

INTRODUZIONE

Lo scopo dell'esperimento era lo studio, a livello fisico quantitativo e qualitativo, dei cosiddetti *prismi 3D*. Iniziamo subito col chiarire che il nome "prisma" risulta essere errato. Si riporta di seguito la definizione di prisma fornita dalla Treccani:

"In ottica, corpo trasparente delimitato da facce piane non parallele (facce rifrangenti), tali che un raggio di luce che incida su una di esse emerge dall'altra, dopo essere stato rifratto dal mezzo trasparente, subendo una deviazione che dipende dall'indice di rifrazione del mezzo (e quindi dalla lunghezza d'onda della luce incidente) e dalle caratteristiche geometriche del prisma stesso."

Tuttavia, nel nostro caso, non ci interessa il comportamento rifrangente dell'oggetto, ma cerchiamo fondamentalmente un termine semplice e di immediata lettura che possa ricalcare la sagoma, la geometria del nostro oggetto, anche se, neppure geometricamente, quest'ultimo possa essere correttamente definito "prisma". Difatti la definizione di prisma geometrico è la seguente:

"in geometria solida è un poliedro le cui basi sono due poligoni congruenti di n lati posti su piani paralleli e connessi da un ciclo di parallelogrammi (le "facce laterali")."

In aggiunta a quanto detto, il termine "prisma" viene utilizzato nel linguaggio comune proprio per indicare gli oggetti che andremo a studiare. Precisiamo che ad ogni modo, il nome corretto dell'oggetto sarebbe superficie "tronco-piramidale". Nel corso della trattazione tuttavia esso sarà chiamato semplicemente **prisma**, anche per attenerci alla terminologia usata da chi ha già parlato di questo manufatto, sebbene non in termini altrettanto rigorosi.

FASE COSTRUTTIVA

Come prima fase dell'esperimento era necessario costruire tale prisma. Quest'ultimo è costituito da una piramide tronca a basi quadrate. La piramide è stata realizzata incollando tra loro quattro trapezi uguali. Il materiale adoperato per la realizzazione è stato un tipo di plastica trasparente ricavata dalla custodia di un CD con indice di rifrazione $n=1,5$. Si riportano di seguito le foto che documentano il processo ed un riepilogo delle varie misure:



Fig. 1A)

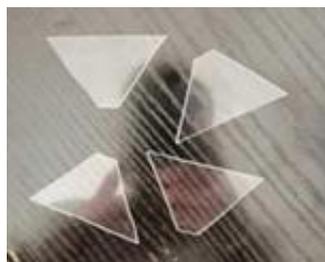


Fig. 1B)



Fig. 1C)

Di seguito le caratteristiche del prisma:



Fig. 2A)

h(spigolo)	2,3±0,1cm
h(trapezio)	3,5±0,1cm
b	1,0±0,1cm
B	6,0±0,1cm
α	41°±3°

Fig. 2B)

Facciamo notare che per α si intende l'angolo che si viene a formare con l'orizzontale. In aggiunta al prisma di plastica, per ampliare lo studio del fenomeno ed osservarlo da diversi punti di vista, abbiamo utilizzato un prisma di vetro con indice di rifrazione $\langle n \rangle = 1,7$ avente circa le stesse caratteristiche geometriche del precedente. Anche di quest'ultimo si riportano le misure dettagliate con foto dell'oggetto:



Fig. 3A)

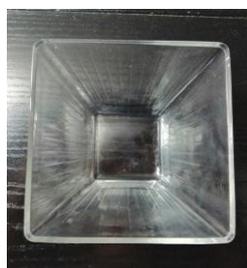


Fig. 3B)

B	10,3±0,1cm
b	4,8±0,1cm
s	0,3±0,1cm
S1	1,0±0,1cm
S2	0,7±0,1cm
S3	1,0±0,1cm
$\langle S \rangle$	0,9±0,1cm
h(spigolo)	5,8±0,1cm
y	2,7±0,1cm
α	65°±3°

Fig. 3C)

In questo caso facciamo notare che s si riferisce allo spessore del vetro, invece i vari S si riferiscono alle misure della base del prisma.

