

MISURAZIONE DELLA VELOCITÀ DELLA LUCE

Mocetti Diego, Cherubini Claudia, Edoardo Ermini, Alison Haughton,
Amy Haughton.

Classe 5SA1

A.S 2017/2018

Liceo Scientifico Ettore Majorana Orvieto

Obiettivo: Ricavare la misura di c tramite l'acquisizione di segnali luminosi su una distanza definita.

Introduzione:

Uno dei primi fisici che si prodigò nel tentare di misurare la velocità della luce fu Galileo Galilei. Pensava, infatti, che fosse sufficiente che un suo aiutante si posizionasse su una collina lontana un paio di chilometri, e, non appena Galilei avesse acceso la lanterna, il suo aiutante avrebbe dovuto mostrare la sua. Calcolata la differenza di tempi quindi sarebbe stato sufficiente dividerla per lo spazio dalla luce percorso. Galilei però non aveva tenuto conto del tempo di reazione umano che influenzò le misure di addirittura cinque ordini di grandezza. Un secondo tentativo, più recente, risale alla fine del 1600, da parte dello scienziato Romer. Romer, studiando il moto di rivoluzione di I_o , uno dei satelliti di Giove sviluppò un'idea geniale. Riuscì infatti a definire c in base alla posizione della Terra rispetto a Giove. Le sue misurazioni non furono però totalmente accurate, definì infatti c di: $2.2 \times 10^{-8} \text{ms}$. Si trattava comunque della misurazione più precisa fino ad allora. Alla fine dell'ottocento invece Foucault perfezionò l'apparato di Fizeau. Riuscì infatti a misurare la velocità di luce inviando un lampo su uno specchio ruotante. Era possibile quindi definire la velocità determinando l'angolo di rotazione dello specchio stesso; Foucault fu infatti in grado di definire, per primo, la cifra della velocità della luce nell'aria.

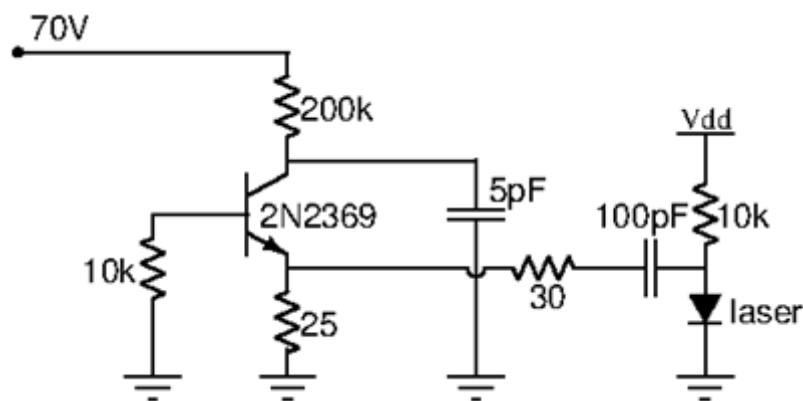
Acquisizione ed elaborazione dati:

Il laser si collega tramite un circuito RC ad un transistor, il 2N2369. Questo entra bruscamente in conduzione quando la tensione supera una soglia di circa 65V; ciò produce la

fulminea scarica del condensatore da 5pF e quindi l'impulso che alimenta il laser. La luce di quest'ultimo viene riflessa da uno specchio, appositamente allineato per farla dirigere verso il fotodiodo. La sua illuminazione genera un ulteriore impulso, in uscita, verso l'oscilloscopio, che nel frattempo avrà già registrato l'impulso elettrico iniziale. I diversi canali presenteranno quindi tempo e tensioni di fotodiodo e corrente.

