

TopAutomation

Elettrotecnica ed elettronica

Operatore/trice e montatore/trice in automazione



2

Per proposte di miglioramenti e correzioni:
<https://www.swissmem-berufsbildung.ch/feedback-tool>

Editore:	Edition Swissmem
Titolo:	«TopAutomation» Parte 2 Unità formative per operatore/trice e montatore/trice in automazione
Capo progetto:	Michael Kummer, Swissmem Berufsbildung
Layout e impostazione grafica:	Bruno Burger, Swissmem Berufsbildung
Autori:	Gody Berger Peter Meier-Herzog Heinz Renggli Mauro Sbriz
Traduzione italiana:	Fabrizio Guarisco
Versione:	Prima edizione 2020 Copyright © by Edition Swissmem, Zürich und Winterthur
Stampa:	Stampato in Svizzera
ISBN:	978-3-03866-333-1
Riferimento:	Swissmem Berufsbildung Brühlbergstrasse 4 CH-8400 Winterthur Telefono +41 52 260 55 55 Telefax +41 52 260 55 59 vertrieb.berufsbildung@swissmem.ch www.swissmem-berufsbildung.
Diritti d'autore:	Tutti i diritti riservati. L'opera e i suoi contenuti sono protetti dai diritti d'autore. Ogni impiego da parte di terzi dei contenuti deve sottostare alle disposizioni legali, e in ogni caso, deve essere autorizzato dall'editore in maniera scritta. Ringraziamo per il gradito supporto nella tecnica e nelle illustrazioni la ditta Sigpack Systems AG, 8222 Beringen

Nell'industria delle Macchine, dell'Elettricità e dei Metalli (industria MEM) per i mercati mondiali vengono sviluppati e realizzati degli impianti di produzione e sistemi per le diverse applicazioni. A questo scopo sono necessarie delle buone conoscenze per ogni settore d'installazione.

Con l'ausilio didattico **AutomationControl** vengono fornite le basi tecniche, le direttive di sicurezza e quelle ecosostenibili.

Questo materiale didattico copre integralmente la parte della formazione professionale quadriennale richiesta dall'operatore in automazione AFC. È strutturato in base al catalogo delle risorse e delle competenze (CoRe; anno di formazione iniziale 2016) della professione di operatore in automazione AFC. La numerazione dei capitoli corrisponde al CoRe. I contenuti includono parti teoriche ed esempi pratici.

Per trovare gli argomenti più velocemente, il materiale didattico contiene, oltre al sommario, un indice. Alla fine del materiale didattico, la panoramica del CoRe è fornita in maggior dettaglio.

Naturalmente, il contenuto individuale può essere utilizzato anche per la professione triennale di montatore in automazione AFC.

Ti ringraziamo e apprezziamo che stai lavorando con questo materiale didattico orientato verso pratica. Ti auguriamo ogni successo negli studi. Buon divertimento!

