

# IQ5IN Lezione di elettronica per radioamatori

## 1<sup>a</sup> LEZIONE

Corrente elettrica - Tensione - Frequenza - Corrente – Potenza

## LA CORRENTE ELETTRICA

Tutti i giorni noi sfruttiamo la **corrente elettrica** prelevandola dalla presa **rete** dei **220 volt** per accendere le **lampadine** di casa, per far funzionare il **frigorifero**, la **televisione** o il **computer**, oppure la preleviamo dalle pile per ascoltare la musica dalla nostra **radio portatile** o per parlare al **telefono cellulare**.

Poiché la corrente elettrica si ottiene solo se si riescono a mettere in movimento gli elettroni, per spiegarla dobbiamo necessariamente parlare dell'atomo. Per chi ancora non lo sapesse l'**atomo** è costituito da un **nucleo** di **protoni**, con carica **positiva**, e **neutroni**, con carica **neutra**, attorno al quale ruotano alla velocità della luce, cioè a **300.000 Km al secondo**, degli **elettroni**, con carica **negativa**:

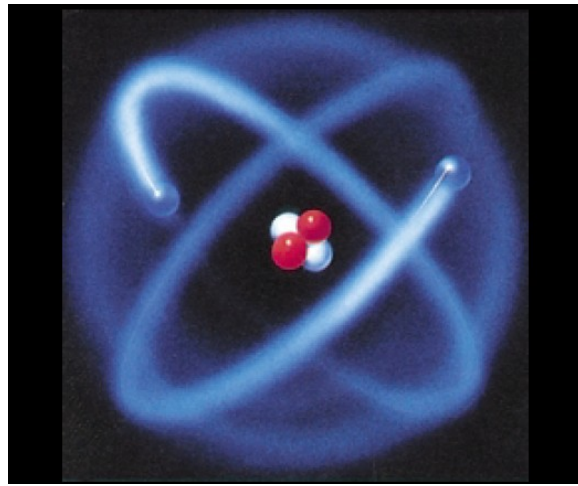


FIG 1

L'atomo si potrebbe paragonare ad un sistema planetario miniaturizzato con al centro il **sole (nucleo di protoni)** e tanti **planeti (elettroni)** che gli orbitano intorno. Gli **elettroni negativi** sono tenuti in **orbita** dai **protoni positivi**:

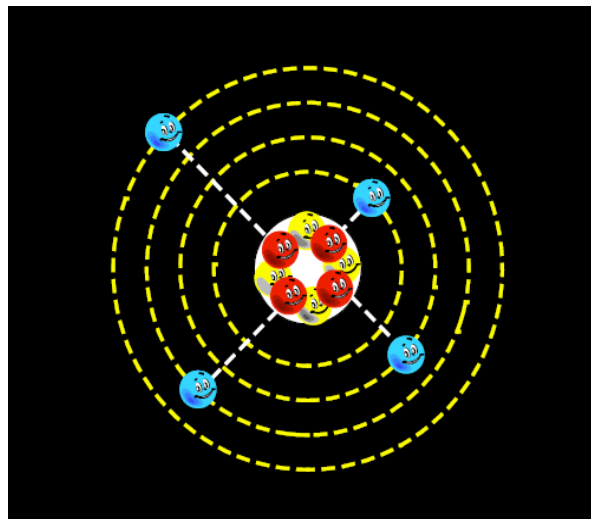


FIG 2

Ciascun atomo, a seconda dell'elemento a cui appartiene, possiede un numero ben definito di **protoni** e di **elettroni**.

Ad esempio l'atomo dell'**idrogeno** possiede un solo **protone** ed un solo **elettrone** (vedi fig.3), l'atomo del **borio** possiede **5 protoni** e **5 elettroni** (vedi fig.4), l'atomo del **rame** possiede **29 protoni** e **29 elettroni**, mentre l'atomo dell'**argento** possiede **47 protoni** e **47 elettroni**.

Maggiore è il numero degli **elettroni** presenti in un atomo, maggiore è il numero delle **orbite** che ruotano

attorno al suo **nucleo**. Gli **elettroni** che ruotano molto vicini al **nucleo** sono chiamati **elettroni legati** perché non si possono facilmente prelevare dalla loro orbita.

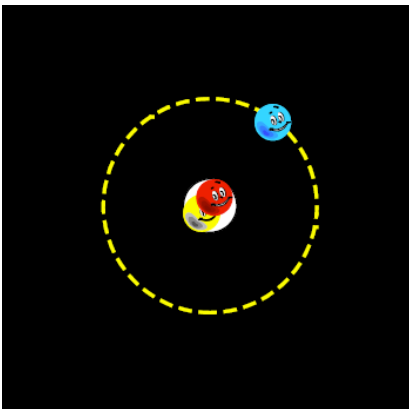


Fig.3 L'atomo dell'Idrogeno ha 1 Protone ed 1 Elettrone.

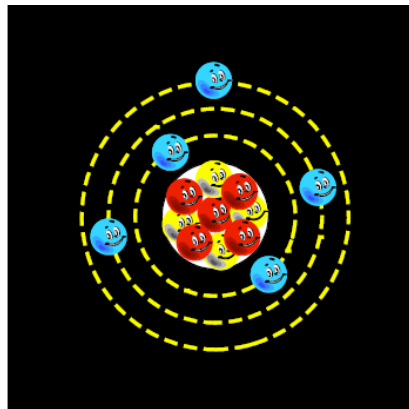


Fig.4 L'atomo del Boro ha 5 Protoni e 5 Elettroni.

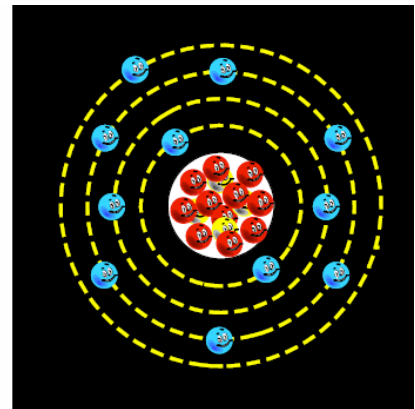


Fig.5 L'atomo del Sodio ha 11 Protoni e 11 Elettroni.