INTRODUZIONE TEORICA

Come già accennato nella prima parte, il nome *ologramma* non è del tutto appropriato in quanto, in fisica, si definisce ologramma la formazione di un'immagine tramite la ricostruzione di un fronte d'onda. Dunque il fatto che si venga a creare un'immagine 3D non fa del prisma un proiettore olografico. Riportiamo la definizione di ologramma sempre secondo l'Enciclopedia Treccani:

“Un ologramma è un'immagine tridimensionale di un oggetto [...] realizzata per mezzo dell'interferenza di due fasci laser”

Inoltre l'ologramma deve presentare le seguenti caratteristiche:

- parallasse;
- le dimensioni dipendono dalla frequenza e forma di ogni fronte d'onda;
- la risoluzione dell'immagine è proporzionale alla frequenza della radiazione utilizzata per crearla.

Una volta appurato che il nostro prisma NON genera un ologramma, ci accingiamo a spiegarne il principio di funzionamento.

La formazione dell'immagine all'interno del volume del prisma avviene per riflessione. Si tratta di una immagine apparente. Per cui lo scheletro teorico è basato sulla seconda legge della riflessione, ovvero:

$$\theta_i = \theta_r$$

dunque, lo studio del nostro esperimento richiede unicamente l'applicazione delle leggi dell'ottica geometrica.

Dalla teoria sappiamo che un raggio luminoso che attraversa una superficie di separazione di due mezzi, con indici di rifrazione diversi, devia subendo il fenomeno della rifrazione. Inoltre, il raggio riflesso emerge dalla stessa parte del raggio incidente rispetto alla superficie di separazione dei due mezzi. Tali raggi hanno direzioni definite dalle leggi di Snell. Come accennato sopra la legge della rifrazione che lega l'angolo di incidenza θ_i a quello di rifrazione θ_r è:

$$n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_r$$

Con n_1 ed n_2 si indicano rispettivamente: indice di rifrazione dell'aria ed indice di rifrazione del mezzo materiale.

È necessario a questo punto fare un breve accenno alle leggi di Fresnel, che generalizzano le leggi di Snell, partendo dalla conservazione dei vettori campo elettrico e magnetico. La relazione che utilizzeremo è in particolare quella relativa al coefficiente di riflessione, semplificata per condizioni di incidenza quasi normali:

$$r = \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2$$

PROCEDIMENTO E MISURE

PRISMA DI PLASTICA

Preliminarmente si è andati a calcolare l'angolo che i due prismi formano con l'orizzontale (tale angolo è già riportato nelle tabelle dei dati con il valore α). Per far ciò è stata applicata la seguente formula:

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{y}{x} \right)$$

Con y e x rappresentati nella seguente immagine:

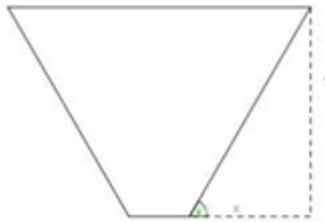


Fig. 4)

Si porta l'attenzione sul fatto che per quanto riguarda x esso rappresenta una proiezione.

Si è poi proseguito ad effettuare alcuni test, coprendo prima, a turno, e successivamente a due a due le immagini che venivano proiettate. Questo procedimento non ha influito sull'effettiva tridimensionalità delle immagini: l'effetto è stato difatti soltanto circoscritto alla luminosità di queste ultime.

