

L'assorbimento della luce

(exp. id 20201012-I-v1)

Un esperimento proposto da

Michael Rotondo – Istituto di Istruzione Superiore Campus dei Licei “M. Ramadú” - Cisterna di Latina (LT)

traduzione¹ dall'inglese a cura di Alessandro Bogdan - Liceo Scientifico Tullio “Levi Civita” (Roma)

Introduzione _____

In questo esperimento di ottica dedicato all'assorbimento della luce studiamo come varia l'intensità luminosa quando un fascio di luce attraversa un mezzo.

Possiamo effettuare la misurazione dell'intensità luminosa utilizzando il sensore di luminosità ambientale presente in molti smartphone.

Nell'esperimento, in particolare, determiniamo l'andamento dell'illuminamento, definito come il rapporto tra il flusso luminoso e la superficie dell'oggetto illuminato, in funzione della lunghezza del cammino ottico della luce nel mezzo.

Con la sensibilità dei sensori presenti sugli smartphone, è possibile registrare variazioni di illuminamento dell'ordine di 1 lux.

Possiamo analizzare facilmente il grafico dei dati raccolti per dedurre la legge di Bouguer-Lambert-Beer e stimare il coefficiente di assorbimento della luce nel materiale utilizzato.

Materiali _____

- Uno smartphone con un sensore di luminosità ambientale
- Un lampadario con lampadina a vista
- Un tubo di cartone cilindrico di diametro all'incirca di 4 cm e altezza 20-30 cm
- 20-30 quadrati di materiale trasparente (con un'area di circa 40 cm²) ritagliati da copertine in PVC per fogli formato A4
- Un metro a nastro

¹Lavoro eseguito nell'ambito di un progetto PCTO con la collaborazione di Graziano Surace, Sapienza Università di Roma.

Preso dati e misure

Questo esperimento richiede uno smartphone con un sensore di luminosità ambientale (negli smartphone con sistema operativo iOS, i dati di questo sensore non sono accessibili).

Se disponibile, il sensore di luminosità ambientale è presente tra i sensori elencati nell'app PHYPHOX.

Cliccando sul piccolo triangolo che pulsa in alto a destra del display (pulsante d'avvio) il sensore inizia a raccogliere i dati fotometrici dell'illuminamento.

Puoi scegliere se visualizzare i valori numerici o il grafico dell'illuminamento in funzione del tempo.

Per realizzare l'esperimento:

1. posiziona lo smartphone su un piano orizzontale a una distanza di almeno 1 m dalla lampadina, lungo la verticale passante per il sensore di luminosità ambientale.
2. Posiziona il tubo cilindrico in cartone attorno al sensore di luce dello smartphone con il suo asse longitudinale lungo la direzione verticale. Il sensore di solito si trova vicino all'obiettivo della fotocamera. Puoi individuarlo facilmente passandoci sopra col dito, monitorando l'intensità misurata da PHYPHOX.
3. Dopo circa 10 secondi di acquisizione dati posiziona un primo quadrato in PVC trasparente sul lato superiore del tubo e attendi altri 10 secondi.
4. Ripeti il passaggio precedente per ogni quadrato trasparente aggiunto.

L'app PHYPHOX permette di raccogliere i dati acquisiti in un formato tabella in modo tale da:

- valutare il valor medio dell'illuminamento per ogni lunghezza del cammino ottico;
- valutare la deviazione standard associata ai valori medi dell'illuminamento;
- comparare la deviazione standard con la sensibilità del sensore di luminosità ambientale dello smartphone utilizzato;
- tracciare il grafico dell'illuminamento in funzione della lunghezza del cammino ottico.

Osservazioni generali

Cerca sempre di stimare correttamente le incertezze di ciascuna misurazione. Riesci a individuare qualche fonte di errore sistematico? Se sí, riesci a valutarne l'entità?

Prima d'iniziare qualsiasi serie di misurazioni, esegui qualche test per abituarti a eseguirle senza problemi. Annota le misurazioni in modo ordinato e comple-

to (indicando valori, incertezze e unità di misura). Usa tabelle e grafici in modo appropriato.