Test di lettura

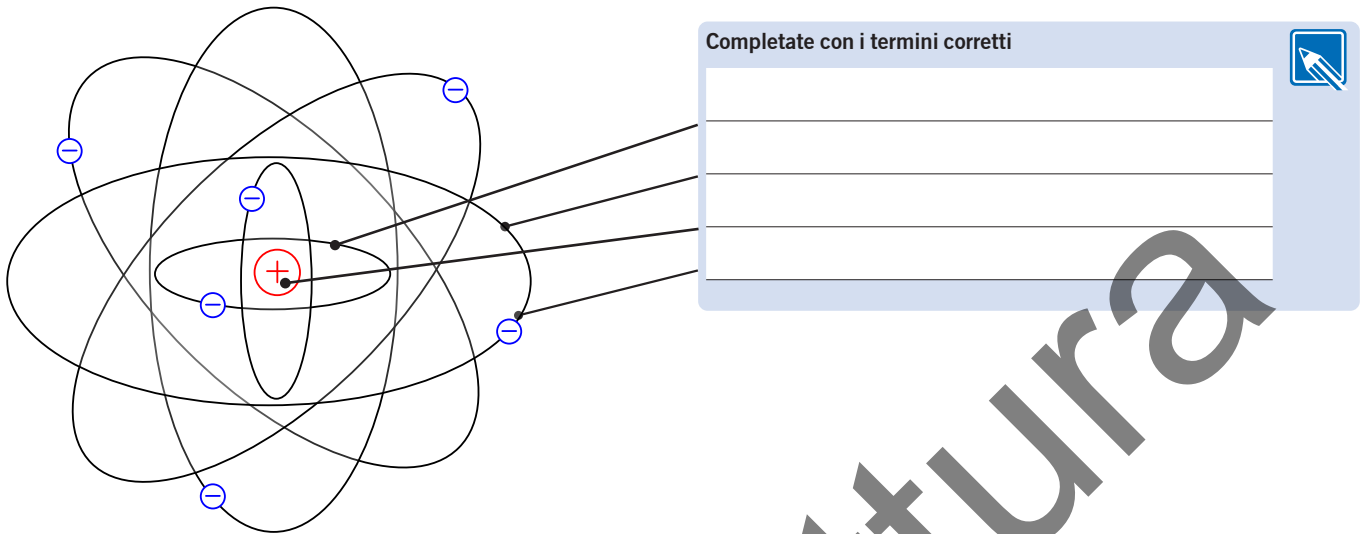
Test di lettura

2.1 Nozioni di base	7
2.1.1 Carica, corrente, densità di corrente, tensione	7
2.1.2 Leggi di Ohm e Kirchhoff	17
2.1.3 Resistenza	21
2.1.4 Tensione e corrente nei circuiti misti	35
2.1.5 Collegamento di strumenti di misura (tensione e corrente)	40
2.1.6 Potenza, lavoro, rendimento	45
2.1.7 Effetto calorico della corrente elettrica	52
2.1.8 Elementi galvanici	58
2.1.9 Tensione, resistenza interna, tipi di carico	66
2.2 Tecnica analogica	69
2.2.1 Resistenze non lineari	69
2.2.2 Diodi e transistor	71
2.2.3 Semiconduttori di potenza	79
2.3 Campo elettrico	85
2.3.1 Nozioni di base sul campo elettrico	85
2.3.2 Condensatore	89
2.4 Campo magnetico	103
2.4.1 Magnetizzazione, linee di campo	103
2.4.2 Corrente, campo magnetico, effetti di forza	105
2.4.3 Circuito magnetico	107
2.4.4 Induzione, autoinduzione, induttanza	112
2.4.5 Impieghi	124
2.5 Norme	127
2.5.1 Nozioni fondamentali sulle norme	127
2.5.2 Gamme di tensione, designazione di conduttori	135
2.5.3 Principio della protezione di persone e cose	143
2.5.4 Misure contro pericoli per le persone	163
2.5.5 Sistema di protezione IP	174
2.5.6 Protezione da sovracorrente	177
2.6 Tecnica della corrente alternata	197
2.6.1 Grandezze della corrente alternata	197
2.6.2 Consumatori elettrici	200
2.6.3 Tipi di potenze	206
2.6.4 Corrente trifase	207
2.6.5 Misurazione della potenza	221
2.7 Tecniche di azionamenti, macchine elettriche	223
2.7.1 Trasformatori monofase e trifase, trasformatori di misura	223
2.7.2 Macchine rotanti	237
2.7.3 Convertitori di corrente	266
2.7.4 Applicazioni	276
2.8 Approfondimento elettrotecnica	291
2.8.1 Corrente di difetto, corrente di dispersione e compatibilità elettromagnetica (EMC)	291
2.8.2 Linee direttive per le macchine	307
Indice dei contenuti	323
CoRe	325

Test di lettura

2.1.1 Carica, corrente, densità di corrente, tensione

Basi elettrofisiche dei termini **carica**, **tensione** e **corrente**



Il **nucleo atomico** si compone di particelle pesanti e stazionarie: i protoni, caricati positivamente e i neutroni, neutri.

Il **guscio elettronico** si compone di piccole particelle, che ruotano rapidamente attorno al nucleo: gli elettroni, con carica negativa.

In alcuni materiali, alcuni elettroni del guscio più esterno si lasciano strappare dal nucleo migrando verso altri atomi (**conduzione elettrica**).