Gli **elettroni** che ruotano nelle orbite più lontane sono chiamati **elettroni liberi** perché si riescono a sottrarre senza difficoltà dalle loro orbite per inserirli in un altro atomo.

Questo **spostamento** di elettroni da un atomo ad un altro si può ottenere con un movimento meccanico (dinamo - alternatore) oppure con una reazione chimica (pile - accumulatori).

Se ad un atomo si **tolgono** degli **elettroni** assume una **polarità positiva**, perché il numero dei **protoni** è maggiore rispetto al numero degli **elettroni** (vedi fig.7).

Se si **inseriscono** degli **elettroni** liberi in un atomo questo assume una **polarità negativa**, perché il numero degli **elettroni** è maggiore rispetto al numero dei **protoni** (vedi fig.8).

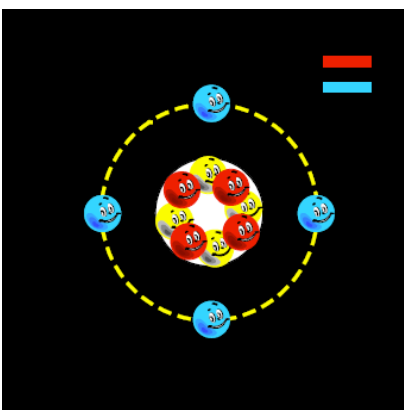


Fig.6 Quando il numero degli Elettroni è equivalente al numero dei Protoni la carica è Neutra.

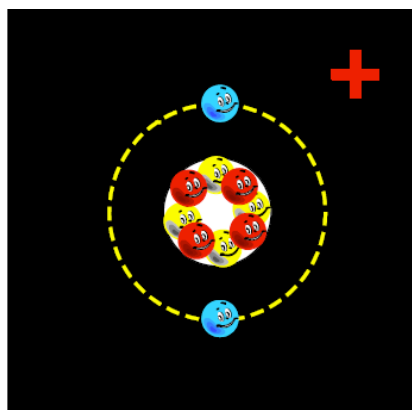


Fig.7 Se in un atomo si tolgono degli Elettroni questo assume una carica elettrica Positiva.

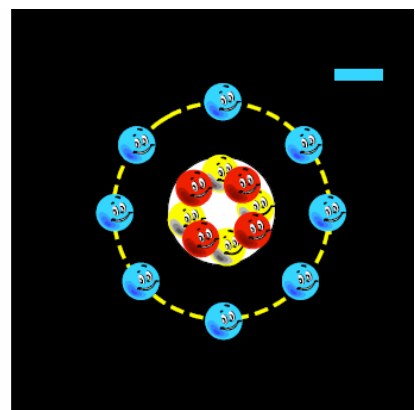


Fig.8 Se in un atomo si aggiungono degli Elettroni questo assume una carica elettrica Negativa.

Da qualsiasi pila fuoriescono sempre due terminali, uno contrassegnato dal segno **positivo** (eccesso di protoni) ed uno contrassegnato dal segno **negativo** (eccesso di elettroni).

Se colleghiamo questi due terminali con un filo di materiale conduttore (ad esempio il rame), gli **elettroni** verranno attirati dai **protoni** e questo movimento di elettroni genererà una **corrente elettrica** (vedi fig.10) che cesserà solo quando si sarà ristabilito negli atomi un perfetto equilibrio tra **protoni ed elettroni**.

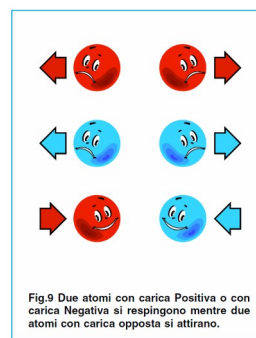


Fig.9 Due atomi con carica Positiva o con carica Negativa si respingono mentre due atomi con carica opposta si attirano.



Fig.10 Gli Elettroni vengono attirati dai Protoni quindi il flusso della corrente elettrica va dal negativo verso il positivo.

Molti ritengono che il flusso della corrente elettrica vada dal **positivo** verso il **negativo**. Al contrario, il flusso della corrente elettrica va sempre dal **negativo** verso il **positivo**, perché sono i **protoni** che attirano gli **elettroni** per equilibrare il **loro atomo**.

Per capire il movimento di questo flusso di elettroni possiamo servirci di due elementi molto conosciuti: l'**acqua** e l'**aria**. Gli **elettroni negativi** possiamo associarli all'**acqua** ed i **protoni positivi** all'**aria**. Se prendiamo due recipienti pieni di **aria** (carica **positiva**) e li colleghiamo tra loro con un tubo, non ci sarà nessun flusso perché in entrambi i recipienti **manca** l'elemento opposto, cioè l'**acqua** (vedi fig.11).

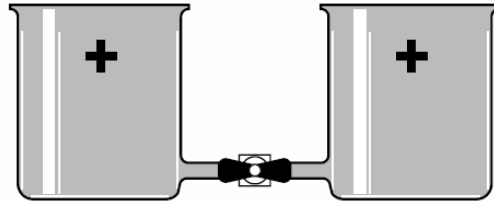


Fig.11 Se paragoniamo l'aria ad una "carica positiva" e l'acqua ad una "carica negativa" collegando assieme due recipienti pieni d'aria non ci sarà nessun flusso.

Anche se colleghiamo tra loro due recipienti pieni di **acqua** (carica **negativa**) nel tubo non ci sarà nessun flusso perché non esiste uno squilibrio **acqua/aria** (vedi fig.12).

