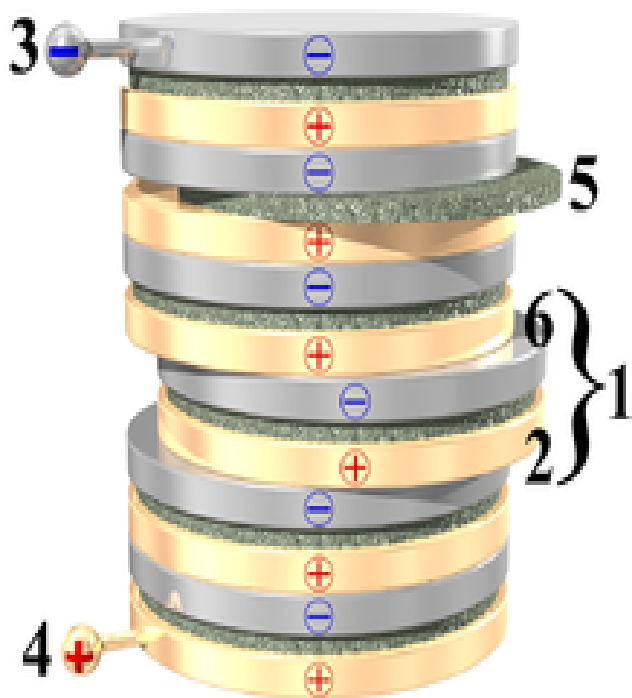

I.S.I.S. Raffaele del Rosso - Giovanni da Verrazzano

Dispensa II

Redatta dal prof. Sbroli Iacopo
per le classi VALIN, VBLIN, VACL

A.S. 2019-2020

Versione 2 (23/12/2019)



Indice

1	I circuiti	2
2	Il potenziale elettrico	3
2.1	Introduzione e definizione	3
2.2	Generatori e potenziale elettrico	4
2.3	Corrente elettrica	4
2.4	Un esempio di generatore: la pila di Volta	5
3	Vettori, seno e coseno	6
3.1	Distanza tra due punti	7
4	Esercizi sul flusso del campo elettrico e sull'intensità di corrente	8
5	Leggi di Ohm e irraggiamento	9
5.1	I generatori: approfondimento	9
5.2	I resistori	10
5.2.1	Le lampadine a incandescenza	10
5.2.2	Il forno	10
5.3	La potenza irradiata	11
5.3.1	Costruzione del resistore di una lampadina	11
5.4	La radiazione elettromagnetica	13
5.4.1	Tipi di lampadine	14
5.4.2	La lunghezza d'onda della luce	15
5.5	Esercizi	15
	Glossario	16

Sezione 1

I circuiti

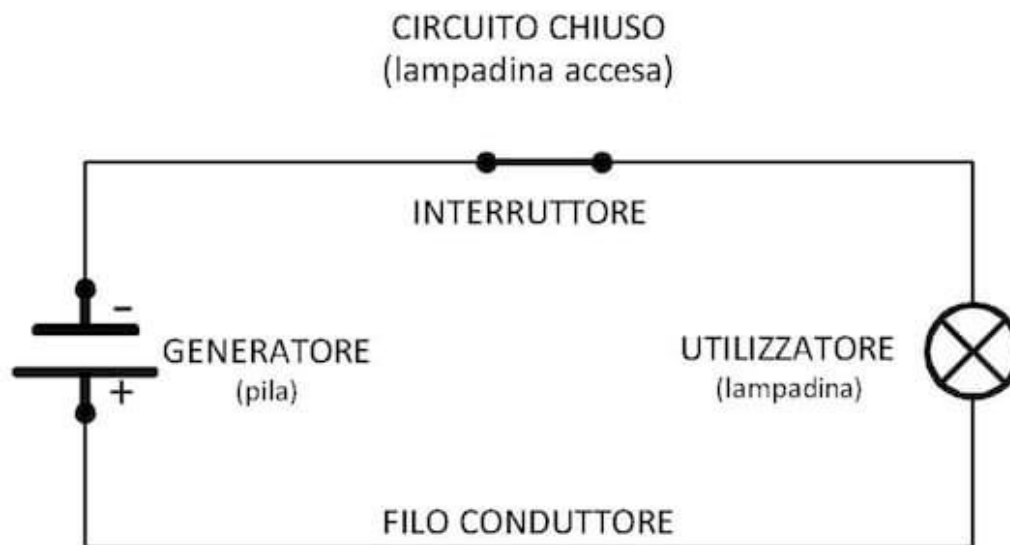


Figura 1.1: Esempio di circuito elettrico. Sono presenti un interruttore (se è *chiuso* può passare l'intensità di corrente: nella figura è chiuso), un generatore (una pila), un utilizzatore (un dispositivo che sfrutta l'intensità di corrente elettrica: potrebbe essere la lampadina) e il filo conduttore.

I circuiti elettrici sono sequenze chiuse di elementi, in contatto tra loro. **Gli elementi dei circuiti possono condurre elettricità, ma possono anche essere isolanti (come i condensatori).**

Un circuito elettrico, per essere utilizzabile, deve poter condurre corrente elettrica in certe circostanze. **Il circuito è prevalentemente composto da un materiale conduttore: spesso (ma non sempre) questo conduttore ha la forma di un filo.** Nel circuito elettrico possono essere presenti altri elementi, come gli *interruttori* (che lasciano passare l'intensità di corrente quando sono chiusi e la bloccano quando sono aperti), i *generatori* (che spingono le cariche attraverso il circuito), i *resistori* (che ostacolano il flusso di elettroni, provocando un riscaldamento per attrito) e i *condensatori* (accumulatori di cariche).

Nessun circuito elettrico può funzionare se non sono presenti i generatori di tensione. Gli elettroni presenti in un conduttore sono liberi di muoversi, **ma non lo fanno se non sono «spinti» da un generatore.**

Sezione 2

Il potenziale elettrico

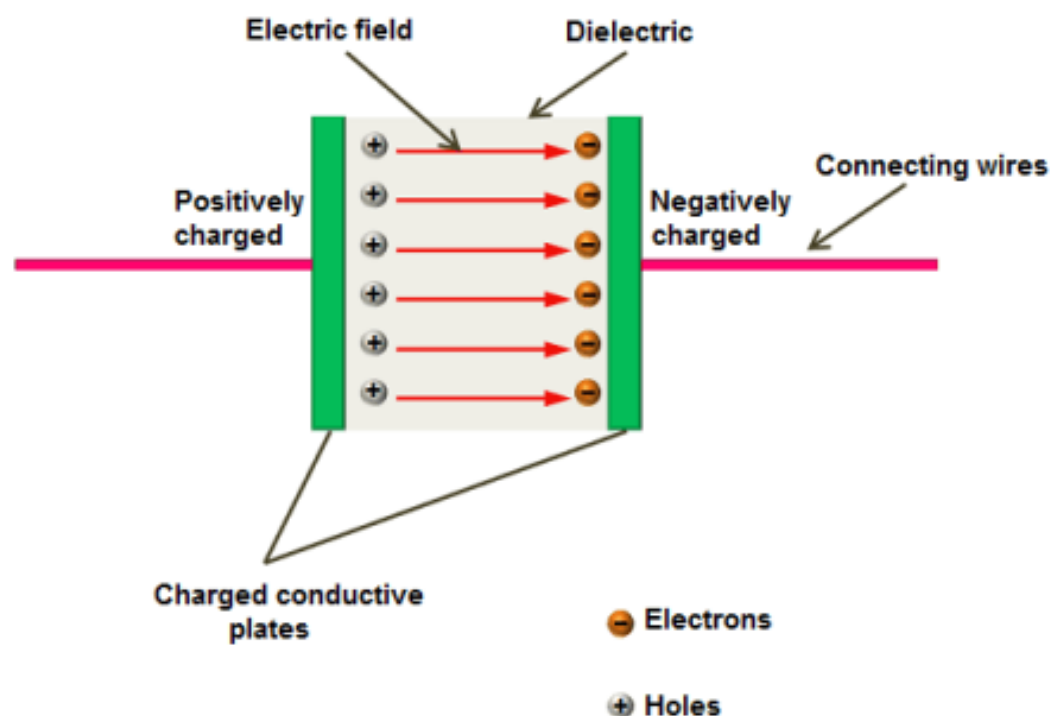


Figura 2.1: Esempio di condensatore a facce piane. Le cariche non passano da una piastra all'altra perché il condensatore è riempito di un materiale isolante, che ostacola il movimento delle cariche e le obbliga ad accumularsi sulle armature

2.1 Introduzione e definizione

Il potenziale elettrico è una grandezza fisica molto importante nella trattazione dei circuiti elettrici. Prima di definirlo, dobbiamo fare un passo indietro e definire *l'energia potenziale elettrica*. Per definirla, sfruttiamo un esempio grafico.