Nei **non conduttori** gli elettroni sono fortemente legati al nucleo.

Un **movimento di elettroni** si chiama elettrica

Un **accumulo di elettroni** si chiama elettrica

L'**elettricità** (l'«effetto globale» degli elettroni) è una **forma d'energia**, che si lascia facilmente trasportare o convertire in altre forme d'energia, p.es. calore, radiazioni (luce) o energia meccanica.

Proprietà delle cariche elettriche

Esistono 2 tipi di cariche elettriche:

1. Carica elettrica positiva	2. Carica elettrica negativa	Cariche diverse
<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">+</div> <div style="text-align: center;">+</div> </div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">-</div> <div style="text-align: center;">-</div> </div>	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; margin: 0 auto;"></div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">+</div> <div style="text-align: center;">-</div> </div>



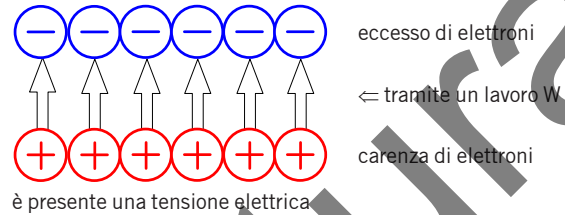
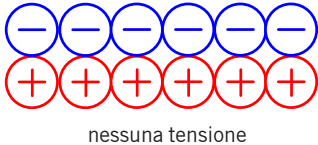
Conclusione:
le cariche uguali si respingono, le cariche diverse si attirano.

Tensione elettrica U in Volt [V]

Lo sappiamo già:

ci sono cariche positive e negative. Esse si attraggono. Normalmente si presentano distribuite uniformemente. Si neutralizzano mutualmente. Se è possibile spostare le cariche negative - con un lavoro - le cariche positive prevarranno su un punto e le cariche negative sull'altro punto. Tra i gruppi di cariche c'è ora uno stato speciale: uno stato di tensione (differenza di potenziale).

La tensione si ottiene con una



La tensione così ottenuta si chiama U_0 o tensione sorgente (U_0). La tensione sorgente è il quoziente del lavoro W necessario per la separazione delle cariche corrispondenti Q .

$$U_0 = \frac{W}{Q}$$



Una tensione può essere presente senza corrente!
 La corrente può circolare solo se è presente una tensione.

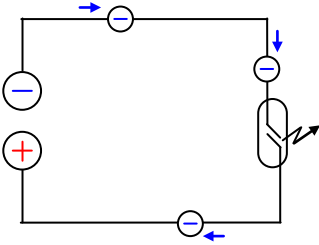
Unità della tensione elettrica:

Esempi di tensione:

elemento galvanico	
rete elettrica domestica	
tram	
FFS	
alta tensione	
telefono	

Corrente elettrica I in Ampere [A]

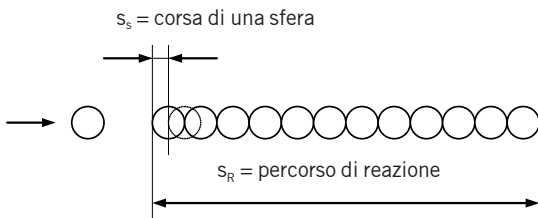
Collegando delle cariche con segni diversi tramite un conduttore, si verifica un bilanciamento della carica. Il bilanciamento della carica può essere reso visibile tramite una lampada ad incandescenza. La lampada ad incandescenza indica con un breve lampo che la carica è passata attraverso di essa.





Nei metalli è un

Paragone tra delle sfere e un flusso di elettroni:



$$V_{\text{Impulso}} = \frac{s_R}{t}$$

$$V_{\text{Sfera}} = \frac{s_s}{t}$$

Velocità dell'impulso degli elettroni:

Velocità degli elettroni liberi:

Unità della corrente elettrica:

Esempi di corrente:


