



Le Onde Elettromagnetiche ed il funzionamento della Radio

**Percorso laboratoriale sui principi fisici e matematici legati
all'Elettromagnetismo ed ai Circuiti Elettrici**



**anno scolastico 2014/2015
classi 3H e 3I Scuola Media Postioma
Prof. Gianluigi Boccalon**



INTRODUZIONE

Il seguente Progetto non è che una conclusione del percorso didattico portato avanti in questi anni nell'ambito della programmazione di Scienze e di Matematica nelle classi:

1°H e 1°I nell'anno scolastico 2012 / 2013

2°H e 2°I nell'anno scolastico 2013 / 2014

3°H e 3°I per l'anno scolastico 2014 / 2015

Lo scopo del Progetto è l'acquisizione di un percorso metodologico e laboratoriale attraverso il quale si imparano ad esplorare le grandi "opportunità" che le discipline scolastiche possono offrire se le si sa leggere con attenzione e curiosità.

Lo studio dei linguaggi che si devono utilizzare nelle comunicazioni radio e il loro rapporto con le varie lingue sono un esempio di come possiamo lavorare per abbattere le barriere che ci separano con gli altri popoli.

Il Radioamatore è uno sperimentatore di comunicazioni e di tecnologia.

La normativa Internazionale gli riconosce dei privilegi che ad altri non sono concessi, ma proprio per questo esiste un'etica ed un codice di comportamento, anche molto rigidi, che i Radioamatori condividono e rispettano in tutto il mondo.

Regole scritte e regole di buona educazione che valgono per tutti i linguaggi del mondo.

La Radio è stata il primo strumento che ha permesso il superamento di barriere politiche, geografiche e culturali.

Il Radioamatore è spinto verso la ricerca e la sperimentazione che mette sempre al servizio, a titolo assolutamente gratuito, della comunità nei momenti di pericolo, di emergenza e di calamità.

La storia è piena di esempi in cui l'operato dei Radioamatori ha salvato numerose vite umane ed ha contribuito ad unire ed a alleviare le sofferenze di intere comunità.

Per quanto questo progetto si basi su contenuti tecnici, su calcoli matematici e su concetti di fisica talvolta complessi, è lo spirito del Radioamatore che in realtà è la principale "contaminazione del pensiero" che si vuole trasmettere ai nostri ragazzi.

Se con questo progetto riusciamo a trasmettere anche solo piccole briciole di tale etica, si sarà fatto un grande lavoro al servizio dell'intera comunità.

Prof. Gianluigi Boccalon
IU3 BUS

Cos'è la Radio

Nella vita di tutti i giorni siamo abituati ad utilizzare telecomandi che aprono il cancello, il portone del garage, accendono la televisione, fanno scattare la macchina fotografica o partire il videoregistratore.

Diamo per scontata la loro presenza nella nostra vita tanto da pensare che questa tecnologia sia sempre esistita.

In realtà chi oggi ha i capelli bianchi ha vissuto la “comparsa” dei telecomandi come una sorta di “evento magico”.

Eppure è stato Guglielmo Marconi a pensare al primo telecomando a distanza!

L'Elettromagnetismo era allo studio fin dall'800 e per molti era pura ricerca scientifica.

Lo studio da parte di sperimentatori come Marconi, ha portato la ricerca scientifica a diventare una parte della vita di tutti i giorni.

Con l'avvento dei “Marconisti” nelle navi si è fatto un salto enorme sui livelli di sicurezza del trasporto navale. Basti pensare che il Dirigibile di Nobile è stato intercettato da un radioamatore grazie alla radio “Ondina” consigliata da Marconi come apparato di emergenza in dotazione alla spedizione polare.

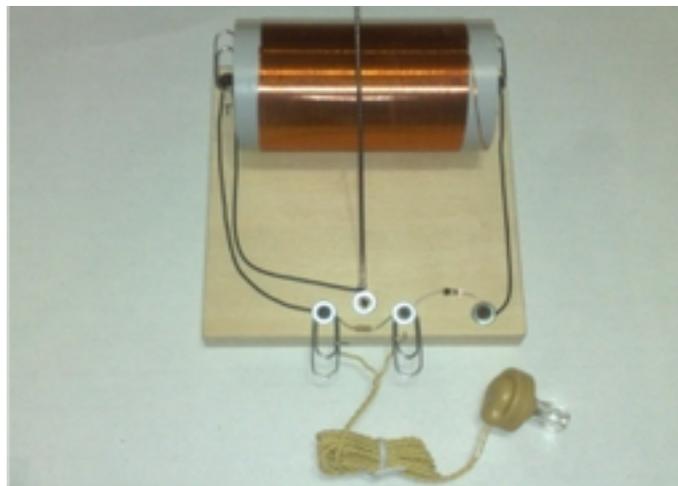
Con l'uso dei nostri cellulari ci siamo dimenticati della “rivoluzione” legata all'abbandono del cavo e dal telefono siamo passati alla comunicazione cellulare che altro non è che una trasmissione radio digitale attraverso l'utilizzo di ponti radio.

Il principio su cui si basa tutta questa evoluzione scientifica e su cui si è basato il nostro sviluppo industriale è molto semplice ed è il principio dell'induzione magnetica.

Se un filo è percorso da corrente allora attorno ad esso si origina un campo magnetico e, allo stesso tempo, se facciamo variare il campo magnetico attorno ad un filo in esso si induce una corrente elettrica.

Questo semplice principio sta alla base delle grandi centrali elettriche, della dinamo della bicicletta o della semplice cassa acustica della nostra autoradio.

La radio che abbiamo costruito durante le ore di “laboratorio radio” ci ha permesso di toccare con mano una piccola parte di storia che si è materializzata con l'ascolto di una stazione radiofonica macedone utilizzando solamente il nostro lavoro, un filo elettrico molto lungo messo in tensione tra la nostra scuola e quella elementare ed un altro filo elettrico collegato ai tubi del termosifone.



I ragazzi della 3H e 3I Scuola Media di Postioma

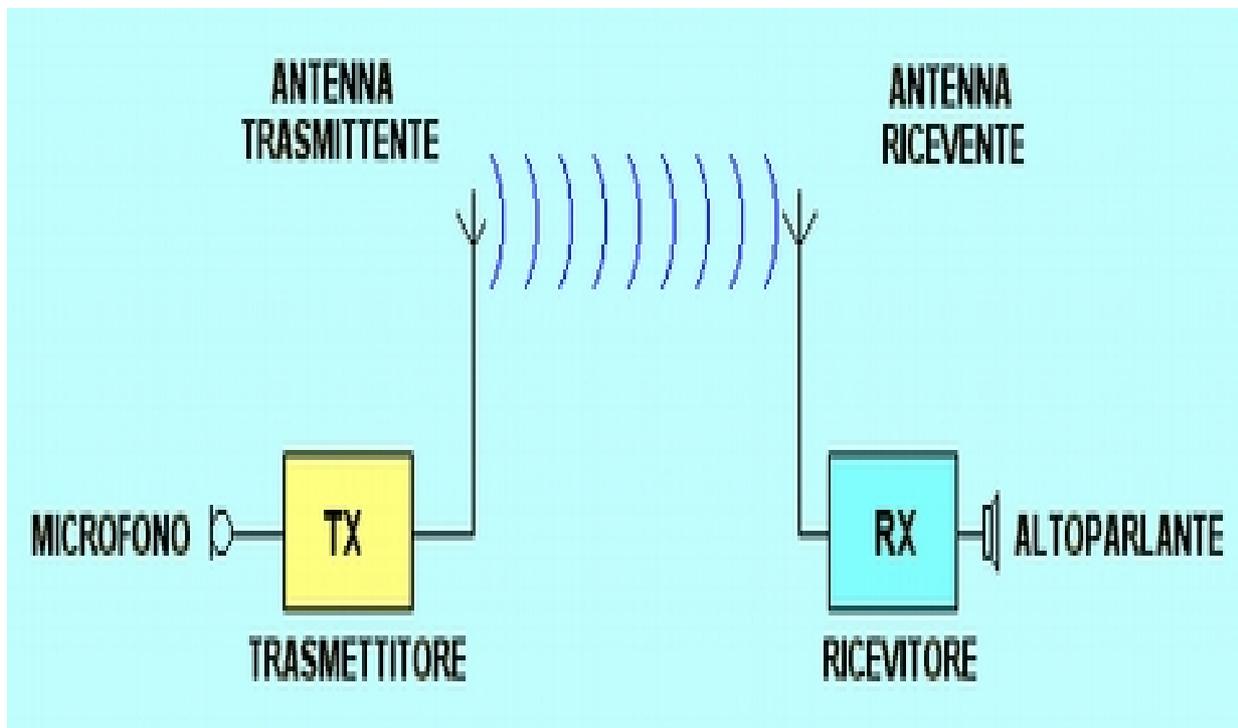
Maria Liviero 3I

Che cos'è una radio ricevente?

Una radio ricevente è uno strumento che ci permette di ricevere (e decodificare) segnali emessi da un altro apparecchio trasmittente.

Ma che tipo di segnali è in grado di ricevere e decodificare?

I segnali che è in grado di ricevere e decodificare sono onde elettromagnetiche



Ma cosa sono le onde elettromagnetiche?

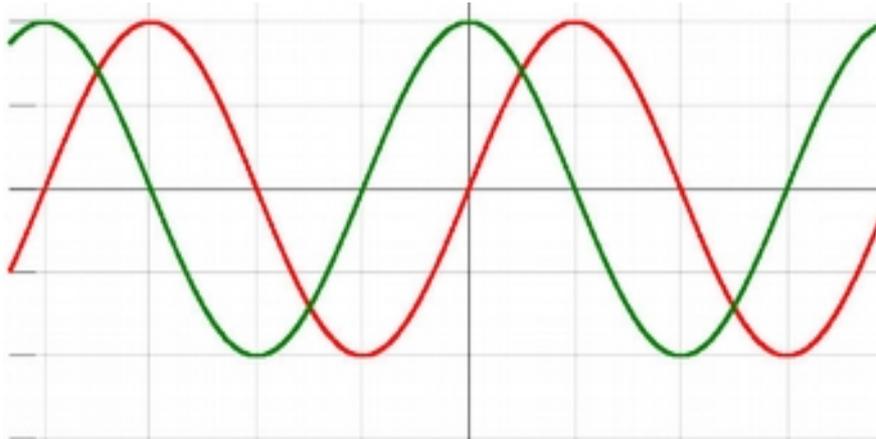
Le onde elettromagnetiche sono in realtà delle correnti elettriche che si propagano nell'etere

Quelle che possiamo vedere sono le radiazioni luminose che vanno dal colore **ROSSO** al colore **VIOLETTO**

non sono altro che le bande di colore che vediamo nell'arcobaleno

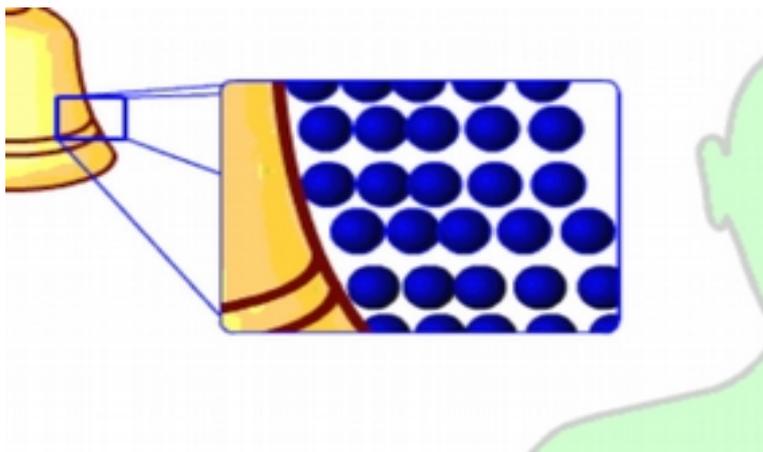
Rosso Arancio Giallo Verde Azzurro Indaco Violetto