Visto ciò, ci siamo chiesti quanto contasse la proiezione stessa nella tridimensionalità dell'immagine in quanto i video sfruttavano gli effetti prospettici per simulare già in sé una profondità di campo. A questo punto abbiamo provato, con un solo trapezio di plastica, a proiettare una delle quattro costituenti del video. Tale test ha rivelato quanto ci aspettavamo, ovvero l'immagine si proiettava correttamente anche in questa sola condizione, perdendo però la possibilità di essere vista da più angolazioni e, soprattutto, perdendo in luminosità. Abbiamo provato a coprire l'interno di una delle facce dei prismi ed abbiamo osservato quanto già visto con il trapezio singolo, ovvero che ciò che si osserva non è determinato dai raggi trasmessi al di là della superficie del "prisma", ma dai raggi riflessi. Quindi, poiché l'immagine che si osserva è nel volume interno, si può concludere che si tratti di un'immagine virtuale, diritta, di dimensioni uguali alla sorgente ottenuta in riflessione dalla superficie piana inclinata del "prisma". Si è proceduto in seguito ad una verifica con un piccolo specchio. Le immagini si presentavano identiche se non per una maggiore luminosità, che imputiamo al fatto che che gli specchi riflettono completamente.

Ci siamo dunque accorti che di fatto la presenza delle ulteriori immagini fosse soltanto circoscritta ad aumentare la definizione e la luminosità e anche a fornire l'impressione che fosse scalabile (visibile da più angolazioni).

Applicando le leggi di Snell si osserva che lo spostamento del raggio è molto piccolo. Questo fa sì che esso non sia di fatto percettibile e quindi quello che viene ad essere osservato è spiegabile solamente dalla legge della riflessione.

Ci siamo infine chiesti, dato che la riflessione non conta nulla nel rendere le immagini tridimensionali, per quale motivo il "prisma" sia stato costruito con queste misure così precise. Prima di tutto chiariamo che è comodo avere delle misure fissate in modo che "l'esperimento" sia facilmente riproducibile. In secondo luogo, l'angolo è ottimale in quanto il raggio viene riflesso alla giusta inclinazione per un osservatore.

PRISMA DI VETRO

Tale prisma si è di fatto rivelato molto più interessante a livello di studio. Inizialmente il prisma è stato usato a vuoto in quanto, come si può osservare dalle foto già riportate, è in grado di contenere liquidi. L'immagine a vuoto risulta essere doppia e non molto definita in quanto quello che si va ad osservare sul vetro sono le immagini riflesse da entrambe le superfici aria/vetro, vetro/aria.

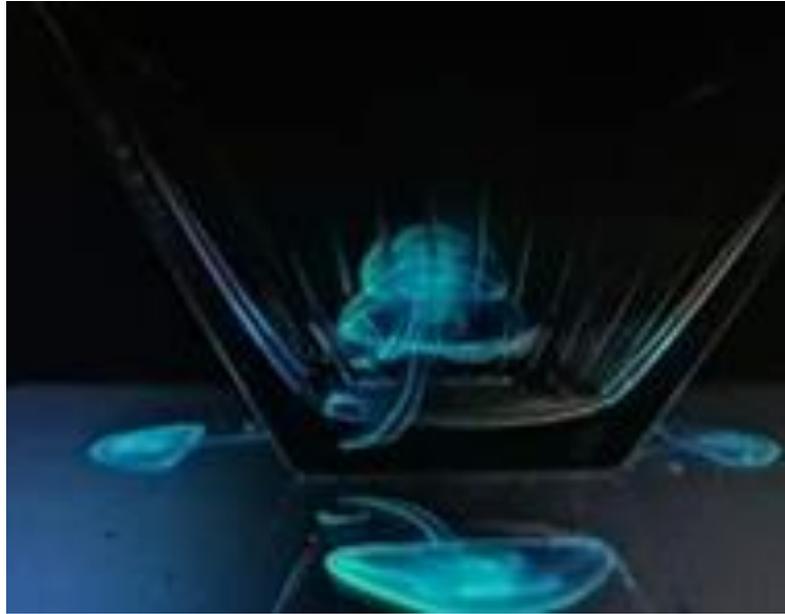
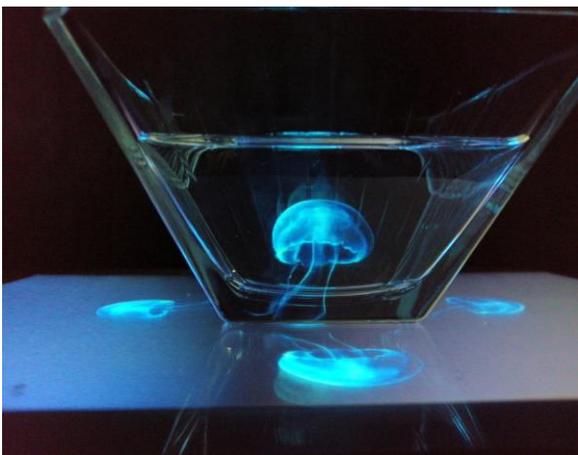