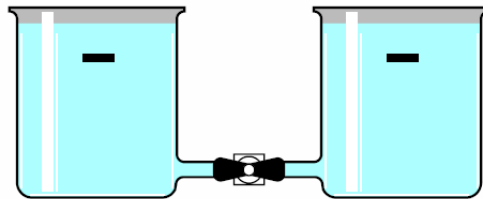
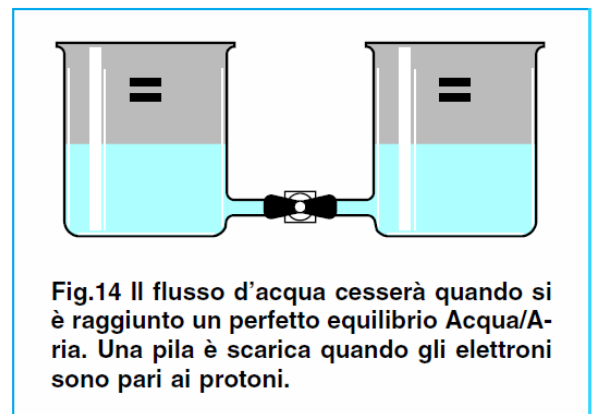
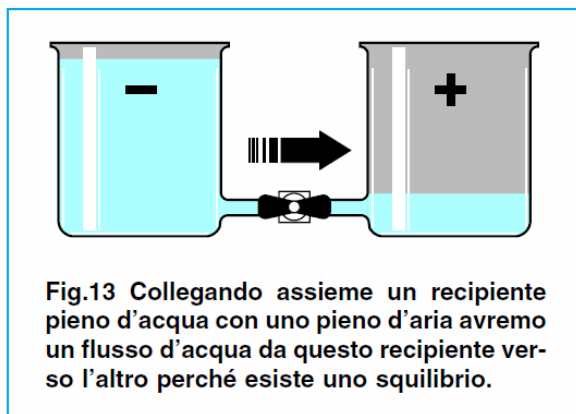


Fig.12 Anche se colleghiamo assieme due recipienti pieni d'acqua non ci sarà nessun flusso perché non esiste squilibrio tra carica Positiva e carica Negativa.

Se invece colleghiamo un recipiente pieno di **aria** (polarità **positiva**) con uno pieno di **acqua** (polarità **negativa**) otterremo un flusso d'**acqua** dal recipiente **pieno** verso quello **vuoto** (vedi fig.13) che **cesserà** solo quando i due recipienti avranno raggiunto lo stesso **livello** (vedi fig.14).



Il movimento degli **elettroni** può essere sfruttato per produrre **calore** se li facciamo passare attraverso una **resistenza** (stufe elettriche, saldatori ecc.), per produrre **luce** se li facciamo passare attraverso il **filamento** di una **lampadina** oppure per realizzare delle **elettrocalamite** se li facciamo passare in una bobina avvolta sopra un pezzo di **ferro**(relè, teleruttori).  
 Per concludere possiamo affermare che la corrente elettrica è un movimento di **elettroni** attirati dai **protoni**.  
 Quando ogni **atomo** ha equilibrato i suoi **protoni** con gli **elettroni** mancanti non avremo più nessuna corrente elettrica.

## LA TENSIONE = unità di misura VOLT

Qualsiasi **pila** ha un elettrodo **positivo** ed un elettrodo **negativo** perché all'interno del suo corpo esiste uno **squilibrio** di elettroni. Questo **squilibrio** di cariche **positive** e **negative** genera una **tensione** che si misura in **volt**. Una pila da **9 volt** ha uno **squilibrio** di elettroni **6 volte** maggiore rispetto ad una pila da **1,5 volt**, infatti moltiplicando **1,5 x 6** otteniamo **9 volt** (vedifigg.15-16).

Fig.15 Una pila da 3 volt ha uno squilibrio di elettroni doppio rispetto ad una pila da 1,5 volt.

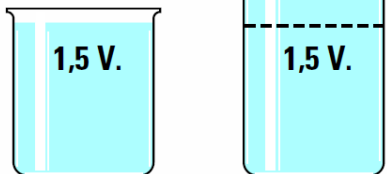
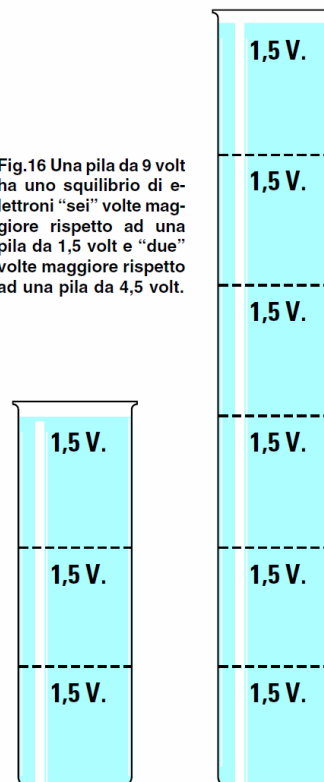


Fig.16 Una pila da 9 volt ha uno squilibrio di elettroni "sei" volte maggiore rispetto ad una pila da 1,5 volt e "due" volte maggiore rispetto ad una pila da 4,5 volt.



Una batteria da **12 volt** avrà uno **squilibrio** di elettroni **8 volte** maggiore rispetto ad una pila da **1,5 volt**. Per spiegarvi il valore di questa differenza utilizzeremo ancora gli elementi **acqua - aria**. Una pila da **1,5 volt** può essere paragonata a due recipienti **molto bassi**: uno pieno d'**acqua** (negativo) ed uno pieno d'**aria** (positivo).

Se li colleghiamo tra loro avremo un flusso d'acqua **molto modesto** perché la differenza di **potenziale** risulta alquanto ridotta (vedi fig.13). Una pila da **9 volt** è paragonabile a un recipientemla cui **altezza** risulta **6 volte** maggiore rispetto al recipiente da 1,5 volt, quindi se colleghiamo tra loro il recipiente **negativo** con il recipiente **positivo** avremo un **maggiore** flusso d'acqua perché la differenza di **potenziale** è **maggiore**.

Come per le misure dei **pesi**, che possono essere espresse in **kilogrammi - quintali - tonnellate** e in **ettogrammi - grammi - milligrammi**, anche l'unità di misura **volt** può essere espressa con i suoi **multipli** chiamati:

- **Megavolt**
- **Kilovolt**

oppure con i suoi **sottomultipli** chiamati:

- **millivolt**
- **microvolt**
- **nanovolt**

## TENSIONI CONTINUE ed ALTERNATE

Avrete spesso sentito parlare di **tensioni continue** e **tensioni alternate**, ma prima di spiegarvi quale differenza intercorre tra l'una e l'altra vi diciamo che:

la **tensione continua** si preleva da:

**pile - accumulatori - cellule solari**

la **tensione alternata** si preleva da:

**alternatori - trasformatori**

Alimentando una lampadina con una **tensione continua** prelevata da una **pila** o da un **accumulatore** (vedi fig.19), avremo un **filo** con polarità **negativa** ed un filo con polarità **positiva**, quindi gli **elettroni** scorreranno sempre in un'**unica direzione**, cioè dal filo **negativo** verso il filo **positivo** con una **tensione costante**.