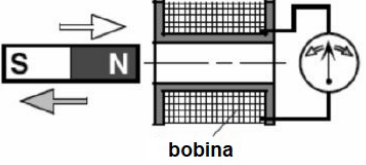
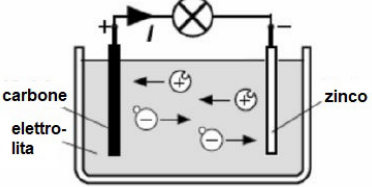
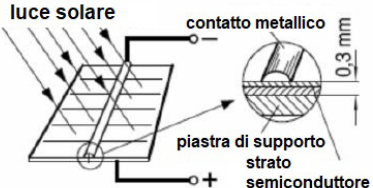
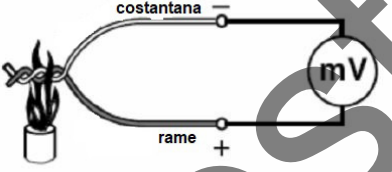
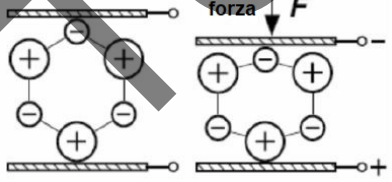



prova-fasi	
microfono	
illuminazione	
produzione Al (Alu)	

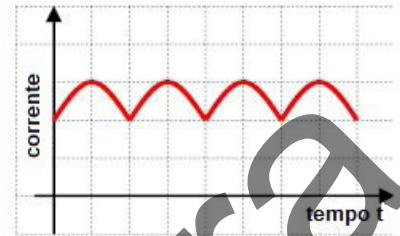
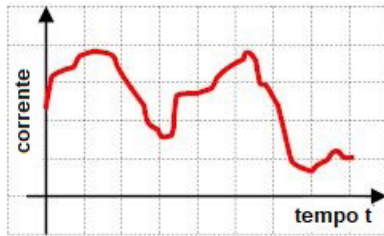
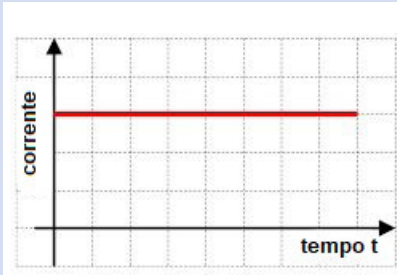
Test di lettura

Ottenimento di una tensione

La «pressione» per spostare i portatori di carica liberi — la tensione elettrica — può essere ottenuta in diversi modi:

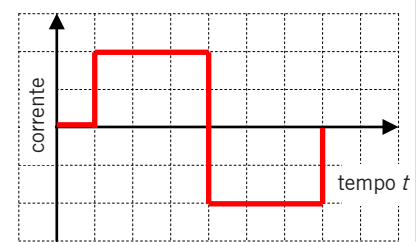
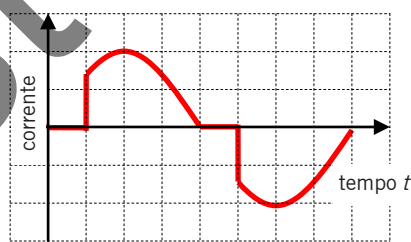
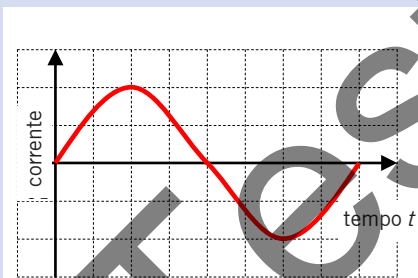
		Impieghi ed esempi: 
 <p style="text-align: center;">bobina</p>	<p>Modificando il flusso magnetico in un conduttore si induce una tensione. Chiudendo il circuito si avrà un flusso di corrente.</p>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
 <p>carbone elettrolita zinco</p>	<p>Se si immergono due elettrodi in un elettrolita, p.es. dei sali, tra di loro si forma una tensione elettrica. Anche il sistema nervoso degli esseri viventi sviluppa correnti e tensioni.</p>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
 <p>luce solare contatto metallico 0,3 mm piastra di supporto strato semiconduttore</p>	<p>Un fotoelemento converte la luce, p.es. solare, in energia elettrica. Il semiconduttore attivo, con il polo negativo, è composto in generale da dischi di silicio sottili. Con la luce si forma una tensione elettrica tra il semiconduttore e la piastra di supporto.</p>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
 <p>costantana rame mV</p>	<p>Riscaldando il punto di giunzione di due materiali diversi, si forma una tensione proporzionale all'aumento della temperatura. L'energia elettrica prodotta ha un basso rapporto se paragonata con l'energia termica usata.</p>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
 <p>forza F</p>	<p>Molti cristalli, in generale quarzi, se caricati meccanicamente (trazione/compressione) si deformano e generano delle cariche superficiali (tensioni).</p>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>
 <p>neutro spostamento delle cariche separazione delle cariche non conduttore in contatto separare</p>	<p>Tramite attrito o separazione di materiali isolanti, ma anche tramite agitazione di fluidi non conduttori si formano delle cariche con tensioni elevate. Questa elettricità statica è generalmente indesiderata.</p>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