Supponiamo di avere due armature di un condensatore: una carica positivamente (quella a sinistra) e l'altra carica negativamente (quella a destra). **Le cariche non possono ricongiungersi perché all'interno delle armature del condensatore è presente un materiale isolante** (come l'aria). **Le cariche delle armature si attraggono a vicenda: se un elettrone potesse balzare dalla piastra destra alla piastra sinistra acquisirebbe una certa energia cinetica grazie alla forza attrattiva.** Questa energia cinetica che «potrebbe» essere acquisita **è detta energia potenziale elettrica**, così come l'energia cinetica che acquisirebbe un corpo se cadesse **è detta energia potenziale gravitazionale**.

Dimostreremo più avanti che l'energia potenziale si trova con la seguente formula:

$$E_{pot\ elett} = F_{coul} \Delta s \quad (2.1)$$

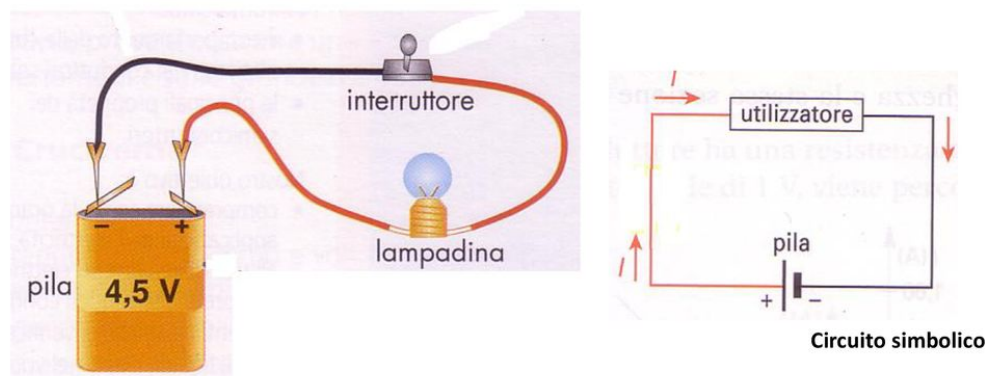
dove Δs è lo spostamento compiuto dall'oggetto carico (nel nostro esempio, la distanza tra le armature del condensatore). In pratica, maggiore è lo spazio che la carica percorre (accelerata dalla forza attrattiva), maggiore è l'energia che acquisisce.

Il *potenziale elettrico* è il rapporto tra l'energia potenziale elettrica e la carica dell'oggetto che si muove **e si indica con la lettera V**:

$$V = \frac{E_{pot\ elett}}{Q} \quad (2.2)$$

2.2 Generatori e potenziale elettrico

Corrente elettrica



Circuito elettrico costituito da un generatore (di tensione), un utilizzatore e da un interruttore

1

Figura 2.2: Esempio semplice di circuito provvisto di generatore di tensione. **Tramite il filo, gli elettroni dell'anodo possono spostarsi verso il catodo: si è formata una corrente elettrica!**

Vi sarà capitato nella vostra vita di sentir dire che una certa pila è «da 9 volt». Cerchiamo di capire quale è il legame tra il potenziale elettrico di una pila e la sua capacità di generare corrente.

Un generatore di tensione (o pila) è un dispositivo che tramite un qualche meccanismo riesce a separare le cariche contenute nella materia. Come sapete, solitamente la materia è neutra: **servono meccanismi particolari per far sì che le cariche positive e quelle negative si separino**. Nelle pile avvengono *processi chimici* particolari che inducono una separazione *spontanea* delle cariche, tant'è vero che sulle pile è presente un polo positivo (detto *catodo*) e un polo negativo (detto *anodo*). Anodo e catodo sono detti *elettrodi*.

Ora, il fatto che le cariche siano separate genera un **potenziale elettrico**, ovvero: se gli elettroni dell'anodo *potessero* arrivare al catodo acquisirebbero una certa energia cinetica. **Maggiore è il potenziale elettrico, maggiore sarà l'energia cinetica che gli elettroni acquisirebbero spostandosi verso il catodo.**

Ma come si fa a far spostare gli elettroni verso il catodo? Banale! Si collegano l'anodo e il catodo con un filo metallico. **Il filo metallico può condurre corrente e gli elettroni si spostano**. È ovvio che gli elettroni non si sposterebbero se non fosse presente il generatore: **il generatore separa gli elettroni dai protoni. Poi, tramite il filo, permettiamo alle cariche opposte di ricombinarsi: in questo modo induciamo le cariche a spostarsi, e quindi a far generare una corrente elettrica.** Ma cos'è l'intensità di corrente elettrica?

2.3 Corrente elettrica

L'intensità di corrente elettrica è **il rapporto tra la carica che passa attraverso una sezione di filo e l'unità di tempo:**

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (2.3)$$

L'intensità di corrente elettrica si misura in ampere (simbolo: A). Solitamente, l'intensità di corrente elettrica viene espressa in milliampere (mA). Faremo una trattazione approfondita del concetto di corrente elettrica più avanti.

2.4 Un esempio di generatore: la pila di Volta

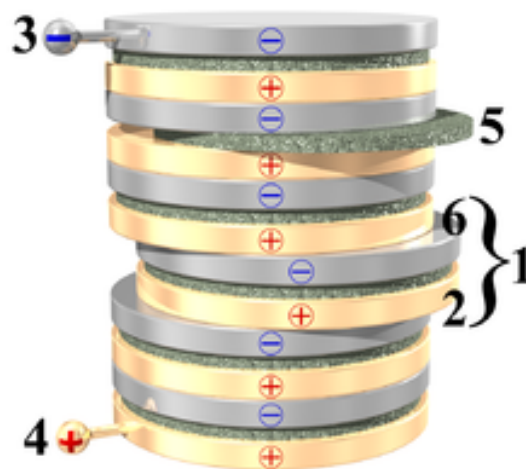


Figura 2.3: Pila di Volta. Questa pila è composta da 6 celle galvaniche, ciascuna delle quali è formata da 3 strati: uno di zinco (grigio), uno di acido e uno di rame (rosso). L'anodo è dato dal punto 3 (segno meno), il catodo dal punto 4 (segno più)

La pila di Volta è un generatore classico. Esso è formato da una serie di *celle galvaniche*, composte da tre elementi:

1. Un elettrodo (anodo) di zinco.
2. Uno strato di acido, che scioglie lo zinco.
3. Un elettrodo (catodo) di rame.

Le celle galvaniche generano potenziale elettrico perché **l'acido scioglie lo zinco e preleva ioni positivi** (Zn^{2+}), **lasciando nel metallo due elettroni per ogni atomo**. La separazione di cariche è avvenuta, quindi *habemus generator!* Gli elettroni possono ricongiungersi agli ioni positivi collegando anodo e catodo tramite un filo (come nella figura 2.2).