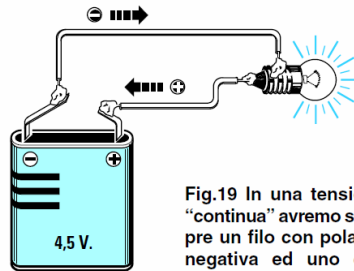


Fig.19 In una tensione "continua" avremo sempre un filo con polarità negativa ed uno con polarità positiva.

Alimentando una lampadina con una **tensione alternata** di **12 volt** prelevata da un **alternatore** o da un **trasformatore** (vedi fig.20)

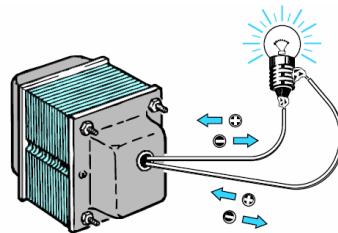


Fig.20 In una tensione "alternata" i due fili non hanno una polarità perché alternativamente gli elettroni vanno in un senso ed in quello opposto.

non avremo più un **filo negativo** ed un filo **positivo**, perché la **polarità** sui due fili cambierà continuamente. Vale a dire che alternativamente nei due fili scorrerà una tensione **negativa** che diventerà **positiva** per ritornare **negativa** e poi nuovamente **positiva** ecc., quindi gli **elettroni** scorreranno una volta in un **senso** ed una volta in **senso opposto**. L'inversione della **polarità** sui due fili non avviene bruscamente, cioè non si ha un'improvvisa inversione di polarità da **12 volt positivi** a **12 volt negativi** o viceversa, ma in modo graduale. Vale a dire che il valore di una **tensione alternata** parte da un valore di **0 volt** per **umentare** gradualmente a **1 - 2 - 3 ecc. volt positivi** fino a raggiungere il suo **massimo picco positivo** di **12volt**, poi inizia a **scendere** a **11 - 10 - 9 ecc. volt positivi** fino a ritornare sul valore iniziale di **0 volt**.

A questo punto la sua polarità si **inverte** e sempre in modo graduale **aumenta** a **1 - 2 - 3 ecc. volt negativi** fino a raggiungere il suo **massimo picco negativo** di **12 volt**, poi inizia a **scendere** a **11 - 10 - 9 ecc. volt negativi** fino a ritornare sul valore **iniziale di 0 volt** (vedi fig.26).

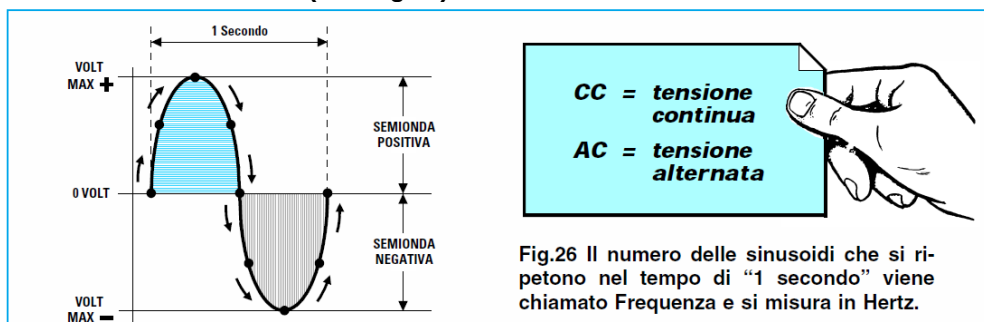
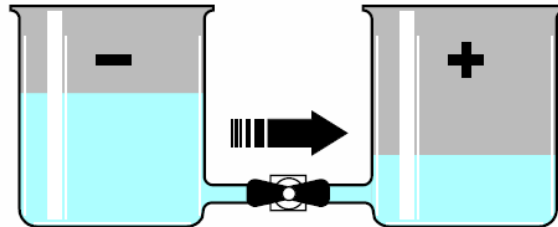


Fig.26 Il numero delle sinusoidi che si ripetono nel tempo di "1 secondo" viene chiamato Frequenza e si misura in Hertz.

Questo ciclo da **positivo** a **negativo** si ripete all'infinito. Ancora una volta vogliamo spiegarvi la **differenza** che esiste tra una **tensione continua** e una **tensione alternata** con un esempio **idraulico** e per questo utilizzeremo i nostri recipienti, uno **pieno d'acqua** (polo **negativo**) ed uno **pieno di aria** (polo **positivo**). Per simulare la **tensione continua** collochiamo i due recipienti come visibile in fig.21. L'**acqua** scorrerà verso il recipiente **vuoto** e quando in entrambi i recipienti avrà raggiunto lo stesso **livello**, lo spostamento dell'**acqua cesserà**. Allo stesso modo, in una **pila** o in un **accumulatore** gli **elettroni negativi** in eccesso fluiranno sempre verso il **polo positivo** e quando sarà raggiunto un perfetto equilibrio tra **cariche positive** e **cariche negative** questo **flusso cessa**



