

SCHEDA 09. Realizzazione di un prisma per liquidi e misura dell'indice di rifrazione

Finalità		Realizzazione di un prisma per liquidi Osservazione dell'angolo minimo di deviazione. Misura dell'indice di rifrazione dell'acqua (o altro liquido trasparente)			
Adatto a tutte le classi?	Realizzabile dagli studenti?	Compito a casa?	N. Minimo persone	Dimostrativo ? (tempo, h)	Quantitativo ? (tempo, h)
Si	Si	Si	1	30'	30'
Strumentazione/materiale		<ul style="list-style-type: none"> • Piano di lavoro in compensato o polistirolo duro. ($\sim 40 \times 55 \times 1.5 \text{ cm}^3$) • foglio di plastica rigida e trasparente ($\sim 10 \times 10 \text{ cm}^2$)[1] • taglierino/seghetto, vite, cacciavite, tronchesino • 3 vetrini per microscopio • alcuni elastici • Pistola con colla a caldo o oppure colla siliconica • matita, spilli, riga, goniometro • puntatore laser di bassa potenza ($\sim 1 \text{ mW}$)[2] • supporto per il laser • acqua in quantità sufficiente a riempire il prisma • Macchina fotografica o telefono cellulare con fotocamera • Cartoncino 			
Supporti informatici suggeriti		<ul style="list-style-type: none"> • Computer con software di visualizzazione delle foto per la misura degli angoli dalle immagini. • Eventualmente un software per la misura di angoli [3]. • Foglio elettronico (Excel - MS o Calc -Oo, o equivalente) per il trattamento dei dati e i grafici. 			
Note		<ol style="list-style-type: none"> 1. Si può usare la custodia di un vecchio CD o spezzoni di plastica trasparente. 2. Utilizzare un puntatore laser di bassa potenza come i laser rossi da porta chiave (λ circa 630 nm, potenza circa 1mW): i laser verdi o blu che si possono trovare in commercio sono estremamente pericolosi. Informare gli studenti sui rischi di un laser, sia pur di bassa potenza. 3. Es. il software Tracker [www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker] consente di visualizzare e misurare gli angoli dalle immagini senza ricorrere al goniometro. <p>Nota: L'allestimento si presta ad effettuare misure e osservazioni per liquidi trasparenti (acqua, alcool, sapone liquido, olio di paraffina, etc...),</p> <p>Nota: Si può effettuare un'esperienza analoga usando una scatoletta di plastica anche a base rettangolare.</p>			
Autore		<i>Carlo Meneghini</i> carlo.meneghini@uniroma3.it <i>Monica Bionducci</i> m.bionducci@gmail.com			

Termini e condizioni

Il presente materiale è stato realizzato dai autori con il supporto del dipartimento di Scienze, Università Roma TRE, nell'ambito del progetto LS-OSA (Finanziamento MIUR). L'utente si impegna a rispettare le clausole specificate nella sezione *Termini E Condizioni* della piattaforma LS-OSA. In particolare le:

Condizioni di utilizzo da parte degli utenti:

L'Utente è consapevole di poter utilizzare il materiale unicamente per scopi didattici. La vendita, la concessione in licenza, la distribuzione, la riproduzione parziale o totale dei materiali pubblicati senza l'espressa e preventiva autorizzazione dell'Autore e/o Dipartimento di Scienze, comporta la violazione della legge sul diritto d'autore.

Svolgimento

Realizzazione: costruzione del prisma

Si realizza un prisma a base triangolare usando 3 vetrini da microscopio incollati. Ciò permette di avere al base a forma di triangolo equilatero e quindi angoli precisi (60°). Si possono usare scatolette e contenitori di forma diversa, importante è che le pareti siano perpendicolari al piano di lavoro.

Utilizzare un piano di plastica trasparente come base del prisma, va bene un coperchio di un vecchio CD, l'importante è che sia rigido e possibilmente trasparente. Si uniscono tre vetrini da microscopio con un elastico a formare un triangolo equilatero. Incollare i vetrini tra loro con la colla a caldo (o silicone). Quindi si poggia il triangolo sulla base e si incollano i bordi (non sporcare le facce). La colla siliconica impiega più tempo della colla a caldo per solidificare (almeno 12 ore) ma garantisce un risultato migliore e duraturo. La colla a caldo tende a staccarsi dal vetro ma consente di realizzare rapidamente l'oggetto. Usando la colla a caldo i bordi possono essere ripassati con un saldatore per migliorare l'adesione o sanare perdite.