Le onde che “sentiamo” alla radio si propagano come la luce e per tanto possono essere riflesse come le onde luminose dallo specchio



Possimo immaginarci che le onde radio si propagano come si propaga una qualsiasi oscillazione meccanica come una qualsiasi onda acustica

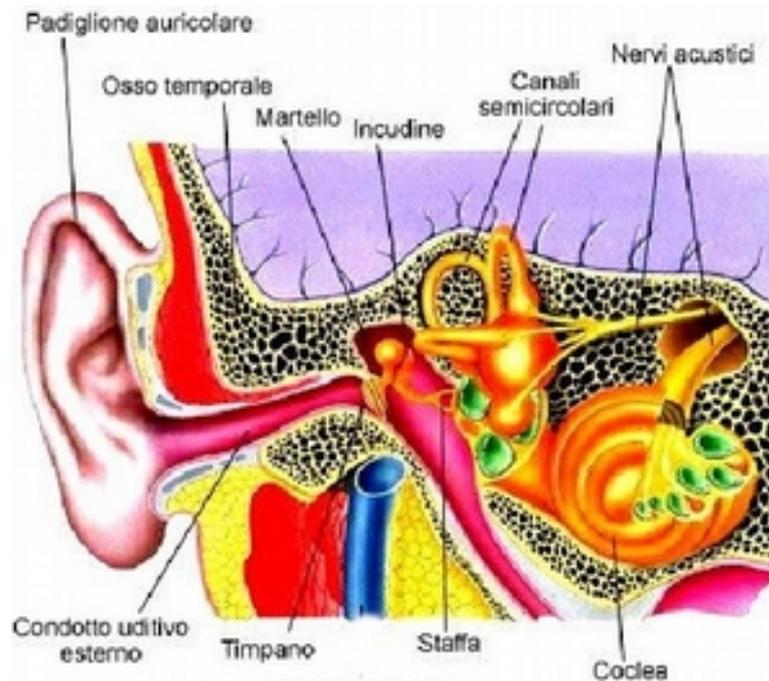
Il suono di una campana si propaga nell'aria perchè il battacchio colpendola la mette in vibrazione e questa vibrazione si trasmette alle particelle d'aria che gli stanno attorno.



Questa vibrazione raggiunge il nostro timpano che si mette a vibrare a sua volta. Un esempio lo possiamo avere considerando il "fono barattolo"



La voce fa vibrare l'aria che, colpendo il fondo del barattolo, lo fa vibrare.
 La vibrazione si propaga allo spago e dallo spago passa al fondo del secondo barattolo che a sua volta fa vibrare l'aria che colpisce il timpano.



Il primo barattolo diventa così la “trasmittente”, lo spago diventa la “portante” e il secondo barattolo diventa la “ricevente”

Dobbiamo però pensare che questo è un sistema che “trasporta” onde meccaniche (vibrazione di una massa d'aria) da un punto ad un altro.

Una radio invece “trasmette” e “riceve” impulsi elettrici.

Quello che però sentiamo sono vibrazioni meccaniche, sono quelle vibrazioni che il nostro orecchio è in grado di percepire grazie alla vibrazione del timpano.

Ma allora come fanno le onde elettromagnetiche a “trasformarsi” in vibrazioni meccaniche?

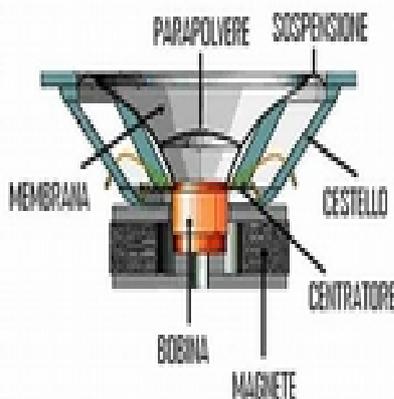
Una radio possiede due tipi di “trasformatori” che sono:

1) Il Microfono per la trasmittente

2) L'Altoparlante per La ricevente

Queste due “strutture “ della radio vengono chiamate **TRASDUTTORI**

Un trasduttore è un apparato che trasforma le onde sonore (meccaniche) in impulsi elettrici – **MICROFONO** e gli impulsi elettrici in onde sonore – **ALTOPARLANTE**

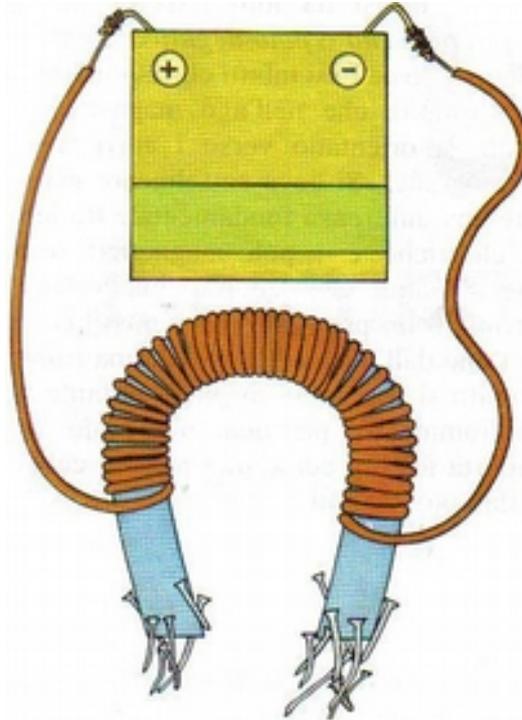


Ma come funziona un microfono o un altoparlante?

Entrambi funzionano usando lo stesso principio che è quello della **“induzione”**

Se faccio passare una corrente lungo un conduttore “induco” (origino) un campo magnetico.

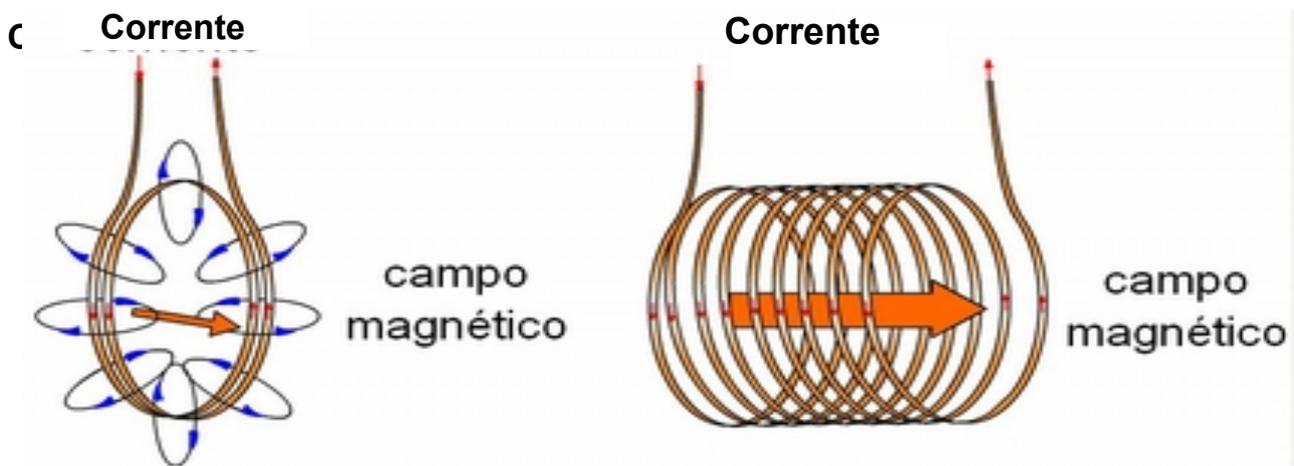
Questo lo possiamo vedere costruendo una elettrocalamita.



La “corrente elettrica” che corre sul filo di rame trasforma il chiodo in una calamita.

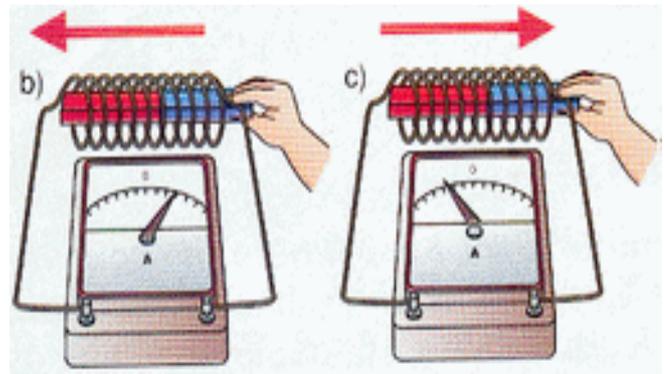
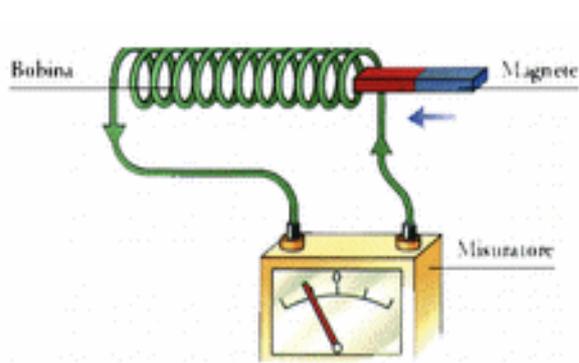
Se noi “stacchiamo” la batteria e interrompiamo la corrente, il “chiodo” non è più una calamita.

Il filo di rame avvolto attorno al chiodo prende il nome di bobina.



Abbiamo visto come una corrente elettrica “induce” un “campo magnetico”.

Vediamo ora cosa accade se muoviamo una calamita dentro ad una bobina



Se muoviamo la calamita, avanti ed indietro, dentro alla bobina vediamo che nel filo elettrico si origina una corrente elettrica che cambia di segno ogni volta che muoviamo la calamita nel verso opposto.

In realtà se teniamo ferma la calamita dentro alla bobina non accade nulla. La corrente elettrica nel conduttore si origina (induce) solamente quando muoviamo la calamita.

Questo perchè il sistema “**Bobina – Calamita**”, quando la calamita è ferma, è in equilibrio. Il movimento della calamita “altera” questo equilibrio ed allora nella bobina si origina una corrente elettrica che cerca di ricreare l'equilibrio precedente.

Nella bobina si origina così una corrente che induce un campo magnetico che si “**oppone**” alla variazione causata dal movimento della calamita.

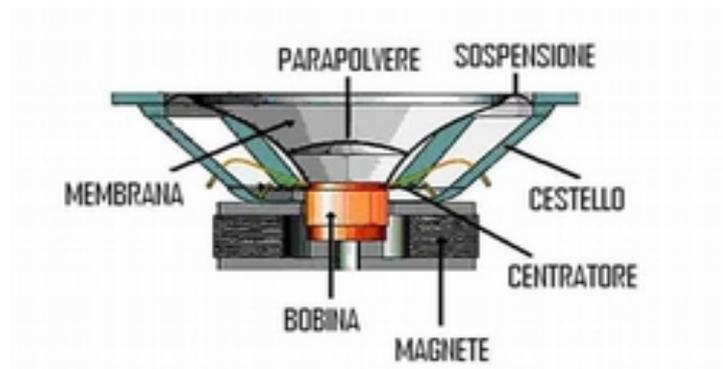
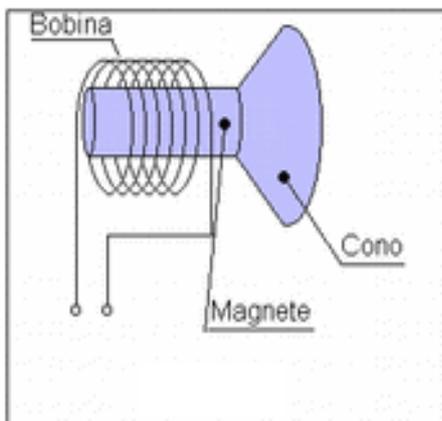
Si parla perciò di “flusso” magnetico.

Muovendo la calamita facciamo variare il “flusso” magnetico dentro alla bobina.