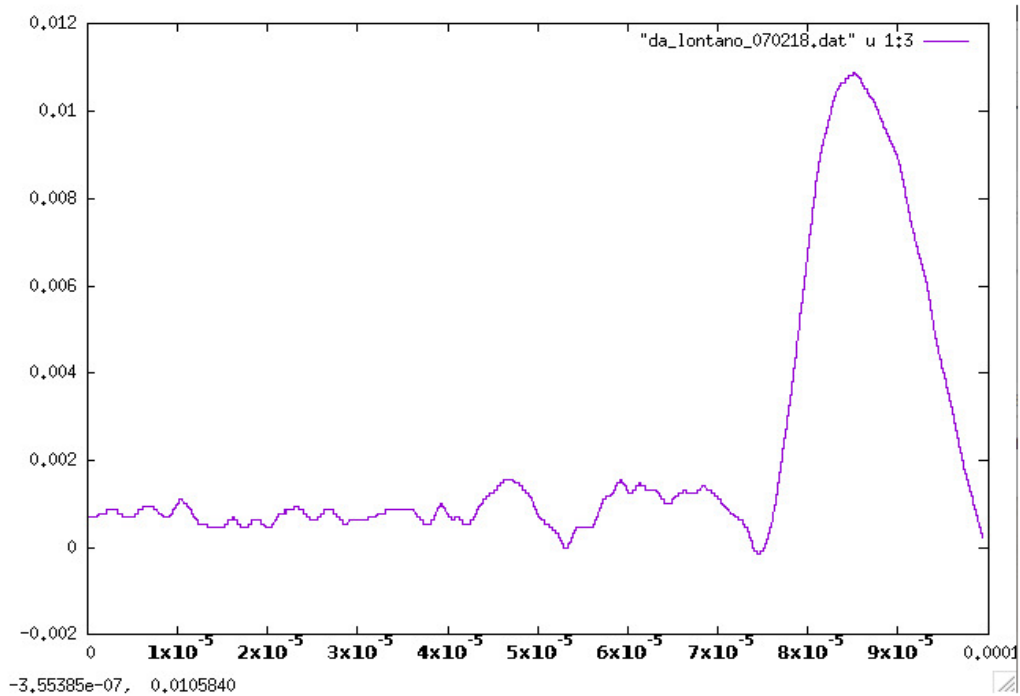
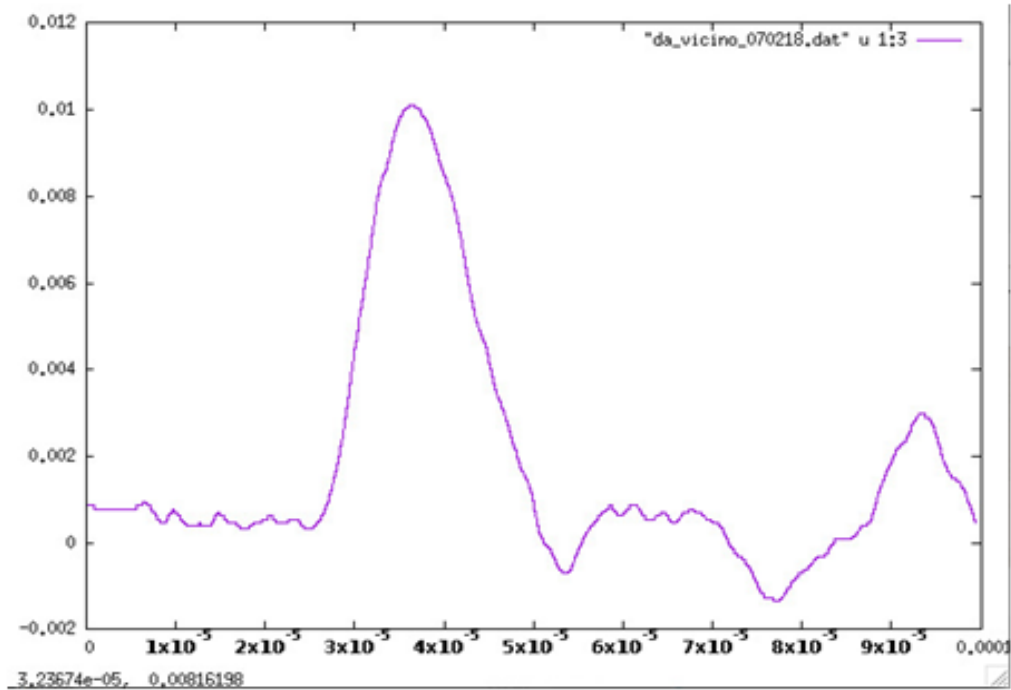


