**GUARDARE UN RAGGIO DI LUCE E VEDERNE IL CAMPO ELETTRICO**

Guido Pegna

1. **Introduzione**

Si parla usualmente di scattering Mie per il fenomeno della diffusione di un raggio di luce da parte di particelle di dimensioni paragonabili o maggiori della lunghezza d’onda della luce incidente, per distinguerlo dallo scattering Rayleigh che avviene per particelle di dimensioni molto minori della lunghezza d’onda. La teoria dello scattering Mie, noto anche come scattering di Lorenz-Mie, è una soluzione completa e matematicamente rigorosa del problema dello [scattering](https://it.wikipedia.org/wiki/Scattering) di un'[onda elettromagnetica](https://it.wikipedia.org/wiki/Elettromagnetismo) da parte di una [sfera](https://it.wikipedia.org/wiki/Sfera) o su di un cilindro.

Il fatto interessante è che l’intensità della luce diffusa “a la *Mie”* dipende dallo stato di polarizzazione del fascio incidente. Infatti nelle equazioni che descrivono il fenomeno, derivate dalle equazioni di Maxwell, compare il vettore d’onda sia della componente campo elettrico E che per quella del campo magnetico H dell’onda incidente. Questo suggerisce la possibilità di visualizzare, cioè letteralmente di *vedere* il campo elettrico di un fascio di luce. Il modo più semplice potrebbe essere quello di inviare un fascio laser attraverso un mezzo diffondente e di osservare l’intensità diffusa lateralmente al variare del piano di polarizzazione del fascio laser. L’esperimento che descriviamo qui di seguito è solamente di poco più complesso, ma di impatto visivo molto più evidente e interessante.

1. **Teoria**

Vi sono sostanze che in soluzione fanno ruotare il piano di polarizzazione di una radiazione polarizzata linearmente che le attraversa. Queste sostanze sono dette *otticamente attive*. Dal punto di vista [ottico](https://it.wikipedia.org/wiki/Ottica) questa proprietà rappresenta un caso particolare di [*birifrangenza*](https://it.wikipedia.org/wiki/Birifrangenza) dovuta al diverso [indice di rifrazione](https://it.wikipedia.org/wiki/Indice_di_rifrazione) delle componenti destrogira e levogira della luce linearmente polarizzata. Le sostanze otticamente attive più comuni sono tutti gli zuccheri.

La legge di [Biot](https://it.wikipedia.org/wiki/Jean-Baptiste_Biot) esprime l’angolo di rotazione α proporzionale alla lunghezza *l* del cammino della luce nella sostanza, alla concentrazione *c* espressa in g/cm3 e alla costante *[α]D20*caratteristica della sostanza detta *potere rotatorio specifico.* Questo èdefinito come l’angolo di rotazione del piano di polarizzazione che la luce subisce nell’attraversare una soluzione che contiene 1 g/cm3 di sostanza otticamente attiva, posta in un tubo polarimetrico lungo 10 cm, alla temperatura di 20°C e con luce della lunghezza d'onda 589 nm (linea D del sodio) alla temperatura di 20 °C come indicato rispettivamente al pedice e all’apice del simbolo. Di conseguenza l’angolo di rotazione *α* sarà dato da:

*α = [ α ] D 20 = α l ⋅ c {\displaystyle {[\alpha ]\_{D}}^{20}={\frac {\alpha }{l\cdot c}}} [α]D20*∙ *l ∙ c/10* (1)

La dipendenza del potere rotatorio specifico dalla temperatura è:

[[ ⁡ α ] t = [ α ] 20 + n ( t − 20 ) {\displaystyle \operatorname {[} \alpha ]^{t}=[\alpha ]^{20}+n(t-20)}*α*]t = [[ ⁡ α ] t = [ α ] 20 + n ( t − 20 ) {\displaystyle \operatorname {[} \alpha ]^{t}=[\alpha ]^{20}+n(t-20)}*α*]20 + k(t – 20)

dove t è la temperatura in °C e k un coefficiente di temperatura caratteristico di ogni sostanza. Il potere rotatorio specifico di vari zuccheri è riportato nella tabella seguente , espresso in gradi *∙* cm2/g:

TABELLA 1

Fruttosio - 92,4

Saccarosio + 66,5

Glucosio + 52,7

Il segno + indica rotazione destrorsa per chi riceve il fascio di luce dopo che ha attraversato la sostanza.

1. **L’apparato**

L’apparato fotografato in figura 1 consiste in un tubo di plexiglass trasparente del diametro esterno di 30 mm, chiuso alle estremità con finestre piane di vetro1 e riempito con una soluzione concentrata di fruttosio. Si è scelta una soluzione di fruttosio per il fatto che fra gli zuccheri facilmente reperibili ha il più alto potere rotatorio specifico. La concentrazione usata è di circa 1 g/cm3 (1kg/litro), e ciò che si ottiene è uno sciroppo assai denso. Le finestre e il sistema di raccordo per il riempimento del tubo e per la compensazione della dilatazione termica della soluzione sono incollati con resina epossidica a due componenti.