Figura 1: Materiali e montaggio del prisma.

Provare la tenuta degli incollaggi riempiendo il prisma d'acqua. Attenzione: i vetrini devono essere molto puliti. E' facile che i vetrini si scollino. In questo caso è necessario pulirli e ricominciare.

Praticare un piccolo forellino sulla faccia posteriore della base del prisma, in corrispondenza di una delle facce (non passante) del prisma. Servirà per far ruotare il prisma attorno ad un punto fisso realizzato inserendo la punta di uno spillo sul piano di lavoro.

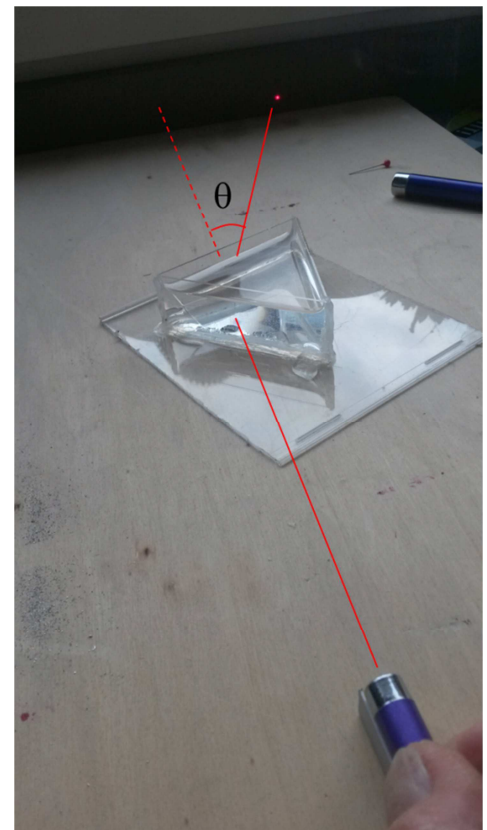


Figura 2: prisma montato (sopra) e schema dell'esperienza (a destra)

Per tener fermo il laser è possibile realizzare un piccolo supporto usando, ad esempio, un profilo di alluminio ad U (fig. 1) forato per essere fissato sul piano di lavoro. In questo modo la posizione del laser è più stabile e riproducibile. Non è indispensabile ma permette di realizzare le misure anche da soli.

Montare il supporto per il laser e fissarlo (es avvitato) sul piano di lavoro. Inserire la punta di uno spillo nel banco di lavoro lasciandola spuntare per circa 1 mm e allineare il laser in modo che la luce passi sulla verticale dello spillo. A questo punto fissare il supporto del laser con le due viti.

La direzione dei raggi luminosi si può individuare piantando degli spilli lungo il percorso (più semplice e riproducibile e realizzabile anche da soli) oppure usando un vaporizzatore e fotografando il tutto (meno accurato e richiede attenzione agli errori di parallasse, però utile per visualizzare effettivamente il percorso dei raggi luminosi).

Per visualizzare il percorso dei raggi luminosi in acqua si può lasciar cadere qualche goccia di latte o grano di calce nell'acqua senza però rendere troppo torbida l'acqua per evitare che la luce trasmessa risulti troppo attenuata.

Osservazioni

Individuare la direzione della luce trasmessa attraverso il prisma pieno di acqua (o altro liquido) aiutandosi con un cartoncino o usando un vaporizzatore: il raggio emergente dal prisma risulta deviato rispetto al raggio incidente, indichiamo con θ l'angolo di deviazione tra raggio incidente e raggio uscente dal prisma (schema in figura 2) . **Attenzione:** per nessun motivo osservare direttamente la luce del laser, anche se trasmessa attraverso il prisma.