In questa prima raccolta dati lo specchio dista dal laser 30 cm; il procedimento va ripetuto ponendolo a una distanza notevolmente maggiore: in questo caso 722 cm.



↑ Schema transistor 2N2369

Al termine delle registrazioni dei dati su un file .dat si generano i relativi grafici tramite l'uso di *gnuplot*:

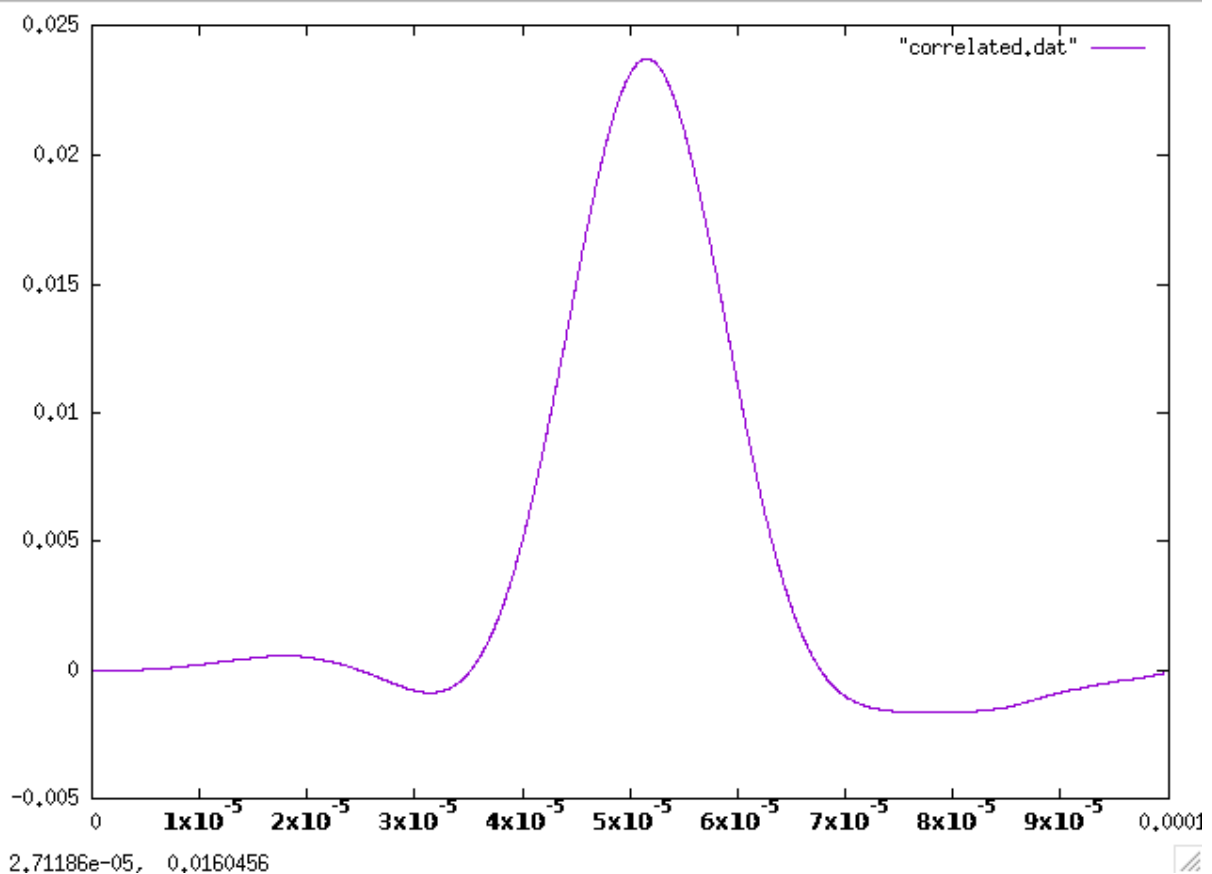


I grafici rappresentano il segnale di arrivo delle misurazioni: il primo con lo specchio a distanza di 30cm e il secondo con lo specchio distanziato di 722cm.

Il picco della tensione emessa dal fotodiode nel secondo grafico è evidentemente spostato rispetto a