Fig. 5)

Come si può osservare dalla foto, il prisma presenta uno sdoppiamento dell'immagine, una apparentemente più vicina e una più lontana: quella più debole è dovuta alla riflessione alla seconda superficie vetro/aria del raggio che è stato rifratto alla prima superficie aria/vetro.

A questo punto si è riempito il prisma di acqua, dapprima con un volume di $(100 \pm 10)ml$ e successivamente con un volume di $(200 \pm 10)ml$. Nel primo caso si è osservato che l'immagine diventava più luminosa ma restava in parte poco definita e la seconda immagine riflessa si poteva ancora osservare solo oltre il livello dell'acqua. Nel secondo caso si è visto che l'immagine riflessa scompariva e la prima immagine era difatti nitida e ben definita



Per verificare la causa di questo comportamento siamo andati ad apporre a una faccia del prisma un piccolo specchio, in modo da assicurarsi che la seconda immagine fosse anch'essa effettivamente formata dalla riflessione. I risultati sono visibili nella figura sottostante.

Fig. 6A)

Fig. 6B)



Fig. 7)

Una volta appurato che anche in questo caso si trattava di riflessione, per spiegare la scomparsa di questa una volta introdotta dell'acqua all'interno del prisma, ci siamo appellati alla legge di Fresnel sopracitata che afferma che al diminuire della differenza degli indici di rifrazione (l'indice di rifrazione dell'acqua ha un valore numerico più vicino a quello del vetro rispetto all'indice di rifrazione dell'aria) diminuisce anche l'intensità dei raggi riflessi.

REALIZZAZIONE DEI VIDEO PER OLOGRAMMI

I risultati ottenuti ci hanno portato a ipotizzare ed a renderci conto che, di fatto, le immagini visualizzate sul prisma erano 3D in quanto la sorgente presentava un'illusione di tridimensionalità. Per verificare al meglio la nostra ipotesi abbiamo creato un'immagine che rappresentava solamente figure piane ed effettivamente, la figura visualizzata era di fatto in due dimensioni.

Ci siamo informati su come venissero realizzati i video che abbiamo utilizzato e ci siamo resi conto che, questi ultimi, erano montati costruendo inizialmente un video, che forniva una base per ciò che si voleva proiettare sul prisma. Successivamente tale video, attraverso opportuni programmi di montaggio, veniva inserito su una base, che raffigurava appunto le dimensioni della base trunca della piramide. Tra un lato e l'altro il video veniva ruotato di 90°. In questo modo i video presenti alla base della piramide sono tutti uguali e servono, come già detto nella parte introduttiva, a fornire l'illusione di tridimensionalità. Riportiamo di seguito alcune immagini dei passaggi salienti che vengono eseguiti ed il link relativo al video che ne spiega la realizzazione.