La corrente che si “induce” nella bobina si oppone a questa variazione di “flusso” creandone uno di opposto per mantenere l'equilibrio

Un altoparlante è perciò composto da:

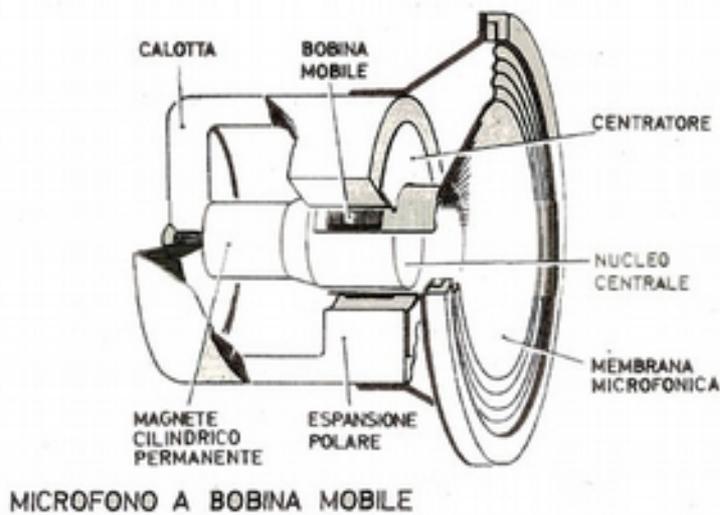
- 1) un magnete
- 2) una bobina
- 3) un cono a membrana



Se è la bobina a muoversi si parlerà di altoparlante a “bobina mobile” (cono collegato saldamente alla bobina).

Se è il magnete a muoversi si parlerà di altoparlante a “magnete mobile” (cono collegato saldamente al magnete)

Per il microfono è esattamente la stessa cosa tanto che un altoparlante potrebbe diventare un microfono



Se è la voce di chi parla a far vibrare la membrana del cono allora si “induce” una corrente elettrica regolata dalle “vibrazioni” date dalla voce (**questo è il microfono**)

Se è la corrente che circola sul cavo che provoca il movimento del cono, allora si sente un suono perchè le particelle d'aria attorno al cono vengono fatte vibrare dal movimento e così vengono “sentite” dal timpano (**questo è l'altoparlante**)

Morale della favola:

Una radio ricevente “cattura” attraverso l'antenna una corrente elettrica che, dopo opportuni passaggi e trasformazioni, arriva all'altoparlante che riproduce il suono originale.

Capito come si trasforma un segnale sonoro in impulso elettrico e come si trasforma un impulso elettrico in segnale sonoro ritorniamo al concetto di propagazione delle onde radio

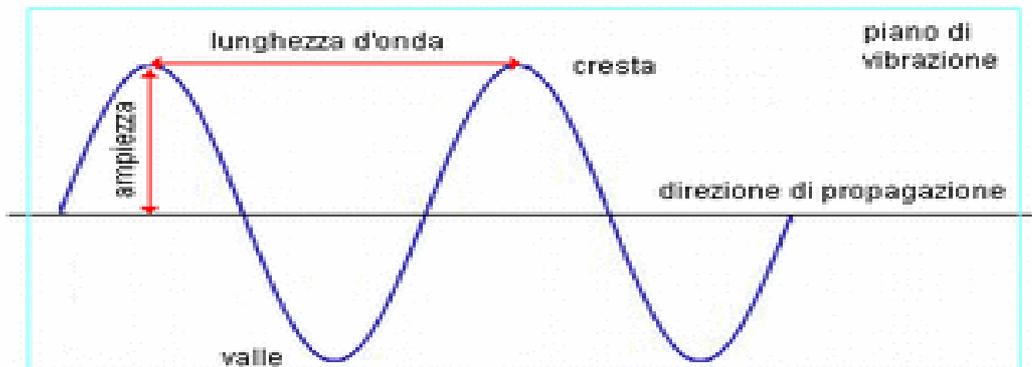
Ritorniamo perciò a parlare di onde e del modo in cui esse si propagano.

I parametri che dobbiamo tenere in considerazione per studiare la propagazione delle onde radio sono 4:

- 1) Lunghezza d'Onda**
- 2) Frequenza**
- 3) Ampiezza**
- 4) Velocità di Propagazione**

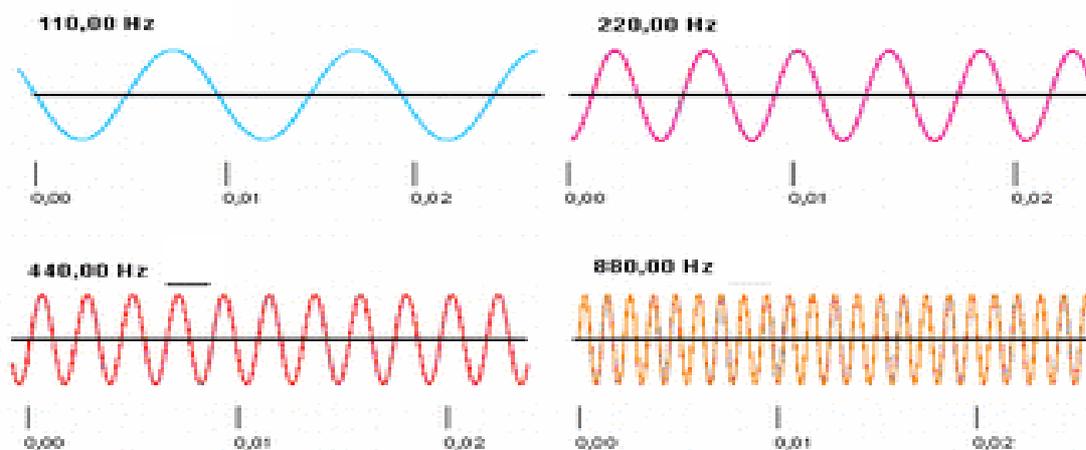
Lunghezza d'Onda

È la misura della distanza tra due creste



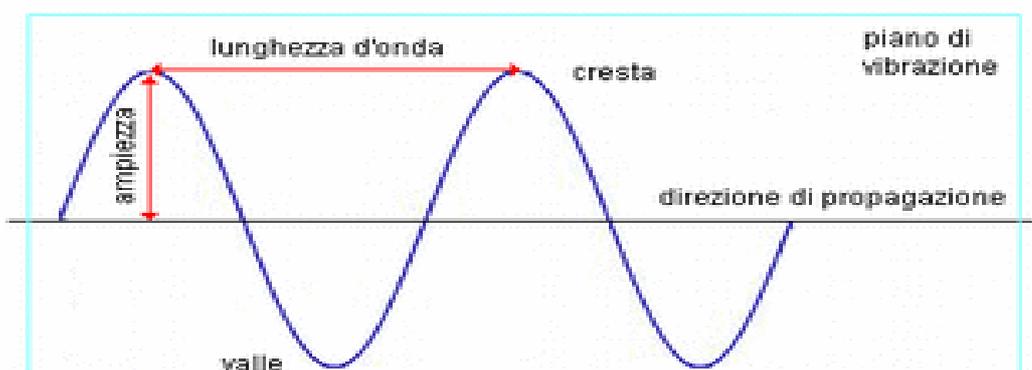
Frequenza

È il numero di oscillazioni complete in un secondo



Ampiezza

È la misura della distanza tra la base e la cresta



Velocità di Propagazione

È la misura della distanza percorsa dalla radiazione in un secondo e dipende dal mezzo attraversato.

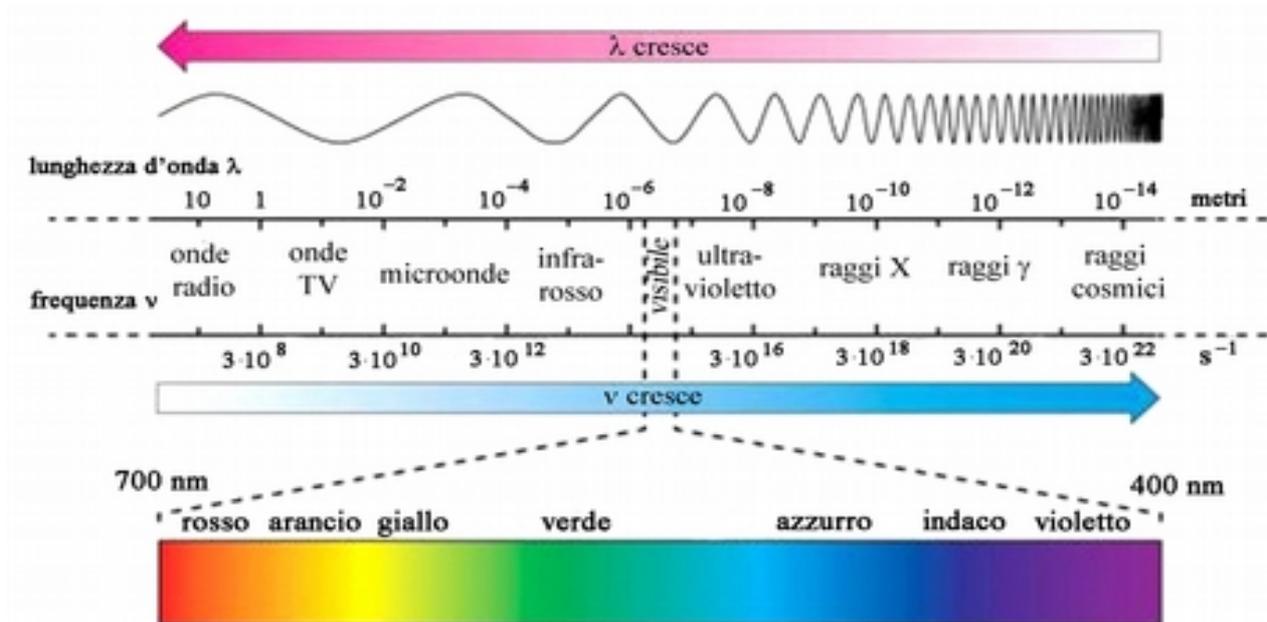
Per le radiazioni elettromagnetiche la velocità è di circa **300.000 chilometri al secondo**

MEZZO	VELOCITÀ (metri al secondo)
Aria	331
Acqua	1450
Piombo	1230
Ferro	5130
Granito	6000
La velocità del suono in alcuni materiali	

Questo è un esempio, relativo al suono, di come vari la velocità di propagazione al variare del mezzo attraversato

Lo Spettro Elettromagnetico

Questo è lo schema di come si distribuisca lo spettro della radiazione elettromagnetica in base alla frequenza ed alla lunghezza d'onda



Classificazione delle onde radio

Class.	Limiti di Frequenza	Limiti di lunghezza d'onda	Abbr.
Very low	10 – 30 kHz	30 – 10 km	VLF
Low	30 – 300 kHz	10 – 1 km	LF
Medium	300 – 3.000 kHz	1 – 0,1 km	MF
High	3 – 30 MHz	100 – 10 m	HF
Very high	30 – 300 MHz	10 – 1 m	VHF
Ultra high	300 – 3.000 MHz	1 – 0,1 m	UHF
Super high	3 – 30 GHz	10 – 1 cm	SHF
Extrem. High	30 – 300 GHz	10 – 1 mm	EHF
Calore/infrared	10^3 – $4 \cdot 10^5$ GHz	$0,3$ – $7,6 \cdot 10^{-4}$	
Visibile	4 – $8 \cdot 10^5$ GHz	$7,6$ – $3,8 \cdot 10^{-4}$	

Relazione che lega la Frequenza (ν) alla Lunghezza d'Onda (λ)

La relazione che lega la lunghezza d'onda λ alla frequenza ν è dato dal rapporto tra la velocità di propagazione della luce nel vuoto C e la frequenza ν

$$\lambda = C / \nu = 300.000 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1} / \text{kHz} \quad (\text{in metri})$$