Tipi di corrente

Corrente continua simbolo: o (direct current)

Generatori

Impieghi

Corrente alternata simbolo o (alternating current)

Generatori

Impieghi

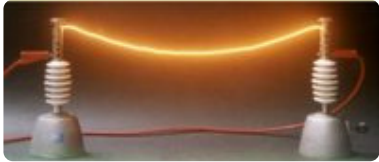




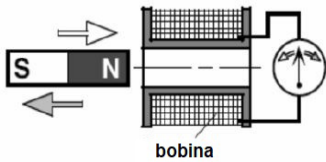
La corrente elettrica viene riconosciuta dai suoi effetti.

Effetti della corrente elettrica

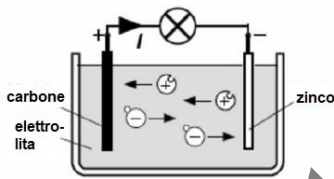
Alcuni effetti si verificano sempre, non possono essere prevenuti, altri vengono osservati solo in determinate condizioni. Gli effetti principali sono:



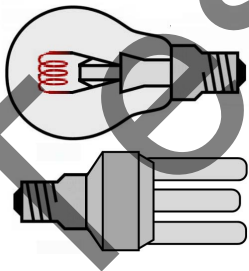
Se una corrente scorre attraverso una resistenza, questa diventa calda; L'energia elettrica viene convertita in energia termica. Nel caso di apparecchi di riscaldamento, questo effetto è desiderabile, deve essere preso in considerazione per cavi e avvolgimenti.



Ogni conduttore percorso da una corrente, genera un campo magnetico attorno ad esso. Questo fenomeno potrebbe generare delle forze.



Nel liquidi conduttori (acidi, soluzioni alcaline, soluzioni saline) il flusso di corrente è costituito da ioni. Nel processo, il materiale viene "trasportato" (elettro-placcatura) o il liquido viene decomposto chimicamente (elettrolisi).



Nelle lampade ad incandescenza, la luce viene creata dall'effetto del calore in un filo di tungsteno incandescente. Solo circa il 5% dell'energia elettrica diventa luce.

Nel caso delle lampade a scarica, la corrente fa accendere un gas a bassa pressione (collisione di atomi, ioni ed elettroni). Efficienza circa il 20%.



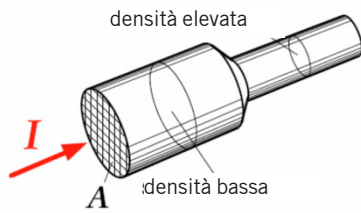
L'elettricità irrita e colpisce il sistema nervoso degli esseri viventi. Quando viene superato un limite, la corrente provoca crampi muscolari. Anche piccole correnti (da 30 mA) possono portare ad un arresto cardiaco, correnti più grandi causano ustioni e morte. Generalmente, una corrente a partire da 50 mA è potenzialmente letale. La tensione AC da 50 V e la tensione DC da 120 V sono potenzialmente letali.

Impieghi ed esempi:



Blank lined area for writing examples and applications.

