

	LICEO DEI TIGLI LABORATORIO DI FISICA	Relazione N.32
		Classe: 5 H
		19/05/2021
		TOMMASO LATTANZIO e PEREGO NICCOLÒ ENRICO

TITOLO: OSSERVAZIONE DI ONDE GENERATE DA UN CIRCUITO RC E VERIFICA QUANTITATIVA DELLA LEGGE DI MALUS

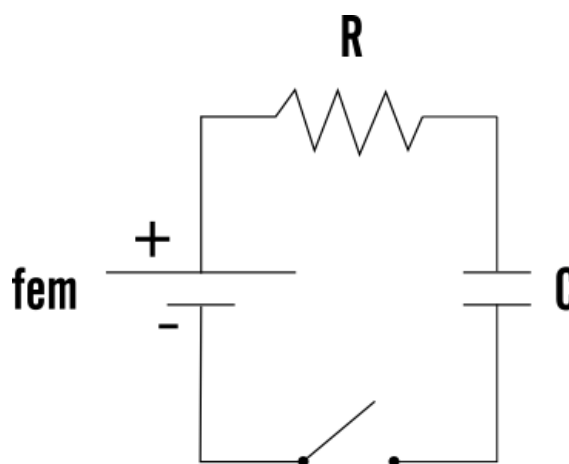
Scopo dell'esperienza: Osservare sperimentalmente delle onde generate da un circuito RC e verificare quantitativamente la legge di Malus.

Durante queste lezioni noi alunni guidati dal Prof. Franco Maria Boschetto abbiamo condotto un'esperienza al fine osservare sperimentalmente le onde generate da un circuito RC e una al fine di verificare quantitativamente la legge di Malus. Per fare ciò si utilizza un **oscilloscopio**, **Arduino**, una **breadboard**, un **condensatore**, un **alimentatore**. Per l'altra esperienza si utilizza, invece, un **fotodiodo**, un **banco ottico**, due **laser**, dei **filtri polarizzatori** e un **luxmetro** (in grassetto gli strumenti utilizzati per l'esperienza).

Premessa teorica:

Circuiti RC:

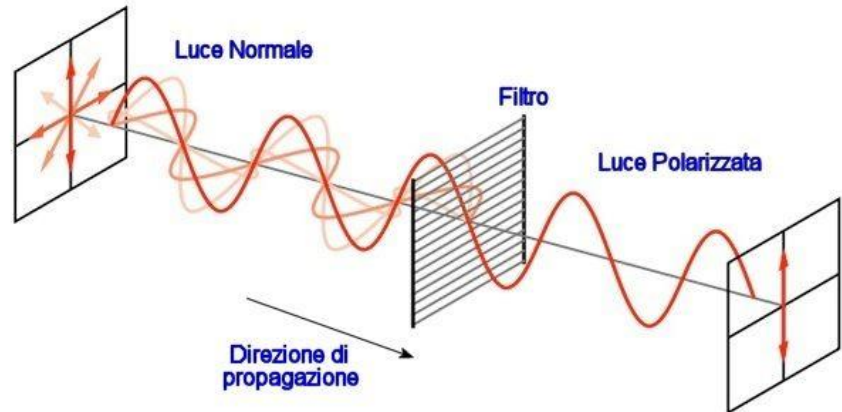
Si consideri un circuito contenente una resistenza, un condensatore e un generatore di corrente continua che può essere, in questo caso, una pila. Il circuito contiene un condensatore carico. Se si chiude l'interruttore del circuito la corrente è libera di passare. Tuttavia, a causa della resistenza, per l'effetto Joule avviene una dissipazione dell'energia e, di conseguenza, il circuito si scarica progressivamente. Se si considera un piano cartesiano e si pone il tempo in ascisse e la corrente elettrica in ordinate si ottiene un esponenziale negativo. Infatti, si nota che inizialmente si ha una corrente i_0 e, progressivamente, la corrente diminuisce. A questo punto, è possibile definire una formula che determina come varia la corrente elettrica col passare del tempo, ossia con il progressivo scaricarsi del condensatore. Questa formula è: $i = \frac{\Delta V}{R} (e^{-\frac{t}{\tau}})$. Nel quale τ è la lettera greca Tau ed è la costante di tempo nel circuito. In particolare, $\tau = R C$ e la sua unità di misura è appunto il secondo (s). Se invece si considerasse un asse cartesiano e si ponesse in ascissa il tempo e in ordinate la carica elettrica Q si otterrebbe un



esponenziale positivo e la formula che determina il progressivo cambiamento di Q sarebbe la seguente: $Q = Q_{TOT} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$.