Sezione 3

Vettori, seno e coseno

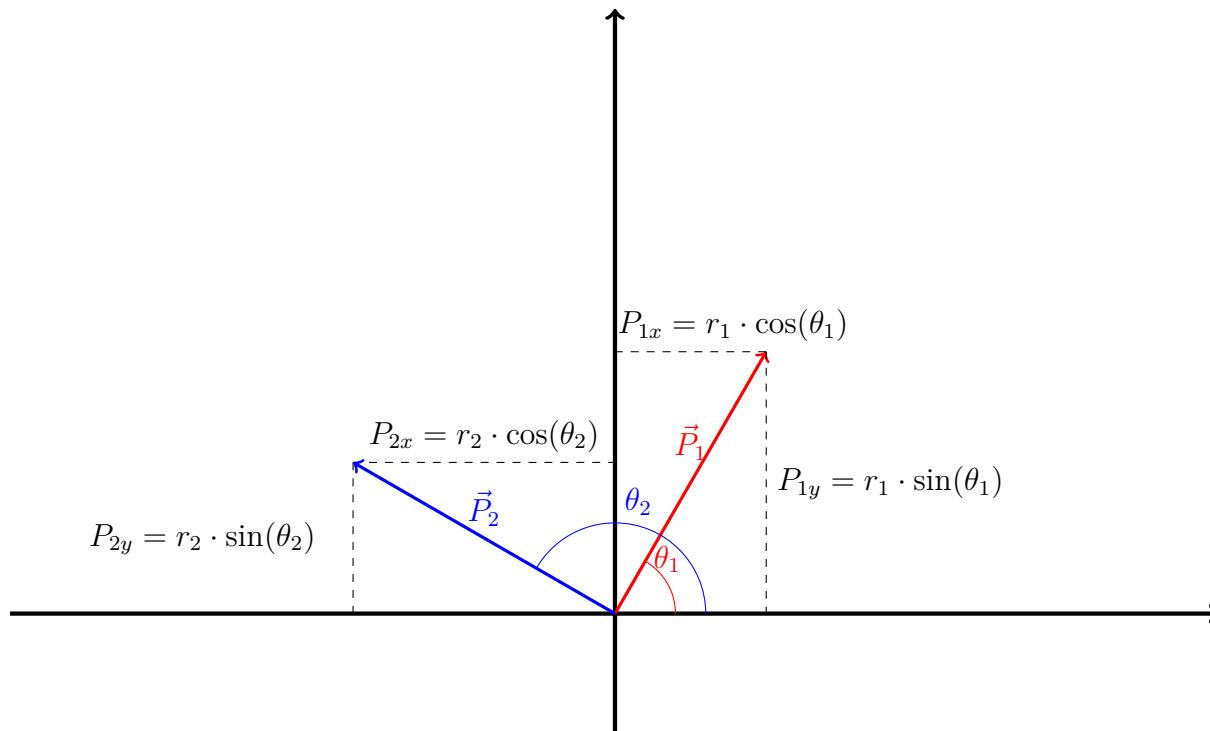


Figura 3.1: Rappresentazione di due vettori posizione sul piano cartesiano, con relative coordinate e formule per determinarle.

Faremo qui una brevissima trattazione dei vettori e delle funzioni seno e coseno di un angolo.

Intanto, il vettore posizione è un vettore che ha punto di applicazione sull'origine e identifica la posizione su cui giace un certo punto. **Si indica con la notazione \vec{P} , dove la P sta per «posizione».** La lunghezza del vettore posizione si indica con la lettera r , che sta per raggio.

Ora: se conosciamo la lunghezza del vettore posizione e l'angolo tra l'asse delle ascisse e il vettore, per trovare i cateti possiamo applicare le seguenti formule:

$$P_x = r \cdot \cos(\theta) \quad (3.1)$$

$$P_y = r \cdot \sin(\theta) \quad (3.2)$$

Dato che i cateti P_x e P_y devono essere più corti dell'ipotenusa r , i valori di seno e coseno dell'angolo theta devono essere minori di 1. Dato che i cateti possono risultare formalmente negativi (il vettore \vec{P}_2 nella figura 3.1 ha una ascissa negativa), anche seno e coseno possono essere negativi, ma non inferiori a -1 (altrimenti il cateto verrebbe più lungo dell'ipotenusa, anche se negativo).

3.1 Distanza tra due punti

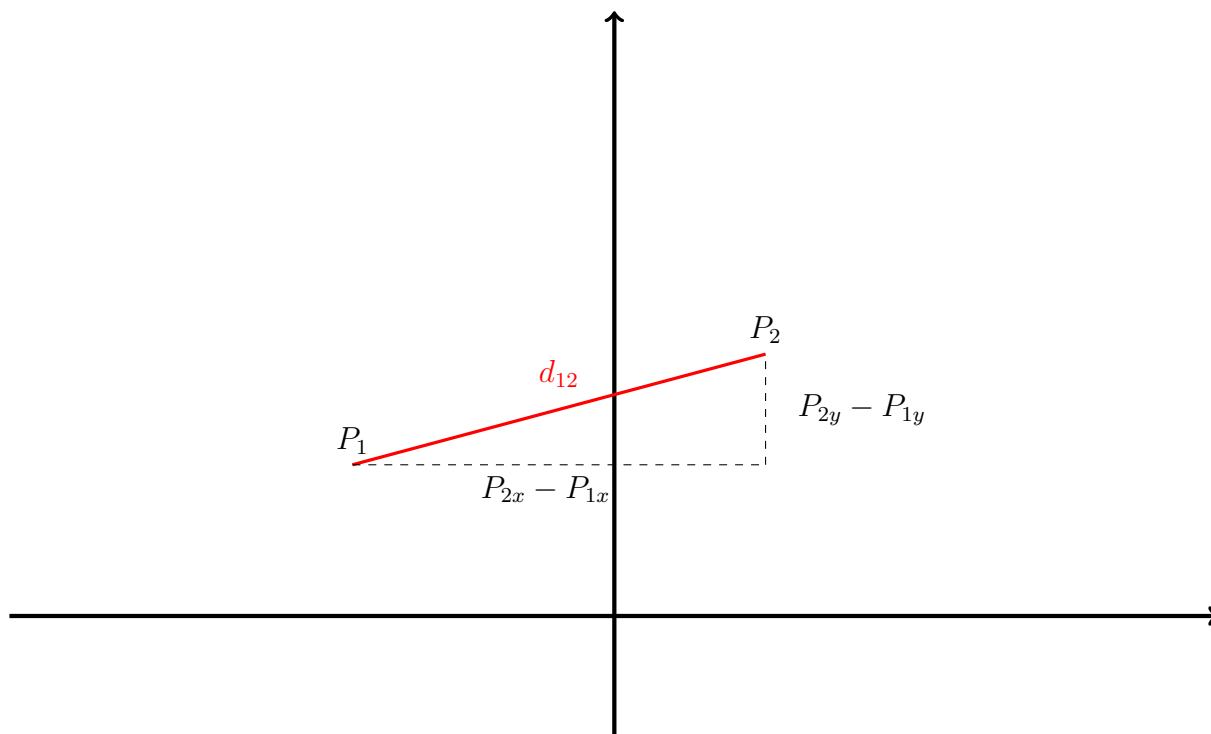


Figura 3.2: Rappresentazione della distanza tra due punti come l'ipotenusa di un triangolo rettangolo i cui cateti sono dati dalle differenze tra le coordinate dei punti

Per trovare la distanza tra due punti del piano cartesiano è sufficiente sfruttare il teorema di Pitagora:

$$d_{12} = \sqrt{(P_{2x} - P_{1x})^2 + (P_{2y} - P_{1y})^2} \quad (3.3)$$

Sezione 4

Esercizi sul flusso del campo elettrico e sull'intensità di corrente

Fateli, via.