Densità di corrente J in $\frac{A}{mm^2}$



$$J = \frac{I}{A}$$

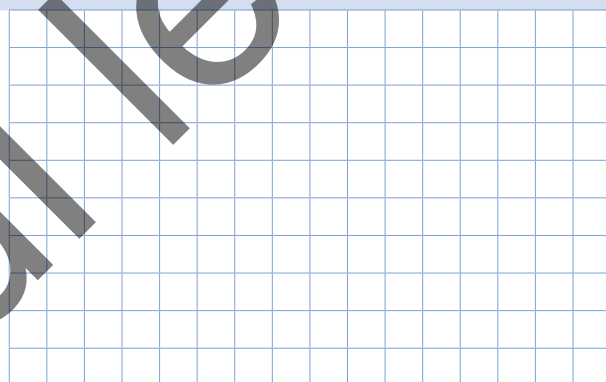
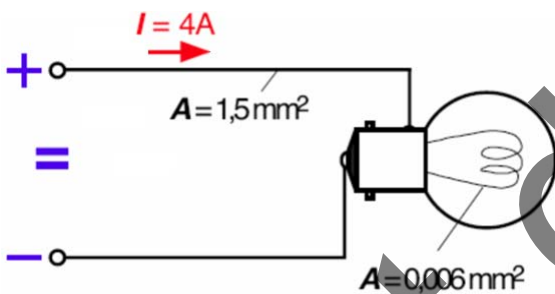


Esempio:

Il circuito di seguito mostra le diverse sezioni del conduttore. La linea di alimentazione (conduttore di andata e ritorno) ha una sezione trasversale di $1,5 \text{ mm}^2$. Affinché il filamento di una lampadina si illumini, la densità di corrente nel filamento deve essere almeno 500 A/mm^2 .

- Qual è la densità attuale nella linea di alimentazione?
- Qual è la densità di corrente nel filamento?

Soluzione:



Sezione A in mm^2	Corrente in A	Densità J in A/mm^2
1		
1,5		
2,5		
4		
6		
10		
16		
25		
35		
50		

Assegnazione della capacità di carico in corrente alle sezioni trasversali per conduttori fissi in rame. Le correnti continue massime consentite e quindi la protezione per le linee elettriche sono specificate in base a NIN (norme di installazione a bassa tensione) e EN60204. Dipendendo dalla sezione trasversale del cavo e dal tipo di installazione. Il tipo di installazione influenza il raffreddamento dei conduttori.

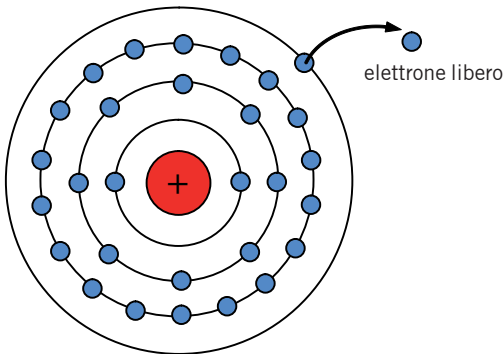
Il calore viene dissipato dalla superficie esterna del conduttore, quindi la densità di corrente massima ammissibile diminuisce con l'aumentare della sezione. Infatti, a parità di lunghezza, maggiore è la sezione del conduttore, minore è la superficie dissipante per mm^2 di sezione.

Inoltre, il riscaldamento dipende dalla resistività del materiale del conduttore e dalle opzioni di raffreddamento fornite.

Conduttori, non conduttori e semi conduttori

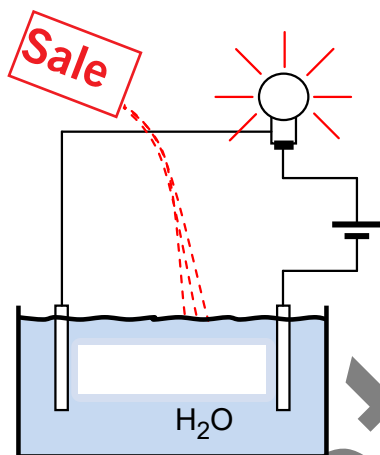
Conducibilità di corrente nei metalli

atomo di rame: no. atomico 29 \Rightarrow 29 Protoni
29 elettroni



Nel caso del rame e dei metalli, i portatori di carica che formano la corrente elettrica sono gli elettroni liberi sui gusci più esterni. Il guscio più esterno è molto lontano dal nucleo e non è saturo. Di conseguenza, questi elettroni hanno solo forze di legame molto piccole e possono abbandonare l'atomo. L'elettrone più esterno sul quarto guscio ha un legame molto piccolo con il suo nucleo. Al minimo impulso del movimento termico del reticolo atomico, si separa e vaga da atomo a atomo. Quindi, gli elettroni liberi sono alla base della corrente che scorre nei metalli.