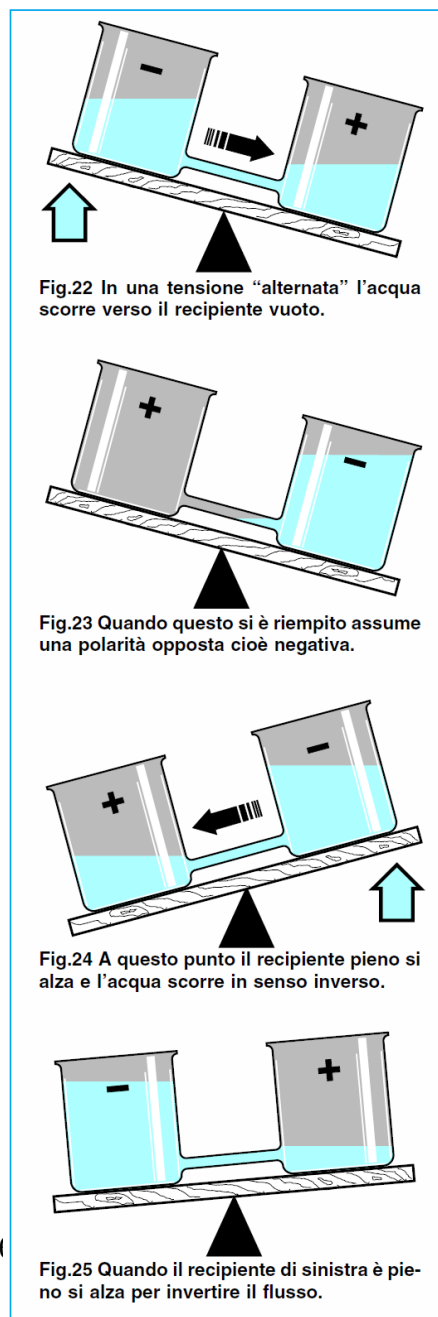
**Fig.21** In una tensione "continua" l'acqua scorre verso il recipiente pieno d'aria fino a quando si raggiunge un perfetto equilibrio tra i due elementi.

Una volta che questo equilibrio è stato raggiunto non c'è più spostamento di elettroni, quindi la **pila** non riuscendo più a fornire corrente elettrica si considera **scarica**. Quando una **pila** è **scarica** si getta, al contrario un **accumulatore** quando è **scarico** si può **ricaricare** collegandolo ad un **generatore di tensione** esterno che provvederà a creare nuovamente lo **squilibrio** iniziale tra **elettroni** e **protoni**. Per simulare la **tensione alternata** utilizziamo sempre gli stessi due recipienti collocandoli però sopra un piano basculante (vedi fig.22).

Una mano invisibile collocherà quello pieno d'**acqua** (polarità **negativa**) ad un'altezza maggiore rispetto a quello **vuoto** (polarità **positiva**). Inizialmente l'**acqua** scorrerà verso il recipiente **vuoto** e quando il flusso dell'**acqua cesserà** avremo il recipiente di sinistra **vuoto** (polarità **positiva**) e quello di destra pieno d'**acqua** (polarità **negativa**).

A questo punto la "mano invisibile" alzerà il recipiente di destra facendo scorrere l'**acqua in senso inverso** fino a riempire il recipiente di sinistra ed una volta che si sarà riempito sempre la stessa mano lo alzerà nuovamente per **invertire** di nuovo il flusso dell'**acqua** (vedi fig.25).

In questo modo l'**acqua** scorrerà nel tubo prima in **un senso poi in quello opposto**.



## FREQUENZA = unità di misura in HERTZ

Nella fig.26 riportiamo il grafico di un **periodo** della **tensione alternata**, che, come potete vedere, raffigura una **sinusoide** composta da una **semionda positiva** e da una **semionda negativa**. Il numero delle **sinusoidi** che si ripetono nel tempo di **1 secondo** viene chiamata **frequenza** e viene espressa con la sigla **Hz**, che significa **Hertz**.

Se guardate l'etichetta posta sul **contatore** di casa vostra troverete indicato **50 Hz** oppure **p/s 50** che significa **periodo** in un **secondo**. Questo **numero** sta ad indicare che la tensione che noi utilizziamo per accendere le nostre lampadine cambia di **polarità 50 volte** in **1 secondo**.

Una variazione di **50 volte** in **1 secondo** è talmente **veloce** che il nostro occhio non riuscirà mai a notare **il valore crescente o decrescente delle semionde**.

Misurando questa tensione con un **voltmetro**, la lancetta non devierà mai da un minimo ad un massimo, perché le variazioni sono troppo **veloci** rispetto all'inerzia della lancetta.

Solo un **oscilloscopio** ci permette di **visualizzare sul suo schermo questa forma d'onda** (vedi fig.30).

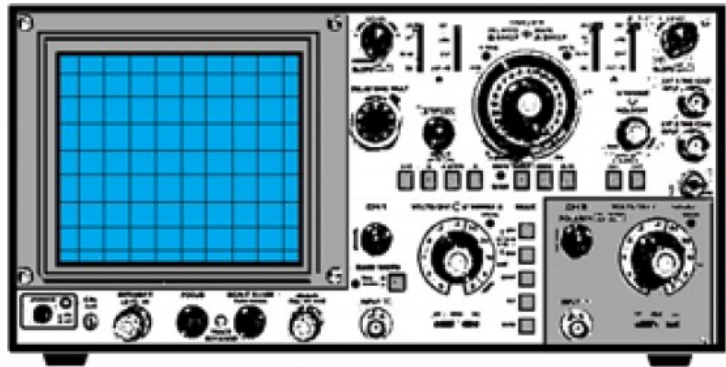
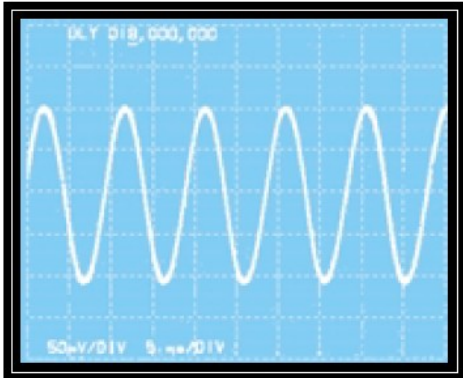


Fig.30 Possedendo uno strumento chiamato Oscilloscopio è possibile visualizzare sullo schermo il numero delle sinusoidi presenti nel tempo di 1 secondo.

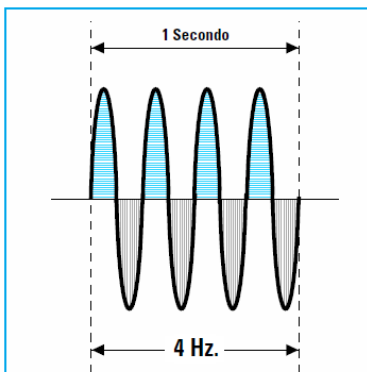


Fig.27 In una frequenza di 4 Hz la tensione cambia di polarità 4 volte al secondo.