1. Calcola il flusso del campo elettrico che passa attraverso una sfera di raggio $r = 3$ m centrata sul punto $C = (2; 5)$ m, sapendo che sono presenti quattro oggetti carichi:
 - (a) Il primo ha carica $Q_1 = 10$ mC, $P_1 = (2; 2)$ m.
 - (b) Il secondo ha carica $Q_2 = -7$ mC, $P_2 = (-1; 3)$ m.
 - (c) Il terzo ha carica $Q_3 = 4$ mC, $P_3 = (-3; 4)$ m.
 - (d) Il quarto ha carica $Q_4 = 11$ mC, $P_4 = (2; 3)$ m.

Trova il flusso del campo elettrico attraverso la sfera (le cariche che giacciono sulla sfera contano la metà). Formula: $\Phi(\vec{E}) = 4\pi k Q_{tot}$, dove Q_{tot} è la carica totale interna alla sfera. **Rappresenta la situazione sul piano cartesiano.**

2. Calcola il flusso del campo elettrico che passa attraverso una sfera di raggio $r = 5$ m centrata sul punto $C = (2; 0)$ m, sapendo che sono presenti quattro oggetti carichi:
 - (a) Il primo ha carica $Q_1 = 4$ nC, $P_1 = (2; 2)$ m.
 - (b) Il secondo ha carica $Q_2 = 8$ nC, $P_2 = (1; 4)$ m.
 - (c) Il terzo ha carica $Q_3 = -3$ nC, $P_3 = (3; -2)$ m.
 - (d) Il quarto ha carica $Q_4 = 2$ nC, $P_4 = (2; 5)$ m.

Trova il flusso del campo elettrico attraverso la sfera (le cariche che giacciono sulla sfera contano la metà). Formula: $\Phi(\vec{E}) = 4\pi k Q_{tot}$, dove Q_{tot} è la carica totale interna alla sfera. **Rappresenta la situazione sul piano cartesiano.**

3. Calcola il flusso del campo elettrico attraverso una cornice posta all'interno di un condensatore, la superficie delle cui armature è 2 m^2 , sapendo che la carica posta sulle armature è $Q = 10 \mu\text{C}$, che la cornice ha lati $l_1 = 0,5 \text{ m}$ e $l_2 = 0,5 \text{ m}$ e che l'armatura è inclinata di un angolo $\theta = 20^\circ$ rispetto alla verticale (ricorda che $\Phi(\vec{E}) = E \cdot S_{cornice} \cdot \cos(\theta)$ per una superficie aperta e che il campo elettrico generato da una piastra è $E_{piastra} = 4\pi k \frac{Q}{S_{piastra}}$).
4. Calcola l'intensità di corrente elettrica che passa attraverso un filo, se attraverso la sua sezione passano 25 mC in 3s.

Sezione 5

Leggi di Ohm e irraggiamento

5.1 I generatori: approfondimento

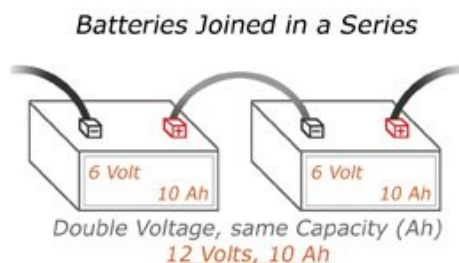


Figura 5.1: Due batterie connesse in serie. Come è scritto in figura, il voltaggio raddoppia ma la carica totale utilizzabile rimane invariata

Come abbiamo visto, i generatori di tensione sono oggetti che dividono le cariche positive (poste nel catodo) da quelle negative (poste nell'anodo). **La qualità di un generatore può essere determinata dai seguenti parametri:**

1. differenza di potenziale (espressa in volt). È l'energia cinetica che acquisirebbe ciascun elettrone se potesse raggiungere il catodo. Maggiore è il voltaggio delle batterie, maggiore sarà l'intensità di corrente che erogheranno.
2. La carica totale erogabile (spesso espressa in ampere-ora: un ampere-ora equivale a 3600 coulomb). Maggiore è la carica totale erogabile, maggiore sarà la durata della batteria.
3. Ricaricabilità. **Alcuni generatori possono essere ricaricati grazie a un generatore di corrente esterno, che induce un moto delle cariche opposto rispetto a quello originario ripristinando la situazione iniziale. Un tipico esempio di batteria ricaricabile è quella del telefono cellulare: collegando il telefono alla presa elettrica, gli elettroni della batteria ritornano all'anodo.**

La carica totale erogabile è indipendente dal voltaggio. Questo perché il voltaggio è dato dalla seguente formula:

$$V = E \cdot d \quad (5.1)$$

dove d è la distanza tra l'anodo e il catodo. Sappiamo che, per una piastra, abbiamo:

$$E = 4\pi \frac{Q_{piastra}}{S_{piastra}} \quad (5.2)$$

Supponiamo che gli elettrodi (anodo e catodo) abbiano una forma piana. Otteniamo:

$$V = 4\pi \frac{Q_{elett}}{S_{elett}} \cdot d \quad (5.3)$$

Quindi, anche mantenendo inalterata la carica sui poli della batteria, **possiamo aumentare il voltaggio facendo aumentare la distanza tra i due poli.** È facile effettuare questa operazione collegando più batterie in fila l'una dopo l'altra (questo collegamento è detto *in serie*: vedi figura 5.1). I poli della batteria ottenuta dalla «combinazione» delle due batterie base diventano gli l'anodo (grigio) della batteria sinistra e il catodo (rosso) della batteria destra.

Allo stesso tempo, affiancando una batteria all'altra, **raddoppiamo la carica degli elettrodi e anche la loro superficie totale.** Il voltaggio rimane invariato (perché Q/S rimane costante raddoppiando numeratore e denominatore) ma la carica totale è aumentata. **Un collegamento di questo tipo è detto «in parallelo», perché le due batterie sono poste una affiancata all'altra.**

5.2 I resistori

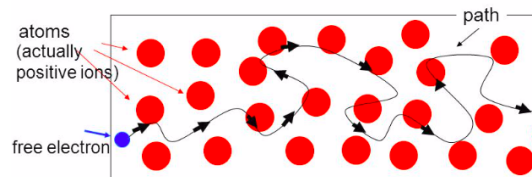


Figura 5.2: Moto di un elettrone in un metallo. Il percorso dell'elettrone (blu) è ostacolato dalla presenza dei nuclei atomici (rossi), che ne rallentano l'avanzata. L'elettrone si muove perché è attratto dalle cariche positive accumulate sul catodo del generatore. In questo caso, il catodo si trova a destra e non è visibile in figura

Con il sostantivo «resistori» indichiamo un qualsiasi oggetto che opponga resistenza al passaggio della carica. Tutti i corpi oppongono resistenza al passaggio della carica: anche i conduttori. **Questa resistenza è presente perché gli elettroni che scorrono nel circuito, vagando nell'enorme spazio tra una molecola e l'altra, possono avere sfortuna e urtarne qualcuna.** L'urto causa un rallentamento dell'elettrone, che cede la sua energia cinetica al resistore causandone un riscaldamento. **Questo effetto può essere sfruttato per far brillare una lampadina a incandescenza:** se la temperatura che il resistore raggiunge è sufficiente esso comincerà a brillare di luce rossa, gialla o bianca, illuminando l'ambiente circostante.

