delta R/R = \Delta \rho/\rho = \alpha \times \Delta T^\circ$$

dove α è detto COEFFICIENTE DI TEMPERATURA ed è specifico di ogni materiale. Si può osservare che il coefficiente di temperatura α si misura in $(^\circ C)^{-1}$

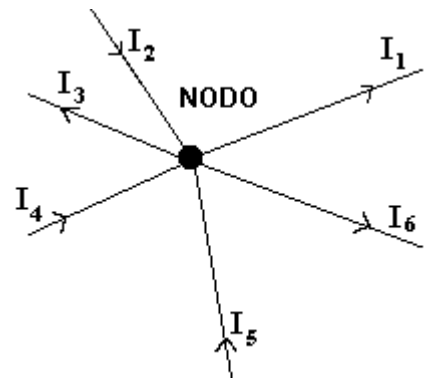
Allo ZERO ASSOLUTO ($0^\circ K$ ovvero $-273^\circ C$) i metalli hanno resistività pressoché nulla. Infatti gli atomi sono "immobili" e gli elettroni sono praticamente liberi di muoversi.

Nei materiali SEMICONDUTTORI invece, allo zero assoluto i legami sono praticamente tutti integri. Non ci sono quindi elettroni per formare la corrente e quindi la resistività è infinita. Il coefficiente di temperatura è pertanto negativo in quanto la resistività può solo aumentare.

- PRIMO PRINCIPIO DI KIRCKOFF (NODI)

ENUNCIATO: IN UN NODO LA SOMMA ALGEBRICA DELLE CORRENTI ENTRANTI È NULLA.

Il termine "ALGEBRICA" significa che si tiene conto del segno. Ciò significa che se la corrente nella realtà esce dal nodo, si ritiene di valore NEGATIVO. Il "NODO" rappresenta invece la confluenza di più conduttori percorsi da corrente. Le correnti che entrano nel nodo sono considerate positive mentre quelle che escono dal nodo si presuppongono negative.



Applicando questo principio al nodo di figura si ottiene:

$$-I_1 + I_2 - I_3 + I_4 + I_5 - I_6 = 0$$

La spiegazione logica del principio è data dal fatto che la corrente è un flusso di cariche e che quindi se nel nodo non c'è un punto di accumulazione la quantità di cariche che entra deve controbilanciare quella che esce.

- RESISTENZE IN SERIE E IN PARALLELO

RESISTENZE IN SERIE

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

ovvero

$$\frac{\Delta V}{I} = \frac{\Delta V_1}{I} + \frac{\Delta V_2}{I}$$

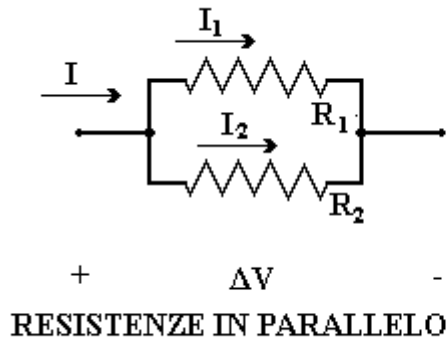
quindi

$$R = R_1 + R_2$$

equiv.

Ponendo, in un circuito, due conduttori uno di seguito all'altro, la corrente, dovendo passare prima attraverso il primo conduttore e poi attraverso il secondo dovrà sopportare una fatica maggiore. La resistenza totale risulterà quindi aumentata.

Si dice che i due conduttori sono posti "IN SERIE" in quanto sono PERCORSI DALLA STESSA CORRENTE.



$$I = I_1 + I_2$$

ovvero

$$\frac{I}{\Delta V} = \frac{I_1}{\Delta V} + \frac{I_2}{\Delta V}$$

quindi

$$G_{\text{equiv.}} = G_1 + G_2$$

Tenendo di questo fatto si può dimostrare che le resistenze singole compongono una resistenza equivalente alla serie fra le due, costituita semplicemente dalla somma.

$$R_{\text{serie}} = R_1 + R_2$$

È possibile collegare le resistenze anche in

“PARALLELO”, ovvero ponendo ai loro capi la stessa tensione.

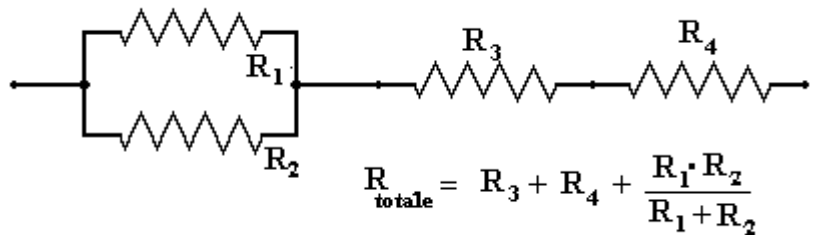
In questo caso si sommano le conduttanze. Infatti, essendo uguale la tensione ai capi delle resistenze, è la corrente che si divide in due rami I_1 e I_2 (primo principio di Kirckoff) la cui somma dà la corrente totale. Noto che l'inverso della resistenza (R) è la conduttanza (G) si ottiene quanto detto.

$$G_{\text{equiv.}} = G_1 + G_2 \implies \frac{1}{R_{\text{equiv.}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \implies R_{\text{equiv.}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Spesso l'espressione che definisce la resistenza equivalente del parallelo è la più usata. Essa si ricava ponendo $G=1/R$ e si ottiene:

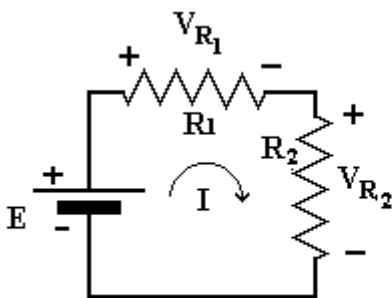
Si hanno anche situazioni miste:

Il processo di calcolo è simile a quello algebrico. Siccome il prodotto ha la precedenza sulla somma, si calcolano prima i paralleli più interni per poi sommarli alle serie e così via ricavando circuiti serie parallelo equivalenti più semplici.



- PARTITORE RESISTIVO

È un particolare circuito simile a quello delle resistenze in serie. Facendo riferimento a quello, si può osservare che la tensione ai capi della serie si distribuisce in proporzione al valore delle resistenze. Infatti la caduta su R_1 è proporzionale ad R_1 stessa come la caduta su R_2 è proporzionale ad R_2 , e la loro somma produce la tensione totale ΔV .



$$I = \frac{E}{R_1 + R_2}$$

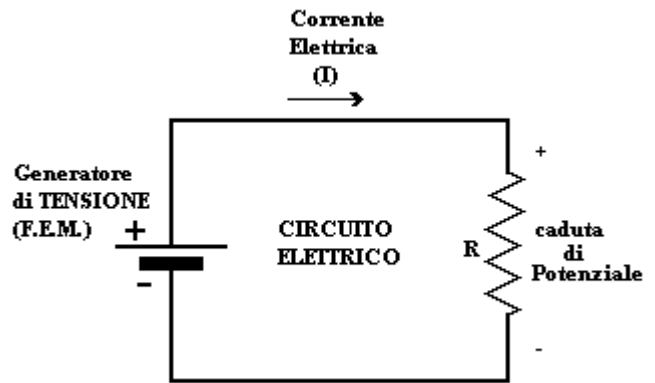
$$V_{R_1} = R_1 \times I = R_1 \times \frac{E}{R_1 + R_2}$$

$$V_{R_2} = R_2 \times I = R_2 \times \frac{E}{R_1 + R_2}$$

È possibile allora ricavare la tensione su di una sola resistenza che risulta una quota-parte di tutta la tensione ΔV data dalla relazione di figura.

- CADUTA DI POTENZIALE E FORZA ELETTROMOTRICE

Per far muovere gli elettroni all'interno di un conduttore, o in generale di un mezzo che ne permette lo spostamento, si può utilizzare il campo elettrico prodotto da una carica fissa. Questo sistema, salvo particolari applicazioni, non è il più comune. Per stimolare il movimento delle cariche si possono utilizzare dei GENERATORI di TENSIONE. Questi, sfruttando fenomeni chimici (pile o batterie), o elettrodinamici (dinamo o alternatori), producono autonomamente delle differenze di potenziale nel circuito elettrico spingendo in modo "CONTINUATIVO" le cariche all'interno dei conduttori senza esaurire la propria autonomia (generatori ideali)⁶, ovvero senza che la differenza di potenziale o tensione elettrica sostenuta dal generatore cali nel tempo. La tensione prodotta dal generatore può quindi fornire un lavoro ad esaurimento dell'energia interna del generatore stesso. Tale tipo di tensione è detta FORZA ELETTROMOTRICE (F.E.M.).



La corrente erogata dal generatore dipende dalla resistenza del circuito nel quale è immessa ed in particolare dalla resistenza di quest'ultimo.

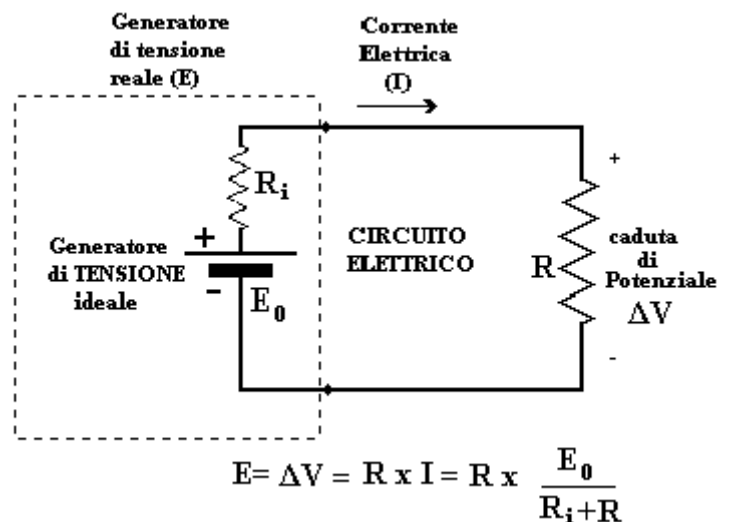
Osservando la figura si nota che la carica elettrica elementare (positiva) esce dalla parte superiore del generatore (spinta dal polo positivo) e s'immette nel circuito con energia è massima, ovvero al massimo del potenziale elettrico. Man mano che percorre il circuito la sua autonomia decade a causa degli ostacoli che deve superare, rappresentati dalla resistenza del circuito. Giunta all'altro capo della resistenza, ovvero all'ingresso del polo negativo del generatore la sua energia è completamente esaurita in quanto il potenziale è nullo. Per questo si dice che sulla resistenza si ha una CADUTA DI POTENZIALE. L'energia fornita dal generatore sotto forma di forza elettromotrice alla carica mobile è servita per il superamento della resistenza elettrica la quale ha assorbito l'energia, trasformandola in calore.