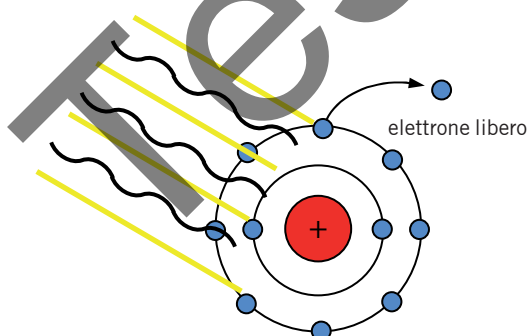
Conducibilità nei fluidi



L'acqua distillata è un non conduttore. Non può scorrere elettricità. Aggiungendo sale, l'acqua distillata diventa conduttiva. Le molecole di sale si scindono in ioni sodio e cloro.



Conducibilità nei gas



I gas sono normalmente non conduttori perché non hanno elettroni liberi. Fornendo energia, ionizzante, tuttavia, gli elettroni guscio possono essere strappati dal loro percorso. Restano elettroni che si muovono liberamente e ioni carichi positivamente e negativamente.

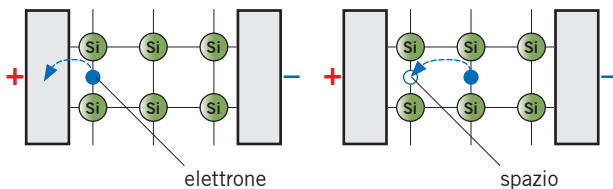
Le seguenti condizioni fisiche causano la ionizzazione:

- calore
- campi elettrici
- campi magnetici
- radiazioni radioattive e cosmiche
- alta tensione (lampade a scarica di gas)

Conducibilità nei semiconduttori

I materiali semiconduttori usati sono quasi esclusivamente materiali di base come silicio, germanio o composti chimici, come l'arseniuro di gallio o l'indio antimonide. I materiali a semiconduttore devono essere estremamente puri. A temperature molto basse, i materiali semiconduttori sono non conduttori. Solo aggiungendo sostanze estranee, mediante irraggiamento leggero o campi elettrici o magnetici, diventano conduttivi.

I materiali semiconduttori sono utilizzati per realizzare componenti elettronici (diodi, diodi Zener, transistor, conduttori caldi e freddi, IGBT, ecc.).



Gli atomi a semiconduttore formano un reticolo cristallino. Il silicio ha quattro elettroni di valenza sul guscio esterno. Applicando una tensione, viene applicato un campo elettrico che guida gli atomi liberi dal polo negativo a quello positivo. Non appena un elettrone di valenza si allontana dal suo legame atomico, crea uno spazio. Un elettrone di valenza adiacente può ricostituire questa lacuna in modo che la lacuna si sposti dal polo positivo a quello negativo.

i **Doping (drogaggio):** nel silicio si aggiungono atomi (estranei) supplementari con valenze inferiori, ad esempio 3 elettroni di valenza, o superiori, ad esempio cinque elettroni di valenza.

i I conduttori sono tutti metalli, carbone, terra umida e alcuni fluidi. I non conduttori (materiali isolanti) sono, p.es., aria, gomma, vetro o plastica. I semiconduttori sono, p.es., silicio e germanio.

2.1.2 Leggi di Ohm e Kirchoff

Resistenza elettrica R in Ω

I portatori di carica (elettroni) che si muovono attraverso un materiale sono più o meno ostruiti nel loro flusso. Questa ostruzione è dovuta all'attrito tra i portatori di carica (p.es. elettroni) e gli atomi del materiale (p.es. conduttori metallici). Gli elettroni si muovono su una "traiettoria a zigzag" tra gli atomi del conduttore elettrico, trovando una resistenza nel loro movimento.

Conducibilità elettrica G in S

Il reciproco della resistenza elettrica è la **conduttanza** e non deve essere confusa con la **conduttività**. I valori di conduttanza sono principalmente utilizzati dove le resistenze elettriche sono molto piccole.