Dato il ruolo fondamentale che ricoprono i resistori all'interno dei circuiti, sono state formulate numerose teorie che hanno come protagonisti questi simpatici oggetti. Io vi proporrò le due classiche legge di Ohm, che applicheremo a un semplice circuito costituito semplicemente **da un generatore di tensione, da un resistore ed eventualmente da un interruttore che possa interrompere il flusso di corrente.**

La prima legge di Ohm **ci permette di caratterizzare l'intensità di corrente in un circuito**, ed è la seguente:

$$i = \frac{V}{R} \quad (5.4)$$

ovvero, l'intensità di corrente presente nel circuito è uguale al rapporto tra la tensione del generatore e la resistenza del resistore (misurata in Ohm, simbolo Ω , ovvero omega maiuscolo). **L'intensità di corrente è direttamente proporzionale alla tensione del generatore**, ovviamente, perché **la tensione è legata all'energia cinetica, e quindi alla velocità degli elettroni nel circuito. L'intensità di corrente è tuttavia inversamente proporzionale alla resistenza: maggiore è la resistenza, minore sarà l'intensità di corrente.**

La seconda legge di Ohm **ci permette di caratterizzare la resistenza di un resistore in base alle sue proprietà termiche e geometriche**, ed è la seguente:

$$R = \rho(T) \frac{l}{S} \quad (5.5)$$

dove $\rho(T)$ è la *resistività* del materiale di cui è composto il filo conduttore, l è la lunghezza del filo e S è la sua sezione (l'area del cerchio che si ottiene tagliando il filo in verticale). **La resistività è una proprietà intensiva dei materiali, che dipende dalla loro temperatura e cresce con essa.** Questo avviene perché maggiore è la temperatura, maggiore è l'ampiezza delle oscillazioni degli atomi del metallo, e maggiore è la probabilità che l'elettrone collida contro di essi.

La resistività è considerata più fondamentale della resistenza: la prima è legata alle caratteristiche chimiche intrinseche del materiale e alla temperatura, mentre la seconda è legata anche a caratteristiche geometriche come lunghezza e sezione del filo. La resistenza, da un certo punto di vista, può essere considerata una proprietà estensiva dei corpi: consultare il glossario per ulteriori dettagli.

5.2.1 Le lampadine a incandescenza

All'interno di una lampadina a incandescenza pensata per le case (dove le prese di corrente hanno una tensione ai capi piuttosto alta, pari a 230 volt) le lampadine **contengono un filo lungo circa un metro e spesso pochi micrometri:** la resistenza è direttamente proporzionale alla lunghezza del filo e inversamente proporzionale alla sua sezione. **Dato che la tensione delle prese domestiche è piuttosto elevata, è necessario che il filamento della lampadina abbia un'elevata resistenza per impedire che l'intensità di corrente sia troppo forte e bruci la lampadina.**

5.2.2 Il forno

All'interno dei forni, sia nella parete superiore che in quella inferiore, sono spesso presenti delle serpentine attraverso cui passa l'intensità di corrente quando il forno è in funzione. Il passaggio di corrente provoca un riscaldamento della serpentina,

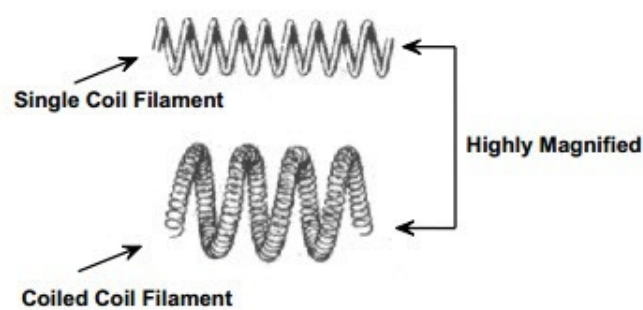


Figure 35

Figura 5.3: Esempio di *coiled coil*, filamento a elica avvolto attorno a un'elica immaginaria presente all'interno delle lampadine a incandescenza utilizzate nelle abitazioni.

la quale a sua volta inizia a emanare radiazione infrarossa o appena visibile (rossa). **Tramite lo scambio di calore per irraggiamento, la serpentina può permettere la cottura dei cibi nei forni a irraggiamento.** Il ruolo della serpentina può essere favorito dall'azione di una ventola che imponendo un moto forzato dell'aria nel forno potrà rendere omogenea la temperatura nella camera di cottura: **l'aria calda tende a salire, e la ventola tende invece a distribuirla in modo uniforme ovunque.**

5.3 La potenza irradiata

Quando viene raggiunto un equilibrio, **tutta la potenza prodotta dal generatore viene consumata dall'utilizzatore (lampadina) per produrre radiazione elettromagnetica (in gran parte non visibile perché emanata nell'infrarosso).** Per determinare la potenza prodotta dal generatore, è sufficiente ricordare che la potenza è definita come l'energia consumata per unità di tempo:

$$P = \frac{E_{cons}}{\Delta t} \quad (5.6)$$

Ora, se l'energia consumata è l'energia potenziale elettrica definita dall'equazione 2.1, otteniamo, tramite l'equazione 2.2

$$P = \frac{V \cdot q}{\Delta t} \quad (5.7)$$

Ma $\frac{q}{\Delta t} = i$, per cui:

$$P = V \cdot i \quad (5.8)$$

Utilizzando la prima legge di Ohm (equazione 5.4, si ottiene:

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (5.9)$$

5.3.1 Costruzione del resistore di una lampadina

Ovvero l'energia irradiata è direttamente proporzionale al voltaggio del generatore e inversamente proporzionale alla resistenza del resistore. Se vogliamo che la nostra lampadina irradia 40 watt (perché questa potenza ci fa comodo per leggere il giornale in camera, con una potenza minore la luce è troppo fioca per i nostri occhietti viziati) e sappiamo che in casa la tensione nelle prese è 230V, la lampadina dovrà avere una resistenza pari a:

$$\begin{aligned} R &= \frac{V^2}{P} \\ &= \frac{230^2}{40} \Omega \\ &\approx 1300 \Omega \end{aligned} \quad (5.10)$$

Per ottenere questa resistenza dobbiamo tener conto della seconda legge di Ohm, e del fatto che il tungsteno alla temperatura di 2400 °C a cui opera la lampadina ha una resistività di circa $10^{-6} \Omega \cdot m$.

Dato che:

$$R = \rho(T) \frac{l}{S} \quad (5.11)$$

Otteniamo:

$$\begin{aligned}\frac{l}{S} &= \frac{R}{\rho(T)} \\ \frac{l}{S} &= \frac{1300\Omega}{10^{-6}\Omega \cdot \text{m}} \\ \frac{l}{S} &= 1.300.000.000\text{m}^{-1}\end{aligned}\tag{5.12}$$

Il rapporto tra lunghezza e sezione deve essere pari a 1,3 miliardi: il filo dovrà quindi essere mooolto più lungo di quanto non sia spesso. Ed è questo il motivo per cui i filamenti delle lampadine a incandescenza devono essere lunghissimi e molto sottili.