Dove 300.000 è la velocità della luce in km/s
kHz è la frequenza ν espressa in chiloHertz
Utilizzando questa formula il risultato sarà espresso in metri

Facciamo alcuni esempi

Proviamo con una frequenza di 30 MHz:

$$\nu = 30 \text{ MHz} = 30.000 \text{ kHz}$$

$$C = 300.000 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$\lambda = C / \nu = 300.000 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1} / 30.000 \text{ kHz} = 10 \text{ m}$$

Valore che corrisponde a quello della tabella

Proviamo ora con una frequenza di 300 kHz:

$$\nu = 300 \text{ kHz}$$

$$C = 300.000 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$$

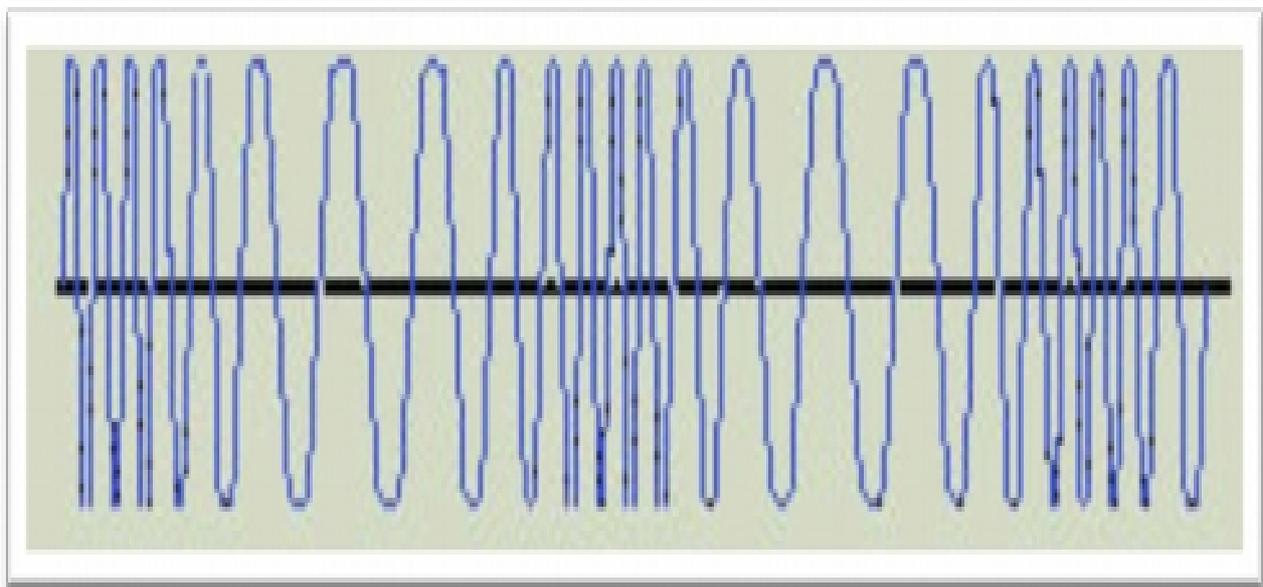
$$\lambda = C / \nu = 300.000 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1} / 300 \text{ kHz} = 1000 \text{ m}$$

Valore che corrisponde a quello della tabella

Prima di passare a considerare la nostra radio è bene ricordare che nei suoni la frequenza influenza la "nota".

Più una frequenza è alta più il suono è acuto.

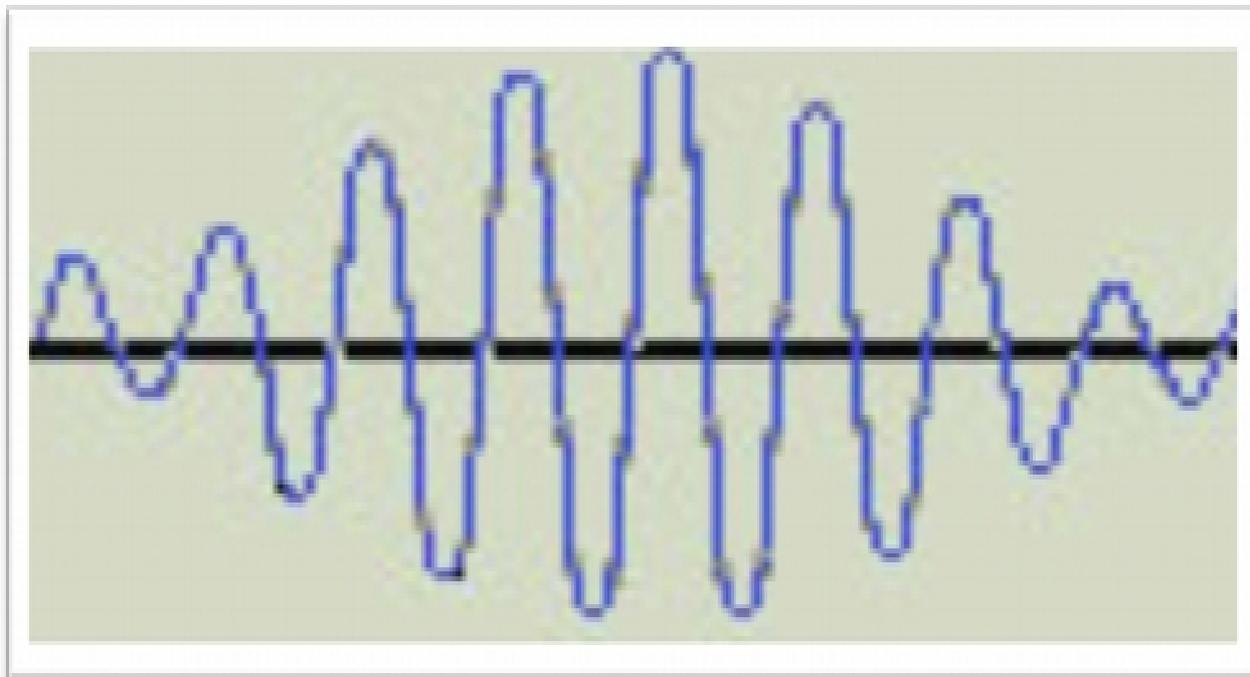
Più la frequenza è bassa più il suono è grave.



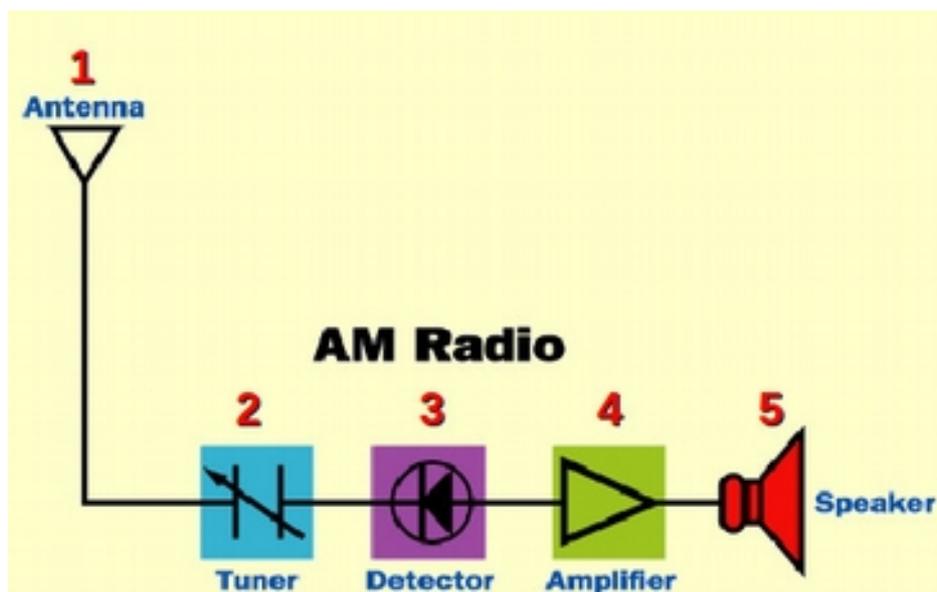
Analogamente è bene ricordare che nei suoni **l'ampiezza rappresenta il volume.**

Più l'ampiezza è alta più il suono è forte.

Più l'ampiezza è bassa più il suono è debole.



COMPONENTI DI UNA RADIO RICEVENTE



(1) Antenna

Anche se può apparire un po' strano, l'antenna è la parte principale di una radio.

L'antenna è il componente che "riceve" i segnali inviati dalle altre emittenti e l'antenna è sempre il componente che permette di trasmettere i segnali all'esterno.

C'è un detto tra i radioamatori:

"un buon radioamatore investe 1 sulla radio e 10 sull'antenna"

Questo sta a significare che la buona ricezione e la buona trasmissione dipendono più dall'antenna che dalla radio!

Nel nostro caso, come in moltissimi altri, l'antenna è data da un semplice cavo elettrico di lunghezza adeguata.

Il cavo va steso all'esterno in posizione più elevata possibile e va collegato alla radio.

La lunghezza del cavo la si calcola considerando multipli di $\frac{1}{4}$ della lunghezza d'onda che si vuole ricevere.

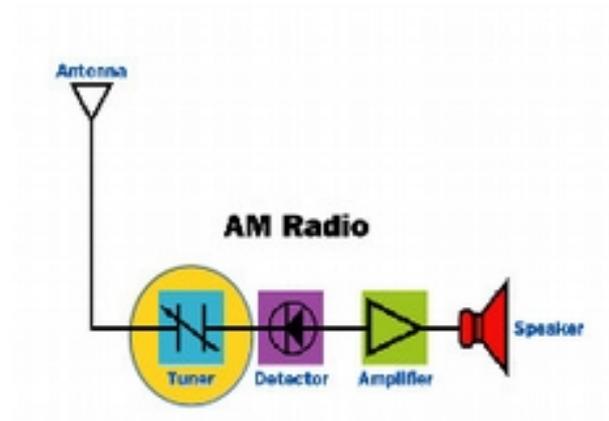
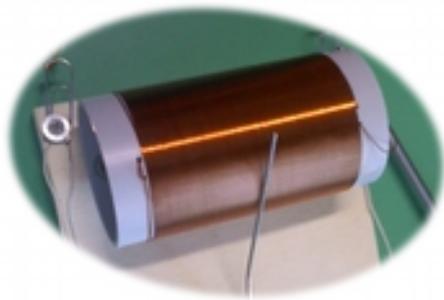
Più l'antenna è lunga più energia riesce a captare.

Le onde elettromagnetiche "entrano" nella radio proprio attraverso l'antenna.



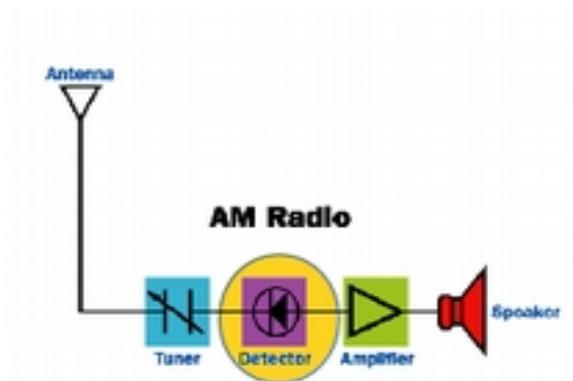
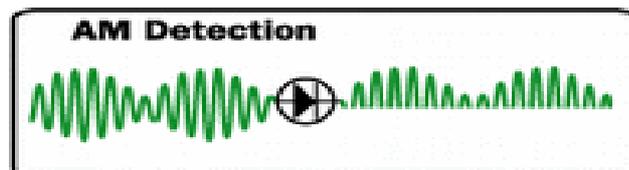
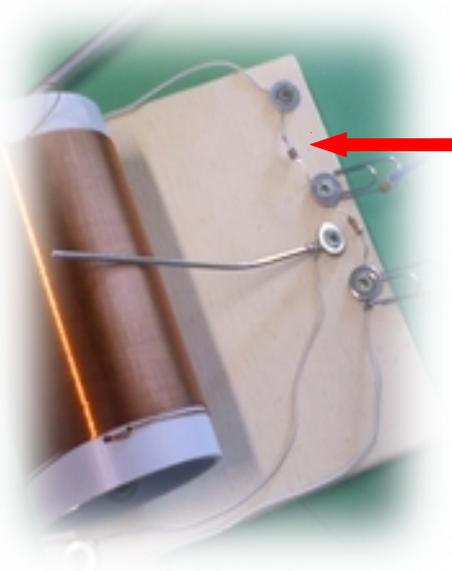
(2) Tuner o Sintonizzatore

Tra le tante onde elettromagnetiche presenti, il Sintonizzatore o Tuner ha il compito di “selezionare” quelle che la nostra radio è in grado di ricevere.
Nella nostra radio abbiamo una bobina di sintonizzazione.