Il laser usato2 emette nel rosso a circa 640 nm con una potenza di 150 mW. Per allinearlo esso è montato su un supporto basculabile con tre viti e tre molle sul supporto fisso posizionato ad una estremità del tubo e in modo che il fascio laser cada approssimativamente al centro della finestra di ingresso del tubo. Il dettaglio può essere visto nella figura 2.

La figura 3 mostra, in una fotografia scattata lateralmente, l’intensità della luce diffusa da parte della soluzione di fruttosio. La diffusione è originata sia da molte piccolissime bolle di aria inglobate nella soluzione che da vera e propria diffusione da parte delle molecole. A parte le bolle il fascio di luce laser appare molto uniforme. Le zone di massima larghezza sono quelle dove il campo elettrico visto dall’osservatore è verticale, cosa che può essere immediatamente verificata con l’osservazione attraverso un piccolo rettangolo di Polaroid, mentre le zone dove la luce diffusa è minima sono quelle nelle quali il piano è ruotato di ± 90° rispetto alle precedenti, e quindi giace nel piano individuato dall’asse del tubo e dalla congiungente l’occhio con quella zona del tubo.

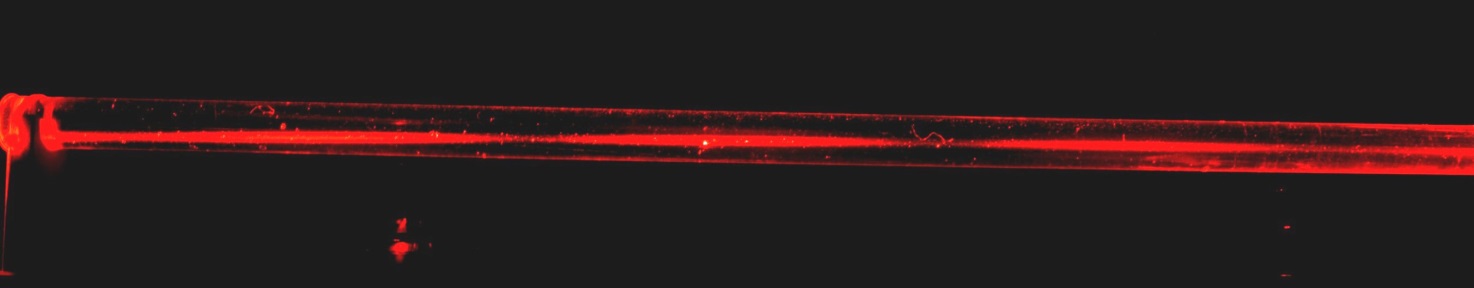


Figura 1.

Così quello che vediamo è proprio la direzione del vettore elettrico del raggio di luce che percorre il tubo.

La distanza fra due minimi, corrispondente ad una rotazione di 180° del piano di polarizzazione della luce è facilmente misurabile, e nel caso della figura è di circa 20 cm. Questo fornisce tramite la (1) il valore del potere rotatorio specifico per la soluzione dello zucchero usato, per la luce laser di 640 nm di lunghezza d’onda e alla temperatura di 20°:

[*α*]64020 ≅ 90 gradi *∙* cm2/g

il cui segno non possiamo apprezzare, ma di valore vicino a quello riportato in letteratura (Tabella 1), con tutte le incertezze sulla concentrazione, sulla accuratezza della determinazione della distanza fra i minimi e soprattutto per la mancanza nelle tabelle del valore del potere rotatorio specifico per il rosso.

1. **Conclusioni**

La possibilità di vedere il campo elettrico di un raggio di luce, entità astratta alla quale nel senso comune non si associa la concretezza della “visuabilizzabilità” rende a nostro parere affascinante questo semplice apparecchio e questo esperimento. A nostra conoscenza essi sono originali.

**Note**

1. Le finestre sono dei vetri piani per orologio da polso, diametro 30,5 mm, che si possono acquistare dai fornitori di articoli per orologiai, oppure al prezzo di 2,55 euro più spese di spedizione presso: https://www.ebay.it/itm/Watch-Glass-Mineral-Crystal-Flat-Round-1-5-mm-thick-range-17-1-mm-to-40mm/122383018560?ssPageName=STRK%3AMEBIDX%3AIT&var=422862539735&\_trksid=p2060353.m2749.l2649

2. Fra i tanti laser con alimentatore, vedi per esempio, con potenza di 150 mW, al prezzo 10,97 euro da una ditta cinese: <https://www.ebay.it/itm/150mW-650nm-660nm-Red-Laser-Module-Diode-655nm-With-12V-TTL-Industrial-Focusable/152601883957?hash=item2387c7f535:g:tn8AAOSw8d5ZUh5A> .

Con l’unico svantaggio che occorre aspettare più di un mese per averlo.