5.4 La radiazione elettromagnetica

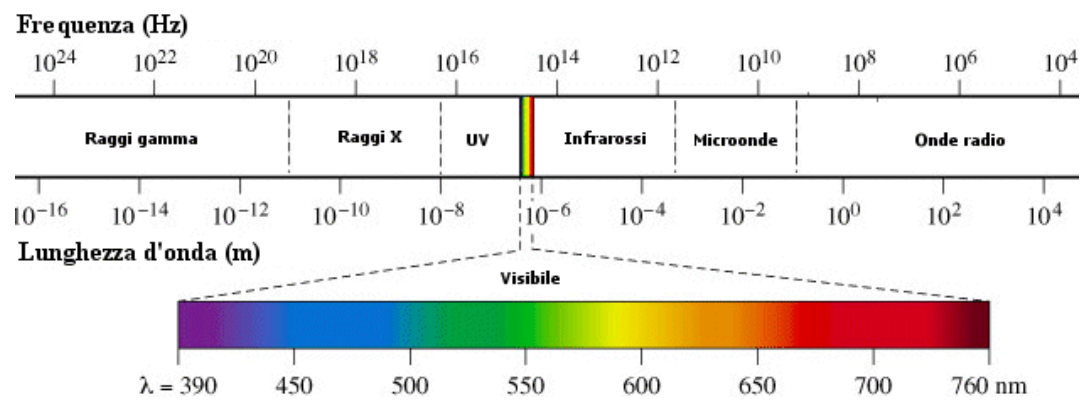


Figura 5.4: Spettro elettromagnetico. La radiazione visibile occupa una minuscola porzione all'interno della grande giostra delle radiazioni, come si può evincere facilmente dalla figura.

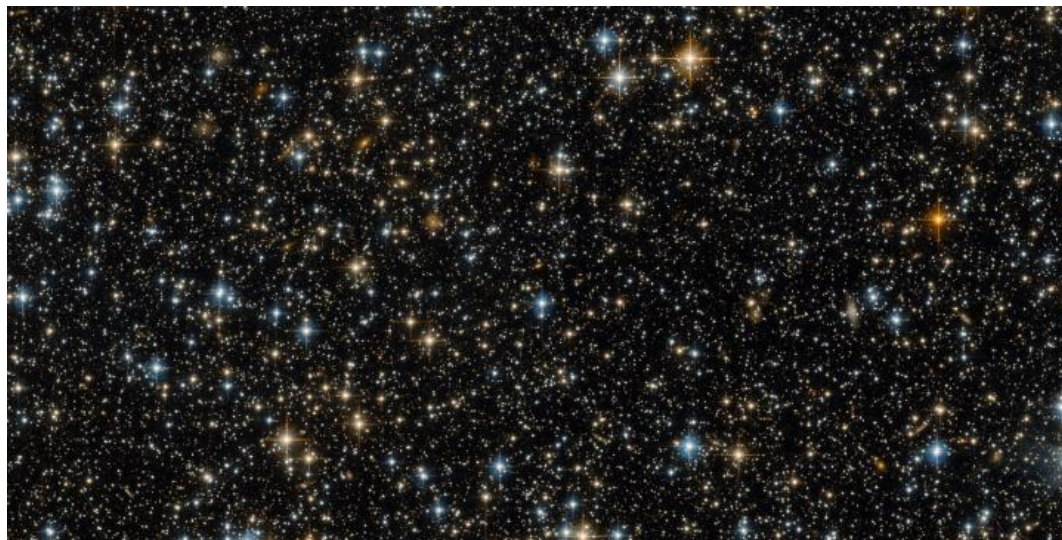


Figura 5.5: Cielo stellato fotografato dal telescopio spaziale Hubble. Si possono notare stelle di colore rosso, arancione, azzurro, bianco, ma non stelle verdi. Le stelle verdi sono assenti perché un corpo caldo che emetta principalmente nel verde emetterà un po' anche nel rosso e nel blu, creando nel complesso una luce bianca.

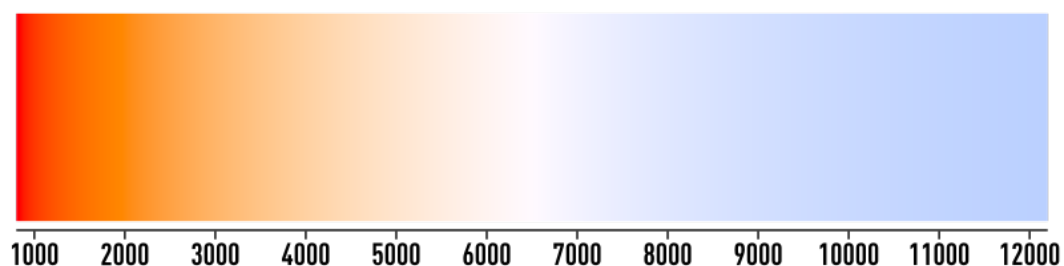


Figura 5.6: Temperatura di un corpo (in kelvin) e colore prevalente/complessivo della luce che emette. Un corpo avente una temperatura di 1000K (circa 700 gradi celsius) emetterà luce prevalentemente rossa

Come saprete, **la luce è solo una piccola porzione del più ampio spettro elettromagnetico**. Esistono numerosissimi tipi di onde che i nostri occhi non sono in grado di vedere, ovvero: i raggi gamma, i raggi X e i raggi ultravioletti (radiazioni a onda corta, molto intense) e i raggi infrarossi, le microonde e le onde radio (radiazione a onda lunga, molto deboli).

Qualsiasi corpo emette radiazioni. Anche il corpo umano, la superficie terrestre o la superficie di Plutone. **Maggiore è la temperatura del corpo, maggiore è l'intensità totale delle radiazioni emesse.**

Dato che il corpo umano e la superficie terrestre sono freddi, **la radiazione emessa è a onda lunga, poco intensa**. Corpi più caldi, come le stelle, emettono radiazione *anche* nel visibile: la loro radiazione può essere letta dai coni e bastoncelli presenti nei nostri bulbi oculari. Man mano che la temperatura delle stelle sale, la loro luce da rossa diviene arancione, gialla, bianca, azzurra e infine blu.

5.4.1 Tipi di lampadine

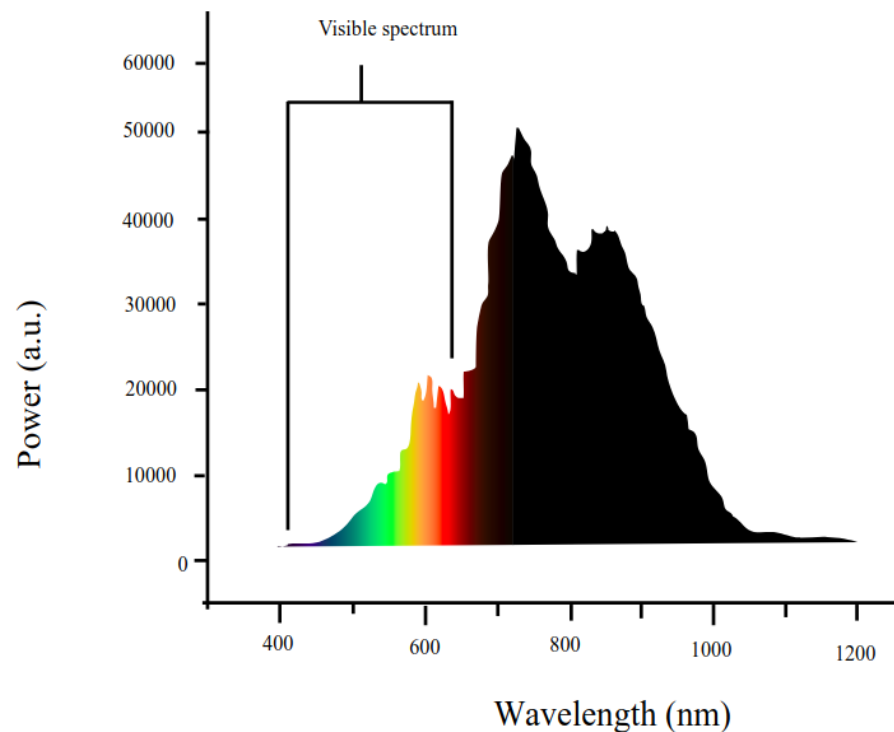


Figura 5.7: Spettro della radiazione elettromagnetica emessa da una lampadina alogena. Le parti colorate di nero dello spettro sono a noi invisibili (sono infrarosse), e sono la maggior parte!