La forza elettromotrice è quindi esattamente uguale alla caduta di potenziale sulla resistenza.

Quando la resistenza è nulla, la corrente erogata è infinita e si dice che si ha un "CORTO CIRCUITO".

-GENERATORI IDEALI E REALI

I generatori ideali hanno una potenza infinita, in quanto possono erogare qualunque valore di corrente senza risentirne minimamente. Nella realtà questo non avviene a causa dei fenomeni di SATURAZIONE. Pertanto, nei generatori REALI la tensione decresce all'aumentare della corrente assorbita. Per



⁶ I generatori di tensione che sfruttano i fenomeni chimici sono comunemente chiamati "BATTERIE" o "PILE" (dalla pila di A. Volta) o ACCUMULATORI ELETTRICI. Questi ultimi possono immagazzinare cariche per poi iniettarle nel circuito elettrico non appena avviene il collegamento. Altri tipo di generatori invece producono l'energia elettrica ricavandola da un'altra forma come l'energia meccanica (p.e. centrali idroelettriche) o termica (centrali termiche o nucleari).

tenere conto di questo fatto si suppone che il generatore reale abbia internamente una resistenza interna che limita il passaggio della corrente di corto-circuito (I_{cc}).

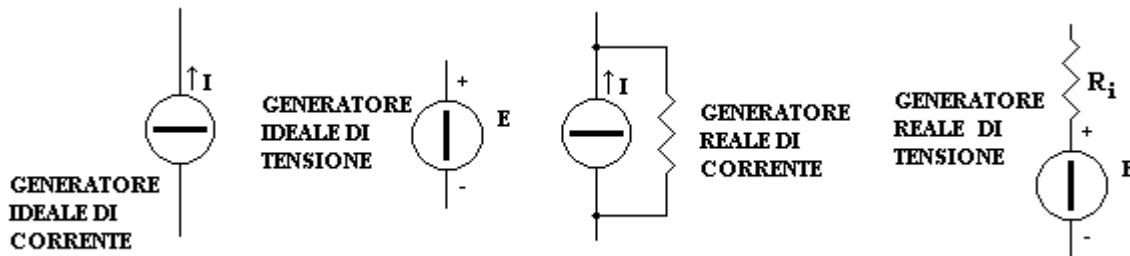
Un generatore di tensione reale è quindi un generatore di tensione ideale con in serie una resistenza interna (R_i).

Si può osservare che diminuendo la resistenza R dell'utilizzatore, aumenta la corrente erogata e di conseguenza la forza elettromotrice "E" fornita dal generatore reale. Quest'ultima è decurtata proprio della quota parte assorbita dalla resistenza interna del generatore. Al limite, quando $R=0$, la corrente di corto circuito non è infinita come nel caso ideale, ma vale

$$I_{cc} = E_0 / R_i.$$

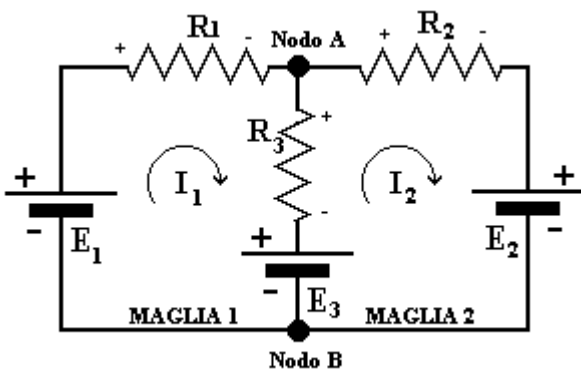
- GENERATORI DI CORRENTE

I generatori di corrente sono elementi che forniscono una corrente costante qualunque sia il carico. anche in questo caso si parla di generatori ideali e reali. Questi ultimi si pensano come costituiti da generatori ideali con in PARALLELO una resistenza interna (notare la complementarità con generatori di tensione).



- SECONDO PRINCIPIO DI KIRCKOFF (MAGLIE)

ENUNCIATO: IN UNA MAGLIA LA SOMMA ALGEBRICA DELLE TENSIONI (CADUTE DI POTENZIALE NEI CONDUTTORI E F.E.M) È NULLA.



Per "MAGLIA" si intende un circuito chiuso composto da conduttori di resistenza definita e da generatori (di tensione o di corrente). Maglie e nodi si possono comporre formando circuiti più complessi la cui risoluzione richiede metodi di calcolo efficaci. Il tratto di circuito fra due nodi è detto "RAMO". Nel circuito sono presenti due maglie (la "1" e la "2"), due nodi ("A" e "B") e tre rami. In ogni maglia scorre una corrente (I_1 e I_2). Ogni corrente, scorrendo attraverso una resistenza provoca una caduta di tensione data dalla legge di OHM:

$$V_{R1} = I_1 R_1, \quad V_{R2} = I_2 R_2, \quad V_{R3} = (I_1 - I_2) R_3$$

Si deve notare che la V_{R3} è data dalla differenza fra le due correnti $I_1 - I_2$. Questo perché la relativa caduta su R_3 è provocata da entrambe le correnti che percorrono la resistenza in senso opposto. Sia il verso delle correnti che la polarità delle cadute sulle resistenze hanno una impostazione ipotetica. Qualora il calcolo porti ad un risultato negativo di una o più correnti significa che il verso è opposto e che la corrente percorre il "RAMO" in senso inverso.

Applicando l'enunciato del secondo principio di Kirckoff si ottengono due equazioni dove le incognite sono le due correnti.

$$E_1 - V_{R_1} - V_{R_3} - E_3 = 0 \text{ ovvero } E_1 - I_1 R_1 - (I_1 - I_2) R_3 - E_3 = 0$$

L'espressione è stata ricavata percorrendo la maglia in senso orario partendo dal vertice in basso a sinistra e sommando o sottraendo la tensione a seconda che questa sia rispettivamente concorde o discorde con il verso di percorrenza dell'itinerario chiuso.

applicando lo stesso principio alla seconda maglia si ottiene:

$$E_3 + V_{R_3} - V_{R_2} - E_2 = 0 \quad \text{ovvero} \quad E_3 + (I_1 - I_2) R_3 - I_2 R_2 - E_2 = 0$$

Si ottiene un sistema di due equazioni (una per ogni maglia) in due incognite ovvero le correnti (I_1 e I_2).

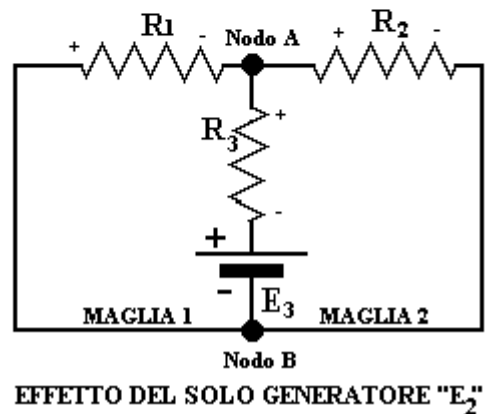
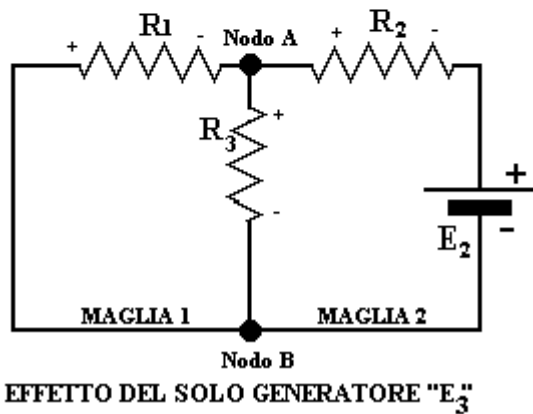
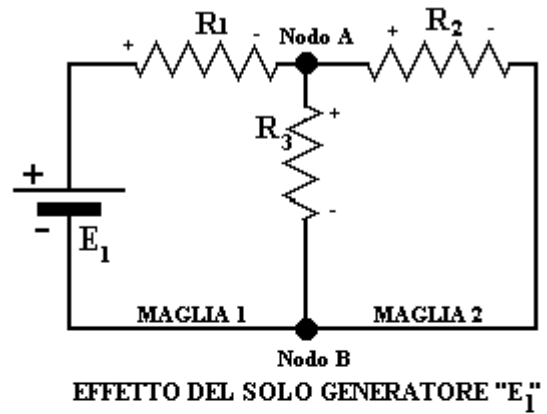
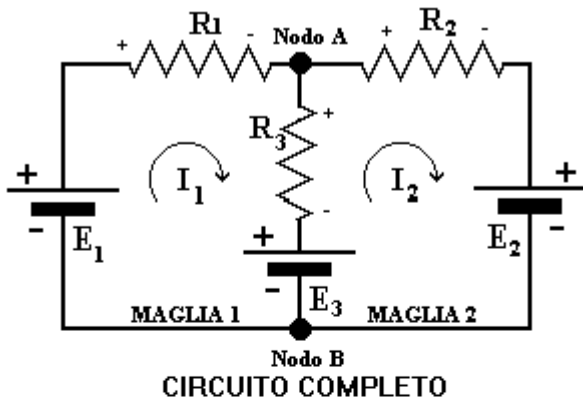
REGOLE PER L'APPLICAZIONE DEL SECONDO PRINCIPIO DI KIRCKOFF:

1. Definire per ogni maglia il verso (convenzionale) di percorrenza delle correnti (normalmente in senso orario).
2. Definire le polarità (convenzionali) delle tensioni sulle resistenze (normalmente concordi con le correnti)
3. Per ogni maglia si produce un'equazione percorrendo la maglia a partire da un punto qualsiasi e ritornando allo stesso punto di partenza (normalmente in basso a sinistra). Tutte le volte che il potenziale aumenta (si passa dal “-“ a “+”) si somma la relativa d.d.p. Viceversa si sottrae.
4. Si ottiene così un sistema di tante equazioni quante sono le maglie ovvero le incognite che sono poi le correnti.
5. Ogni corrente che risulta negativa percorre la maglia al contrario rispetto all'ipotesi convenzionale stabilita all'inizio.

- PRINCIPIO DELLA SOVRAPPOSIZIONE DEGLI EFFETTI⁷

La risoluzione dei circuiti può essere realizzata anche tramite altri metodi e uno di questi è il “Principio della Sovrapposizione degli Effetti” (PSE). La sua applicazione si basa sul fatto che ogni generatore può indurre nel circuito correnti tali, che sommate a quelle prodotte dagli altri generatori, danno luogo a dei valori corrispondenti alla soluzione completa reale.

