

REGIONE
TOSCANA



Introduzione all'ottica geometrica

Grado scolastico: Scuola secondaria di secondo grado

Area disciplinare: Fisica

Liceo Statale Fermi – Cecina (LI)

*Docenti coinvolti: Sarri Federica, Santucci Sonia,
Barbensi Alessio.*

Realizzato con il contributo della Regione Toscana
nell'ambito del progetto

Rete Scuole LSS a.s. 2021/2022

Introduzione all'ottica geometrica

Osservare, Sperimentare, Comprendere

Anno del livello scolastico:

2^o secondaria superiore

4^o secondaria superiore

Collocazione del percorso nel curriculum verticale

Il percorso presentato è stato realizzato nel primo biennio, in una classe seconda del liceo scientifico, in accordo con le Indicazioni Nazionali, con lo scopo di introdurre gli studenti allo studio delle ipotesi sulla natura della luce, studio che verrà poi ripreso e approfondito nel secondo biennio, per concludersi durante l'ultimo anno, con la relatività e l'introduzione alla meccanica quantistica.

Gli strumenti matematici utilizzati sono relativamente semplici e coerenti con la preparazione degli studenti nel biennio.

Il percorso si è svolto nella parte centrale del secondo quadrimestre, quando gli studenti avevano già incontrato le grandezze del moto come spazio percorso e velocità, grandezze che sono state richiamate quando si è parlato di velocità della luce e della distanza percorsa dalla luce in un dato intervallo di tempo.

Obiettivi essenziali di apprendimento

Obiettivi generali

Attraverso l'attività sperimentale si tenderà a una conoscenza più consapevole della disciplina; mediante lo studio dell'ottica geometrica lo studente sarà in grado di interpretare i fenomeni della riflessione e della rifrazione della luce e il funzionamento dei principali strumenti ottici.

Obiettivi specifici

Utilizzare il lessico specifico

Comprendere che la luce si propaga dalle sorgenti e da queste verso i rivelatori

Comprendere che la luce si propaga in linea retta e che la luce che si osserva è diffusa dalla materia

Comprendere il fenomeno dell'origine dei colori

Comprendere i concetti di riflessione e rifrazione

Saper utilizzare le leggi della riflessione e della rifrazione per interpretare fenomeni

Utilizzare in modo consapevole i concetti acquisiti per interpretare e spiegare la formazione dell'immagine con gli specchi.

ELEMENTI SALIENTI DELL'APPROCCIO METODOLOGICO

- ▶ Si presenta un percorso didattico sui principi dell'ottica geometrica in forma quasi totalmente laboratoriale e con l'obiettivo di indurre negli studenti la **costruzione attiva della conoscenza** piuttosto che la sua riproduzione passiva, nell'ottica della centralità e dell'originalità del cammino individuale dell'apprendimento. Il docente manterrà in contesto il percorso in maniera discreta, limitando il più possibile l'uso di sequenze istruttive "ex machina" e promuovendo e incoraggiando l'apprendimento cooperativo.
- ▶ Nel percorso è stato affrontato il comportamento della luce, partendo dal senso comune della visione. Si è analizzato il comportamento della luce quando interagisce con gli oggetti, si sono usati strumenti di laboratorio per costruire un modello di propagazione della luce, partendo da una descrizione qualitativa arrivando alla formulazione di leggi quantitative.
- ▶ Durante il percorso è stata esaminata la relazione tra luce e colore degli oggetti.
- ▶ Il percorso ha affrontato alcuni degli aspetti storici che cercavano di spiegare, nel passato, la visione, osservando che i misconcetti odierni dovuti al senso comune sono molto simili alle concezioni del passato.
- ▶ Il percorso presentato è stato svolto dalla prof.ssa Federica Sarri nella classe 2B scientifico ed ha coinvolto 27 studenti. Tale percorso è stato svolto anche nella 2° A Liceo Scientifico Sportivo (25 studenti) e nella 4° B Liceo Linguistico (26 studenti).

Materiali, apparecchi e strumenti utilizzati

- ▶ Materiali: banco e kit ottico del laboratorio di fisica, bacinella, monete, oggetti di piccole dimensioni, faretto
- ▶ Strumenti:
- ▶ Utilizzo intensivo di strumenti digitali: classroom (per la condivisione di immagini e fotografie e riflessioni fatte durante le attività, per il diario di bordo)
- ▶ Fotografie dal web
- ▶ Libro di testo (nella parte finale del percorso, per lo svolgimento di esercizi)

Ambiente in cui si è sviluppato il percorso

Il percorso è stato attuato, nelle fasi operative, in laboratorio, auletta buia e di pomeriggio a casa, nelle fasi di riflessione condivisa e sintesi, in aula e in laboratorio.