Polarizzazione della luce:

Un pennello luminoso si dice polarizzato quando la distribuzione spaziale delle oscillazioni non è casuale (nelle quale i fasci luminosi hanno piani di oscillazione diversi) ma ordinata. Si parla in particolar modo di polarizzazione lineare quando le oscillazioni avvengono tutte nello stesso piano. In questa situazione si



ha dunque che il campo elettromagnetico è polarizzato linearmente e oscilla sempre nello stesso piano o, più realisticamente, con un angolo di differenza inferiore ai 3° . Quando il vettore di vibrazione ruota uniformemente mantenendo un'ampiezza costante intorno alla direzione di propagazione si ottiene una polarizzazione circolare che ha una forma a spirale.

Come si fa dunque ad ottenere la luce polarizzata? Essa si ottiene tramite il filtro polarizzatore, un oggetto tale per cui la luce che entra non polarizzata ne esce polarizzata. Se per esempio vi sono delle onde luminose che oscillano in piani diversi ed esse sono dirette verso un cancello, si ottiene che queste onde luminose potranno passare solamente se esse oscillano parallelamente alle sbarre del cancello. Per questo motivo passerà solamente la luce che casualmente stava già oscillando in modo parallelo alle sbarre dell'asse ottico. Per

questo motivo si ha dunque che l'intensità della luce polarizzata sarà sicuramente inferiore rispetto a quella iniziale in quanto la luce che oscillava diversamente dall'asse ottico verrà trattenuta e non potrà passare.

Questa è una delle motivazioni per cui, a lungo andare, il filtro polarizzatore finisce per surriscaldarsi.

Da quello che si è detto si ha che, grazie ad un polarizzatore, la luce, dapprima non polarizzata, diventa polarizzata.

Cosa succede però quando sul filtro polarizzatore arriva un'onda già polarizzata che però non è parallela all'asse ottico del filtro polarizzatore stesso? Se essa non arriva parallela significa dunque che differisce di un dato angolo α . Si può dimostrare che il campo elettromagnetico che ne fuoriesce corrisponderà a quello entrante moltiplicato per il coseno di α . Allo stesso modo, poiché l'intensità luminosa è direttamente proporzionale al campo elettrico elevato alla seconda, si ottiene la legge di Malus che è la seguente: $I = I_0 \cos^2 \alpha$ e, in parole, si ha che l'intensità della luce polarizzata uscente è pari alla intensità della luce polarizzata entrante moltiplicata per il coseno al quadrato di α , in cui α corrisponde all'angolo di differenza tra la direzione di propagazione della luce entrante con l'asse ottico del filtro polarizzatore.



Di conseguenza, questi filtri polarizzatori possono essere utilizzati quando si ha l'intenzione di diminuire l'intensità della luce come, ad esempio, nel caso degli occhiali da sole polarizzati.

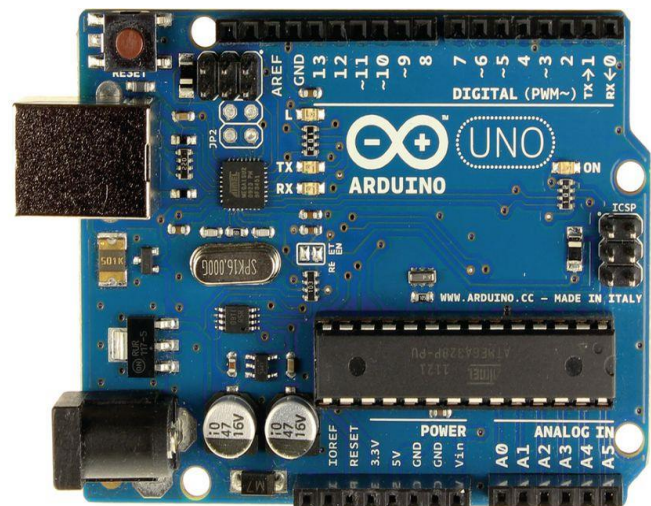
Esecuzione della prima esperienza:

Al fine di realizzare questa esperienza, è stato realizzato un circuito RC con una resistenza ed un condensatore disposti in serie tra di loro. Il generatore, per questa esperienza, è Arduino ossia uno strumento in grado di generare delle onde quadre e periodiche. In particolar modo, per mezzo di un oscilloscopio, è possibile visualizzare queste onde prodotte che si confermano essere quadre e periodiche. Osservando queste onde su un piano cartesiano è possibile notare che quando il pulsante è chiuso il segnale dell'onda è alto e viceversa. In particolare, si può osservare una fase di salita iniziale dell'onda, con conseguente aumento di potenziale. In seguito a ciò, l'onda mantiene la stessa differenza di potenziale ΔV e poi, quando il pulsante viene aperto, il potenziale decresce di molto nuovamente. Altro importante strumento per la realizzazione della nostra esperienza è la breadboard che è uno strumento piano che contiene numerosi fori. Questi fori sono in parte disposti su una linea rossa e in parte su una linea blu. Tutti quelli appartenenti alla linea rossa hanno lo stesso potenziale e, allo stesso modo, tutti quelli appartenenti alla linea blu hanno lo stesso potenziale. La resistenza, invece, viene collegata su due poli differenti (uno disposto sulla linea rossa e uno sulla linea blu) in modo tale da avere una differenza di potenziale ΔV .

L'oscilloscopio, di cui si è parlato precedentemente, serve per misurare i vari segnali che riceve. Esso ha un funzionamento molto simile a quello di un tester o di un voltmetro già utilizzati precedentemente nel corso di altre esperienze. Esso dispone di un display sul quale l'oscilloscopio riporta la forma dell'onda che deve essere misurata in base al segnale che esso riceve. Di conseguenza l'onda verrà visualizzata su un piano cartesiano che ha in ascisse il tempo ed in ordinate la differenza di potenziale. Ne segue dunque che si tratta di un segnale di tensione variabile nel tempo. Questa visualizzazione grafica è resa possibile grazie a delle sonde che hanno delle morsette che vengono collegate al nostro circuito RC. Inoltre, è possibile regolare il display dell'oscilloscopio cambiando la scala dell'asse verticale e orizzontale. In particolare, quando si inizia a ricevere il segnale, è necessario girare la manopola dell'oscilloscopio almeno fino a quando non si riesce a visualizzare un intero periodo dell'onda sul display.



1. oscilloscopio



Oltre al segnale d'onda è però anche presente il segnale di trigger. L'oscilloscopio, in base a dove si trova questo segnale (livello), inizia a tracciare il segnale che riceve propriamente dall'onda. Accendendo il circuito si inizia a vedere l'onda a forma quadrata. A questo punto, si posiziona il trigger fino a quando il segnale d'onda non viene congelato. Congelare l'onda è importante in quanto facilita il processo di lettura che si ha successivamente. In questo caso, si ha che quando l'onda è alta 5 V il nostro generatore è acceso e il circuito è chiuso mentre quando l'onda è bassa e si trova a 0 V si ha che il nostro circuito è aperto.

A questo punto si collega il condensatore con il polo positivo e con quello negativo entrambi in parallelo; in questo modo è possibile osservare bene sia la carica che la scarica del condensatore stesso. Utilizzando una funzione specifica dell'oscilloscopio, è possibile fermare l'onda al fine di poterla analizzare meglio; in particolare, come già detto, è possibile osservare la fase di carica del condensatore, la tensione massima ed infine la fase di scarica.

Nei segnali d'onda esiste un teorema che prende il nome di teorema di Fourier. Esso afferma che quando è presente un segnale d'onda periodico, esso lo si può considerare uguale alla sovrapposizione di più segnali sinusoidali di opportune ampiezze e frequenze, opportunamente sfasati tra di loro. Per mezzo di un filtro passo a basso è possibile però bloccare, o meglio attenuare, delle frequenze. In particolar modo, esso attenuerà tutte le frequenze che si trovano al di sopra della frequenza di taglio del circuito (che corrisponde a $\frac{1}{2\pi RC}$) e lascerà passare tutte le frequenze al di sotto di quella di taglio. In questo modo l'onda non può che diventare una senoide.