⁷ Sia il PRINCIPIO DELLA SOVRAPPOSIZIONE DEGLI EFFETTI, sia il principio di THEVENIN che deriva da questo, si possono applicare solamente quando il circuito gode di una particolare caratteristica detta “LINEARITA’”. Quest'ultima corrisponde alla presenza nel circuito di dispositivi che garantiscono (in un certo senso) la proporzionalità tipica della legge di OHM, come le resistenze



Poniamoci l'obiettivo di calcolare la tensione fra i nodi "A" e "B" considerando il nodo "A" positivo (V_{AB}). Per fare questo si lavora in tre fasi in ognuna delle quali si calcola il solo effetto di uno dei tre generatori:

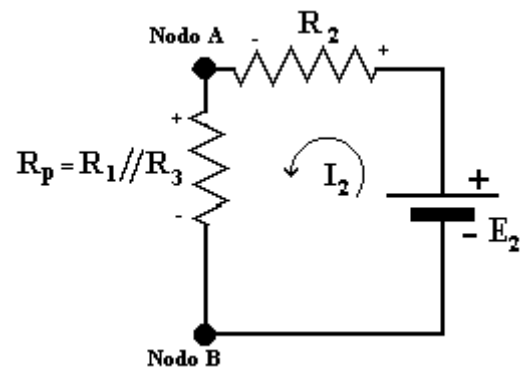
- E1 produce l'effetto $V_{AB}(1)$
- E2 produce l'effetto $V_{AB}(2)$
- E3 produce l'effetto $V_{AB}(3)$

1. Consideriamo allora il circuito con due maglie di figura. In esso possiamo considerare l'effetto del solo generatore E_1 escludendo gli altri due ($E_2 = E_3 = 0$ V) ovvero ponendo al loro posto un corto circuito⁸. Otteniamo quindi il partitore resistivo equivalente di figura. Il generatore E_1 "vede" la resistenza R_3 in parallelo alla resistenza R_2 e il tutto in serie alla resistenza R_1 . Pertanto, la corrente I_1 è data dalla relazione:

$$I_1 = E_1 / (R_1 + R_p)$$

La tensione " $V_{AB}^{(1)}$ ", dovuta al solo generatore E_1 è quindi:

$$V_{AB}^{(1)} = E_1 R_p / (R_1 + R_p)$$



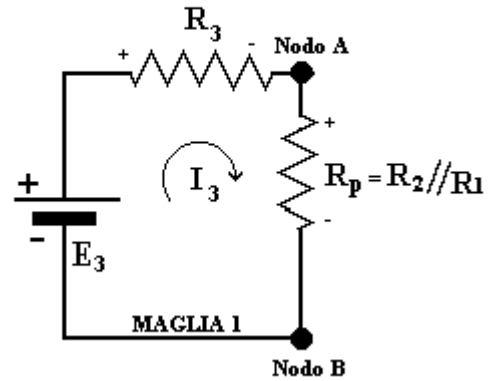
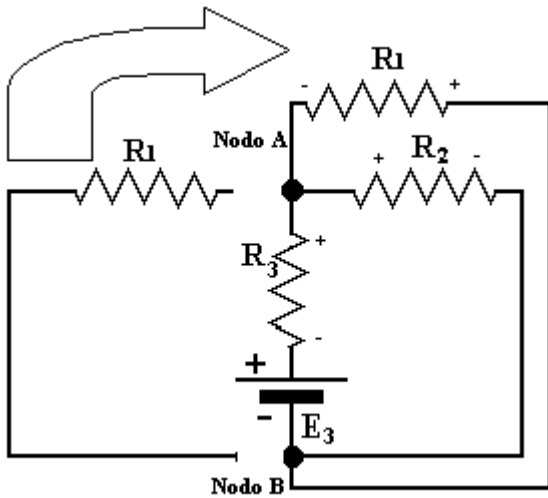
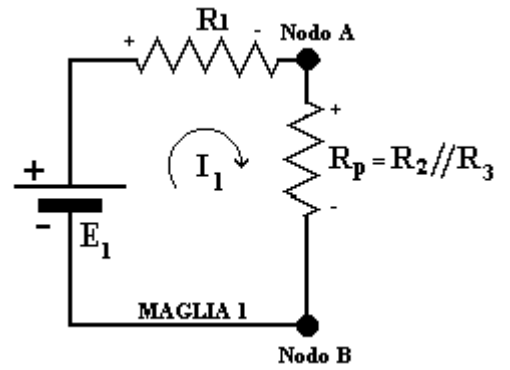
⁸I generatori si considerano ideali. Se fossero stati reali si sarebbero sostituiti con le relative resistenze interne (R_i)

2. Operando similmente nel caso in cui si cortocircuiti il generatore E_2 , si ottiene il circuito di figura. Infatti possiamo considerare l'effetto del solo generatore E_2 escludendo gli altri due ($E_1 = E_3 = 0$ V). La situazione è praticamente simmetrica rispetto a quella precedente e quindi applicando gli stessi passi nei quali R_2 sostituisce R_1 si ha:

$$I_2 = E_2 / (R_2 + R_p)$$

$$V_{AB}^{(2)} = E_2 R_p / (R_2 + R_p)$$

3. Consideriamo adesso l'effetto del solo generatore E_3 escludendo gli altri due ($E_2 = E_1 = 0$ V). Anche il terzo caso è simile al primo, ma per vedere l'equivalenza del circuito operiamo una semplice rotazione del ramo "1" in modo da riconoscere chiaramente che la resistenza



R_1 va in parallelo alla resistenza R_2 .

Ripetendo quanto svolto nei due casi precedenti si può calcolare la corrente prodotta dal solo generatore E_3 e la relativa caduta fra il nodo "A" e "B" come segue:

$$I_3 = E_3 / (R_3 + R_p)$$

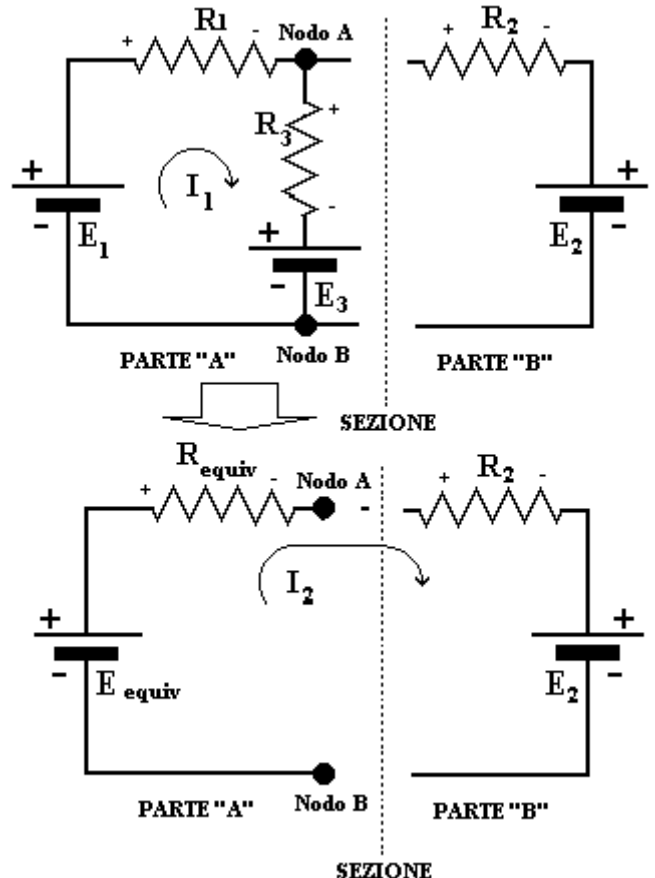
$$V_{AB}^{(3)} = E_3 R_p / (R_3 + R_p)$$

La tensione V_{AB} totale è la somma (sovrapposizione) delle tre tensioni così calcolate:

$$V_{AB} = V_{AB}^{(1)} + V_{AB}^{(2)} + V_{AB}^{(3)}$$

- PRINCIPIO DI THEVENIN

Il principio di THEVENIN si basa essenzialmente sul principio della sovrapposizione degli effetti e quindi può essere applicato solo a quei circuiti detti "LINEARI", ovvero dove ci sono solo elementi come resistori e pochi altri nei quali esiste una legge di proporzionalità fra corrente e tensione.



Più che un principio, è un “metodo” che prevede di operare in opportune “FASI” ottenendo un “CIRCUITO EQUIVALENTE” all’originale costituito solamente da un **generatore ideale di tensione** (E_{equiv}) e da una **resistenza in serie** (R_{equiv}).

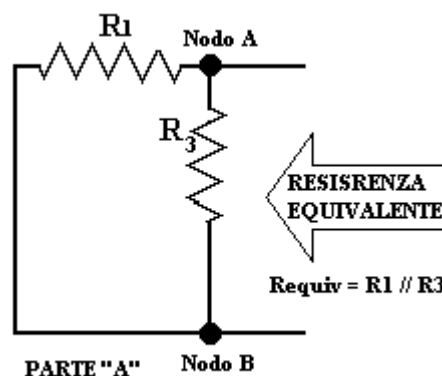
Le operazioni da svolgere sono le seguenti:

1. Fissati due punti ai capi dei quali si deve calcolare la tensione (“A” e “B”), si effettua una sezione immaginaria sul circuito stesso in modo da “staccare” la parte in esame. Si ottengono così due circuiti: la “PARTE B” staccata che per ora non consideriamo e la “PARTE A”.
2. Operiamo quindi sulla parte “A” riconducendola ad un generatore ideale di tensione ed una resistenza equivalente in serie.
3. Il generatore ideale corrisponde alla tensione presente sui morsetti “A” e “B” se non si preleva corrente (ovvero con la sezione “B” staccata). Si dice tensione “A VUOTO”. Nel caso in esame, la tensione equivalente si ricava calcolando prima la corrente “ I_1 ” che scorre nella prima maglia:

$$I_1 = (E_1 - E_3) / (R_1 + R_3)$$

Nel ramo centrale quindi la tensione “a vuoto” è

$$E_{equiv} = E_3 + I_1 R_3$$



4. La resistenza equivalente è quella vista dai morsetti “A” e “B” cortocircuitando i generatori di tensione⁹. Si osserva che, nel caso in esame, tale resistenza è il parallelo fra R_1 e R_3 .
5. Si ricompono adesso il circuito ricollegando la parte “B” alla parte “A”, ottenendo così una maglia attraverso la quale scorre la corrente “ I_2 ” data da

$$I_2 = (E_{equiv} - E_2) / (R_{equiv} + R_2)$$

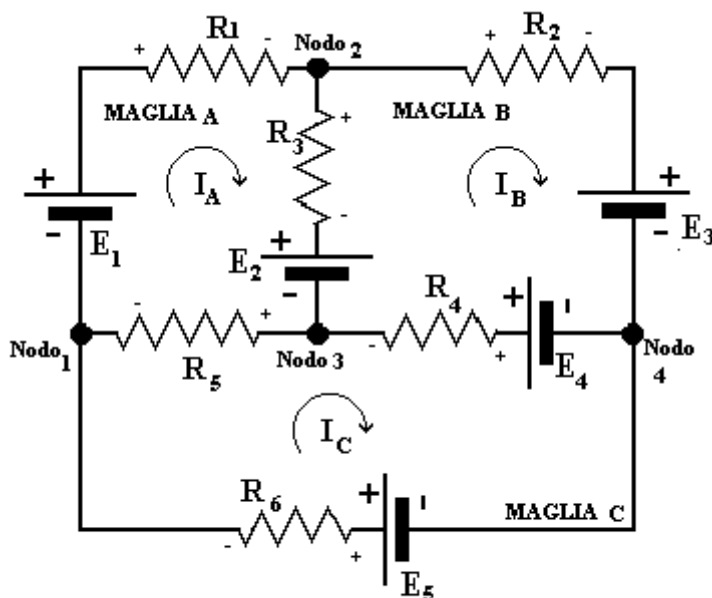
6. la tensione V_{AB} può essere calcolata sul ramo di sinistra o su quello di destra indifferentemente:

$$V_{AB} = E_{equiv} - I_2 R_{equiv} = E_2 + I_2 R_2$$

RISOLUZIONE DI UN CIRCUITO A TRE MAGLIE (Kirckoff e metodo di Gauss)

L’obiettivo dell’esercizio è il calcolo delle correnti nel circuito a tre maglie di figura. Allo scopo, si applica il secondo principio di Kirckoff calcolando le correnti in ogni maglia (I_a , I_b , I_c) e successivamente la tensione fra i nodi “4” e “1” (V_{41}). Per procedere SISTEMATICAMENTE, seguire le seguenti regole.

1. Definizione delle correnti nelle maglie



CIRCUITO ELETRICO (3 maglie indipendenti, 4 nodi e 6 rami)

⁹ E interrompendo quelli di corrente. I generatori reali vanno sostituiti con le loro resistenze interne.

(nel circuito sono già impostate in SENSO ORARIO).

2. Polarizzazione delle resistenze in base al verso delle correnti nelle maglie (nel caso in cui il ramo sia percorso da più correnti si pone la convenzione che la corrente di sinistra (sopra) sia preponderante).
3. Per ogni maglia: La si percorre in senso ANTIORARIO e si somma il contributo di ogni singola d.d.p. se cresce, viceversa si sottrae se decresce. Si ricavano così tante equazioni LINEARI quante sono le maglie indipendenti ovvero tante quante sono le correnti (incognite del problema). Nel caso in oggetto si ricava

$$\begin{aligned} \text{maglia A)} & \quad E1 - I_a R1 - (I_a - I_b) R3 - (I_a - I_c) R5 - E2 = 0 \\ \text{maglia B)} & \quad E1 + (I_a - I_b) R3 - I_c R2 - E3 - (I_b - I_c) R4 + E4 = 0 \\ \text{maglia C)} & \quad (I_a - I_c)R5 - E4 + (I_b - I_c)R4 + E5 - I_c R6 = 0 \end{aligned}$$

Distribuendo i termini e raccogliendo a fattore comune le correnti si ottiene il sistema nella forma canonica classica:

	COEFFICIENTI DELLA	COEFFICIENTI DELLA	COEFFICIENTI DELLA	Forze elettromotrici
	I_a	I_b	I_c	E
maglia A)	I _a (R1+R3+R5)	+ I _b (-R3)	+ I _c (-R5)	= E1-E2
maglia B)	I _a (-R3)	+ I _b (R3+R2+R4)	+ I _c (-R4)	= E2-E3+E4
maglia C)	I _a (R5)	+ I _b (-R4)	+ I _c (R5+R4+R6)	= E5-E4

Tenendo conto delle regole che ci permettono di agire sulle equazioni allo scopo di semplificare il sistema¹⁰, è possibile lavorare SOLO sui coefficienti, ovvero sulle somme delle resistenze e sulle F.E.M.. Per questo è comodo estrarre i coefficienti e lavorare sulla "MATRICE"

Colonna 1 Colonna 2 Colonna 3 Colonna 4

Riga 1	R1+R3+R5	-R3	-R5	E1-E2
Riga 2	-R3	R3+R2+R4	-R4	E2-E3+E4
Riga 3	-R5	-R4	R5+R4+R6	E5-E4

E' utile osservare che la matrice può essere ricavata senza applicare direttamente il secondo principio di Kirckoff. Infatti, si può ottenere la matrice applicando le seguenti regole:

1. SU OGNI TERMINE DELLA DIAGONALE PRINCIPALE C'E' LA SOMMA DI TUTTE LE RESISTENZE APPARTENENTI ALLA MAGLIA INTERESSATA
2. AL DIFUORI DELLA DIAGONALE, I COEFFICIENTI DIPENDONO DALLA COMBINAZIONE RIGA/COLONNA.

$$M_{xy} = - \text{SOMMA} (\text{Resistenze in comune fra la maglia "x" e la maglia "y"})$$

(incrocio fra la riga x e la colonna y)

3. NELL'ULTIMA COLONNA C'È LA SOMMA DI TUTTE LE F.E.M. DELLA RELATIVA MAGLIA, PRESE CON IL SEGNO POSITIVO SE SONO CONCORDI CON LA CORRENTE, NEGATIVO VICEVERSA.

- RISOLUZIONE NUMERICA TRAMITE IL PROCESSO DI TRIANGOLARIZZAZIONE DI GAUSS:
Per illustrare il processo di triangolarizzazione di Gauss è necessario agire su una matrice numerica. Per questo supponiamo che i dispositivi del circuito abbiano i seguenti valori:

¹⁰ E' possibile SOMMARE o SOTTRARRE ad un'equazione una qualsiasi altra anche più volte, ottenendo sempre un sistema equivalente, ovvero che ha le stesse soluzioni. La stessa cosa si può ottenere moltiplicando tutti i coefficienti di una stessa equazione per un valore costante non nullo.

$E1 = 10V$	$R1 = 10 \Omega$
$E2 = 20V$	$R2 = 20 \Omega$
$E3 = -20V$	$R3 = 10 \Omega$
$E4 = -10V$	$R4 = 10 \Omega$
$E5 = 10V$	$R5 = 20 \Omega$
	$R6 = 10 \Omega$

Le regole per la trasformazione della matrice sono ricavate da quelle prima citate per i sistemi lineari, pertanto:

1. Si possono sommare due o più righe
2. Si può moltiplicare o dividere una riga per un coefficiente non nullo.

Le regole vengono applicate in modo da azzerare tutti i termini sotto la

1) Sostituendo quindi i valori delle somme si ha:

R	1	2	3	4
C 1	40	-10	-20	-10
2	-10	40	-10	30
3	-20	-10	40	20

2) Divisione di tutte le righe x 10

R	1	2	3	4
C 1	4	-1	-2	-1
2	-1	4	-1	3
3	-2	-1	4	2

3) Riga 3 = -2 x Riga 2 + Riga 3

R	1	2	3	4
C 1	4	-1	-2	-1
2	-1	4	-1	3
3	0	-9	6	-4

4) Riga 2 = Riga 1 + 4 x Riga 2

R	1	2	3	4
C 1	4	-1	-2	-1
2	0	15	-6	11
3	0	-9	6	-4

5) Riga 3 = Riga 2 + (15/9) x Riga 3

R	1	2	3	4
C 1	4	-1	-2	-1
2	0	15	-6	11
3	0	0	4	13/3

6) Divido ogni riga per il termine sulla diagonale

R	1	2	3	4
C 1	1	-1/4	-1/2	-1/4
2	0	1	-2/5	11/15
3	0	0	1	13/12

diagonale principale.

Ricostruisco il sistema:

a) $I_a - 1/4 I_b - 1/2 I_c = -1/4$
b) $I_b - 2/5 I_c = 11/15$
c) $I_c = 13/12$

Calcolo I_c dall'equazione c):

$$I_c = 1,08 \text{ A}$$

Sostituisco il valore nell'equazione b):

$$I_b = 1,16 \text{ A}$$

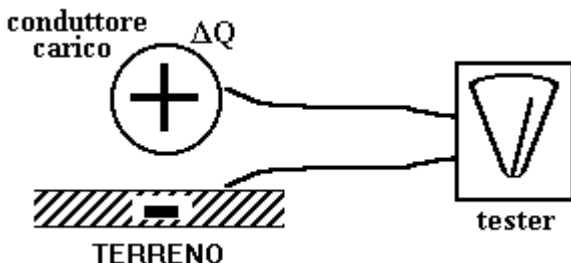
Sostituisco I_b e I_c nell'equazione a):

$$I_a = 0,583 \text{ A}$$

Osservando il circuito si calcola che $V_x = V_{41} = R6 \times I_c - E5 = 10 \times 1,08 - 10 = 0,83V$

- CAPACITÀ

Quando un conduttore acquista o perde elettroni si carica rispettivamente in modo negativo o positivo. Di



conseguenza il suo potenziale elettrico rispetto al terreno che si presuppone neutro (ovvero nullo e quindi viene preso come riferimento), aumenta in valore assoluto. La variazione temporale di potenziale elettrico dipende, oltre che dalla carica, anche dalle caratteristiche dimensionali del conduttore nonché dalla sua forma.