AMBIENTI:

- ▶ Aula
- ▶ Laboratorio di fisica
- ▶ Auletta buia
- ▶ Casa
- ▶ Classroom

Tempi impiegati

- ▶ Per la progettazione del percorso sono state impiegate 6 ore, in collaborazione con i docenti delle classi in cui è stato effettuato.
- ▶ Il percorso si è svolto dalla metà di febbraio fino all'inizio di aprile per un totale di 12 ore + 1 ora per la verifica scritta, corrispondenti a circa un quarto delle ore annuali effettivamente svolte (biennio Liceo scientifico, 2 ore settimanali).
- ▶ Le lezioni si sono svolte interamente in presenza, in qualche occasione uno o due studenti hanno assistito a distanza per problemi correlati alla pandemia.
- ▶ Per la documentazione finale sono state impiegate 30 ore.

Traguardi di competenza

- ▶ Osservare e saper individuare fenomeni.
- ▶ Costruire modelli.
- ▶ Formulare ipotesi.
- ▶ Utilizzare e verificare sperimentalmente leggi fisiche.

Scopi generali

- ▶ Si ribadisce che l'obiettivo principale del percorso didattico è quello di indurre negli studenti l'abitudine alla **costruzione attiva della conoscenza**.
- ▶ Un altro obiettivo è l'attuazione dell'apprendimento cooperativo dove la sequenza **'osservazione - verbalizzazione individuale - conclusione condivisa'** caratterizzerà tutto il percorso reiterandosi continuamente.

L'attuazione del percorso con gli studenti verrà scritto in prima persona.

Percorso svolto:

Introduzione all'ottica geometrica

Inizio la lezione dicendo agli studenti che devono prendere appunti in modo rigoroso e fare fotografie con immagini significative di esperimenti e situazioni per redigere in modo esaustivo il DIARIO DI BORDO. Comunico che il diario dovrà essere individuale, ciascuno studente troverà il proprio su Classroom ed io controllerò lo stato di avanzamento periodicamente. Il Diario di Bordo sarà valutato e la puntualità della sua redazione sarà un elemento di valutazione. Il diario di bordo servirà per tenere traccia del nostro percorso, renderà gli studenti consapevoli dei progressi e sarà uno strumento sul quale potranno studiare per la verifica.

Chiedo di rispondere alle domande:

- ▶ Quando guardiamo, che cosa vediamo?
- ▶ La luce, da dove viene?

I ragazzi sono perplessi, mi chiedono di esporre nuovamente la domanda.

Provano a guardare sul libro, ma dico loro di non farlo. Parlano tra loro. Non sanno cosa dire, borbottano, provano a scrivere.

Invito una studentessa alla lavagna per scrivere le risposte degli studenti:

- ▶ Vediamo dei corpi illuminati dalla luce.
- ▶ Vediamo ciò che ci circonda grazie alla luce.
- ▶ Quello che si vede dipende dalla luce.
- ▶ Vediamo ciò che è nel nostro campo visivo, qualcuno parla di range visivo.
- ▶ Vediamo forme e colori che sono abbastanza grandi per essere visti e non si vede la cellula
- ▶ Vediamo soggettivamente solo ciò che l'occhio riesce ad osservare

- ▶ Vediamo solo ciò che la luce ci permette di vedere per grandezza e angolazione
- ▶ Ognuno vede il mondo da un punto di vista diverso
- ▶ Non vediamo le cose astratte come le emozioni

Per quanto riguarda la seconda domanda, si sentono più sicuri delle risposte.

Parlano della luce che proviene dall'energia che ci circonda.

Fanno confusione tra lampadine e lampadari.

Parlano di corpi luminosi come stelle e sorgenti artificiali. La luce è data dai colori, il bianco illumina, il nero fa più buio, assorbe.

L. dice che la luce non è fatta di particelle, ma di onde, F. dice che è composta da particelle con comportamenti diversi. F. dice che proviene da radiazioni elettromagnetiche.

Per casa devono rispondere alle seguenti domande (che assegno su classroom, in modo da poter controllare le risposte):

- ▶ Perché ci vediamo?
- ▶ Vedete direttamente il sole?

- ▶ Come mai, anche senza una sorgente di luce, ci vediamo?
- ▶ I nostri occhi vedono perché guardano o perché vi entra qualcosa dentro?

Dall'analisi delle risposte, osservo che tutti concordano sul fatto che vediamo perché la luce illumina i corpi.