(3) Detector o Demodulatore

Ha il compito di “decodificare” l'onda elettromagnetica ed “estrarre” le informazioni che essa trasporta (voci e suoni).



(4) Amplifier o Amplificatore

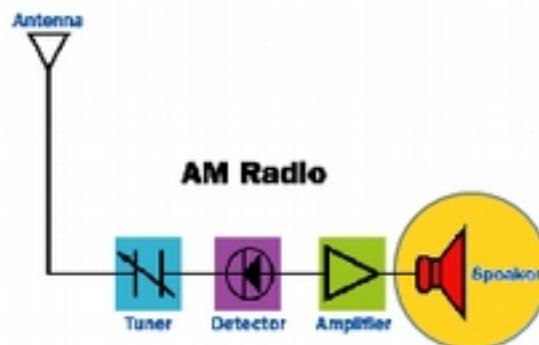
È il componente che, attraverso la corrente elettrica prelevata dalla rete o da una batteria, amplifica (aumenta) la potenza del segnale e lo invia all'altoparlante.

La nostra radio non utilizza un amplificatore e per tanto non ha bisogno di corrente elettrica prelevata dalla rete

(5) Speaker o Trasduttore

Ha il compito di trasformare il segnale elettrico, “demodulato” dal Diodo al Germanio, in segnale acustico che possiamo ascoltare attraverso l'auricolare.

In questo modo un onda elettromagnetica è diventata un onda acustica che il nostro timpano è in grado di sentire



La nostra radio è Pronta, ha tutti i componenti al loro posto ma per farla funzionare, dopo aver collegato l'antenna, dobbiamo fare un altro passaggio (altrimenti non sentiamo un bel niente)

Affinchè la corrente “catturata” dall'antenna possa “circolare” nella radio e diffondere i suoni, dobbiamo “chiudere” il nostro circuito collegando l'auricolare e “l'astina di sintonia” ad una presa di terra.

La cosa più semplice sarà quella di collegare un cavo di terra ad un tubo della valvola di un termosifone.

Il gioco è fatto.....e come per magia si sentiranno musica e parole uscire dall'auricolare....un'emozione!

Buon Ascolto!!

FUNZIONAMENTO DI UN PONTE RADIO

Nelle trasmissioni radio ci sono alcune frequenze (HF) che vengono “riflesse” dalla Ionosfera.

Questa riflessione permette ai radioamatori di superare la curvatura terrestre e di effettuare trasmissioni intercontinentali.

Le onde elettromagnetiche trasmesse da una radio , qualunque sia la frequenza, si propagano sempre in linea retta .

Ci sono però alcune frequenze (VHF, UHF, Microonde) che non vengono riflesse dagli strati ionizzati dell'atmosfera terrestre e per tanto la “bucano” ed escono dirigendosi verso lo spazio.

Per queste frequenze è necessario che i due apparati si “vedano” , ossia che i due apparati che comunicano tra loro, anche se molto lontani siano in “linea ottica”.

Oltre che sulla Ionosfera, le onde radio, possono rimbalzare anche contro montagne, contro pianeti, o contro satelliti.

L'esempio a noi più noto sono le trasmissioni televisive che riceviamo attraverso la parabola satellitare.

Dalla Terra si trasmette un segnale al satellite e il satellite fa “rimbalzare” tale segnale sulla nostra parabola.

Un altro tipo di trasmissioni sono le trasmissioni E.M.E. (Earth, Moon, Earth) cioè Terra , Luna, Terra, che alcuni radioamatori usano per trasmettere in VHF o UHF in altri continenti.

In questo caso viene usata la Luna come sponda di un biliardo, su cui far rimbalzare la radiazione elettromagnetica.

Per trasmissioni, ovviamente più vicine, facciamo svolgere la funzione di “sponda da biliardo” ai Ponti Radio.

Un ponte radio può essere composto da una o due radio che svolgono la funzione di ricevere e ritrasmettere il segnale tra due apparati che non sono in “linea ottica”.

Per fare questo servizio, sia i singoli apparati, sia il “ponte” devono poter trasmettere su una frequenza e ricevere su di un'altra.

La sequenza è la seguente:

L'**Apparato 1** Trasmette su frequenza (x) ----> il **Ponte** riceve su frequenza (x) e converte immediatamente il segnale in trasmissione su frequenza (y) ----> l'**Apparato 2** riceve su frequenza (y).

Quando l'**Apparato 2** inizia a trasmettere la frequenza si imposta automaticamente in (x) verso il Ponte ----> il **Ponte** riceve su frequenza (x) e converte immediatamente il segnale in trasmissione su frequenza (y) ----> l'**Apparato 1** riceve su frequenza (y).

Per poter effettuare questo tipo di trasmissione gli Apparati 1 e 2 devono essere predisposti a trasmettere su una frequenza ed a ricevere su un'altra.

Alcune radio di ultima generazione sono predisposte per la effettuare trasmissioni “cross”. La radio riceve in una frequenza e contemporaneamente trasmette in un'altra di un'altra banda (ad esempio riceve in VHF “144 Mhz” e trasmette in UHF “432 Mhz”).

In questo caso si parla di **Ponte Traslatore**

Se non si ha una radio predisposta per il “cross” si possono usare due radio collegate tra loro attraverso un interfaccia di scambio dati in modo diretto (cavità d'onda).

Così una radio sarà la ricevente del Ponte (Rx) mentre l'altra sarà la trasmittente del Ponte (Tx).

Ovviamente la frequenza di ricezione e quella di trasmissione saranno due frequenze diverse.

Il “salto di frequenza viene chiamato “**shift**” ed è definito positivo se la frequenza “aumenta dalla ricezione alla trasmissione mentre è definito negativo se la frequenza diminuisce dalla ricezione alla trasmissione.

L'Associazione Radioamatori Italiani sezione di Treviso ha in gestione il Ponte Radio R2 che ha uno “shift” di -0,600 Mhz.

Il Ponte R2 (posizionato sul Montello in località S.Maria della Vittoria) riceve (Rx) a 145,650 Mhz di conseguenza, avendo uno “shift” negativo, trasmette (Tx) a 145,050 Mhz.

I Ponti radio usati da altre Istituzioni hanno “shift” diversi.

Conclusioni

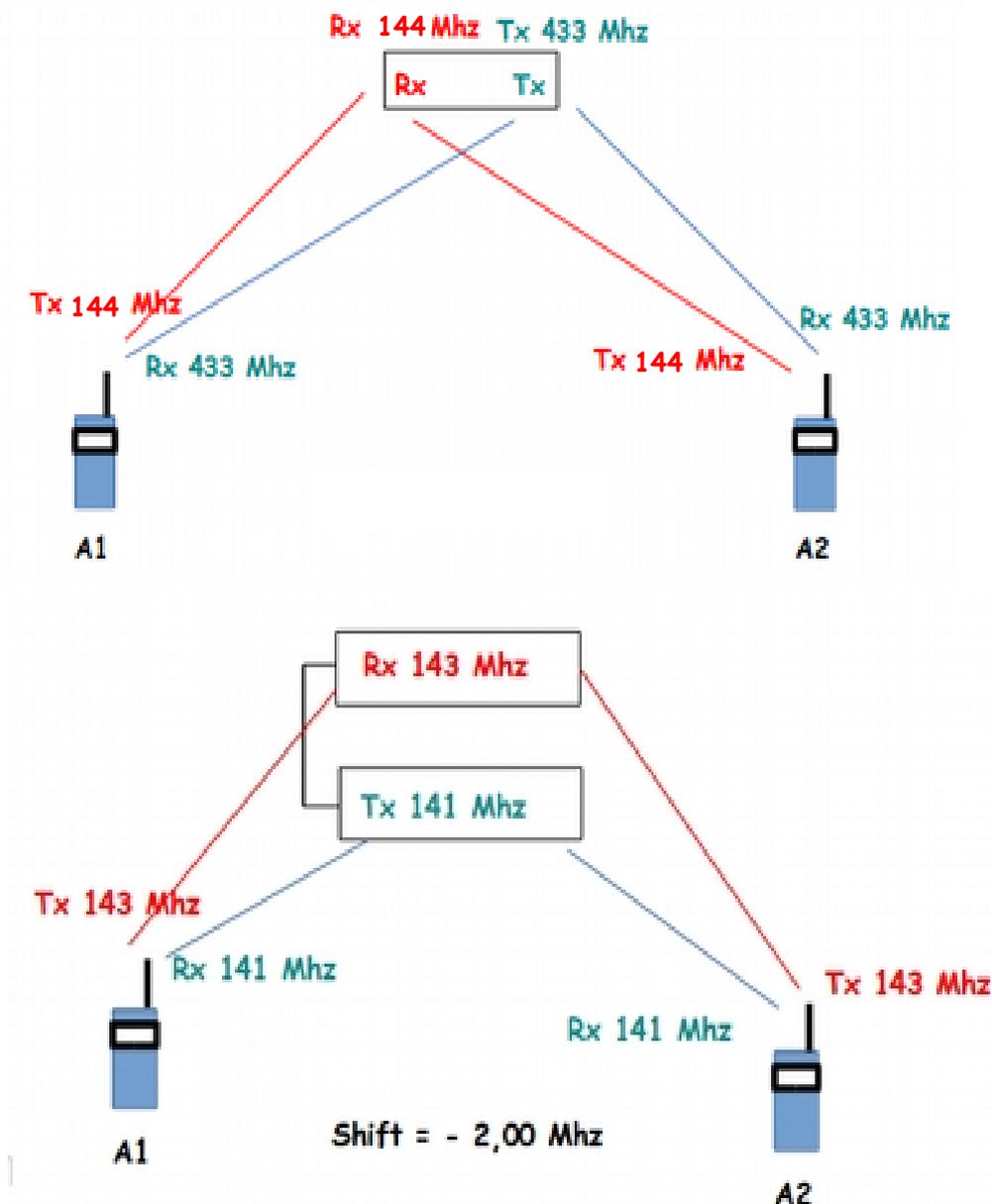
Il ponte radio serve per permettere la comunicazione tra apparati che non sono in linea ottica.

Il ponte radio può essere formato o da un unico radio che permetta la trasmissione “cross”, così da ricevere in una frequenza e trasmettere contemporaneamente in un'altra, o da due radio collegate direttamente in cui una riceve una frequenza e l'altra trasmette in un'altra frequenza contemporaneamente.

La differenza di frequenza tra la ricezione del ponte Rx e la trasmissione del ponte Tx prende il nome di “Shift”.

Lo “Shift” sarà positivo se la frequenza di Tx è maggiore di quella di Rx, altrimenti nel caso in cui Tx è minore di Rx sarà negativo

Ponte “Traslatore” con radio “cross” tra due bande diverse



Ponte “Ripetitore” con Shift negativo e cavità d'antenna (una sola antenna per 2 apparati)

LE LEGGI DI OHM

Fin dalla 1° abbiamo imparato che gli elementi chimici si uniscono a formare le molecole dei composti attraverso le forze elettriche (sarebbe meglio definire elettromagnetiche) che si originano tra i nuclei degli atomi positivi e gli elettroni negativi.

Con gli esperimenti fatti in classe con le bobine e la calamita abbiamo potuto verificare che una corrente elettrica induce un campo magnetico e la variazione di flusso magnetico induce una corrente elettrica.