Se ΔQ è la carica acquistata, si osserva che l'aumento del potenziale (ΔV) è proporzionale alla quantità di carica spostata. Si dice che il conduttore ha attitudine ad immagazzinare cariche e che quindi ha una CAPACITÀ ELETTRICA (C). Il valore della capacità, che dipende dalle caratteristiche, è proprio la costante di proporzionalità nel rapporto fra la quantità di carica spostata e la variazione di potenziale elettrico.

$$C = \Delta Q / \Delta V$$

La capacità elettrica si misura in C/V che corrisponde al FARAD (F) nel sistema MKSA e dimensionalmente corrisponde a $[Q][V]^{-1}$. da quanto sopra risulta che:

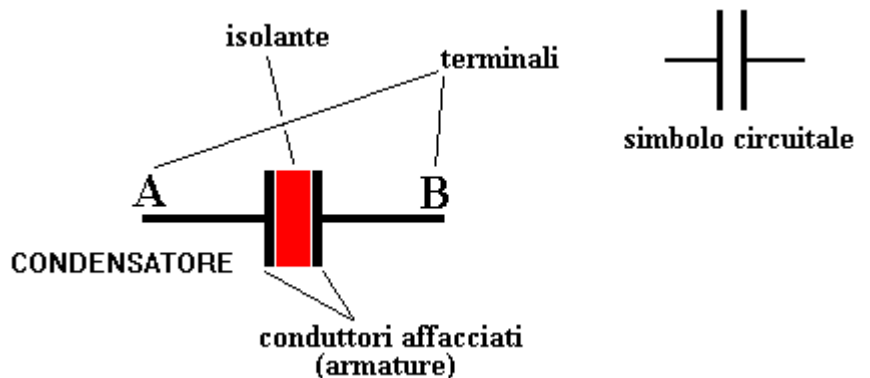
$$\Delta Q = C \cdot \Delta V$$

La capacità elettrica è una caratteristica di ogni conduttore a comportarsi come un contenitore di cariche. Come per la capacità volumetrica, la capacità elettrica quantifica la caratteristica di un "Oggetto" ad immagazzinare cariche elettriche ovvero elettroni.



A differenza della capacità di un recipiente, che può normalmente contenere un valore fisso di liquido (p.e. 5 l), un conduttore può contenere anche un numero infinito di cariche. Infatti il risultato dell'immagazzinamento si manifesta con l'aumento del potenziale così come si ha aumento del potenziale meccanico quando si carica una molla. La capacità elettrica pertanto è più grande in quei conduttori dove il potenziale elettrico aumenta di poco e viceversa è scarsa quando l'aumento è più consistente. Per analogia quindi essa si avvicina di più ad un contenitore per gas. Infatti, la quantità di gas contenuta in un recipiente a pareti rigide (p.e. bombola del gas) e quantificata secondo il peso, non dipende dal volume contenitore, ma dalla pressione con la quale il gas viene iniettato all'interno. Più alta è la pressione e più quantità di gas entra all'interno della

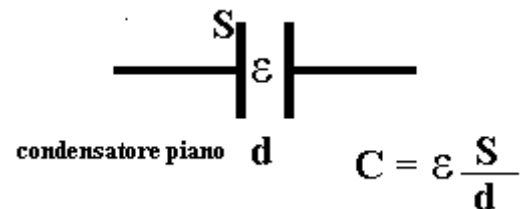
bombola. D'altra parte il gas reagisce meccanicamente tentando di uscire producendo una contropressione che tende a bilanciare quella di iniezione. All'equilibrio il flusso di gas uscente o entrante si arresta. Le cariche quindi si comportano esattamente come le molecole del gas che tendono a respingersi producendo un effetto elastico che modifica il potenziale (meccanico nel caso del gas o elettrico nel caso elettrico prodotto dagli elettroni) originario.



L'unità di misura della capacità, ovvero il Farad è normalmente una grandezza troppo grande: la nostra Terra ha una capacità inferiore al Farad (circa 0,7 F), pertanto normalmente vengono utilizzati i sottomultipli, ovvero il nF e il pF.

- CONDENSATORE

Esiste un dispositivo elettrico detto CONDENSATORE la cui caratteristica fondamentale è quella di avere grossa capacità. È costituito semplicemente da due conduttori piani detti ARMATURE separati da un isolante.



La capacità (C) di un condensatore dipende dalla forma del condensatore stesso: nel caso del CONDENSATORE PIANO (le superfici affacciate sono piani paralleli) la capacità è proporzionale alla superficie affacciata (S) delle due armature, ed inversamente proporzionale alla distanza (d) fra loro. La costante di proporzionalità dipende dalle caratteristiche isolanti del mezzo interposto ed è proprio (per definizione) la COSTANTE DIELETTRICA (ε). Se le due armature sono separate dal vuoto assoluto

allora la costante dielettrica vale $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ F/m. Adesso è comprensibile perché l'unità di misura della costante dielettrica è F/m.

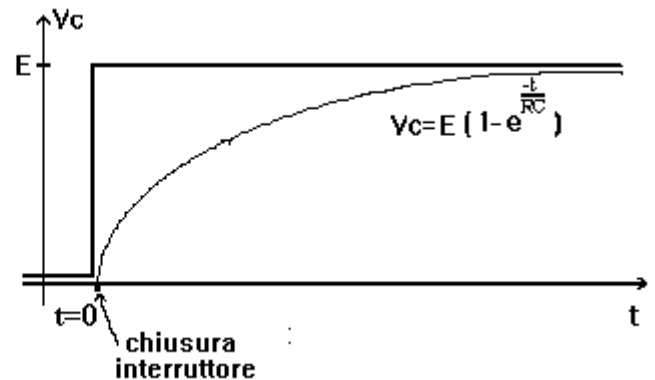
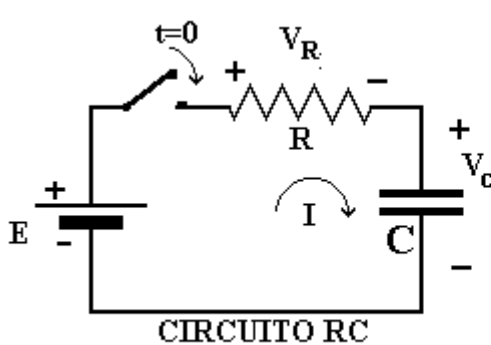
- CARICA E SCARICA DI UN CONDENSATORE (TRANSITORI IN UN CIRCUITO RC)

Un circuito RC è quello in cui si ha un condensatore ed una resistenza posti normalmente in serie. la maglia è alimentata da una batteria che fornisce la tensione "E" al circuito appena l'interruttore viene chiuso.

Il fenomeno detto "TRANSITORIO" che si ha dipende dal comportamento sia della resistenza che del condensatore combinati. Al tempo $t=0$, ovvero alla chiusura dell'interruttore il condensatore si suppone scarico. Di conseguenza la tensione V_c è nulla e la corrente $I = E/R$ (per la legge di Ohm). Le cariche rappresentate dalla corrente "I" entrano nel condensatore elevando istante per istante la tensione V_c . Il circuito è allora governato dall'espressione ricavata dal secondo principio di Kirckoff:

$$E - R I - V_c = 0 \Rightarrow V_c = E - R I$$

Si deve notare che essendo E costante, per l'aumento di V_c è necessario



che la corrente I diminuisca. Ciò è anche intuitivamente verificato dal fatto che la V_c contrasta l'effetto di E, infatti la tensione ai capi della resistenza è $V_R = E - V_c$. Questo vuole dire che il condensatore, pur continuando a caricarsi lo fa sempre più lentamente man mano che aumenta la V_c . Tale fenomeno prosegue teoricamente all'infinito, in quanto il divario fra E e V_c diminuisce, ma a causa della diminuzione della corrente I non diventa mai nullo. Il condensatore continua sempre a caricarsi senza mai raggiungere la tensione del generatore (E). Contemporaneamente la corrente "I" tende ad azzerarsi e ciò avverrebbe con un tempo infinito. Si dice allora che per $t \rightarrow \infty$:

" V_c " tende ASINTOTICAMENTE alla tensione di batteria "E"
 "I" " " " a zero

L'andamento che si ottiene della V_c in funzione del tempo è quello del grafico, cioè ESPONENZIALE.

Analogamente si ha la SCARICA del condensatore nella quale la V_c decresce sempre in modo esponenziale. Se il condensatore è già carico quando si chiude l'interruttore il fenomeno si ripete, ma si parte dal potenziale di carica del condensatore.

Si può osservare che la carica (scarica) è tanto più lenta quanto più grande è il prodotto RC. Questo valore è detto "COSTANTE DI TEMPO" del circuito ed è dimensionalmente un tempo e si indica con

$$\tau = RC$$

ESERCIZI DI ELETTROTECNICA DI BASE

ESERCIZIO 1

Calcolare le dimensioni delle grandezze:

$$\text{a) } X = \frac{L F t^{-1}}{a v^4} \quad \text{b) } Y = \frac{E_p}{l^{-3} t v^2} \quad \text{c) } Z = \frac{L^3 v^4}{F l^2}$$

ESERCIZIO 2

Un cestino cilindrico di sezione circolare ha un diametro di 27 cm ed un'altezza di 35 cm. Calcolare la superficie della sezione circolare ed il volume del cestino utilizzando le unità del sistema MKSA

ESERCIZIO 3

Partendo da Firenze si può raggiungere Roma in circa 2 ore e mezzo.

- Noto che la distanza FI-RM è di circa 250 Km, calcolare la velocità media in Km/h
- Ripetere il calcolo in m/s.

ESERCIZIO 4

- Un corpo si muove alla velocità di 24 m/s. Calcolare quanto spazio percorre in 18 min.
- Calcolare quanto tempo impiega a percorrere 68 Km

ESERCIZIO 5

Un corpo si muove alla velocità di 17 Km/h.

- Calcolare la velocità nell'unità di misura standard del sistema MKSA
- Calcolare quanto spazio percorre in 3/8 di s.
- Calcolare quanto tempo impiega a percorrere $27,8 \cdot 10^2$ m

ESERCIZIO 6

- Calcolare la distanza in Km dalla stella più vicina (Alfa Centauri), sapendo che la luce impiega 4 anni per coprire la distanza dal nostro sole (velocità della luce $C=300.000$ Km/s)
- Calcolare la velocità della luce in Km/h
- Calcolare la velocità della luce in m/s.
- Calcolare la velocità periferica (in m/s) della crosta terrestre all'equatore sapendo che il raggio della terra è di 6000 Km.
- Calcolare la velocità della terra intorno al Sole sapendo che la distanza Terra-Sole è di 150 milioni di Km.

ESERCIZIO 7

- Calcolare l'accelerazione di un corpo che, partendo da fermo, raggiunge la velocità di 38 Km/h in 45 s.
- Successivamente frena per 5 s portandosi a 20 K/h. Calcolare la decelerazione.

ESERCIZIO 8

- Calcolare la velocità finale di un corpo che viene lasciato cadere per 50 s (NB: $g=9,81 \text{ m/sec}^2$).
- Sapendo che nel moto uniformemente accelerato la relazione che lega lo spazio percorso al tempo è

$$s = \frac{1}{2} g t^2$$

calcolare quanto spazio percorre il corpo dopo 30 s.