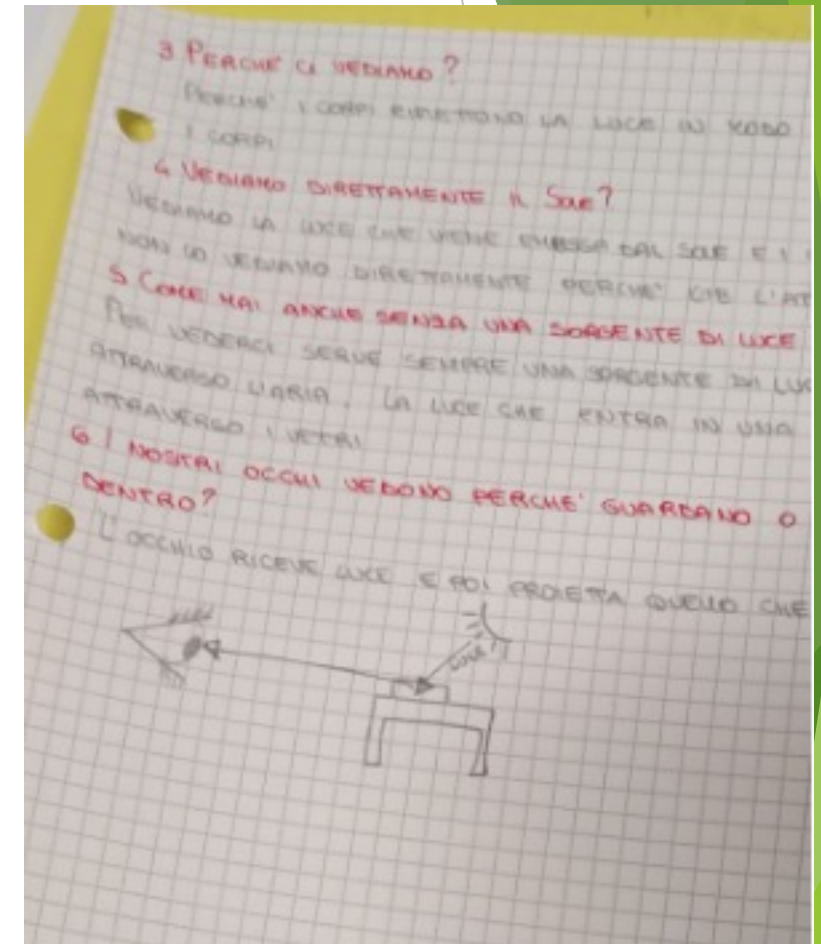
Sintesi delle risposte date:

- ▶ vediamo solo la luce che il sole emette, vediamo i raggi del sole, si vedono i corpi che il sole illumina,
- ▶ non si vede direttamente né il sole né la luce che il sole emette e si vede la luce filtrata dall'atmosfera, se si va nello spazio il sole si vede diverso
- ▶ molti studenti hanno risposto che l'occhio riceve la luce
- ▶ alcuni studenti ritengono che ciò sia vero, ma l'occhio riceve la luce poi proietta ciò che vediamo davanti a noi
- ▶ le sorgenti possono essere naturali o artificiali, senza sorgenti non si può vedere, *ma anche il buio si può vedere.*