Abbiamo inoltre imparato che proprio grazie a questo principio si ha il funzionamento dei trasduttori (microfoni e altoparlanti) vediamo ora i principi su cui si basa questo movimento di cariche elettriche chiamato corrente elettrica.

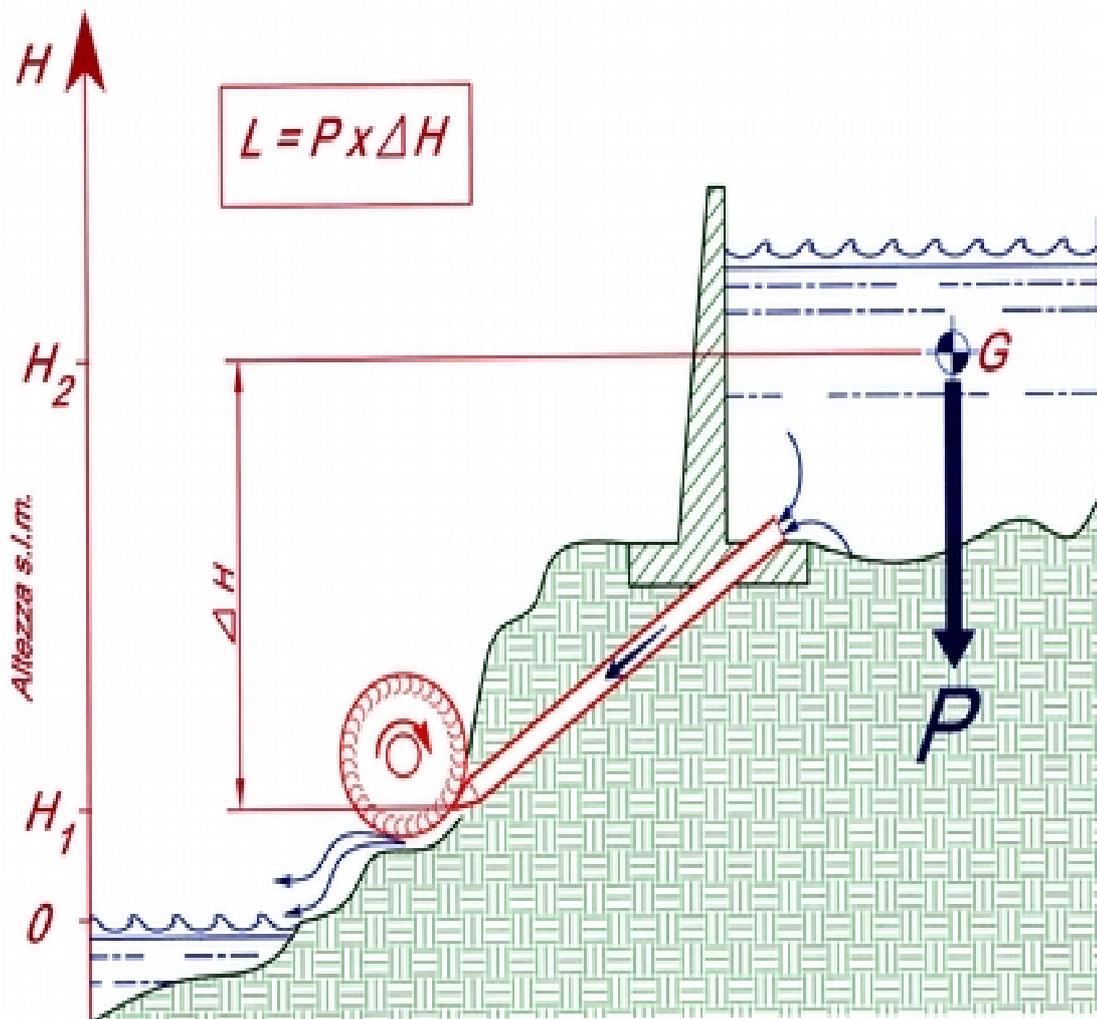
La corrente elettrica è generata dallo spostamento di particelle cariche.

Normalmente consideriamo gli elettroni in quanto sono le particelle che con i loro movimenti generano la corrente elettrica sui conduttori (cavi elettrici).

Possiamo associare per similitudine la corrente elettrica ad un flusso d'acqua all'interno di un condotto (tubo).

Il nostro condotto (tubo) sarà perciò il conduttore e di conseguenza l'acqua rappresenterà il movimento degli elettroni.

Affinché l'acqua possa scorrere nel tubo le due estremità dello stesso devono trovarsi a quote diverse, una più alta e una più bassa.



$\Delta H = H_2 - H_1 =$ differenza di quota

ΔH rappresenta la differenza di quota e mi indica qual è l'energia potenziale del serbatoio.

$L =$ energia potenziale

$P =$ peso

$$L = P \times \Delta H$$

Possiamo dire che questa differenza di quota è il “nostro motore” che permette il movimento dell'acqua.

Questa differenza di quota rappresenta la differenza di potenziale tra il serbatoio e l'uscita del tubo.

Normalmente questa differenza di potenziale tra serbatoio e l'uscita del tubo viene chiamata **Energia Potenziale**.

Consideriamo ora il cavo elettrico che è il nostro conduttore, affinché gli elettroni si spostino sulla sua superficie dobbiamo creare una differenza di “potenziale” ai capi opposti del cavo.

Tale differenza di potenziale prende il nome di forza elettromotrice (FEM).

Ciò che a noi è più vicino e che rappresenta la forza elettromotrice (differenza di potenziale) è ad esempio la pila stilo da 1,5 volt.

Abbiamo visto misurando con il multimetro nella posizione di voltmetro che le pile presentano tutte, secondo il tipo una specifica differenza di potenziale.

Per effettuare questa misura abbiamo collegato il contatto rosso del multimetro (+) al polo positivo della pila e il contatto nero del multimetro (-) al polo negativo della pila.

Quando noi chiudiamo il circuito e accendiamo una lampadina dopo un po' di tempo questa si spegne perché la pila si “scarica” nel paragone con l'acqua la pila si “scarica” quando il serbatoio si svuota.

TESTER O MULTIMETRO

Un multimetro(pronuncia multimetro, conosciuto anche come multitestere o semplicemente tester) è uno strumento di misura elettronico che integra diverse funzioni, definite "campi di misura", in un'unica unità.

Il multimetro analogico è composto da un galvanometro e deve assorbire energia dal circuito in esame per fornire il risultato della misura.

Se è necessario assorbire poca energia dal circuito conviene utilizzare un multimetro digitale. Il galvanometro è composto da un magnete permanente in cui è posta una bobina libera di ruotare perpendicolarmente alle linee del campo magnetico.

Facendo circolare una corrente nella bobina si forma una coppia che tende a far ruotare le spire una molla appositamente calibrata si oppone alla rotazione delle spire e, di conseguenza, lo spostamento dell'indice è proporzionale all'intensità di corrente che circola nelle spire.

Il fondo scala dello strumento è determinato dalla sua resistenza interna. Collegando resistenze diverse al galvanometro, in serie se si usa lo strumento come amperometro o in parallelo se si usa lo strumento come voltmetro, si può selezionare il fondoscala dello strumento.

Il multimetro è dotato di una o più batterie per poter eseguire misure di resistenze.



Multimetro Digitale



Multimetro Analogico

RESISTENZA (Elettrica)

Immaginiamo il nostro condotto che trasporta l'acqua a sezioni diverse se il diametro è grande il serbatoio si scuoterà prima.

Se il diametro è piccolo il serbatoio si svuoterà lentamente in quanto al flusso d'acqua si applicherà una resistenza maggiore (freno) in quanto il condotto opporrà resistenza al suo attraversamento.

La stessa cosa la possiamo riscontrare con la nostra pila.

Se proviamo a collegare direttamente i due poli della pila con conduttore ci accorgiamo che dal condotto scocca una scintilla, il conduttore inizia a scattare e la pila si carica quasi immediatamente (come ben sa Tommaso Nordio).

Questo tipo di collegamento viene definito cortocircuito in quanto gli elettroni attraversano con estrema velocità il conduttore e si scaricano al polo opposto le scintille sono il fenomeno fisico visibile che mi indica questa "vorticoso" corsa degli elettroni.

Se all'interno del circuito tra i due poli collego l'utilizzatore (lampadina o motore elettrico) gli elettroni saranno "frenati" dal passaggio all'interno dell'utilizzatore.

L'utilizzatore che "frena" il flusso di elettroni è una resistenza.

Se in un circuito abbiamo collegato una resistenza dei flussi degli elettroni non sarà più così immediato.

Uno degli effetti che possiamo notare sia con una lampadina che con un motore elettrico è quello che si sviluppa del calore.

Questo è molto evidente nelle lampadine (ci si scotta quando le si tocca appena spente) ma anche nei motori e in tutte le apparecchiature elettroniche ventole o dissipatori che servono a smaltire il calore prodotto dal passaggio della corrente.

Questo effetto prende il nome di effetto Joule.

Colore	1° Fascia	2° Fascia	Moltiplicatore	Tolleranza
NERO	----	0	x 1	10% ARGENTO
MARRONE	1	1	x 10	5% ORO
ROSSO	2	2	x 100	
ARANCIONE	3	3	x 1.000	
GIALLO	4	4	x 10.000	
VERDE	5	5	x 100.000	
AZZURRO	6	6	x 1.000.000	
VIOLA	7	7	ORO : 10	
GRIGIO	8	8		
BIANCO	9	9		

Il diagramma illustra un resistore a strisce con quattro fasce colorate: una marrone (1ª cifra), una verde (2ª cifra), una nera (moltiplicatore) e una gialla (toleranza). Le etichette indicano: 1° CIFRA, 2° CIFRA, MOLTIPLICAT. e TOLLERANZA.

PRIMA LEGGE DI OHM

Nel nostro circuito compaiono perciò tre grandezze

V = **differenza di potenziale** = FEM = **Volt**
i = **intensità di corrente** = **Ampere**
R = **resistenza** = **Ohm**

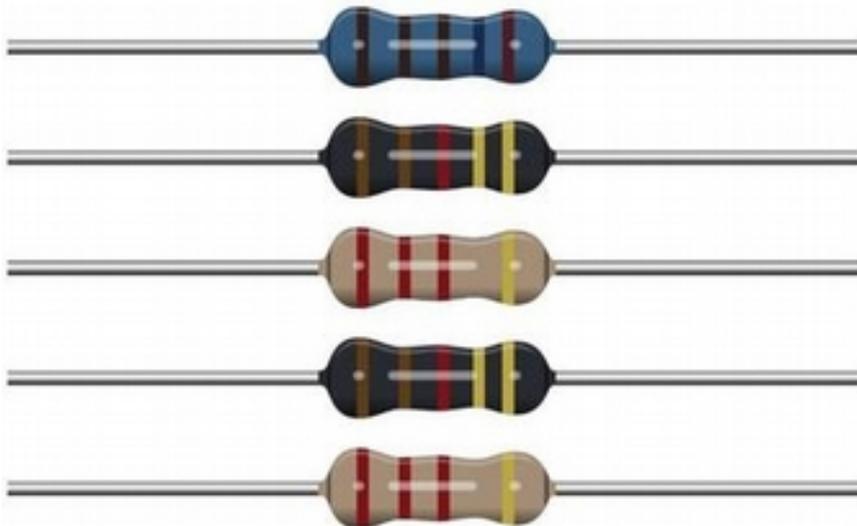
Possiamo ricordare che, in analogia all'acqua :

1. **V** rappresenta la differenza di quota
2. **i** rappresenta la portata (l/s)
3. **R** rappresenta tutti gli attriti dati dal condotto e dall'utilizzatore

La legge che unisce le tre grandezze è rappresentata dalla 1° legge di Ohm che è espressa dalla formula

$$i = V/R$$

La legge di Ohm ci permette di capire quali sono i rapporti esistenti tra le varie grandezze e sulla base dell'analisi di tali rapporti potremo capire il funzionamento dei circuiti studiati.