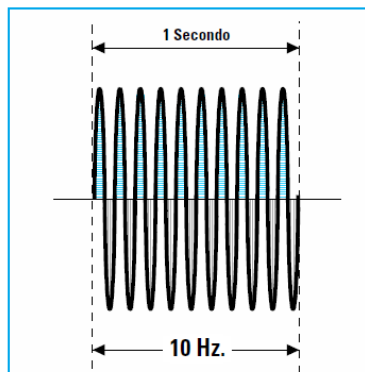


Fig.28 In una frequenza di 10 Hz la tensione cambia di polarità 10 volte al secondo.

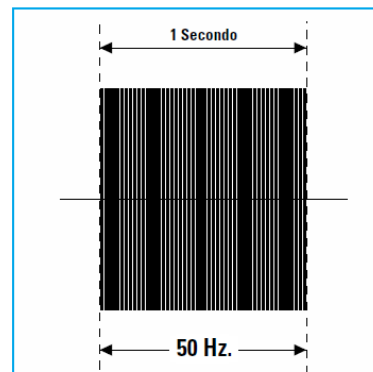


Fig.29 In una frequenza di 50 Hz la tensione cambia di polarità 50 volte al secondo.

Hertz	: 1.000	= Kiloherzt
Hertz	: 1.000.000	= Megahertz
Kiloherzt	: 1.000	= Megahertz
Kiloherzt	: 1.000.000	= Gigahertz
Megahertz	: 1.000	= Gigahertz
Kiloherzt	x 1.000	= Hertz
Megahertz	x 1.000	= Kiloherzt
Megahertz	x1.000.000	= Hertz
Gigahertz	x1.000	= Megahertz
Gigahertz	x1.000.000	= Kiloherzt

## LA CORRENTE = unità di misura in AMPER

Il movimento degli **elettroni** dall'elettrodo **negativo** all'elettrodo **positivo** si chiama **corrente** e si misura in **ampere**.

**Nota:** si dovrebbe scrivere **ampere**, ma poiché oramai si scrive come si pronuncia, cioè **ampere**, continueremo ad utilizzare questa forma. A titolo informativo segnaliamo ai più curiosi che **1 ampere** corrisponde a:

**6.250.000.000.000.000 di elettroni** che scorrono dal terminale **negativo** verso il **positivo** nel tempo di **1 secondo**.

La **corrente** non dipende in alcun modo dal valore della **tensione**, quindi possiamo prelevare **1 ampere** sia da una pila da **1,5 volt** come da una pila da **9 volt** o da una batteria da auto da **12 volt** oppure dalla tensione di rete dei **220 volt**. Per capire meglio la differenza che esiste tra **volt** ed **ampere** utilizzeremo sempre l'elemento **acqua**.

Se colleghiamo il serbatoio **negativo** ed il serbatoio **positivo** con un tubo che abbia un **diametro molto piccolo** (vedi fig.31)

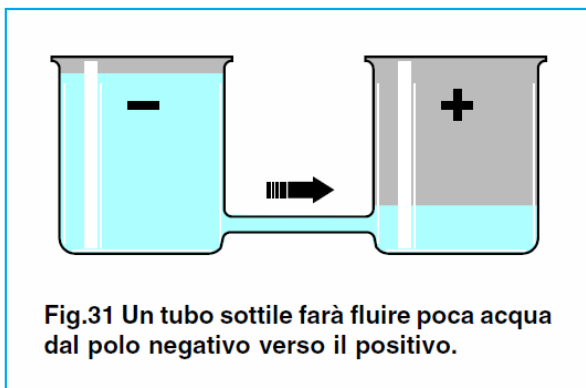


Fig.31 Un tubo sottile farà fluire poca acqua dal polo negativo verso il positivo.

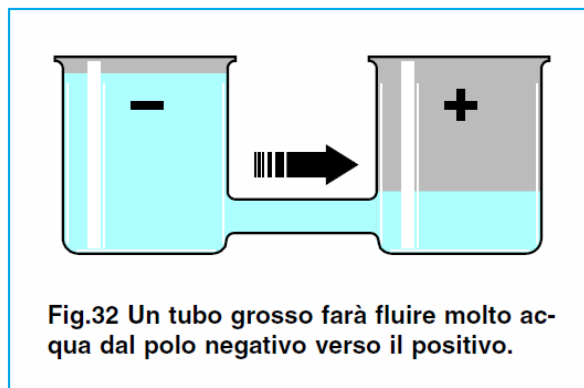


Fig.32 Un tubo grosso farà fluire molta acqua dal polo negativo verso il positivo.

il **flusso di acqua** avverrà lentamente, e poiché questo **flusso** si può paragonare al numero degli **elettroni** in transito, si può affermare che quando passa **poca acqua**, nel circuito scorrono **pochi ampere**.

Se colleghiamo i due serbatoi con un tubo di **diametro maggiore** (vedi fig.32), il **flusso di acqua** aumenterà, cioè nel circuito scorreranno più **elettroni** e quindi **più ampere**.

Anche l'**ampere** come il **volt** ha i suoi **sottomultipli** chiamati:

- milliamper
- microampere
- nanoampere

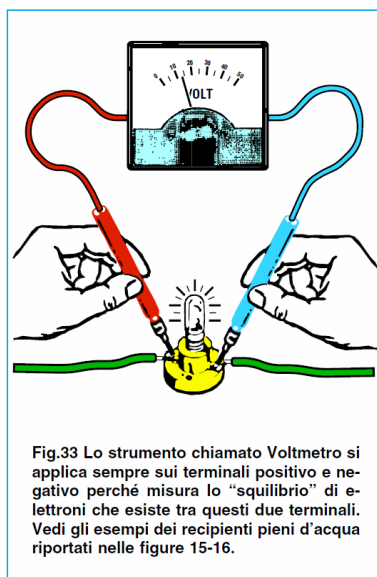


Fig.33 Lo strumento chiamato Voltmetro si applica sempre sui terminali positivo e negativo perché misura lo "squilibrio" di elettroni che esiste tra questi due terminali. Vedi gli esempi dei recipienti pieni d'acqua riportati nelle figure 15-16.