Fig. 8A)

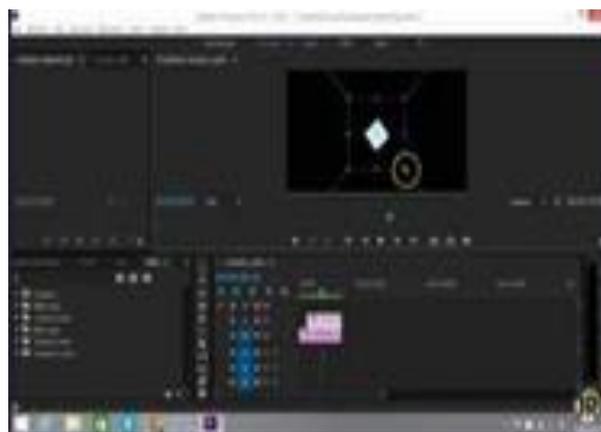


Fig. 8B)

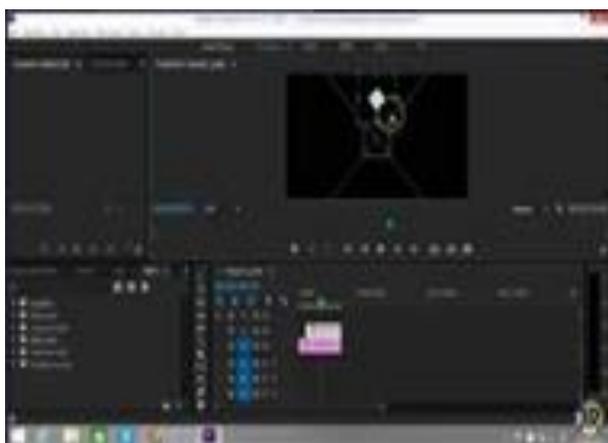


Fig. 8C)

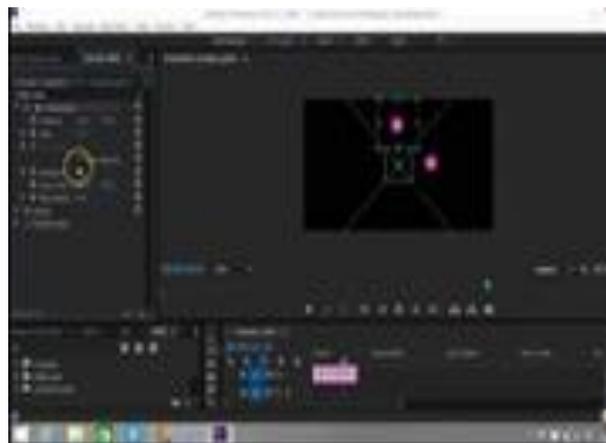


Fig. 8D)

CONCLUSIONE

Visto lo scopo che ci siamo prefissati durante questa nostra esperienza, che ricordiamo essere la comprensione del funzionamento del “prisma” possiamo dirci estremamente soddisfatti; in quanto non solo abbiamo compreso appieno il principio di funzionamento ma abbiamo potuto approfondire diversi fenomeni fisici rilevanti quali: l’olografia, l’ottica geometrica e la sua generalizzazione contenuta nelle leggi Fresnel.

In più questo esperimento ci ha anche permesso di capire come molto spesso nel linguaggio comune molti fenomeni fisici vengano erroneamente interpretati, aggiungendo così un ulteriore valore didattico a questo esperimento.

Bibliografia e sitografia:

- Definizione prisma dall’Enciclopedia Treccani
- Defizione prisma in geometria dall’Enciclopedia Treccani

- Definizione ologramma dall'Enciclopedia Treccani
- Leggi Fresnel da Wikipedia:
https://it.wikipedia.org/wiki/Leggi_di_Fresnel
- Link per realizzazione prisma:
<https://www.youtube.com/watch?v=H8JZO3mce7o&t=84s>
- Link per la realizzazione dei video:
<https://www.youtube.com/watch?v=G3oqEBK6cZg>