SECONDA LEGGE DI OHM

La resistenza R di un conduttore è direttamente proporzionale alla sua lunghezza e inversamente proporzionale alla sua sezione.

Detti:

R resistenza elettrica del conduttore;

ρ resistenza specifica o resistività del materiale;

l lunghezza del conduttore;

A area della sezione del conduttore;

Si definisce:

$$R = \rho * l/A$$

R in Ω

l in m

A in m^2

ρ in Ω/m

Frequentemente si preferisce esprimere la resistività ρ in Ω/cm

Dobbiamo ricordare che $1\text{ cm} = 10^{-2}\text{ m}$

perciò se esprimiamo ρ in Ω/cm allora in m la nostra grandezza sarà

$1\Omega/cm = 10^2\ \Omega/m$

La **resistività** di un conduttore è la resistenza che un suo campione di lunghezza e sezione unitarie offre al passaggio della corrente.

L'inverso della resistività si chiama conducibilità.

Attenzione: come la resistenza anche la resistività dipende dalla temperatura.

Resistività elettrica a temperatura ambiente (20 °C)

Sostanza	ρ in Ω/m	Sostanza	ρ in Ω/m
Metalli		Semiconduttori	
<i>Rame</i>	$1.72 \cdot 10^{-8}$	<i>Carbonio</i>	$3.57 \cdot 10^{-5}$
<i>Argento</i>	$1.63 \cdot 10^{-8}$	<i>Germanio</i>	45.4
<i>Alluminio</i>	$2.82 \cdot 10^{-8}$	<i>Silicio</i>	$6.25 \cdot 10^{-4}$
<i>Ferro</i>	$6.54 \cdot 10^{-8}$		
<i>Tungsteno</i>	$5.50 \cdot 10^{-8}$		
Leghe		Isolanti	
<i>Manganina</i>	$4.40 \cdot 10^{-7}$	<i>Vetro</i>	$10^{10} - 10^{14}$
<i>Costantana</i>	$4.90 \cdot 10^{-7}$	<i>Mica</i>	$10^{11} - 10^{15}$
<i>Nichel Cromo</i>	$1 \cdot 10^{-6}$	<i>Paraffina</i>	$2.97 \cdot 10^{16}$
		<i>Quarzo</i>	$7.52 \cdot 10^{17}$

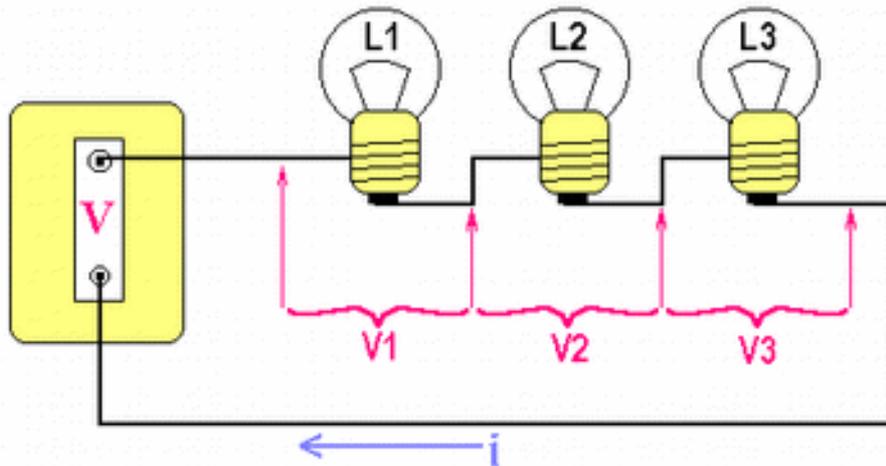
Come si vede, la resistività dei materiali copre uno spettro di circa 25 ordini di grandezza.

Possimo perciò dire che all'aumentare della lunghezza di un conduttore la sua resistenza aumenta.

Analogamente aumentando l'area della sezione del conduttore la sua resistenza diminuisce

CIRCUITI IN SERIE

Consideriamo 3 lampadine collegate ad una pila in modo tale che ogni lampadina "alimenti" la successiva



Come si può notare se togliamo una lampadina o se questa si dovesse bruciare il risultato sarebbe che tutte si spengono.

In pratica ogni lampadina alimenta la successiva.

Questo fatto fa sì che la corrente che circola nel circuito sia sempre la stessa.

La resistenza complessiva del circuito sarà data dalla somma aritmetica delle singole resistenze e la corrente sarà perciò ricavata dalla prima legge di Ohm sapendo che:

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

$$i = V/R = V / (R_1 + R_2 + R_3)$$

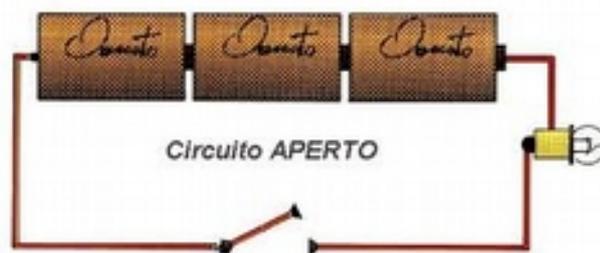
Se misuriamo la differenza di potenziale tra l'ingresso della prima lampadina e l'uscita dell'ultima troveremo il valore espresso dalla nostra batteria.

Se lo misuriamo tra l'ingresso della prima e l'uscita della seconda troveremo un altro valore ed un altro valore sarà trovato agli estremi della prima lampadina.

Possiamo così dire che in punti diversi del nostro circuito la differenza di potenziale varia.

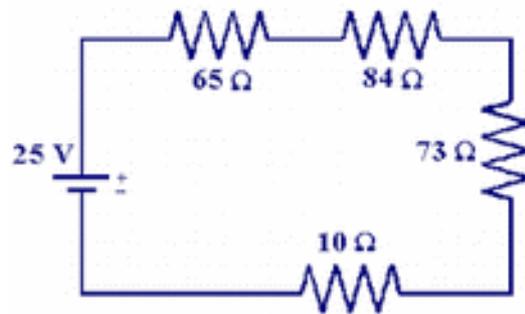
Consideriamo ora le batterie da 1,5 Volt che troviamo inserite in utensili o telecomandi.

Generalmente sono 3 e la loro posizione è messa in modo tale che ogni una sia posizionata in modo inverso rispetto all'altra.



Se con il tester (multimetro) misuriamo la differenza di potenziale tra il polo negativo della prima e il polo positivo della terza troveremo un valore di 4,5 Volt ($1,5+1,5+1,5=4,5$ Volt).
 Come possiamo notare collegando in serie 3 pile stilo abbiamo ottenuto una differenza di potenziale che corrisponde alla somma delle singole differenze di potenziale di ogni pila.
 Se andassimo a smontare una pila a saponetta da 4,5 Volt ci si accorgerebbe che essa altro non è che 3 pile stilo da 1,5 Volt collegate in serie.

In un collegamento in serie di resistenze, la resistenza complessiva è data dalla somma delle singole resistenze.



In un collegamento in serie di più pile (dello stesso voltaggio) il voltaggio totale (differenza di potenziale) sarà dato dalla somma delle singole differenze di potenziale (voltaggio) di ogni pila.



L'intensità di corrente sarà sempre la stessa in ogni punto del circuito, pertanto per mantenere la stessa intensità di corrente in ogni punto del circuito dovranno variare sia la differenza di potenziale sia la resistenza.

$$i = V_1 / R_1 = V_2 / R_2 = V_3 / R_3$$

Ricapitolando

Nei circuiti in serie l'intensità di corrente rimane costante in ogni punto

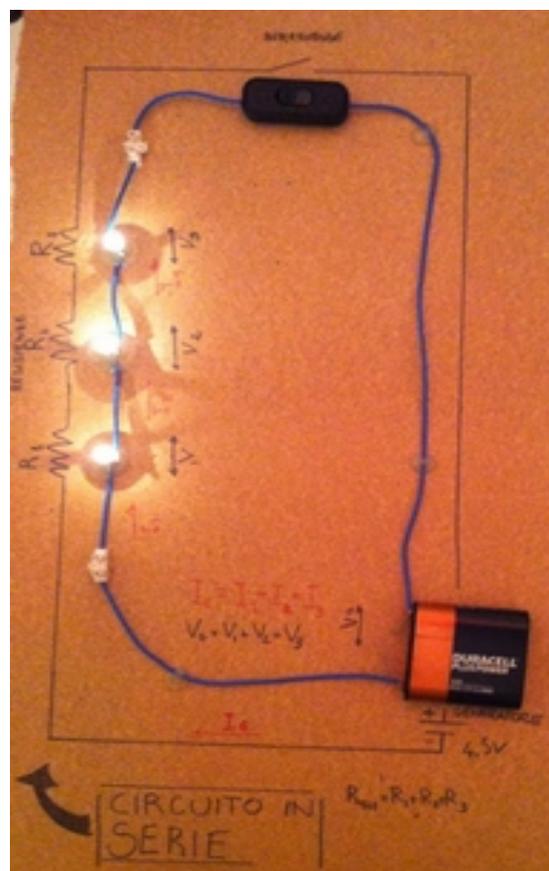
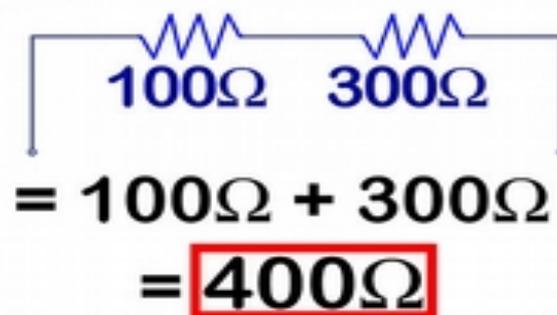
del circuito.

La differenza di potenziale varia da punto a punto.

La resistenza totale è data dalla somma aritmetica delle singole resistenze.

$$R_{TOT} = R_1 + R_2 + R_3 \dots + R_n$$

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots R_n$$

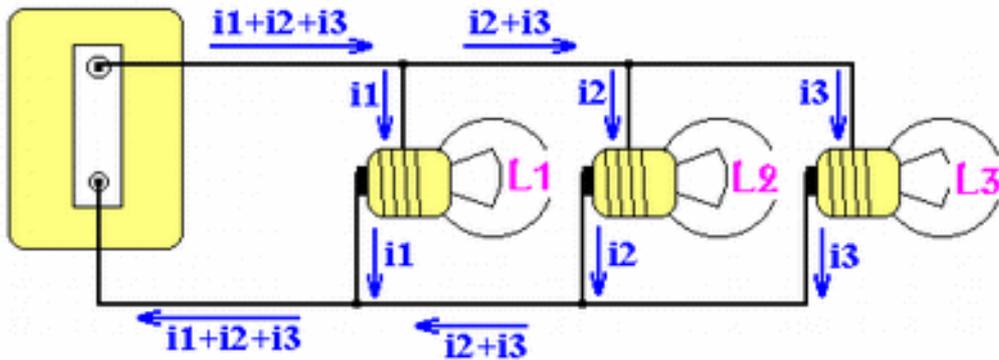


CIRCUITI IN PARALLELO

La caratteristica fondamentale di un circuito in parallelo è che mantiene costante la differenza di potenziale in ogni punto.

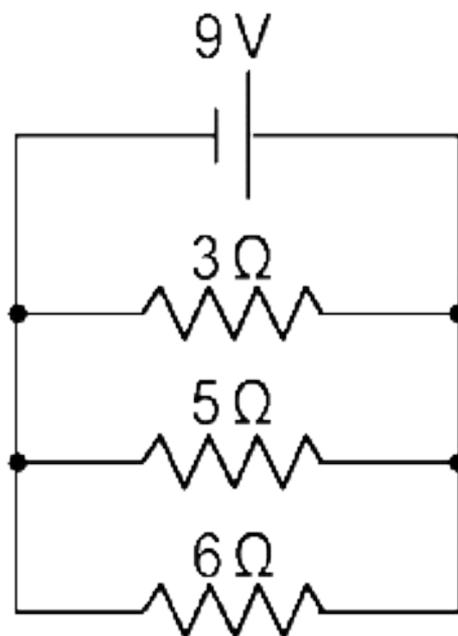
Ciò che varia è l'intensità di corrente.