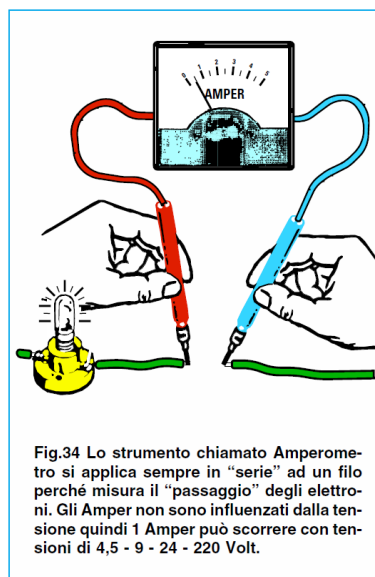


Fig.34 Lo strumento chiamato Amperometro si applica sempre in "serie" ad un filo perché misura il "passaggio" degli elettroni. Gli Ampere non sono influenzati dalla tensione quindi 1 Ampere può scorrere con tensioni di 4,5 - 9 - 24 - 220 Volt.

<b>Ampere</b>	<b>x 1.000</b>	<b>= milliamper</b>
<b>Ampere</b>	<b>x 1.000.000</b>	<b>= microampere</b>
<b>milliamper</b>	<b>: 1.000</b>	<b>= Ampere</b>
<b>milliamper</b>	<b>x 1.000</b>	<b>= microampere</b>
<b>milliamper</b>	<b>: 1.000.000</b>	<b>= nanoampere</b>
<b>microampere</b>	<b>: 1.000</b>	<b>= milliamper</b>
<b>microampere</b>	<b>: 1.000.000</b>	<b>= Ampere</b>

## LA POTENZA = unità di misura in WATT

Conoscendo il valore di **tensione** di un qualsiasi generatore (pila - batteria - trasformatore - linea elettrica) e la **corrente** che preleviamo per alimentare una lampadina, una radio, un frigorifero, un saldatore ecc., potremo conoscere il valore della **potenza** assorbita espressa in **watt**.

La formula che ci permette di ricavare i **watt** è molto semplice:

$$\text{watt} = \text{volt} \times \text{amper}$$

Una lampadina da **12 volt** - **0,5 amper** assorbe dunque una **potenza** di:  $12 \times 0,5 = 6 \text{ watt}$

Conoscendo i **watt** e gli **amper** noi possiamo conoscere il valore della **tensione** di alimentazione usando la formula inversa, cioè:

$$\text{volt} = \text{watt} : \text{amper}$$

Se abbiamo una lampada da **6 watt** che assorbe **0,5 amper** la sua **tensione** di alimentazione sarà di:

$$6 : 0,5 = 12 \text{ volt}$$

Conoscendo i **watt** ed i **volt** noi possiamo conoscere gli **amper** assorbiti usando la formula:

$$\text{amper} = \text{watt} : \text{volt}$$

Una lampadina della **potenza** di **6 watt** da alimentare con una **tensione** di **12 volt** assorbirà una **corrente** di:

$$6 : 12 = 0,5 \text{ amper}$$

Ora che sapete che il **watt** indica la **potenza**, capirete che un saldatore da **60 watt** eroga in **calore** una **potenza** maggiore di un saldatore da **40 watt**.

Analogamente confrontando due **lampadine** una da **50 watt** ed una da **100 watt**, la seconda assorbirà una **potenza doppia** rispetto alla prima, ma emetterà anche il **doppio di luce**.

Il multiplo dei watt è chiamato:

- **Kilowatt**
- **Megawatt**

ed i sottomultipli sono chiamati:

- **milliwatt**
- **microwatt**

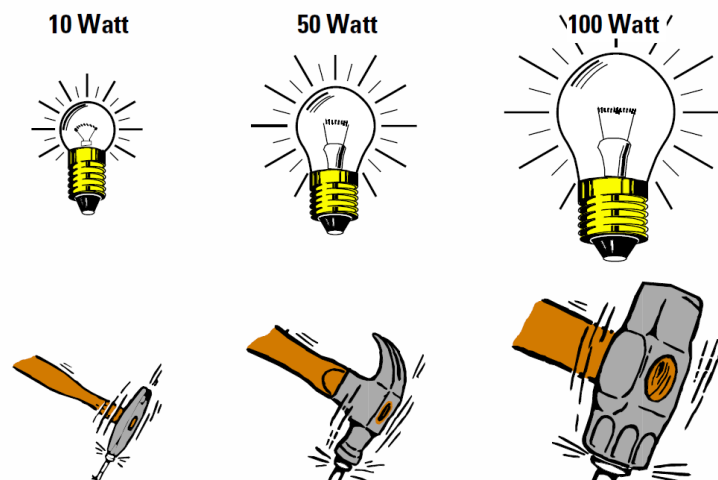
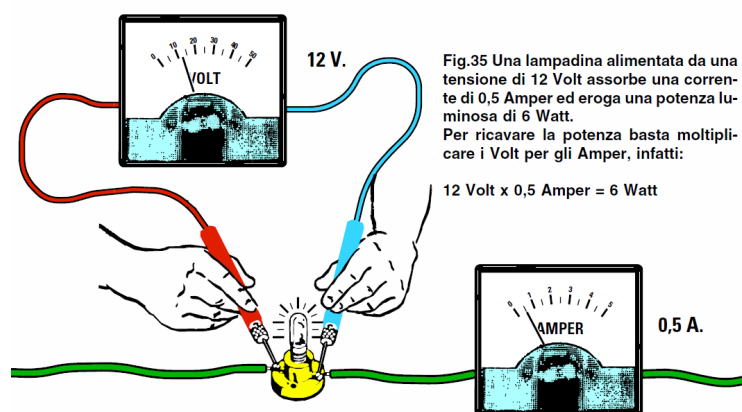


Fig.36 Possiamo paragonare la potenza ad un "martello". Un piccolo martello ha una potenza minore di un martello di dimensioni maggiori. Per questo motivo una lampada da 10 Watt eroga meno luce di una lampada da 100 Watt ed un motore elettrico da 1.000 Watt eroga più potenza rispetto ad un motore da 500 Watt. Maggiori sono i Watt della lampada, del motore o del circuito che alimentiamo, più Amper sono assorbiti dalla sorgente.

## 1° ESERCIZIO

Il primo esercizio che vi proponiamo vi permetterà di constatare che cosa avviene se si collegano in **serie** o in **parallelo** due sorgenti di alimentazione.