Analisi dei risultati _____

Disegna il diagramma dell'*illuminamento* vs *lunghezza del cammino ottico* misurato in unità di numero di assorbitori. Fai attenzione alla scala sugli assi. In un grafico ben fatto, i punti sperimentali dovrebbero essere ben distanziati su entrambi gli assi. I punti del grafico sono allineati o no? Cosa significa?

Sia E_n l'illuminamento misurato quando il materiale assorbente è composto da n quadrati. Cosa ti suggerisce la forma del grafico di E_{n+1}/E_n vs n ?

Usando gli stessi dati disegna un diagramma del logaritmo dell'*illuminamento* vs la *lunghezza del cammino ottico della luce*. Traccia la retta di regressione lineare, leggi sul grafico la sua intercetta con l'asse delle ordinate e calcolane la pendenza. Cosa rappresentano questi valori?

Per l'insegnante

(exp. id 20201012-I-v1)

-
1. Un modo semplice per trattare i dati è trasferirli su un foglio di calcolo Google. A livello universitario, sarebbe opportuno salvare i dati in *file* di testo, rileggendoli con un programma (p.e. uno script in Python) per l'analisi e la produzione di grafici.
 2. La retta di regressione si può disegnare in molti modi, più o meno complicati. Spetta all'insegnante scegliere il metodo più appropriato alla classe.
 3. Il grafico E_{n+1}/E_n vs n mostra che per ogni quadrato trasparente aggiunto l'illuminamento diminuisce di un fattore costante, il che conduce a un'attenuazione esponenziale.
 4. L'attenuazione della luce è provocata parzialmente dall'assorbimento della luce da parte del mezzo attraversato, e, in parte, dalle riflessioni di Fresnel del fascio di luce sulle superfici degli strati. In alcuni casi è possibile dare origine a fenomeni di interferenza che possono addirittura annullare la luce trasmessa.
 5. L'esperimento può servire a studiare la legge di Beer-Lambert, sostituendo gli assorbitori di plastica con un liquido trasparente con diverse concentrazioni di colorante, relazionando la trasmissione della luce alla concentrazione del colorante.
 6. La pendenza della retta nel grafico su scala semilogaritmica si può utilizzare per determinare il coefficiente di assorbimento della luce nel mezzo, mentre l'intercetta ci fornisce l'illuminamento registrato dal sensore in assenza del mezzo.
 7. In questo esperimento la lampadina non emette luce monocromatica. Di conseguenza, la stima del coefficiente di assorbimento della luce (che dipende dalla lunghezza d'onda della luce λ) dev'essere considerata come un valore medio. Per dimostrare come il coefficiente di trasmissione dipenda da λ si possono usare laser di colori diversi nello stesso esperimento.
 8. Si può fare l'esperimento per introdurre le leggi esponenziali, così come la soluzione delle equazioni differenziali a variabili separabili.

Quest'esperimento è stato eseguito con successo da un gruppo di insegnanti di scuole superiori durante un corso di aggiornamento a Sapienza Università di Roma

Obiettivi

1. Obiettivo primario: destare interesse per le misure e familiarizzare con gli strumenti.
2. Obiettivo primario: sviluppare l'attitudine alla ricerca scientifica.
3. Obiettivo primario: ottenere dati che si possono rappresentare graficamente e interpolare, senza la richiesta di analisi troppo formali.
4. Adatto per: scuole secondarie di secondo grado e università.
5. Durata: non più di un'ora per acquisire i dati, un'ora per l'analisi oltre al tempo necessario alla scrittura di una breve relazione.

Cronologia delle revisioni _____

- v2 [G.Cristofolini]: rimossi i riferimenti espliciti alla legge di Beer-Lambert, per rendere l'esperimento piú generico e tener conto di altri fenomeni. Sono discussi gli effetti delle riflessioni di Fresnel e le possibili interferenze.

Ulteriori informazioni online _____

Lasciate opinioni, suggerimenti, commenti e notizie sull'utilizzo di questa risorsa sul canale corrispondente a questo esperimento all'interno dello spazio di lavoro di Slack "smartphysicslab.slack.com".

Gli insegnanti possono chiedere di essere registrati sulla piattaforma attraverso il modulo presente sulla *home page* di smartphysicslab.org e ottenere così l'invito alla registrazione su Slack ed essere inseriti nella *mailing list* di smartphysicslab.