L'intensità di corrente totale è data dalla somma delle singole intensità.



Come
si può
vedere
dallo

schema tutte le resistenze sono alimentate con la stessa differenza di potenziale V e pertanto, dalla prima legge di Ohm si avrà che:



$$i_1 = V / R_1$$

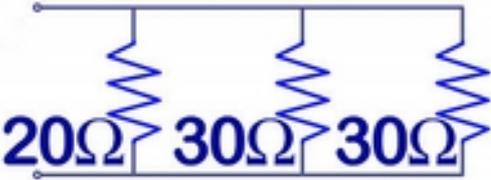
$$i_2 = V / R_2$$

$$i_3 = V / R_3$$

Fatta questa considerazione analizziamo ora come si comportano le resistenze.

La resistenza totale (sempre dalla 1° legge di Ohm) sarà:

$$\begin{aligned} R_{TOT} &= V/(i_1 + i_2 + i_3) = V/(V_1/R_1 + V_2/R_2 + V_3/R_3) = V/V(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3) \\ &= (1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3)^{-1} = [(R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2)/R_1 R_2 R_3]^{-1} = \\ &= R_1 R_2 R_3 / (R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2) \end{aligned}$$

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

$$\frac{1}{\frac{1}{20\Omega} + \frac{1}{30\Omega} + \frac{1}{30\Omega}} = \boxed{8.57\Omega}$$

PROBLEMA

calcolare la resistenza complessiva in un circuito in parallelo sapendo che è alimentato da una batteria a 9 Volt e le tre resistenze misurano rispettivamente:=

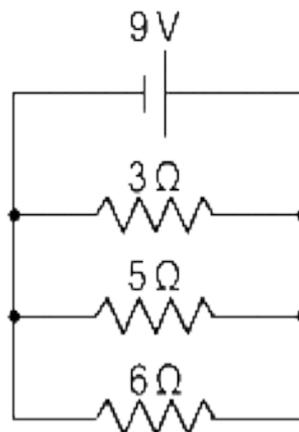
$$R_1 = 3 \text{ Ohm}$$

$$R_2 = 5 \text{ Ohm}$$

$$R_3 = 6 \text{ Ohm}$$

Calcolare inoltre l'intensità di corrente che attraversa ogni resistenza

DATI



RISOLUZIONE

siccome il circuito è in parallelo la differenza di potenziale sarà costante in ogni punto.

La resistenza complessiva sarà data dalla formula

$$R_{\text{tot}} = R_1 R_2 R_3 / (R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2) = 3 \times 5 \times 6 / (30 + 18 + 10) = 90 \text{ } \Omega^3 / 58 \text{ } \Omega^2 = 1,55 \text{ } \Omega$$

L'intensità di corrente che attraversa ogni resistenza la si calcola con la 1° legge di Ohm tenendo presente che ai capi di ogni resistenza la differenza di potenziale è costante ed è di 9 Volt

$$i_1 = V / R_1 = 9 \text{ V} / 3 \text{ } \Omega = 3 \text{ A}$$

$$i_2 = V / R_2 = 9 \text{ V} / 5 \text{ } \Omega = 1,8 \text{ A}$$

$$i_3 = V / R_3 = 9 \text{ V} / 6 \text{ } \Omega = 1,5 \text{ A}$$

RISPOSTA

la resistenza complessiva è di 1,55 Ω , mentre l'intensità di corrente di ogni resistenza sono le seguenti: $i_1 = 3 \text{ A}$, $i_2 = 1,8 \text{ A}$, $i_3 = 1,5 \text{ A}$.

PROBLEMI

Problema 1:

Un circuito è alimentato con una pila da 4,5 volt.

Sono collegate in serie 3 resistenze:

$$R1 = 5 \text{ Ohm}$$

$$R2 = 10 \text{ Ohm}$$

$$R3 = 15 \text{ Ohm}$$

Calcolare la differenza di potenziale che si misura tra l'ingresso di R1 e l'uscita di R2.

Problema 2:

Calcolare la differenza di potenziale che si misura tra l'ingresso di R2 e l'uscita di R4 sapendo che il circuito è formato da 4 resistenze in serie rispettivamente di:

$$R1 = 10 \text{ Ohm}$$

$$R2 = 20 \text{ Ohm}$$

$$R3 = 30 \text{ Ohm}$$

$$R4 = 40 \text{ Ohm}$$

ed è alimentato da una pila a 9 volt.

Problema 3:

Un circuito è alimentato con 9 pile in serie da 1,5 volt.

E' formato da 4 resistenze in serie rispettivamente di:

$$R1 = 5 \text{ Ohm}$$

$$R2 = 10 \text{ Ohm}$$

$$R3 = 15 \text{ Ohm}$$

$$R4 = 35 \text{ Ohm}$$

Calcolare la differenza di potenziale che si misura tra l'ingresso di R2 e l'uscita di R4.

Problema 4:

Determinare l'intensità di corrente che circola in ogni resistenza totale e l'intensità di corrente che circola in ogni resistenza sapendo che è formato da 4 resistenze collegate in parallelo rispettivamente di:

$$10 \text{ Ohm}$$

$$40 \text{ Ohm}$$

$$60 \text{ Ohm}$$

$$80 \text{ Ohm}$$

ed è alimentato da una batteria da 24 volt.

Problema 5:

Calcolare la differenza di potenziale che si misura tra l'ingresso di R2 e l'uscita di R4 sapendo che il circuito è formato da 4 resistenze in serie rispettivamente di:

$$R1 = 20 \text{ Ohm}$$

$$R2 = 40 \text{ Ohm}$$

$$R3 = 60 \text{ Ohm}$$

$$R4 = 80 \text{ Ohm}$$

ed è alimentato da una batteria da 12 volt.

Problema 6:

Calcolare la resistenza totale di un circuito formato da 4 resistenze collegate in parallelo sapendo che:

$$R1 = 10 \text{ Ohm}$$

$$R2 = 20 \text{ Ohm}$$

$R_3 = 30 \text{ Ohm}$

$R_4 = 40 \text{ Ohm}$

il circuito è alimentato da una batteria da 12 volt.

Problema 7:

Un circuito è alimentato da una batteria a 12 volt.

Ci sono 3 resistenze collegate in parallelo.

Calcolare l'intensità di corrente che attraversa ogni resistenza, l'intensità di corrente che circola complessivamente nell'intero circuito, la differenza di potenziale ai capi di ogni resistenza sapendo che:

$R_1 = 10 \text{ Ohm}$

$R_2 = 20 \text{ Ohm}$

$R_3 = 30 \text{ Ohm}$

Problema 8:

L'antenna collineare posta sul tetto della scuola e usata per il collegamento di sabato 9 maggio, è una bi-banda che copre le frequenze di 145 MHz e 430 MHz.

Dire a quali lunghezze d'onda corrispondono queste frequenze.

Problema 9:

La radio in libera vendita che si comperano nei negozi di elettrodomestici si chiamano PMR446 e trasmettono sulla frequenza di 446 MHz

Per costruire un'antenna di emergenza posso usare uno stilo di metallo lungo $\frac{1}{4}$ di onda. A quanti cm devo tagliare lo stilo?

Problema 10:

Voglio costruire un dipolo a braccia uguali che mi permetta di trasmettere sulla frequenza di 30 MHz. Sapendo che la lunghezza complessiva del dipolo dev'essere lunga $\frac{1}{2}$ lambda quanto lunghe dovranno essere le singole braccia del dipolo?

Problema 11:

Per costruire un ponte radio servono 2 radio che trasmettono e ricevono a frequenza diversa.

Se la prima radio riceve a 145 MHz e trasmette a 440 MHz, dire quali dovevano essere la frequenza di ricezione e di trasmissione della seconda radio per poter "dialogare" con la prima.

Dire quali devono essere la lunghezza d'onda lambda delle singole frequenze.

Problema 12:

In un circuito formato da 4 resistenze in parallelo applichiamo una differenza di potenziale di 24 volt sapendo che:

$R_1 = 10 \text{ Ohm}$

$R_2 = 20 \text{ Ohm}$

$R_3 = 30 \text{ Ohm}$

$R_4 = 40 \text{ Ohm}$

Calcolare ogni corrente che attraversa ogni resistenza.

Calcolare ogni corrente che attraversa ogni circuito.

Determinare la resistenza totale del circuito.

Problema 13:

Tre resistenze sono collegate in serie e sono alimentate da una pila a 12 volt.

Calcolare la corrente che attraversa ogni resistenza e la resistenza complessiva.

Calcolare inoltre la differenza di potenziale che si misura ai capi di ogni singola resistenza.

Problema 14:

Un circuito è alimentato da una batteria a 30 volt.

Ci sono 4 resistenze collegate in parallelo.

Calcolare l'intensità di corrente che attraversa ogni resistenza, l'intensità di corrente che circola complessivamente nell'intero circuito, la differenza di potenziale ai capi di ogni resistenza sapendo che:

$$R1 = 15 \text{ Ohm}$$

$$R2 = 30 \text{ Ohm}$$

$$R3 = 60 \text{ Ohm}$$

$$R4 = 120 \text{ Ohm}$$

Problema 15:

Calcolare la differenza di potenziale che si misura tra l'ingresso di R3 e l'uscita di R5 sapendo che il circuito è formato da 4 resistenze in serie rispettivamente di:

$$R1 = 20 \text{ Ohm}$$

$$R2 = 40 \text{ Ohm}$$

$$R3 = 60 \text{ Ohm}$$

$$R4 = 80 \text{ Ohm}$$

$$R5 = 120 \text{ Ohm}$$

ed è alimentato da una batteria da 60 volt.

Problema 16:

Calcolare la resistenza totale di un circuito formato da 5 resistenze collegate in parallelo sapendo che:

$$R1 = 20 \text{ Ohm}$$

$$R2 = 40 \text{ Ohm}$$

$$R3 = 60 \text{ Ohm}$$

$$R4 = 80 \text{ Ohm}$$

$$R5 = 100 \text{ Ohm}$$

il circuito è alimentato da una batteria da 24 volt.

Problema 17:

Un circuito è alimentato con una pila da 12 volt.

Sono collegate in serie 5 resistenze:

$$R1 = 15 \text{ Ohm}$$

$$R2 = 20 \text{ Ohm}$$

$$R3 = 35 \text{ Ohm}$$

$$R4 = 80 \text{ Ohm}$$

$$R5 = 100 \text{ Ohm}$$

Calcolare la differenza di potenziale che si misura tra l'ingresso di R1 e l'uscita di R4.

Problema 18:

L'antenna dipolo Windon posta sul tetto della scuola è una quadri - banda che copre le bande di 80 metri, 40 metri, 20 metri e 10 metri.

Dire a quali frequenze corrispondono queste lunghezze d'onda.

Problema 19:

Una radio trasmette sui 145 Mhz .

Per costruire un'antenna di emergenza posso usare uno stilo di metallo lungo $\frac{1}{4}$ di onda.

Quanto lungo deve essere lo stilo?

Problema 20:

Voglio costruire un dipolo a braccia uguali che mi permetta di trasmettere sulla frequenza di 14MHz. Sapendo che la lunghezza complessiva del dipolo dev'essere lunga $\frac{1}{2}$ lambda quanto lunghe dovranno essere le singole braccia del dipolo?

Problema 21:

Per costruire un ponte radio servono 2 radio che trasmettono e ricevono a frequenza diversa. 4,500MHz e trasmette a 432,500MHz, dire quali dovevano essere la frequenza di ricezione e di trasmissione della seconda radio per poter "dialogare" con la prima. Dire quali devono essere la lunghezza d'onda lambda delle singole frequenze.