ESERCIZIO 9

- Calcolare la forza impressa (in N) ad un corpo di massa $m=18 \text{ Kg}$ che ha una accelerazione uguale a $5,87 \text{ m/sec}^2$.
- Ripetere il calcolo per una accelerazione di $2,87 \text{ g}$

ESERCIZIO 10

- Un corpo di massa $m=60 \text{ Kg}$ è sottoposto ad una forza di 25 N . Calcolare l'accelerazione che gli viene impressa.
- Calcolare la velocità finale che assume il corpo dopo 27 s .
- Calcolare lo spazio percorso dal corpo dopo 3 minuti , presupponendo che sia stato inizialmente fermo.
- Calcolare la velocità finale del corpo dopo 1 min. presupponendo che inizialmente fosse già in moto alla velocità di 18 Km/h
- Calcolare la velocità finale del corpo dopo 1 min. presupponendo che inizialmente fosse già in moto nel senso opposto alla velocità di 37 m/s .

ESERCIZIO 11

Un corpo, sottoposto al proprio peso e ad una forza frenante acquisisce un'accelerazione di $4,6 \text{ m/sec}^2$
Calcolare il valore della forza frenante sapendo che la massa del corpo è 18 Kg .

ESERCIZIO 12

- calcolare la forza da applicare ad un carrello di massa $m=3 \text{ t}$ che viaggia a 100 Km/h in modo che si fermi in 30 s .
- Calcolare lo spazio che occorre per la frenata
- Calcolare l'energia cinetica del carrello prima della frenata.

ESERCIZIO 13

- Calcolare l'energia potenziale di un mattone di massa $m=2,5 \text{ Kg}$ posto ad un'altezza di 27 m .
- Se il mattone viene lasciato cadere, calcolare la velocità nel momento dell'impatto col suolo.
- Calcolare quante calorie sviluppa il mattone nell'impatto col suolo se tutta l'energia viene trasformata in calore ($1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$ calore necessario per elevare di 1° C 1 dm^3 d'acqua).
- calcolare di quanto aumenterebbe di temperatura di 8 l di acqua se il calore sviluppato nell'impatto venisse utilizzato completamente per scaldarla

ESERCIZIO 14

- Calcolare l'energia cinetica di un corpo di massa $m = 200 \text{ Kg}$ che si muove per inerzia nello spazio siderale a 200 Km/s .
- Calcolare la forza necessaria per fermarlo in 36 s .
- calcolare il lavoro necessario per fermarla e quanto è lo spazio percorso prima che si fermi.
- Calcolare la potenza necessaria per fermarlo in 5 s .

ESERCIZIO 15

Su di una confezione di noccioline tostate da 500 g leggiamo che il relativo valore energetico è di 615 Kcal/100g ($2,573 \text{ KJ/100 g}$). Presupponendo che il corpo umano abbia un rendimento del 90% , calcolare l'altezza che è possibile raggiungere con il proprio corpo (si presuppone mediamente una massa di 70 Kg) sfruttando tutto il potere energetico del pacchetto di noccioline.

(questo calcolo è puramente teorico e non ha nessuna corrispondenza con la realtà)

ESERCIZIO 16

Calcolare le seguenti conversioni:

Tradurre in:	10 M	10^{-2} T	18,2 m
n			
unità			
G			
E			
μ			
a			

ESERCIZIO 17

- Calcolare la forza di attrazione fra due cariche discordi di $0,3 \text{ C}$ e $18 \mu\text{C}$ poste nel vuoto a 27 m l'una dall'altra.
- Ricalcolare la forza nel caso in cui le cariche siano poste a 200 m l'una dall'altra.
- Rifare il calcolo del caso a) con le cariche sono immerse nell'acqua.

ESERCIZIO 18

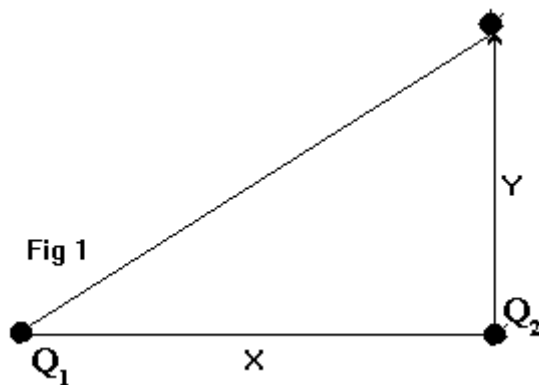
Due cariche uguali di 3 fC si respingono con una forza di 22 nN .

- Calcolare la distanza fra le due nel vuoto.
- Ricalcolare la distanza sapendo che la costante dielettrica $\epsilon = 200 \cdot 10^{-8} \text{ F/m}$.
- Calcolare la costante dielettrica del mezzo sapendo che se le cariche sono disposte a 20 cm si respingono con una forza di $0,89 \text{ mN}$.

ESERCIZIO 19

$14,67 \text{ Te}^-$ sono concentrati in un punto dello spazio.

- Calcolare la forza con la quale respingono un altro elettrone posto nel vuoto a 2 fm .



- b. Calcolare il campo elettrico prodotto dagli elettroni a 25 cm dal punto di concentrazione.

ESERCIZIO 20

Una carica di 18 mC è posta nel vuoto.

- Calcolare il campo elettrico e il potenziale a 27 mm dalla carica.
- Calcolare l'energia potenziale di un'altra carica di 56 nC posta a 34 m dalla prima.
- Il lavoro ottenuto liberando la seconda carica viene utilizzato per sollevare un peso di 2g. Calcolare l'altezza alla quale viene portato il peso.

ESERCIZIO 21

Una carica elettrica Q_1 di 2 μC è posta nel vuoto in un punto dello spazio. In prossimità di essa viene posta un'altra carica Q_2 di 23 nC ad una distanza $X=2\text{m}$ (vedi fig. 1)

- Calcolare il potenziale nel punto dove è posta la carica Q_2 .
- Calcolare il lavoro necessario per spostare la carica Q_2 ortogonalmente alla distanza che la separa dalla prima carica di una lunghezza $Y=20\text{ cm}$
- Tale lavoro è ricavato dalla caduta da 2 m di un flusso d'acqua. calcolare il peso e la quantità d'acqua necessaria.

ESERCIZIO 22

12,65 Ee^- passano attraverso una sezione di un conduttore in 38 ns.

- Calcolare la corrente elettrica che scorre nel conduttore.
- Tale corrente è provocata da una ddp di 26V. Calcolare la resistenza del conduttore.

ESERCIZIO 23

Nell'estremo sinistro di un conduttore si localizza una tensione di 18 V. Nell'estremo destro si misura una tensione di 6V.

- Dato che la resistenza del conduttore è di 26 Ω , calcolare la corrente che scorre nel conduttore.
- Calcolare il n. di elettroni che passano attraverso una qualsiasi sezione del conduttore in 3ms.

ESERCIZIO 24

Nell'estremo sinistro di un conduttore di 2 K Ω si localizza una tensione di 18 V.

Dato che il conduttore è percorso da una corrente di 3,4 mA verso l'altro estremo, calcolare la tensione nell'altro estremo.

Sapendo che il conduttore è di rame filiforme ed ha una sezione circolare con 0,3 mm di diametro, calcolare la lunghezza.

ESERCIZIO 25

- Calcolare la resistenza di un conduttore che ha ai suoi estremi due tensioni di -3V e 28V, sapendo che è percorso da una corrente di 2 mA.
- Calcolare la resistività del filo conduttore sapendo che la sezione è circolare con diametro di 0,5 mm e che è lungo 40 m.

ESERCIZIO 26

- Calcolare la resistenza di un conduttore ai capi del quale si localizza una ddp di 7V ed è percorso da una corrente di 2,3 nA.
- Calcolare di quanto aumenta la resistenza se il conduttore di rame aumenta la sua temperatura di 10°C

ESERCIZIO 27

- Calcolare la resistenza di un conduttore ai capi del quale si localizza una ddp di 23V ed è percorso da una corrente di 34 mA.
- Calcolare di quanto aumenta la corrente se la temperatura diminuisce di 10°C

ESERCIZIO 28

In un nodo confluiscono 5 correnti di valore:

CORRENTE	VALORE	VERSO
I_1	122 nA	entrante
I_2	2 mA	uscente
I_3	$2,8 \cdot 10^{-4}$ A	entrante
I_4	3679 nA	uscente
I_5	?	?

- Calcolare i valore della I_5
- Se la I_5 fosse di 26 mA entrante, quanto varrebbe la I_2 ?

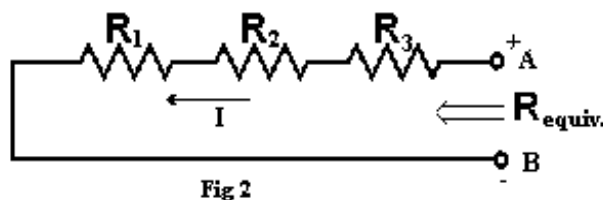
ESERCIZIO 29

Calcolare le dimensioni delle grandezze:

$$\text{a) } X = \frac{L F I^2}{a v^4} \quad \text{b) } Y = \frac{E_p}{Q^{-3} t} \quad \text{c) } Z = \frac{L^3 P}{F R}$$

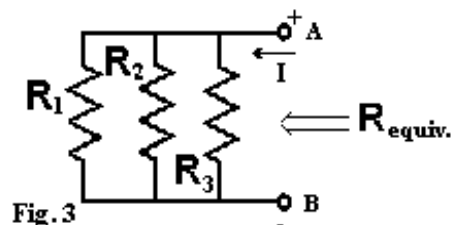
ESERCIZIO 30

- Calcolare la resistenza equivalente del circuito di figura 2, sapendo che $R_1 = 26 \Omega$, $R_2 = 65 \Omega$, $R_3 = 52 \Omega$.
- Calcolare la tensione ai capi A-B supponendo che il circuito sia percorso da una corrente di 345 mA.



ESERCIZIO 31

- Calcolare la resistenza equivalente del circuito di figura 3, sapendo che $R_1 = 26 \Omega$, $R_2 = 65 \Omega$, $R_3 = 52 \Omega$.
- Calcolare la tensione ai capi A-B (V_{AB}) supponendo che il circuito sia percorso da una corrente totale di 345 mA.