quello nel primo: è un ritardo causato dall'aumento dello spazio percorso dalla luce, che quindi ha dovuto impiegare più tempo per raggiungere il diodo e produrre il conseguente impulso.

Per una maggior accuratezza nel calcolo della distanza tra i due picchi è stata fatta la correlazione incrociata dei due impulsi luminosi. Questa consiste nel fare il prodotto di tutti i punti delle due funzioni traslando uno dei due grafici lungo l'asse del tempo.

Di seguito il grafico della correlazione incrociata:



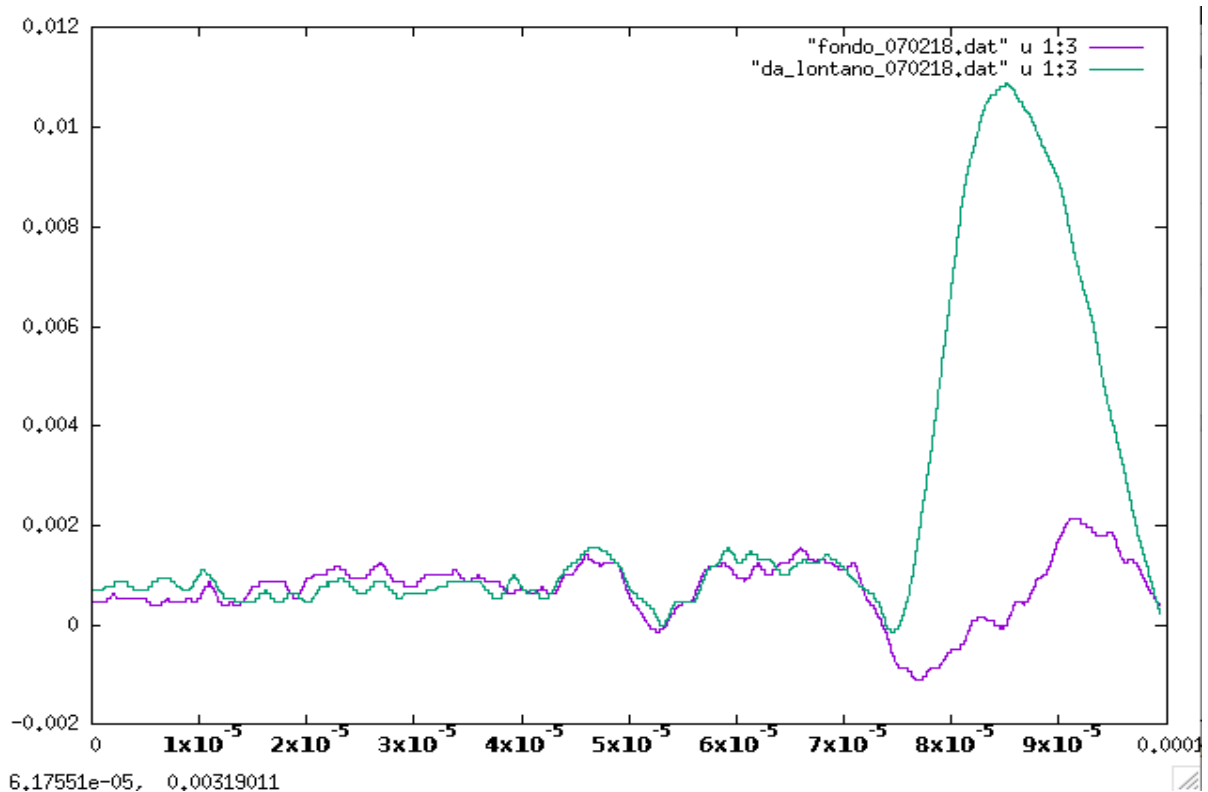
Il massimo ha come ascissa (in t) il valore di: 5.152×10^{-5} ms.