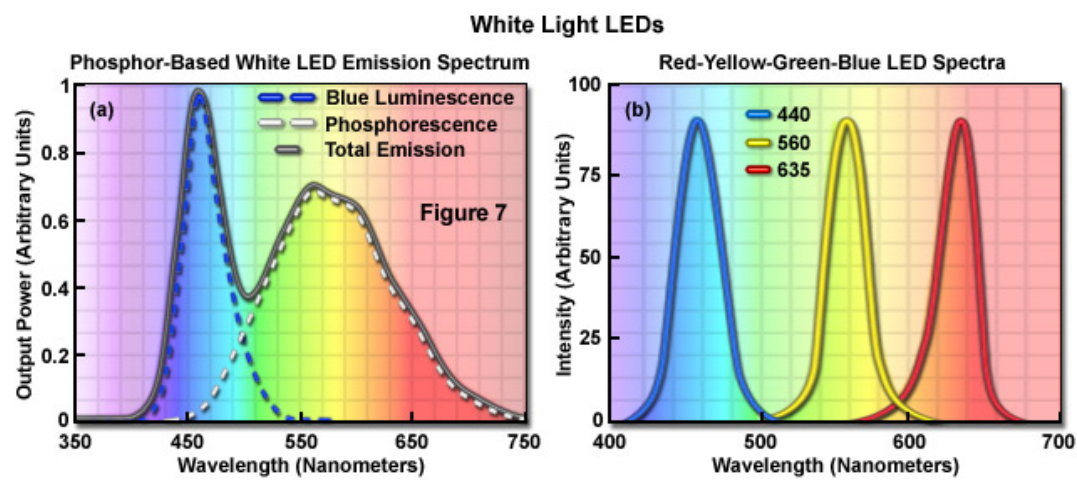


Figura 5.8: Spettro di emissione di un LED. Come si può notare, è tutto nel visibile: i LED sono in grado di produrre luce di uno specifico colore (blu, rosso, verde) senza disperdere inutilmente energia per produrre tanta luce infrarossa a noi invisibile.

Lo scopo delle lampadine è illuminare l'ambiente in modo efficiente emettendo **radiazione visibile**. **Attenzione:** il fatto che un corpo emetta luce *non* significa che emetta *esclusivamente* luce. **Gran parte della radiazione emessa dalle lampadine a incandescenza che abbiamo visto finora è infrarossa (il 93%) e quindi invisibile. La potenza che le lampadine a incandescenza erogano è quindi per il 93% persa, e per il 7% è emanata sotto forma di potenza luminosa: costituiscono quindi un grande pericolo dal punto di vista ambientale, perché ci inducono a consumare energia con benefici bassi e costi alti.** Che troiai! Le lampadine alogene, simili alle lampadine a incandescenza classiche, hanno una temperatura maggiore (2700 °C contro i 2400 °C delle lampade a incandescenza classiche). Le lampadine alogene possono mantenere una temperatura più elevata perché, per un processo chimico particolare, il tungsteno che sublima a causa delle elevate temperature viene a solidificarsi di nuovo. Avendo una temperatura maggiore, emettono meno nell'infrarosso (onde lunghe deboli) e più nel visibile, sprecando «solo» l'89% della radiazione emessa.

A causa dell'inefficienza di questi strumenti sono state introdotte nuove tecnologie, come le lampadine LED, che presto soppianderanno le lampadine a incandescenza e le lampadine alogene. **Le lampadine LED emettono quasi solo radiazione visibile**, come si può desumere dalle figure 5.8. Tutta l'energia elettrica che si consuma è quindi utilizzata per produrre luce, e non raggi infrarossi come nel caso delle lampadine a incandescenza.

5.4.2 La lunghezza d'onda della luce

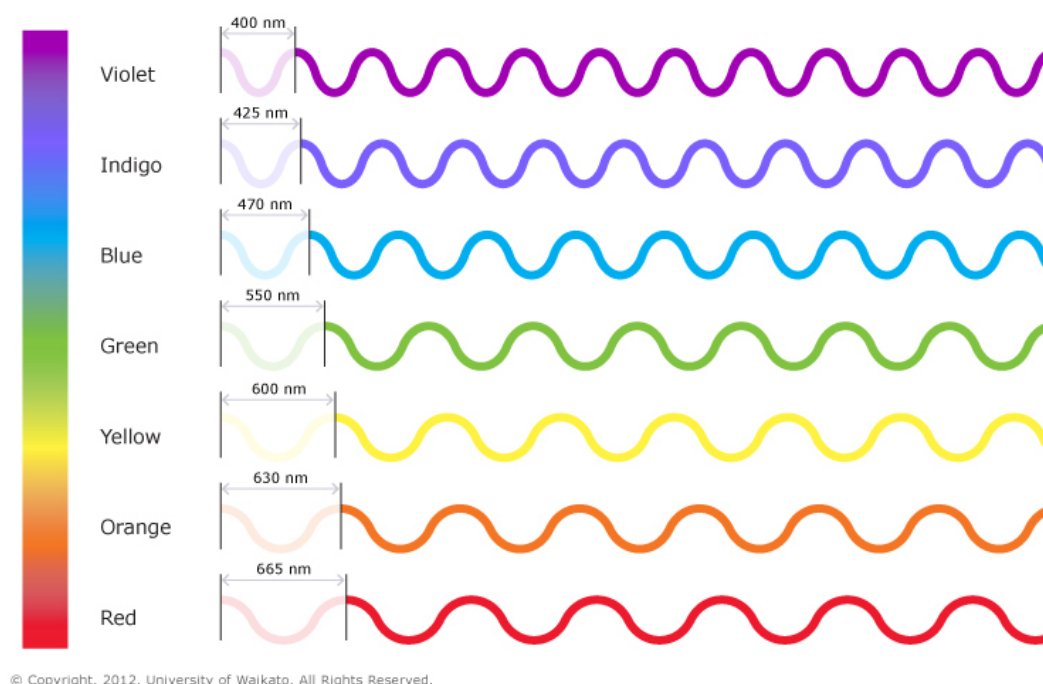


Figura 5.9: Lunghezze d'onda della luce visibile (luce monocromatica, cioè di un solo colore). Come potete notare, sono comprese tra 380 nanometri (violetto, corto) e 740 nanometri (rosso, lungo)

La luce visibile è un'onda elettromagnetica caratterizzata dalla cosiddetta *lunghezza d'onda*, ovvero la distanza tra due creste successive. La radiazione visibile ha lunghezze d'onda comprese tra i 380 e 740 nanometri (un nanometro è un milionesimo di metro). La radiazione infrarossa emessa dai corpi con cui abbiamo a che fare normalmente ha lunghezze d'onda comprese tra i 3000 e i 20000 nanometri, per cui è troppo lunga per essere visibile a noi umani.

5.5 Esercizi

1. Determina la resistenza che dovrebbe avere una lampadina per emettere 100 watt di potenza con un'alimentazione di 230 volt.
2. Determina la sezione di un filo sapendo che la sua resistenza è pari 1000Ω , che la sua resistività è pari a $5 \cdot 10^{-8} \Omega \text{m}$ e che la sua lunghezza è pari a 2 m.
3. A quale lunghezza d'onda, espressa in micrometri, corrisponde una luce di colore verde?
4. Determina la lunghezza che dovrebbe avere il filamento di una lampadina che emette 100 watt di potenza con un'alimentazione di 9 volt, sapendo che la resistività del tungsteno alla temperatura di equilibrio è $10^{-6} \Omega \text{m}$ e che il raggio della sezione (circolare) del filo è 0,3mm ($S = \pi r^2$)
5. A quale lunghezza d'onda, espressa in metri, corrisponde una luce di colore rosso?
6. Ricorda che le temperature in figura 5.6 sono espresse in kelvin. Esprimile in gradi celsius sapendo che $T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15$.