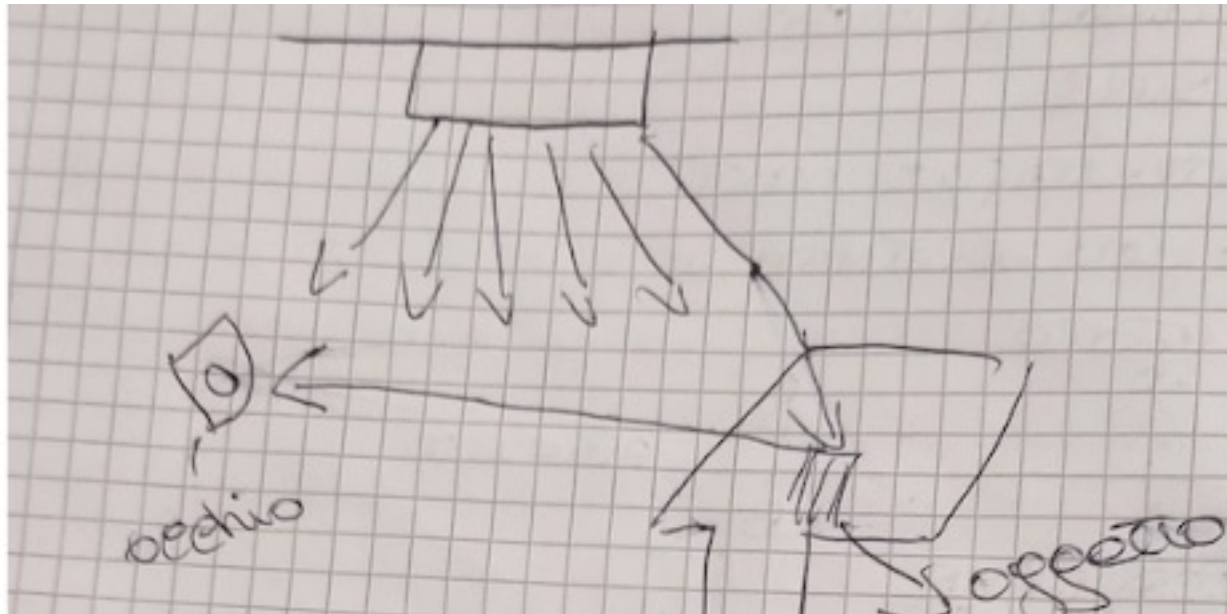
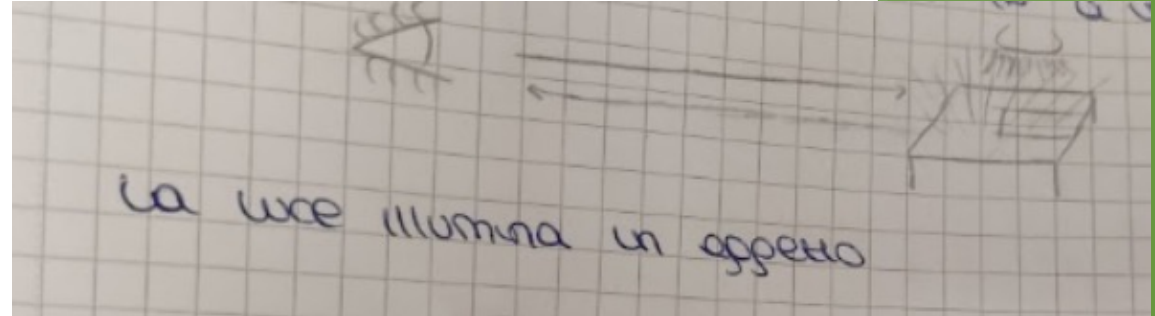
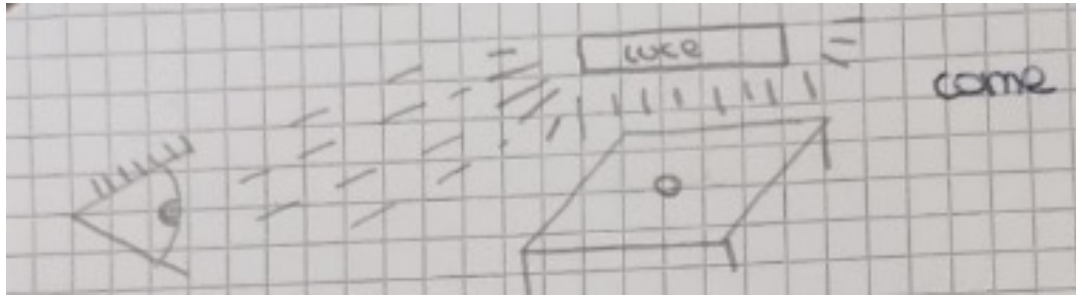
Nella lezione successiva, illustro la sintesi delle risposte e, dopo aver moderato la discussione tra gli studenti, metto la custodia del computer sulla cattedra e la guardo; nella stanza entra la luce dalle finestre.

Chiedo di rappresentare con un disegno la situazione, sono insicuri, allora disegno alla lavagna un occhio, la scrivania con sopra la custodia e formulo nuovamente la domanda. Sono perplessi. Mi metto con le spalle rivolte verso la custodia e chiedo se vedo la custodia. Dicono di no (tirano fuori di nuovo il campo visivo), chiedo loro che cosa c'è di diverso rispetto a prima e qualcuno sembra capire. Iniziano a disegnare.

Molti studenti rappresentano la situazione in questo modo, mentre qualcun altro è in difficoltà e non riesce a disegnare.



Allora chiudo le tapparelle, accendo le luci e chiedo di fare il disegno in questa situazione. Sembrano più sicuri, tutti disegnano.



Va meglio, iniziano a capire che la luce deve entrare nell'occhio.