Di questo se ne occupa il programma *correlate.py* che “correla” i valori del segnale luminoso (di arrivo) dei due file dat generati con il programma *BGSubtract.py* prendendo come primo

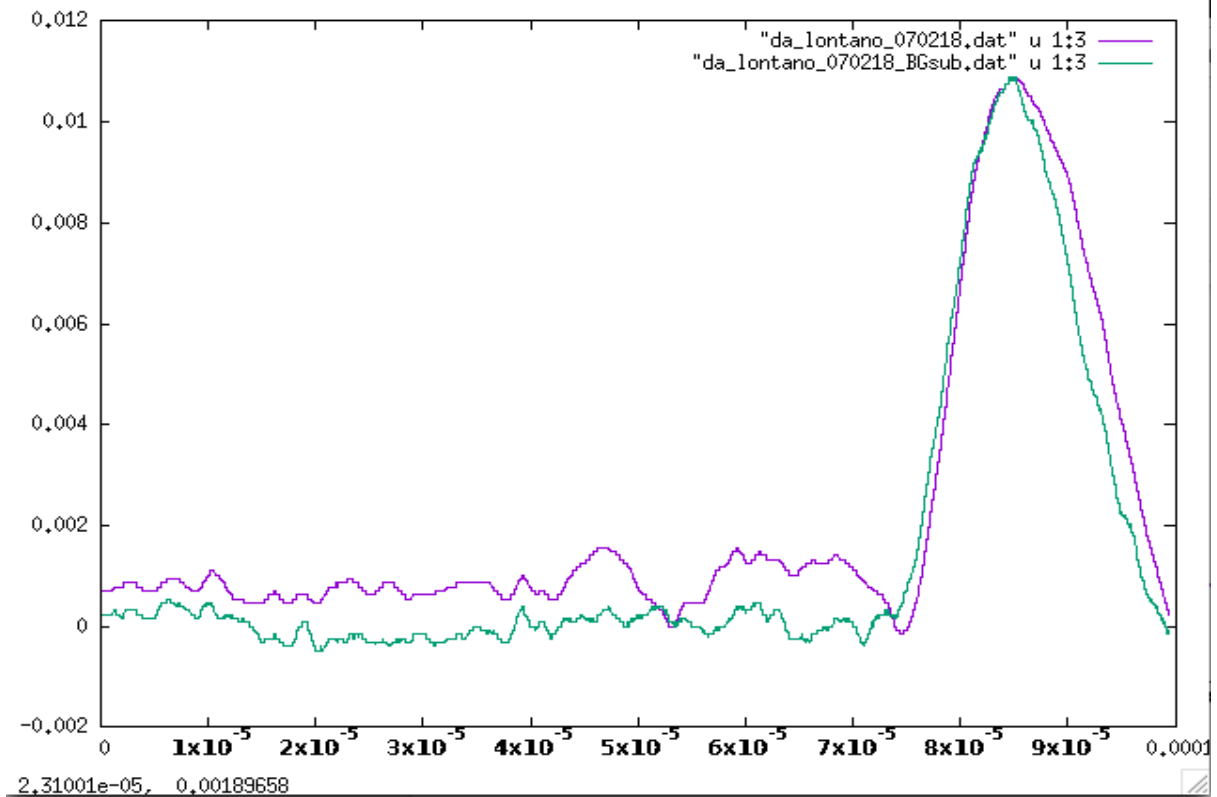
argomento il file corrispondente alla misura più corta (*“da_vicino_070218_BGsub.dat”*) e come secondo argomento il file corrispondente alla misura più lunga (*“da_lontano_070218_BGsub.dat”*). Da questi ritorna un file .dat (*“correlated.dat”*) contenente i valori del tempo e i valori del segnale luminoso (di arrivo) correlati.