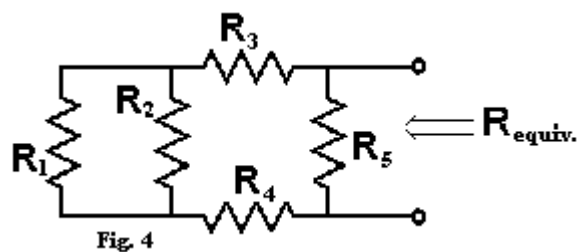
ESERCIZIO 32

- Calcolare la resistenza equivalente del circuito di fig. 4 sapendo che $R_1 = R_3 = 5 \text{ K}\Omega$, $R_2 = 8 \text{ K}\Omega$, $R_4 = 26 \text{ K}\Omega$, $R_5 = 12 \text{ K}\Omega$

- b. Ripetere il calcolo presupponendo che R_2 abbia un valore infinito.
- c. Ripetere il calcolo presupponendo che $R_4 = 0 \Omega$

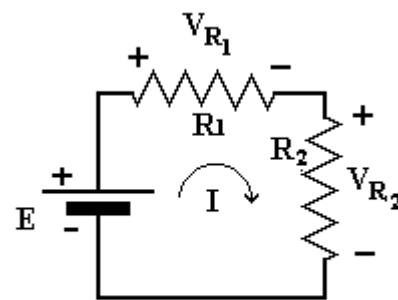
ESERCIZIO 33

- a. Calcolare la corrente che circola nel partitore resistivo di figura 5 sapendo che $E = 13 \text{ V}$, $R_1 = 9 \text{ K}\Omega$, $R_2 = 5 \text{ K}\Omega$.
- b. Calcolare la tensione sulle resistenze R_1 e R_2 (V_{R1} e V_{R2}).
- c. Rifare i calcoli supponendo che i valori siano: $E = 56 \text{ V}$, $R_1 = 1 \text{ K}\Omega$, $R_2 = 5 \text{ K}\Omega$



ESERCIZIO 34

Sapendo che nel circuito di figura 5 il generatore "E" è reale ed ha una resistenza interna $R_i = 0,5 \text{ K}\Omega$ e che i valori associati ai componenti del circuito sono: $E = 13 \text{ V}$, $R_1 = 9 \text{ K}\Omega$, $R_2 = 5 \text{ K}\Omega$.



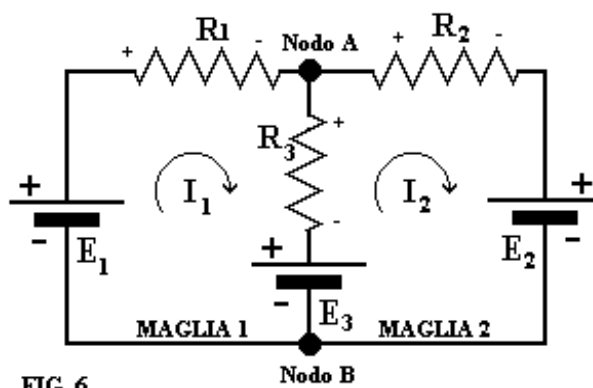
- a. Calcolare la corrente I che scorre nel circuito.
- b. Calcolare la corrente di corto circuito I_{cc}
- c. Diagrammare l'andamento della corrente I in funzione della resistenza R_2 che assume tutti i valori compresi tra quello sopra definito ($5 \text{ K}\Omega$) fino a zero.

ESERCIZIO 35

Scrivere l'equazione della maglia relativa al circuito di figura 5 utilizzando il principio di Kirckoff, ed esplicitare il valore della corrente sia nel caso che il generatore sia reale che ideale.

ESERCIZIO 36

- a. Applicando il secondo principio di Kirckoff, calcolare il valore delle due correnti nel circuito di figura 6, sapendo che $E_1 = 18 \text{ V}$, $E_2 = 4 \text{ V}$, $E_3 = 36 \text{ V}$, $R_1 = 9 \text{ K}\Omega$, $R_2 = 5 \text{ K}\Omega$, $R_3 = 16 \text{ K}\Omega$.
- b. Calcolare la corrente che scorre nel ramo centrale (I_{AB})
- c. calcolare la tensione localizzata fra i due nodi "A" e "B" (V_{AB}).
- d. Applicando il primo principio di Kirckoff verificare che la somma delle tre correnti al nodo "A" è nulla.



ESERCIZIO 37

Ripetere i passi relativi all'esercizio precedente supponendo che il generatore E_3 fornisca una tensione contraria a quella prevista ovvero del valore di -27 V .

ESERCIZIO 38

- a. Applicando il PSE, calcolare la tensione fra i due nodi "A" e "B" (V_{AB}) nel circuito di figura 6, sapendo che $E_1 = 18 \text{ V}$, $E_2 = 4 \text{ V}$, $E_3 = 36 \text{ V}$, $R_1 = 9 \text{ K}\Omega$, $R_2 = 5 \text{ K}\Omega$, $R_3 = 16 \text{ K}\Omega$.

b. Calcolare la corrente che scorre nel ramo centrale (I_{AB})

ESERCIZIO 39

Ripetere tutto l'esercizio precedente applicando il metodo di Thevenin

1 SISTEMA MKSA: Dire quali sono le grandezze principali (unità, simbolo dimensione) e come si ricavano quelle derivate

Elet.

2 Definire il concetto di velocità e d'accelerazione con un esempio. Definirne le dimensioni.

Elet.

3 Calcolare l'accelerazione di un corpo che partendo da fermo raggiunge una velocità di 35 m/sec^2 . calcolare la velocità finale in Km/h.

Elet.

4 Un'auto percorre la distanza Firenze-Roma (250 Km) in 3,6 Ore. Calcolare la velocità media in m/s.

Elet.

5 Definire la "Forza" dal punto di vista dimensionale. Calcolare l'accelerazione di un corpo di massa $m=3,7 \text{ Kg}$ sottoposto ad una forza di $6,8 \text{ N}$.

Elet.

6 Calcolare la forza alla quale è sottoposto un corpo di massa $m=45\text{Kg}$ che ha un'accelerazione di $0,22 \text{ g}$

Elet.

7 Calcolare la forza necessaria a fermare un corpo di massa $m=13\text{Kg}$ che ha una velocità di 22 m/s in 2 min .

Elet.

8 Calcolare quanto impiega un corpo di massa $m= 12\text{Kg}$ a fermarsi se la forza frenante è di 5Kg e la sua velocità è di 2 Km/h

Elet.

9 Definire la grandezza “LAVORO” sia dal punto di vista fisico che dimensionale. Definire l’U.d.M.

Elet.

10 Definire la grandezza “LAVORO” sia dal punto di vista fisico che dimensionale. Calcolare il lavoro che compie una forza di $2,66\text{ N}$ agente su di un corpo che si è spostato di 22 cm . Tenere conto che la forza agisce ortogonalmente alla direzione del moto

Elet.

11 Calcolare il lavoro necessari per portare un mattone di $5,6\text{ Kg}$ in cima ad un palazzo alto 55 m .

Elet.

12 Calcolare il lavoro consumato da una persona il cui peso è 72 Kg per salire al quarto piano di un palazzo (ogni piano è alto $3,5\text{ m}$).

Elet.

13 Il potere energetico di un carburante è di 18 KJ/l . Calcolare quanti l di carburante occorrono per portare un veicolo di 2t in cima al m.te Bianco (4810m s.l.m.) partendo da un’altezza di 76 m .

Elet.

14 Definire l’energia Cinetica e calcolarla nel caso di una nave di 56 t che viaggia alla velocità di 18 Km/h

Elet.

15 Un veicolo ha una velocità di 25 m/s ed una massa di 150 kg. Calcolare l'Energia Cinetica e l'altezza alla quale arriva per inerzia.

Elet.

16 Calcolare le dimensioni della grandezza

Elet.

$$\mathbf{X = F L / Ec^2}$$

17 Calcolare le dimensioni della grandezza

Elet.

$$\mathbf{X = F t^2 / (a^2 S)}$$

18 Calcolare le dimensioni della grandezza

Elet.

$$\mathbf{X = Ep l^2 / (v^2 m^{-3})}$$

19 Calcolare le dimensioni della grandezza

Elet.

$$\mathbf{X = v S^{-2} / (v^2 m^{-3})^2}$$

20 Tradurre :

Elet. 22.3 Km = ??? mm, 12.56 mg = ??? fg, 0.00923 Tbyte = ??? Kbyte, 912351.55 as = ??? ns

21 Tradurre :

Elet. 2.3 Tm = ??? Km, 2.6 pg = ??? mg, 23 10⁻⁵ Tbyte = ??? mbyte, 0,0035 Ks = ??? ns

22 Tradurre :

Elet. $2.3 \cdot 10^5 \text{ m} = ??? \text{ Pm}$, $6 \text{ ng} = ??? \text{ mg}$, $23 \cdot 10^{10} \text{ byte} = ??? \text{ Kbyte}$, $3,5 \text{ Ks} = ??? \text{ Es}$

23 Definire la Carica Elettrica e il suo comportamento. Dire qual è l'U.d.M. Dire che cosa è la costante dielettrica e specificare il suo interesse dal punto di vista elettrico.

Elet.

24 Calcolare la forza con la quale si respingono due cariche ($Q_1=Q_2=3\text{nC}$) elettrostatiche uguali poste nel vuoto alla distanza di 20 cm.

Elet.

25 Calcolare la costante dielettrica del mezzo interposto fra due cariche uguali ($Q_1=Q_2=3\text{nC}$) separate da una distanza di 6 mm che si attraggono con una forza di 3KN.

Elet.

26 Specificare cosa è il CAMPO ELETTRICO e qual è la sua unità di misura. Calcolarlo nel punto a distanza di 18 cm da una carica di $-67 \mu\text{C}$ supponendo di esser nel vuoto.

Elet.

27 Specificare cosa è il POTENZIALE ELETTRICO e qual è la sua unità di misura. Calcolarlo nel punto a distanza di 18 cm da una carica di $-67 \mu\text{C}$ supponendo di esser nel vuoto.

Elet.

28 Calcolare la differenza di potenziale fra due punti posti rispettivamente alle distanze 19 m e 36 m prodotta da una carica di -15 mC nel vuoto.

Elet.

29 Il potenziale a 27 m da una carica di $18 \mu\text{C}$ è di 27 V. Calcolare la costante dielettrica del mezzo nel quale è immersa la carica.

Elet.

30 Il potenziale a 27 m da una carica di è di 27 V. Calcolare la carica sapendo che la costante dielettrica è quella del vuoto.

Elet.

31 Calcolare la differenza di potenziale fra due punti posti rispettivamente alle distanze 19 m e 36 m da una carica di -15 mC immersa in un mezzo di costante dielettrica $\epsilon = 12,3 \cdot 10^{-14} \text{ F/m}$.

Elet.