Tornando a quanto detto precedentemente, in un circuito RC, i condensatori si caricano e si scaricano continuamente. Sulla breadboard, descritta precedentemente, si montano i vari componenti del circuito come ad esempio il condensatore etc. Questi componenti, a loro volta, verranno successivamente collegati sia ad Arduino, sia all'oscilloscopio. L'oscilloscopio è appunto un dispositivo elettronico (uno strumento di misura). L'oscilloscopio possiede un tubo catodico nel quale scorrono fasci di elettroni che, colpendo uno schermo fluorescente, accendono lo schermo in quel determinato punto. All'interno dell'oscilloscopio ci sono anche due condensatori che permettono al punto di oscillare lungo lo schermo dell'oscilloscopio permettendo così che l'onda si disgreghi correttamente sullo schermo. In particolare, come detto in precedenza, l'onda quadra è quella che noi abbiamo potuto visualizzare.

Esecuzione della seconda esperienza e trascrizione dei dati nelle tabelle:

A questo punto, dopo aver terminato l'osservazione precedente, si è passati ad un altro strumento chiamato banco ottico con il quale è possibile eseguire l'esperienza della legge di Malus. Il banco ottico possiede due laser, uno di colore rosso e uno di colore verde. Esso possiede inoltre due filtri polarizzati. Dopo i filtri, sul banco ottico, è posizionato un fotodiode ossia uno strumento che, collegato ad un luxmetro, permette di misurare l'illuminazione che arriva al fotodiode. Per mezzo del processo dell'allineamento ottico, si regola il posizionamento dei vari strumenti affinché il raggio di laser rosso arrivi perfettamente al centro di un fotodiode e quindi del luxmetro. Si può osservare come, il luxmetro, colpito dal fascio luminoso del laser segni un determinato valore di luminosità. Interrompendo però il fascio luminoso del raggio laser, è possibile osservare come in realtà il luxmetro non segni un valore pari a 0 (sebbene mostri un valore molto inferiore del precedente). Ciò è dovuto alle varie interferenze luminose come, ad esempio, la luce naturale che entra dalle finestre oppure la luce dell'illuminazione del nostro laboratorio.

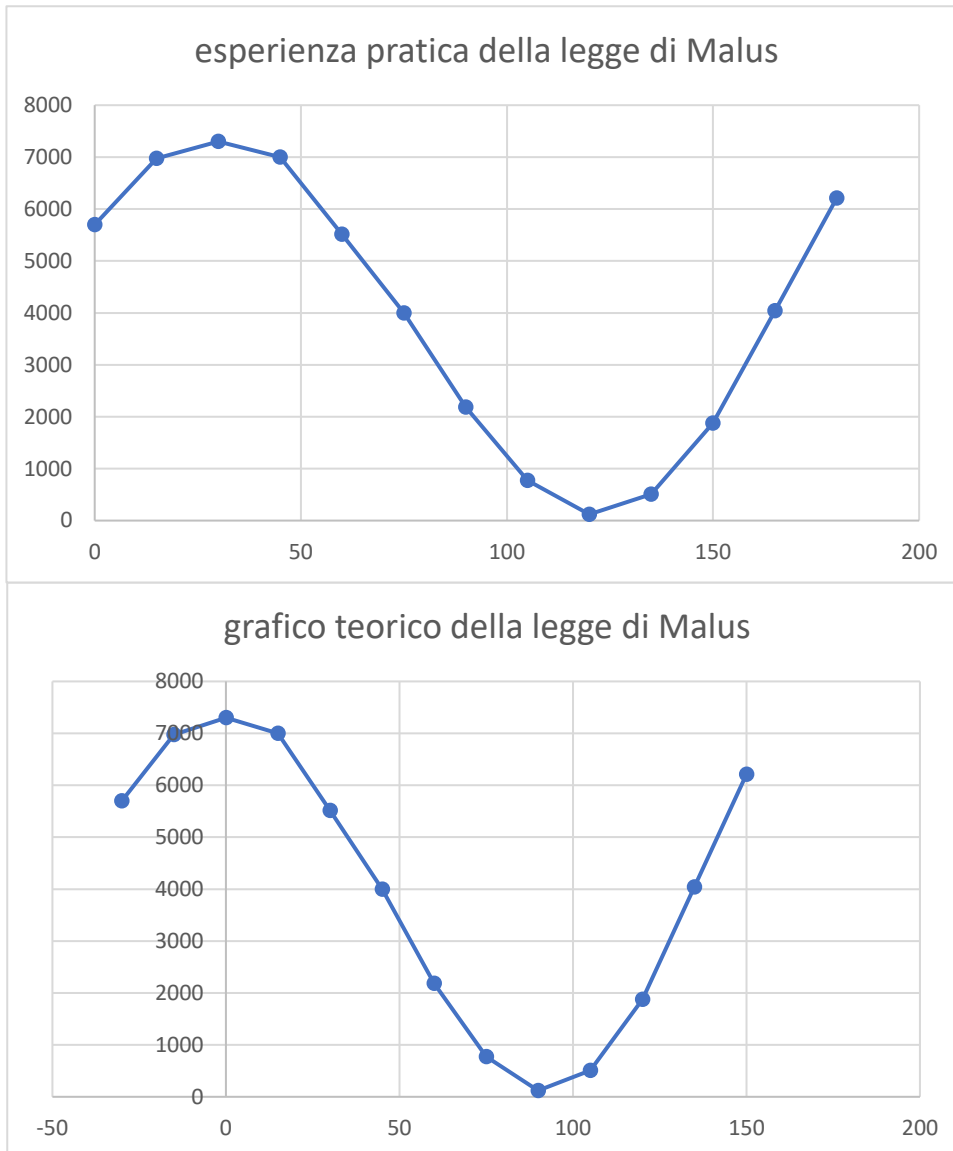
Per iniziare la nostra esperienza, si pone l'asse del polarizzatore a 0° (dunque $\theta = 0^\circ$) e il nostro luxmetro rileva un'intensità luminosa di 5700 lux. A questo punto si varia progressivamente l'angolo θ di 15° alla volta e le rilevazioni effettuate vengono riportate nella seguente tabella:

θ	luminosità
0°	5700 lux
15°	6975 lux
30°	7300 lux
45°	7000 lux
60°	5514 lux
75°	4000 lux
90°	2187 lux
105°	770 lux
120°	120 lux
135°	508 lux
150°	1875 lux
165°	4040 lux
180°	6210 lux

Il lux è l'unità di misura dell'intensità luminosa che viene utilizzata al posto della candela nel SI.

Dalla tabella, si evince facilmente che il picco di luminosità si ha quando l'angolo θ corrisponde a 30° . Da ciò si può dedurre che è presente un errore di tipo meccanico nel filtro polarizzatore. Infatti, la polarizzazione può essere di tipo 'S' o di tipo 'P' e, di conseguenza, la luminosità avrebbe dovuto mostrare il proprio picco in corrispondenza di un angolo θ uguale a 0° o uguale a 90° . Ne segue dunque che si deve anche considerare un angolo di sfasamento di 30° (quando θ è 120° ad esempio, in realtà corrisponde a 90°). Se si dovesse fare un grafico su un piano cartesiano ci si aspetterebbe di trovare una perfetta sinusoidale tangente all'asse delle ascisse in alcuni punti. In realtà questo non avviene in quanto non si arriva mai ad una condizione di nulla visibilità ma,

appunto, permane sempre una luminosità di fondo. Ne segue dunque che nel grafico sarà presente un offset.



Conclusioni:

Le conoscenze teoriche acquisite sui circuiti RC, su Arduino, sul banco ottico e sulla legge di Malus sono state confermate dalle nostre esperienze di laboratorio. Queste ultime hanno permesso infatti di osservare sperimentalmente il funzionamento di un tale circuito e il funzionamento di Arduino e hanno permesso di verificare sperimentalmente la legge di Malus. La prima esperienza realizzata è solo di tipo qualitativo mentre, la seconda, è anche di tipo quantitativo. Inoltre, per quanto riguarda la seconda esperienza, è possibile affermare che sia riuscita correttamente. In quest'ultima sono tuttavia presenti alcuni errori, come ad esempio l'angolo di sfasamento di 30° e l'utilizzo di una stanza non completamente al buio, ma con una permanenza di una luminosità di fondo. Si può concludere affermando che l'esperienza ha permesso di comprendere al meglio gli aspetti teorici e ha permesso di osservare fenomeni prima compresi solo teoricamente.