Il programma BGSubtract.py è stato scritto per eliminare il rumore di fondo dai grafici, prende come primo argomento il file dat corrispondente alla registrazione (*“da_vicino_070218.dat”* o *“da_lontano_070218.dat”*) e come secondo argomento il file dat corrispondente alla registrazione del rumore di fondo (*“fondo_070218.dat”*). Da questi ritorna un file dat (*“da_vicino_070218_BGsub.dat”* o *“da_lontano_070218_BGsub.dat”*) contenenti gli stessi valori del tempo e del segnale elettrico (di partenza), ma con i valori del segnale luminoso (di arrivo) sottratti a quelli di fondo.

Il segnale di partenza è questo (è stato preso per comodità un solo grafico *“da_lontano_070218.dat”* in verde, messo in corrispondenza del fondo *“fondo_070218.dat”* in viola):



Il segnale con il fondo sottratto, in verde, è questo (messo in corrispondenza del primo segnale non processato, in viola):



	Tempo (s) dalle misure di riferimento (30 cm)	Tempo (s) dopo aver percorso 7,22 m.
Picco impulso	$3.604 \times 10^{-5} \text{ms}$	$8.5 \times 10^{-5} \text{ms}$

Facendo la differenza tra i tempi (le ascisse) del picco dell'impulso del diodo e quello del laser si ottiene il tempo che la luce ha impiegato per percorrere l'intero percorso.

Se quindi:

$$t = 8.5 \times 10^{-5} \text{ms} - 3.604 \times 10^{-5} \text{ms} = 4.896 \times 10^{-5} \text{ms}$$

Raccolti i dati è dunque possibile determinare la velocità della luce c applicando la legge del moto rettilineo uniforme:

$$v = \Delta s / \Delta t = \frac{(7.22) \times 2}{4.896 \times 10^{-8}} = 2.949 \times 10^8 \text{ m/s} \approx c$$

Il tempo calcolato, invece, con il metodo della correlazione risulta di: 5.152×10^{-8} ms. E' possibile quindi verificare la velocità c anche con questa misurazione, ricavando:

$$v = \Delta s / \Delta t = \frac{(7.22) \times 2 \text{ m}}{5.152 \times 10^{-8} \text{ s}} = 2.89 \times 10^8 \text{ m/s} \approx c$$

La piccola differenza tra le due cifre ottenute dipende chiaramente dal diverso approccio di misurazioni; la correlazione, infatti risulta più precisa e accurata in quanto definita da una funzione in python.

Conclusioni:

Ammettendo un'incertezza nelle misure delle lunghezze di circa 1 cm, la misura ottenuta della velocità è vicina a c ; pertanto la sua validità è confermata.

Misurazioni ancora più precise si potrebbero ottenere usando fotodiodi e laser migliori: il laser qui utilizzato, infatti, produce un fascio di luce che su lunghe distanze non risulta ben collimato né molto luminoso. L'oscilloscopio inoltre non riesce a fare campionamenti velocissimi, anche se del tutto accettabili.

L'accuratezza della sovrapposizione del segnale luminoso e dell'impulso è invece garantita dal programma di correlazione, così come la sottrazione del segnale di fondo permette di ottenere un segnale più preciso.