Posizionare uno schermo sul fondo del piano di lavoro in modo da intercettare il raggio uscente dal prisma e osservare la posizione dello spot luminoso sullo schermo. Osservare come il puntino luminoso si sposti in modo non monotono in funzione della rotazione del prisma. Verificare che, variando lentamente l'angolo di incidenza α (Fig. 3) esiste un angolo di deviazione minima, θ_{\min} , per il quale il fascio uscente dal prisma sembra fermarsi ed invertire il proprio movimento.

Nella condizione di deviazione minima gli angoli α (tra raggio incidente e faccia anteriore del prisma) e raggio uscente β (tra raggio uscente e faccia posteriore del prisma) sono uguali (fig. 3,4). L'esistenza di una deviazione minima si può dimostrare matematicamente (complicato) oppure osservando che, dal memento che il percorso dei raggi luminosi in ottica geometrica è reversibile, nella condizione θ_{\min} deve essere $\alpha=\beta$ altrimenti si avrebbero due angoli di deviazione minima corrispondenti ad angoli di incidenza differenti.

Si dimostra che, in condizioni di deviazione minima l'indice di rifrazione è:

$$n = \frac{\sin \frac{\gamma + \theta_{\min}}{2}}{\sin \frac{\gamma}{2}}$$

L'angolo di deviazione minima per un prisma è quindi:

$$\theta_{\min} = 2 \cdot \arcsin \left(n \cdot \sin \frac{\gamma}{2} \right) - \gamma$$

nel caso di un triangolo equilatero ($\gamma=60^\circ$) pieno di acqua ($n=1.33$): $\theta_{\min}=23.4^\circ$.

Misurare l'angolo di deviazione minima: usando degli spilli per indicare il percorso del raggio incidente e del raggio deviato, spostare il prisma e tracciare le due rette misurando poi con il goniometro l'angolo di deviazione minima (fig. 5).

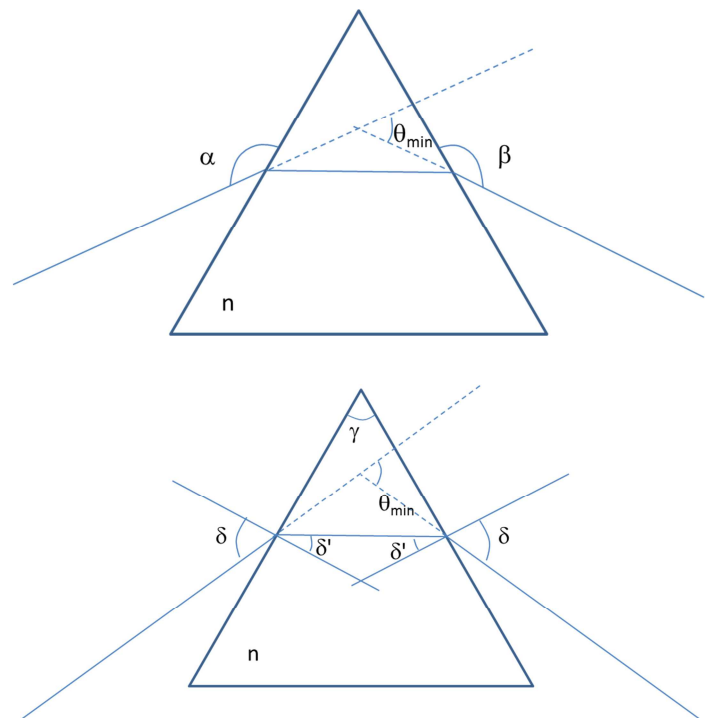


Figura 3: in alto geometria di deviazione minima. In basso: notazione per gli angoli

Discutere il fatto che le pareti di vetro del prisma non cambiano l'angolo di deviazione perchè lastre a facce parallele (usare i risultati della scheda XXX). La legge di Snell per il passaggio attraverso diversi strati può essere scritta:

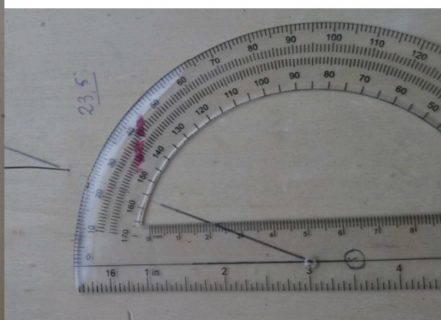
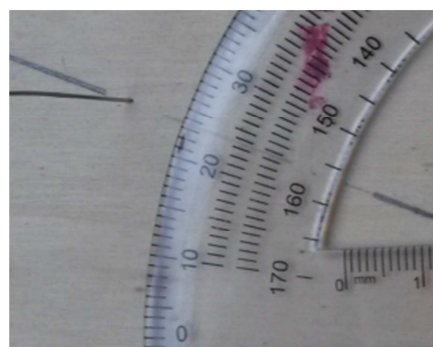
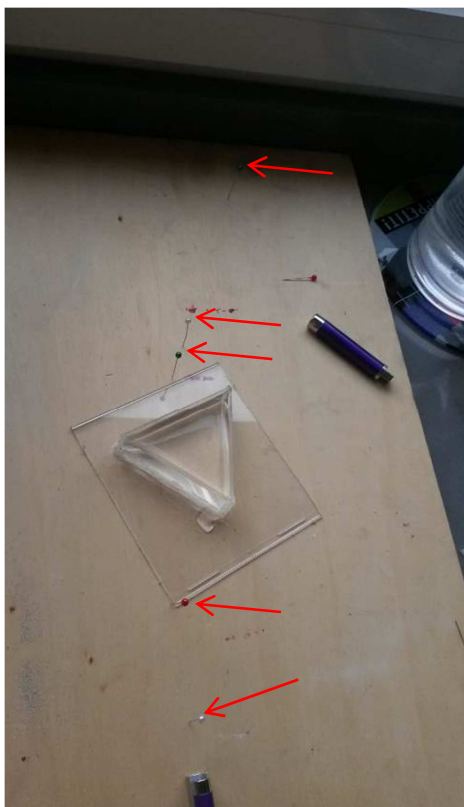
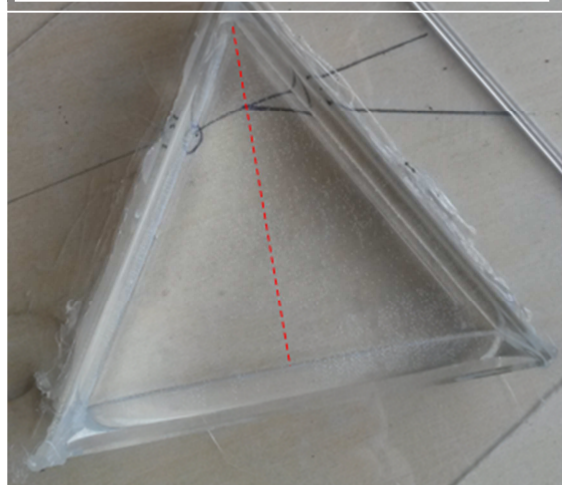
$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 = \dots = n_k \sin \theta_k$$

se le pareti degli strati sono tutte parallele l'angolo di rifrazione nello strato k e l'angolo di incidenza non dipendono agli strati intermedi.

Verificare la simmetria del percorso dei raggi riposizionando il prisma (usare lo spillo per ricentrare il prisma e controllare il minimo di deviazione): osservando in trasparenza le linee tracciate. (fig. 4)

Figura 5: Misura dell'angolo di deviazione minima da un prisma pieno di acqua. A sinistra le frecce indicano gli spilli inseriti lungo il percorso dei raggi. Al centro: si tracciano i raggi incidente e deviato. A destra si misura l'angolo usando un goniometro.

Figura 4: verifica della simmetria della rifrazione in condizioni di angolo minimo.



Note:

E' possibile ripetere l'esperienza utilizzando una vaschetta rettangolare (o quadrata) o di altra forma purchè le pareti siano parallele e verticali. Nel caso di una vaschetta a base quadrata (più facile da realizzare con una scatola di plastica) si ha $\gamma=90^\circ$ e $\theta_{\min}=50.3^\circ$. Nel caso di γ ad angolo retto gli angoli α e β

sono grandi e la luce percorre un tratto relativamente lungo nel vetro (o plastica), i processi di diffusione e la non planarità delle superfici tendono ad allargare lo spot.