Glossario

Differenza di potenziale È l'energia cinetica che un elettrone riceverebbe se potesse spostarsi dall'anodo al catodo di un generatore fratto la carica dell'elettrone. È uno dei principali parametri dei generatori: per la prima legge di Ohm, maggiore è la differenza di potenziale creata dal generatore, maggiore è l'intensità di corrente che passa nel circuito (la proporzionalità diretta tra V ed i è evidente nell'equazione $i = \frac{V}{R}$). (Pagina 9)

Incandescenza Proprietà dei materiali incandescenti, cioè l'emissione di luce causata dall'elevata temperatura. Gli oggetti iniziano a manifestare incandescenza quando la loro temperatura è maggiore del punto di Draper (circa 525°C). Le lampadine e il sole brillano per incandescenza. Gli oggetti che brillano per incandescenza emettono radiazioni su più colori. Per esempio, il Sole appare quasi bianco perché brilla nel rosso (abbastanza), nel verde (tanto) e nel blu (abbastanza). **Le lampadine a incandescenza sono più fredde di quelle alogene** (2400 gradi celsius contro 2700 gradi celsius) e quindi emettono meno luce, a parità di potenza. (Pagine 1, 10, 12, 14)

Indipendente Due parametri A e B sono indipendenti se una variazione di A non implica necessariamente una variazione di B . Ad esempio, l'altezza di una casa è indipendente dal volume della casa, perché volendo posso fare due case, una bassa e larga e una alta e stretta entrambe con lo stesso volume. (Pagina 9)

Infrarosso Porzione dello spettro elettromagnetico. Contiene radiazione più lunga del rosso. **Circa metà della radiazione emessa dal sole è infrarossa, circa metà è visibile, una piccola frazione è ultravioletta.** Quasi tutta la radiazione emessa dai corpi a temperatura ambiente è infrarossa. (Pagine 10, 14, 15)

LED Acronimo di «light emitting diode», ovvero «diodo che emette luce». Il diodo è un elemento dei circuiti che non abbiamo studiato. Gli elettroni che attraversano i diodi, per un effetto detto «elettroluminescenza», emettono luce a una lunghezza d'onda ben precisa (solo rossa, solo gialla, solo blu...). La luce emessa dai LED non è quindi emessa per incandescenza e risulta quindi monocromatica. (Pagina 14)

Luce Sinonimo di radiazione elettromagnetica visibile (dal rosso al violetto). **La radiazione infrarossa non è luce.** Tutti gli aggettivi che contengono etimologicamente la parola «luce» (come «luminoso», «lumen») si riferiscono alla radiazione elettromagnetica visibile e non all'ultravioletto, alle microonde o ad altre forme di radiazione elettromagnetica non visibili dall'occhio umano. (Pagine 10, 11, 13, 14)

Lunghezza d'onda Per una qualsiasi onda, si tratta della distanza tra due creste successive. Le onde del mare hanno lunghezze d'onda di qualche metro, ad esempio. La luce ha lunghezze d'onda di una manciata di nanometri. (Pagine 1, 15)

Monocromatico La radiazione è detta monocromatica se è «pura», ovvero se è di un solo colore («monos» in greco significa «uno solo» e «chroma» significa «colore»). La luce del sole non è monocromatica (è multicolore), mentre la luce delle lampadine LED può essere monocromatica (confronta l'immagine destra della figura 5.8). (Pagina 15)

Nanometro Miliardesimo di metro. $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$. (Pagina 15)

Onda lunga La radiazione elettromagnetica che ha una lunghezza d'onda grande (tipo l'infrarosso, le microonde e le onde radio: confronta la figura 5.9) è detta *a onda lunga*. Le radiazioni a onda lunga sono molto deboli e non provocano danni ai tessuti e al DNA. Le radiazioni infrarosse, quando emesse da corpi caldi, possono provocare un riscaldamento degli oggetti che le ricevono. Per questo la resistenza del forno è un utile strumento la cottura dei cibi. (Pagina 13)

Onda corta La radiazione elettromagnetica che ha una lunghezza d'onda piccola (tipo il violetto, l'ultravioletto e compagnia: confronta la figura 5.9) è detta *a onda corta*. Le radiazioni a onda corta sono intense e talvolta anche pericolose per la salute, perché possono danneggiare le molecole di DNA. I raggi X sono radiazioni a onda corta, ma quando le riceviamo in ospedale la dose è bassa e non provocano danni immediati (ma fanno aumentare il rischio di cancro a lungo termine). Fonte: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/219970.php#side-effects>. (Pagina 13)

Potenza Rapporto tra energia consumata o prodotta e l'intervallo di tempo che serve a consumarla o produrla: $P = \frac{E_{\text{prod/cons}}}{\Delta t}$. (Pagine 1, 11, 15)

Potenza luminosa Unità di misura del flusso luminoso. **Si misura in lumen. È il parametro che si dovrebbe utilizzare per valutare quanto una lampadina illumina. Utilizzare il watt a questo scopo è un errore, perché è possibile emettere 100W di luce senza illuminare affatto, emettendo solo nell'infrarosso.** (Pagina 14)

Proprietà estensiva Una proprietà di un corpo è detta estensiva se dipende dal suo volume. La massa di una sostanza, ad esempio, è una proprietà estensiva: due lingotti d'oro avranno il doppio della massa di un lingotto d'oro. Il volume, per definizione, è una proprietà estensiva. La resistenza non è esattamente una proprietà estensiva, perché raddoppiando sezione e lunghezza di un filo (e quindi quadruplicandone il volume) la resistenza rimane inalterata. Possiamo dire che la resistenza è una proprietà estensiva se la sezione o la lunghezza del filo vengono fissate. (Pagina 10)

Proprietà intensiva Una proprietà di un corpo è detta intensiva se non dipende dal suo volume. La densità di una sostanza, per esempio, è una proprietà intensiva (un litro d'acqua e due litri d'acqua hanno la stessa densità pari a $d_{acqua} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$). Anche la temperatura e la resistività sono proprietà intensive. (Pagina 10)

Resistenza Proprietà estensiva dei materiali (è legata alla loro estensione). Misura l'attrito provocato dagli atomi del materiale sugli elettroni che fluiscono all'interno (gli elettroni sbattono contro gli atomi e rallentano). Maggiore è la sezione del filo, minore è la resistenza, perché gli elettroni hanno più spazio per fluire. Maggiore è la lunghezza del filo maggiore è la resistenza, perché gli elettroni dovranno superare un percorso più lungo. Maggiore è la temperatura maggiore è la resistenza, perché gli atomi del materiale si muovono di più quando sono caldi. (Pagine 10, 11, 15)

Resistività Proprietà intensiva dei materiali (non è legata alla loro estensione, ma solo alla loro temperatura e alla loro identità: oro, tungsteno...). Aumenta con la temperatura. (Pagine 10, 11, 15)

Sezione Immaginando il filo come un cilindro, la sezione è la sua area di base. È data dalla formula $S = \pi r^2$, dove r è il raggio della circonferenza della base. (Pagine 4, 8, 10, 12, 15)

Watt Unità di misura della potenza. Attenzione: i watt indicati sulle lampadine **non indicano la luminosità della lampadina ma solo l'energia dissipata come radiazione elettromagnetica. È la potenza luminosa che indica la parte di radiazione visibile emessa, mentre la potenza è legata alla radiazione totale emessa**: se una lampadina a 40W emette nel visibile solo il 10% della radiazione, illuminerà utilizzando solo 4W sprecando 36W per diffondere radiazione infrarossa. Lo «spreco» è giustificato se l'infrarosso è utilizzato per scaldare qualcosa (ad esempio nel forno). (Pagine 11, 15)