

SCHEMA 06. Misura dell'angolo limite di riflessione totale interna all'interfaccia Acqua/Aria

Finalità		Deviazione della luce all'interfaccia tra mezzi diversi (diottra) Verifica/utilizzo della legge di Snell per rendere conto dell'angolo limite di riflessione totale interna			
Adatto a tutte le classi?	Realizzabile dagli studenti?	Compito a casa?	N. Minimo persone	Dimostrativo ? (tempo, h)	Quantitativo ? (tempo, h)
Si[1]	Si	Si	3	15'	30'
Strumentazione/materiale		<ul style="list-style-type: none"> • Vaschetta trasparente con almeno una faccia piana • Acqua in quantità sufficiente a riempire la vaschetta • Un cucchiaino di calce o latte in polvere • Nebulizzatore [2] • Pochi granuli di calce o latte in polvere • Puntatore Laser di bassa potenza (1 mW) [3] • Goniometro, foglio, squadra • Macchina fotografica o telefono cellulare con fotocamera 			
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 [4]. • 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. Sono necessarie nozioni di trigonometria. 2. Come nebulizzatore si può usare una sigaretta elettronica, un pulitore a vapore, polvere del cancellino, spruzzatore, etc... 3. 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. 4. Es. il software Tracker [www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker] consente di visualizzare e misurare gli angoli dalle immagini senza ricorrere al goniometro. <ul style="list-style-type: none"> • Prestare attenzione agli errori di parallasse nella determinazione degli angoli. • Non è facile trovare delle vaschette profonde a forma di parallelepipedo, spesso hanno pareti spesse o stondate. E' possibile usare vaschette poco profonde osservando il fenomeno dall'alto (vedi schede ### ##). ATTENZIONE: in questo caso tener conto del fatto che il plexiglass ha indice di rifrazione 1.5 			
Autore		Carlo Meneghini carlo.meneghini@uniroma3.it Monica Bionducci 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

Riempire la vaschetta con acqua e aggiungere un cucchiaino di latte (o calce). La quantità di latte/calce necessaria dipende dal volume di acqua nella vaschetta, aggiungere a poco a poco un cucchiaino di latte o calce e mescolare. Attenzione a non intorbidire troppo la soluzione.

Ponendo il laser a contatto con la superficie laterale della vaschetta, puntare il fascio verso la superficie di separazione acqua-aria, come in figura 1. Effettuare le osservazioni il più possibile perpendicolarmente al piano di rifrazione, parallelamente alla superficie dell'acqua. E' sicuramente utile usare una macchina fotografica (es. un cellulare), ancora meglio se in modalità ripresa, e poi misurare gli angoli dalle stampe, sullo schermo di un PC oppure ponendo il cellulare con la foto su un foglio e disegnando su un foglio il prolungamento dei raggi. Usando uno schermo grande la misura è più precisa (attenzione a non deformare le immagini), ancora meglio sarebbe utilizzare un software per il trattamento delle immagini o un programma come Tracker.

Osservazioni

Osservare come il raggio di luce venga parzialmente riflesso dentro l'acqua e parzialmente trasmesso in aria usando uno schermo o un nebulizzatore (vedi schede ###).

Verificare che il raggio luminoso, nel passare dall'acqua all'aria, si allontana dalla normale al piano dell'interfaccia acqua-aria, in accordo con la legge di Snell (Scheda05)

All'aumentare dell'angolo di incidenza il raggio rifratto si avvicina sempre più alla superficie di separazione acqua-aria (si allontana dalla normale).

Verificare che per angoli di incidenza abbastanza grandi il fascio rifratto scompare e rimane solo il raggio riflesso.

Definire l'angolo limite come l'angolo di incidenza (in acqua) per il quale l'angolo di rifrazione è 90° .

Verificare che in prossimità dell'angolo limite il raggio rifratto è praticamente parallelo alla superficie dell'acqua.

verificare che raggio incidente, rifratto e riflesso sono sempre complanari (es. usare un cartoncino).

Discutere l'effetto di errori di parallasse sulla misura degli angoli.

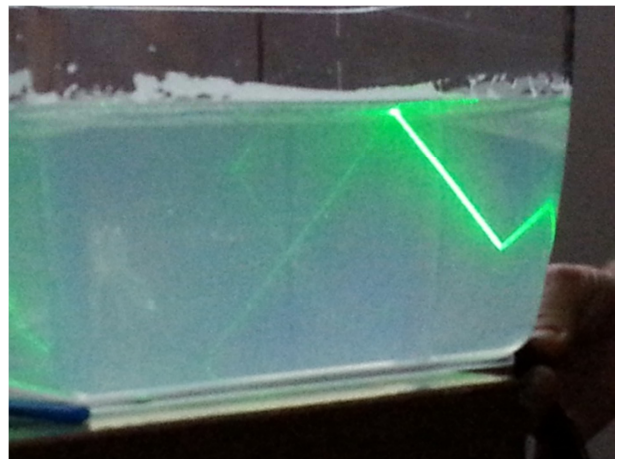


Figura 1: effetto di riflessione/rifrazione all'interfaccia aria/acqua [2]

Misure

Effettuare più volte la misura dell'angolo di incidenza (θ_i) per valori prossimi all'angolo limite (θ_L), così da poter migliorare la precisione [1]. In aula si possono determinare le misure degli angoli θ_i in modo semplice poggiando il cellulare su un foglio e tracciando i prolungamenti dei raggi come suggerito nella scheda 05. Quindi si misurano gli angoli rispetto alla normale.

Calcolare il valore medio dell'angolo limite di riflessione totale interna θ_L dai valori misurati con l'errore associato [1].

Confrontare il valore osservato con il valore atteso per l'angolo limite nel passaggio acqua-aria di circa 49° . Esso può essere dedotto dalla legge di Snell:

$$n_{\text{acqua}} \sin(\theta_{\text{acqua}}) = n_{\text{aria}} \sin(\theta_{\text{aria}})$$

per $n_{\text{aria}}=1$, $n_{\text{acqua}}=1.33$ e il valore massimo di $\sin(\theta_{\text{aria}}) = 1$, si ha

$$\sin(\theta_L) = \frac{1}{n_{\text{acqua}}}$$

quindi $\theta_L = 48.75^\circ$

E' possibile che il valore si discosti dal valore atteso oltre l'incertezza di misura. Nel qual caso è utile discutere possibili sorgenti di errore quali: errori di parallasse, acqua non pura, curvatura delle superfici, deformazione delle immagini, impossibilità di osservare effettivamente il raggio evanescente, etc... Questi errori non sono contenuti nella stima dell'errore statistico.

Note:

[1] L'errore standard sulla media è la deviazione standard diviso la radice quadrata del numero di misure:

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

[2] Nelle foto si è usato un laser verde perchè si visualizza meglio il fenomeno (la diffusione di Rayleigh è più efficace per lunghezze d'onda più piccole, vedi Scheda ###) tuttavia i laser verdi sono molto pericolosi. Nelle realizzazioni in aula vanno usati solo puntatori laser rossi di bassa potenza.