

Acqua magica

Età: 4-99 anni

Descrizione: Questa attività dimostra il fenomeno della riflessione interna totale, introducendo i concetti di riflessione, rifrazione e di angolo critico.

Materiali

- Cartoncino con disegno. Usare un cartoncino rigido, in modo che rimanga stabile quando immerso in acqua.
- Busta in plastica con chiusura a zip.
- Pennarello indelebile.
- Contenitore opaco pieno d'acqua.

Fondamenti

La riflessione consiste nel brusco cambio di direzione cui è soggetto un raggio di luce all'interfaccia fra due mezzi diversi. Parte del raggio incidente rimane nello stesso mezzo di provenienza: questo raggio è detto raggio riflesso. Assumiamo che il raggio incida formando un angolo θ_i con la normale al piano tangente all'interfaccia. Il raggio riflesso formerà un angolo θ_r che giace nello stesso piano del raggio di incidenza. La legge della riflessione afferma che l'angolo di incidenza θ_i è uguale all'angolo riflesso θ_r .

Legge della riflessione: $\theta_i = \theta_r$

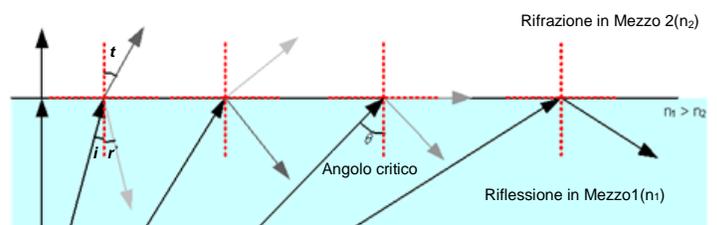
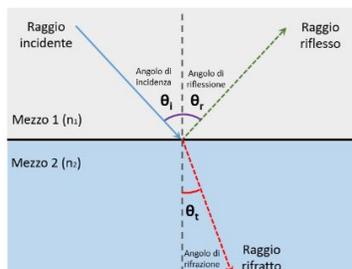
La rifrazione consiste nel cambio di direzione cui è soggetto uno un raggio di luce che passa da un mezzo ed un altro in cui la sua velocità di propagazione cambia. Le proprietà dei due mezzi sono descritte dai rispettivi indici di rifrazione n_i ed n_t . Se l'angolo incidente forma un angolo θ_i con la normale al piano tangente all'interfaccia, il raggio rifratto forma un angolo θ_t che giace nello stesso piano del raggio di incidenza. L'angolo θ_i e l'angolo θ_t sono legati fra loro dalla legge di Snell.

Legge di Snell (o legge della rifrazione): $n_i \sin \theta_i = n_t \sin \theta_t$

Riflessione interna totale

Quando la luce lascia un mezzo ad indice n_i per entrare in un mezzo ad indice più basso n_t , l'angolo di rifrazione sarà più grande dell'angolo incidente. Quindi, il raggio rifratto si propaga più vicino alla superficie di interfaccia rispetto al raggio incidente. Se l'angolo di incidenza cresce, l'angolo di rifrazione può raggiungere i 90° . Al di sopra di quest'angolo, la legge di Snell richiede $\sin \theta_t$ sia maggiore di 1. Quando questo accade, non c'è soluzione per l'angolo uscente, e perciò non ci sarà luce rifratta. Perciò, tutta la luce incidente sarà riflessa dalla superficie. Per risolvere matematicamente il problema, consideriamo la legge di Snell imponendo $\sin \theta_t = 1$. Questo ci permette di ricavare l'angolo critico θ_c :

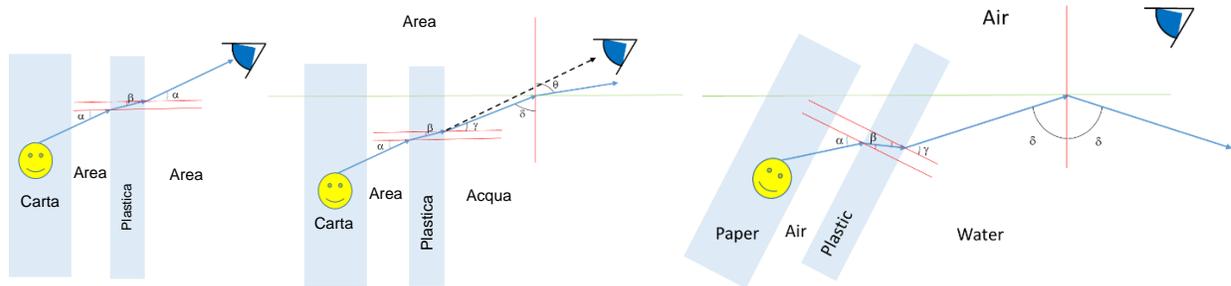
$$\sin \theta_c = \frac{n_t}{n_i}$$



http://macao.communications.museum/eng/exhibition/secondfloor/MoreInfo/2_8_4_TotalInternalReflection.html

Quando inseriamo la busta in plastica in acqua, i raggi riflessi dalla figura sulla carta vengono deflessi per via del cambio di indice di rifrazione che si ha passando fra aria, plastica e acqua ($n_{\text{plastica}} > n_{\text{acqua}} > n_{\text{aria}}$). Quindi i raggi non

raggiungono più l'occhio dell'osservatore. Avvicinandoci alla superficie dell'acqua, riusciamo ancora a vedere l'immagine, perché riusciamo ad intercettare ancora questi raggi. Se poi ruotiamo la busta in plastica nell'acqua, smettiamo ancora di vedere l'immagine. La ragione di questo sta nel fatto che ora i raggi incidono sulla superficie con un angolo maggiore dell'angolo critico, e quindi subiscono il processo di riflessione interna totale. Ruotando ancora la busta in plastica, ad un certo punto smettiamo di vedere anche i disegni che stanno al di fuori della busta in plastica, perché anche quei raggi superano l'angolo critico.



Attività guidata

1. Prendi il cartoncino con la figura (nel nostro esempio abbiamo usato un pesce e uno *smile*).
2. Inserisci il cartoncino nella busta in plastica.
3. Se l'immagine sul cartoncino è uno *smile*, ricalca i suoi contorni sulla busta in plastica usando il pennarello indelebile. Se l'immagine è un pesce, puoi disegnare la lisca.



4. Inserisci la busta in plastica (con il cartoncino al suo interno) nel contenitore pieno d'acqua. Ripeti questa operazione inserendo la busta con diverse angolazioni.



Domande guidate per l'insegnante

Usa queste domande per aiutare gli studenti a trovare da soli le risposte.

1. **Qual è la differenza fra l'indice di rifrazione dell'aria, dell'acqua e della plastica?**
Dobbiamo necessariamente avere ($n_{\text{plastica}} > n_{\text{acqua}} > n_{\text{aria}}$). In particolare $n_{\text{aria}}=1$, $n_{\text{acqua}}=1.33$, $n_{\text{plastica}}=1.49$
2. **Perché l'immagine non è visibile al di sopra di un certo angolo?**
Quando inseriamo la busta in acqua, i raggi riflessi dall'immagine sulla carta vengono piegati a causa del cambio di indice di rifrazione dei vari mezzi, e quindi non incidono più sul nostro occhio.
3. **Perché vediamo solamente l'immagine della busta in plastica?**
Vediamo solo l'immagine della busta in plastica perché quei raggi passano solamente attraverso acqua ed aria, e raggiungono ancora il nostro occhio.