32 Calcolare la forza con la quale viene attratto un elettrone (e^-) da una carica di 3,4 C posta a 25 m nel vuoto.

Elet.

33 Calcolare la forza con la quale è attratto un elettrone (e^-) da una carica di 3,4 C posta a 25 m nel vuoto.

Elet.

34 Calcolare il potenziale generato da un elettrone (e^-) nel vuoto alla distanza di 2 cm.

Elet.

35 Calcolare la forza con la quale si respingono due elettroni (e^-) posti a 2 cm nel vuoto.

Elet.

36 Calcolare l'energia di un elettrone (e^-) posto a 34 cm da una carica di $-27 \mu\text{C}$ nel vuoto.

Elet.

37 Calcolare l'energia di 10^8 elettroni (e^-) posti a 3 m da una carica di -7 C nel vuoto.

Elet.

38 Calcolare l'accelerazione iniziale di un elettrone (e^-) posto ad una distanza di 289 mm da una carica di 34 nC nel vuoto (NB: la massa di un elettrone è di $9,109 \times 10^{-31} \text{ Kg}$).

Elet.

39 Descrivere com'è fatto un atomo e quali sono i tipi di materiali dal punto di vista elettrico.

Elet.

40 Spiegare la differenza fra conduttori e isolanti

Elet.

41 Spiegare il fenomeno della corrente elettrica e dire come si indica e qual è l'unità di misura.

Elet.

42 Spiegare come, passando dall'unità elettrica fondamentale "corrente elettrica" si ricava l'unità di misura della carica elettrica.

Elet.

43 Attraverso la sezione di un conduttore passano $27,5 \text{ Te}^-$ ogni 18 sec. Calcolare l'intensità di corrente elettrica.

Elet.

44 Spiegare la legge di Ohm.

Elet.

45 Ai capi di un conduttore elettrico si misura una d.d.p di 12,34 V. la corrente che scorre in esso è di $123,2 \mu\text{A}$. Calcolare la resistenza del conduttore.

Elet.

46 Ai capi di un conduttore di $12,9 \text{ M}\Omega$ si rileva una d.d.p. di 35 mV. Calcolare la corrente elettrica che vi scorre attraverso.

Elet.

47 Ad un capo di un conduttore elettrico c'è un potenziale di 24 V. Da esso entra una corrente di $-12,4 \text{ ma}$ e sapendo che la resistenza del conduttore è di $2 \text{ M}\Omega$, calcolare il potenziale sull'altro capo del conduttore.

Elet.

48 Ad un capo di un conduttore elettrico c'è un potenziale di -4 V . Da esso entra una corrente di $2,4 \text{ ma}$ e sapendo che la resistenza del conduttore è di $0,55 \text{ M}\Omega$, calcolare il potenziale sull'altro capo del conduttore.

Elet.

49 Una stufa elettrica ha una potenza di 2000 W. Noto che essa funziona con la tensione i rete (220V), calcolare la corrente che vi scorre attraverso.

Elet.

50 Un elettrodomestico che funziona con la tensione di rete (220V), assorbe una corrente di 2,09 A. Calcolare la resistenza interna e la potenza consumata.

Elet.

51 Spiegare il concetto di potenza e come viene ricavata l'espressione di quella elettrica.

Elet.

52 Ai capi di un conduttore elettrico si misura una d.d.p di 2,4 V. la corrente che scorre in esso è di 1,2 A. Calcolare la conduttanza del conduttore.

Elet.

53 Un elettrodomestico che funziona con la tensione di rete (220V), assorbe una corrente di 2,09 A. Calcolare la conduttanza interna

Elet.

54 Calcolare le dimensioni della grandezza

Elet.

$$X = R \ t^4 / Q^2$$

55 Calcolare le dimensioni della grandezza

Elet.

$$X = I \ t^2 / (L^2 \ Q)$$

56 Calcolare le dimensioni della grandezza

Elet.

$$X = V \ I^2 / (I^2 \ m^{-3})$$

57 Calcolare le dimensioni della grandezza

Elet.

$$X = I P^{-2} / (R^2 I^{-3})^2$$

58 Definire la resistività specifica e il coefficiente di temperatura.

Elet.

59 Un conduttore di rame filiforme ha una sezione circolare di diametro 0,3 mm. Calcolare la resistenza relativa a 300 m di conduttore.

Elet.

60 Un conduttore filiforme ha una sezione circolare di diametro 0,3 mm. Calcolare la resistività specifica sapendo che 300 m di conduttore presentano una resistenza di 24,5 Ω.

Elet.

61 Un conduttore di rame filiforme ha una sezione circolare di diametro 0,3 mm. Calcolare lunghezza specifica sapendo che ha una resistenza di 24,5 Ω.

Elet.

62 Un conduttore di rame ha una resistenza di 24,5 Ω. calcolare di quanto aumenta quest'ultima se la temperatura aumenta di 27°C.

Elet.

63 Un conduttore di rame ha una resistenza di 24,5 Ω. Calcolare il coefficiente di temperatura sapendo che se la temperatura aumenta di 27°C la resistenza aumenta di 1,2 Ω.

Elet.

64 Definire l'unità di misura della resistività elettrica e della conducibilità.

Elet.

65 Definire il primo enunciato di Kirckoff (nodi). Fare un esempio.

Elet.

66 Ad un nodo fanno capo 6 rami di un circuito.

Elet. I_1 entra nel nodo (0,2 A), I_2 entra nel nodo (22 mA), I_3 esce dal nodo (0,45 A), I_4 entra nel nodo (2278 mA), I_5 esce dal nodo (0,892 mA). Impostare l'equazione che regola il fenomeno e calcolare la corrente nel sesto ramo.

67 Specificare con un esempio quando tre resistenze sono in parallelo e qual è la resistenza equivalente

Elet.

68 Specificare con un esempio quando tre resistenze sono in serie e qual è la resistenza equivalente

Elet.

69 Specificare i valori di tre resistenze che poste le prime due in parallelo e il risultato in serie con la terza formino una resistenza equivalente di $12,4 \Omega$

Elet.

70 Ai capi di un partitore resistivo costituito da due resistenze di $R_1 = 29 \text{ K}\Omega$, $R_2 = 45 \text{ K}\Omega$, viene posta una FEM $E = 15,7 \text{ V}$. Calcolare la corrente che scorre nel partitore e le cadute sulle due resistenze.

Elet.

71 Ai capi di un partitore resistivo costituito da due resistenze di $R_1 = 9 \text{ K}\Omega$, $R_2 = ?? \Omega$, viene posta una FEM $E = 15,7 \text{ V}$. sapendo che la caduta su R_1 è di $2,5 \text{ V}$, calcolare il valore della resistenza R_2 .

Elet.

72 Spiegare la differenza fra Corrente, tensione, potenziale, caduta di potenziale, differenza di potenziale e forza elettro-motrice

Elet.

73 Spiegare cosa si intende per generatore di tensione ideale e generatore di corrente ideale.

Elet.

74 Spiegare la differenza fra generatore di tensione ideale e reale

Elet.

75 Un generatore di tensione reale con una resistenza interna $R_i = 3,8 \Omega$, fornisce una FEM $E = 18 \text{ V}$. Calcolare la corrente fornita ad un "carico di 300Ω e la corrente di corto circuito (I_{cc})

Elet.

76 Enunciare il secondo principio di Kirckoff e fare un esempio applicativo.

Elet.

77 Disegnare un circuito elettrico con 3 maglie e scriverne le equazioni.

Elet.

78 Disegnare un circuito elettrico con 2 maglie e scrivere le equazioni delle maglie e dei nodi.

Elet.

79 Disegnare un circuito elettrico con 2 maglie e scrivere le equazioni delle correnti. Calcolare la tensione fra i due nodi ("A" e "B")

Elet.

80 Disegnare un circuito elettrico con 2 maglie e scrivere le equazioni di tutte le maglie comprese quelle dipendenti.

Elet.

81 Spiegare in cosa consiste il principio della sovrapposizione degli effetti.

Elet.

82 Disegnare un circuito a due maglie fare un esempio applicativo del PSE (con 2 generatori).

Elet.

83 Dire come si fa per applicare il principio di THEVENIN.

Elet.

84 Disegnare un circuito a due maglie fare un esempio applicativo del principio di THEVENIN (con 2 generatori).

Elet.

85 Definire la CAPACITÀ elettrica calcolandone le coordinate dimensionali

Elet.

86 Spiegare cos'è la capacità elettrica e qual è l'U.d.M.

Elet.

87 Un conduttore viene caricato con $3,4 \cdot 10^{12} e^-$. Calcolare la sua capacità sapendo che il potenziale elettrico si è abbassato di $-27V$.

Elet.

88 Ad un conduttore vengono tolti $3 Ge^-$. Di quanto aumenta il potenziale se la sua capacità è di $12 nF$

Elet.

89 Un condensatore piano ha una capacità di $12 \mu F$. Noto che le armature hanno forma quadrata di lato $20 cm$ e che la distanza fra di esse è di $2 mm$, calcolare la costante dielettrica dell'isolante interposto

Elet.

90 Un condensatore piano ha una capacità di $21 \mu F$. Noto che le armature hanno forma circolare di raggio $20 cm$ calcolare la distanza fra di esse sapendo che il mezzo interposto è il vuoto.

Elet.

91 Un condensatore piano ha una capacità di $38 nF$ e fra le armature si rileva una tensione di $17 KV$. Dato che la distanza fra le armature è di $0.2 mm$, e che il dielettrico è il vuoto, calcolare la forza con la quale si attraggono le armature.

Elet.

92 Spiegare il fenomeno della carica e della scarica in un circuito RC.

Elet.

93 Spiegare cosa è la costante di tempo di un circuito RC e come si misura.

Elet.

94 Spiegare quanto tempo impiega a caricarsi un condensatore di $5 \mu\text{F}$ posto in serie ad una resistenza di $27 \text{K}\Omega$.

Elet.

95 Scrivere l'equazione della maglia in un circuito RC e calcolare la corrente nel circuito sapendo che il condensatore è carico a 5V , la batteria fornisce $12,5\text{V}$ e che la resistenza è di $22 \text{K}\Omega$.

Elet.

96 Disegnare un circuito RC, impostare dei valori arbitrari di "R" e "C" e calcolare la costante di tempo spiegando il fenomeno della scarica

Elet.

97 Dire quanto impiega un condensatore di $5 \mu\text{F}$ a scaricarsi attraverso una resistenza di $41 \text{K}\Omega$

Elet.

98 Dire quanto vale la capacità in un circuito RC se la costante di tempo è 10s e la resistenza ha un valore di $109 \text{K}\Omega$

Elet.