Utilizzando due quadre da **4,5 volt**, una lampadina da **6 volt** completa del suo portalampadina e uno spezzone di filo di rame isolato in **plastica** per impianti elettrici.

Collegando i due estremi della **lampadina** ad una sola **pila** (vedi fig.39) vedrete la lampadina **accendersi**.

Se prendete le **due** pile e collegate insieme i loro terminali **positivi** ed i loro terminali **negativi** e poi a questi collegate nuovamente la **lampadina**, anche in questo caso la lampadina si **accenderà** con la stessa intensità che si otteneva usando una **sola pila**.

Questo collegamento, chiamato **parallelo** (vedi fig.39), non ha modificato il valore della **tensione** che rimane sempre di **4,5 volt**, ma solo la sua **potenza**. In pratica abbiamo **raddoppiato** l'autonomia della pila, vale a dire che se una **sola pila** poteva tenere accesa la lampadina per un tempo di **10 ore**, collegandone **due in parallelo** riusciremo a tenerla **accesa per un tempo di 20 ore**.

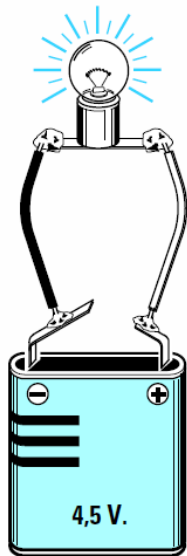


Fig.39 Collegando una lampadina ad una pila questa si accende. Collegando in Parallelo due pile modificiamo solo la "capacità", quindi la luminosità della lampadina non varia. Collegandole in Serie (vedi fig.40 a sinistra) la luminosità raddoppia perché aumentiamo il dislivello degli elettroni.

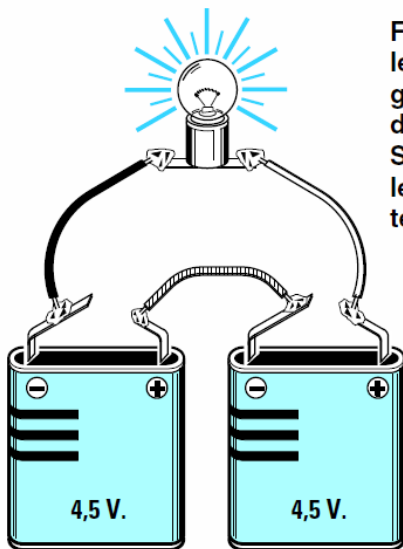
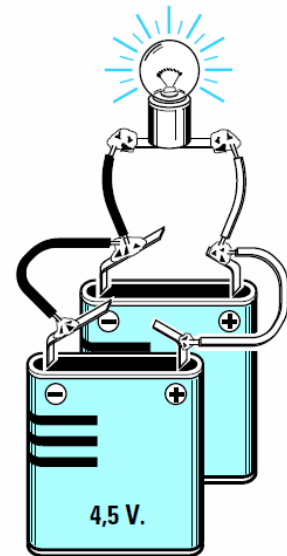
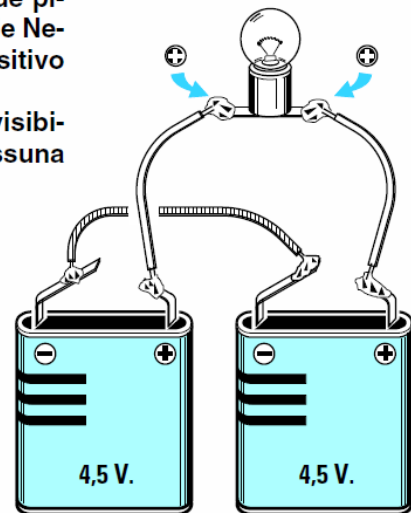


Fig.40 Per collegare in Serie due pile dovremo collegare il terminale Negativo di una pila con il Positivo dell'altra pila. Se collegheremo le pile come visibile a destra non otterremo nessuna tensione.



Ora collegate il **positivo** di una pila al **negativo** della seconda pila (vedi fig.40), poi ai due estremi delle pile collegate la lampadina e subito noterete un **aumento** della **luminosità**.

Questo collegamento, chiamato **serie**, ha **raddoppiato** il valore della tensione che da **4,5 volt** è salito a **4,5+4,5 = 9 volt**.

Se per **errore** collegherete il **negativo** di una pila con il **negativo** della seconda pila e sui due estremi **positivi** (vedi fig.40 a destra) collegherete la lampadina, questa rimarrà **spenta** perché gli elettroni di identica polarità si respingono. Lo stesso fenomeno si riscontra se si collega il **positivo di una pila al positivo della seconda pila**.

## IMPORTANTE

Noi possiamo collegare in **parallelo** anche **due - tre - quattro** pile a patto che erogino la **stessa tensione**, quindi possiamo collegare in parallelo due o più pile da **4,5 volt** oppure due o più pile che erogino **9 volt**, ma **non possiamo** collegare in **parallelo** una pila da **4,5 volt** con una da **9 volt** perché la pila che eroga una tensione **maggiore** si scaricherebbe sulla pila che eroga una **tensione minore**.

Le pile con **differenti** tensioni si possono invece collegare in **serie**.

Ad esempio se colleghiamo in **serie** ad una pila da **4,5 volt** una da **9 volt** (vedi fig.41) otterremo una tensione totale di:  $4,5 + 9 = 13,5$  volt

Se collegheremo in **serie** tre pile, una pila da **4,5 volt**, una da **9 volt** ed una da **1,5 volt** (vedi fig.42) otterremo una tensione totale di:  $4,5 + 9 + 1,5 = 15$  volt

In un collegamento in **serie** dovremo però scegliere delle pile che abbiamo una **stessa capacità**.

Ad esempio se la pila da **4,5 volt** ha una autonomia di **10 ore**, quella da **9 volt** un'autonomia di **3 ore** e quella da **1,5 volt** un'autonomia di **40 ore**, collegandole in **serie** **cesseranno** di fornirci tensione dopo solo **3 ore**, cioè quando la pila da **9 volt**, che ha una autonomia **minore**, si sarà totalmente **scaricata**.