Simboli:

Unità:

$R = \frac{1}{G}$

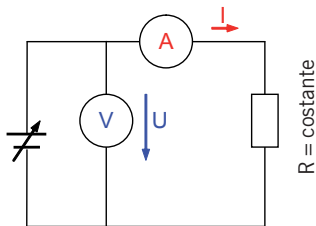
Simboli:

Unità:

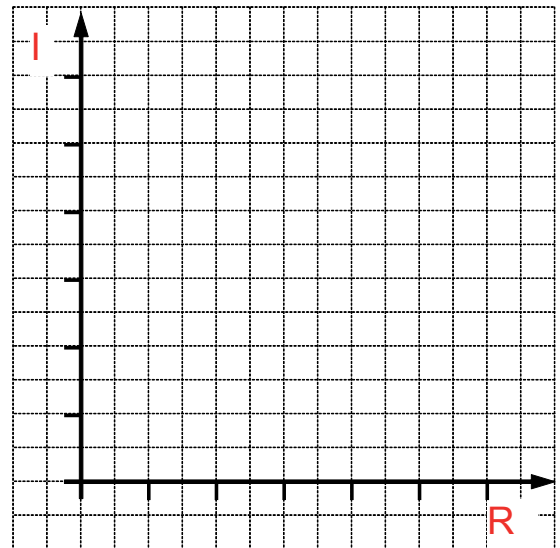
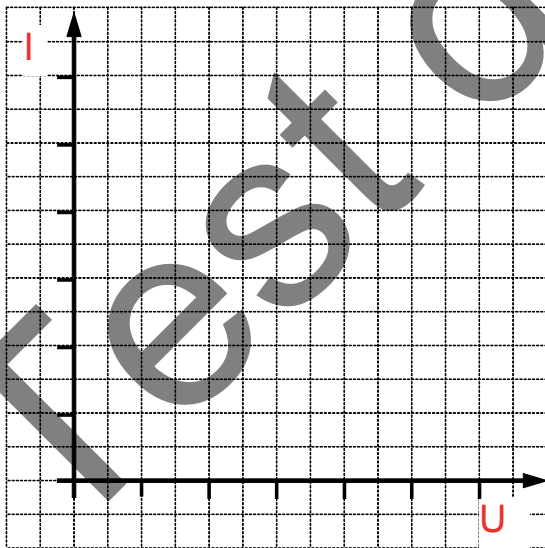
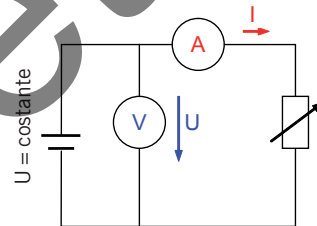
$G = \frac{1}{R}$

La legge di Ohm

Prova 1:
Comportamento della corrente con tensione variabile e resistenza costante.



Prova 2:
Comportamento della corrente con tensione costante e resistenza variabile.



Risultato:

Risultato:

Riassunto delle prove 1 e 2:

1. I è proporzionale ad
2. I è inversamente proporzionale a = è proporzionale a \Rightarrow da cui:

$I = \frac{U}{R}$

 legge di Ohm

Calcoli sulla legge di Ohm

1. Un relè con resistenza da $40 \text{ k}\Omega$ è collegato a 48 V DC . Quanto è grande la corrente nella bobina?

Soluzione:

2. Una lampada a incandescenza consuma 250 mA quando è collegata a 24 V DC . Calcola la resistenza della lampadina.

Soluzione:

3. Attraverso una resistenza di 22Ω fluiscono $8,5 \text{ A}$. Quale tensione è richiesta?

Soluzione:

4. Se ai capi di una resistenza ohmica viene applicata una tensione, scorre una corrente. Determina, applicando una crocetta, se le seguenti affermazioni sono corrette o errate.

Soluzione:

Corretto	Errato	
		Se la tensione aumenta, la corrente diminuisce.
		Se la resistenza diminuisce, la corrente aumenta.
		Per mantenere la corrente costante, se aumento la tensione, dovrò anche aumentare la resistenza.