A questo punto spengo le luci e accendo un faretto con cui illumino la solita custodia sulla cattedra. Chiedo agli studenti di spiegare a parole cosa vedono e di fare un disegno con l'occhio che guarda.



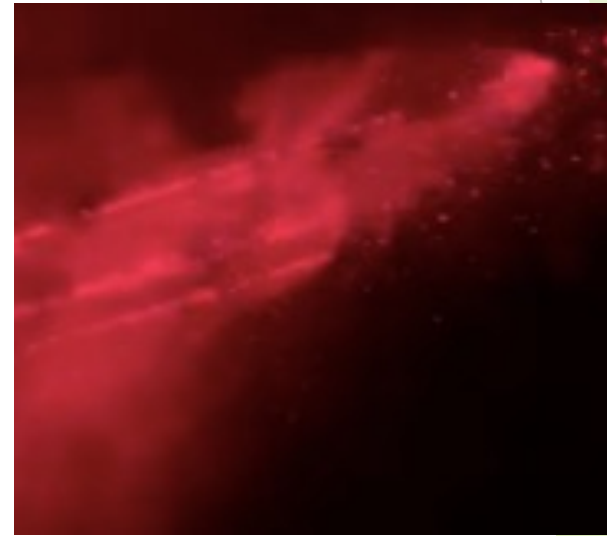
Sono perplessi, dicono di vedere la custodia, dicono che vedono la luce che dal faretto va verso la custodia, ma non rappresentano la luce che dal faretto va verso l'occhio, quindi non capiscono come si riesca a vedere. Chiedo a L. di spiegare meglio e mi dice che nel caso della luce grande accesa gli occhi vedevano non solo la luce che va dalla lampada all'oggetto ma anche quella che va dalla lampada all'occhio. In questo caso no.

Siamo al buio, prendo il laser, lo punto verso il muro e chiedo di spiegarmi che cosa vedono, *se vedono il raggio laser nell'aria*.

Dicono che si vede la luce del laser solo quando sbatte sul muro, allora *scuoto una cimosa sul fascio laser*. Alcuni studenti si aspettavano di visualizzare il raggio con il pulviscolo, altri sono sbalorditi. Facciamo foto e filmato di quanto avviene, il materiale viene condiviso su Classroom. Assegno domande e disegni per casa:

dopo aver pensato a quanto visto a scuola, rispondere

1. Che cosa è cambiato mentre guardavo la custodia del computer sulla cattedra, quando la luce entrava dalle finestre, quando le tapparelle erano chiuse e la luce accesa, quando era acceso solo il faretto?
2. Fare un nuovo disegno per ciascuna di queste tre situazioni.
3. Quando nella stanza buia si accende il laser, che cosa si vede nell'aria?
4. Dove vedo il raggio laser? Come lo vedo?
5. Quando riesco a visualizzare il raggio laser nell'aria? Perché?
6. Devono guardare le foto che ho messo su Classroom del cielo su Marte, sulla Luna, il tramonto sulla Terra.



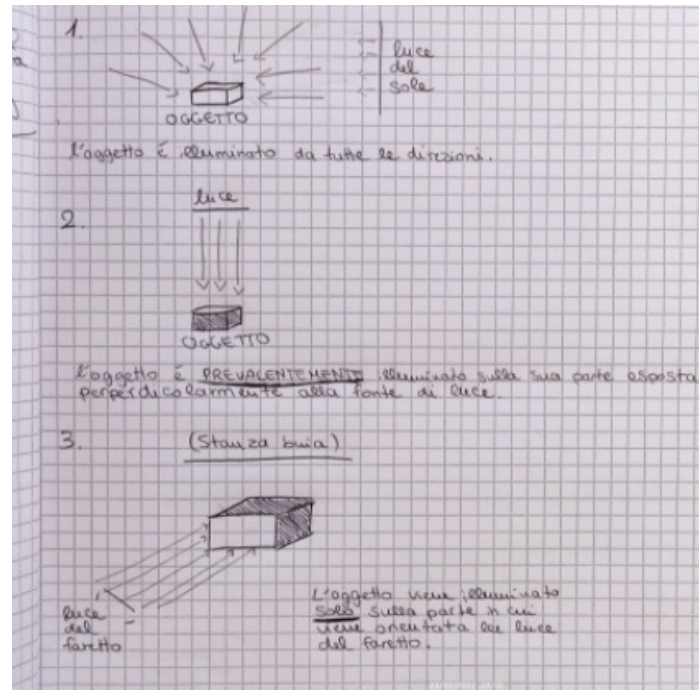
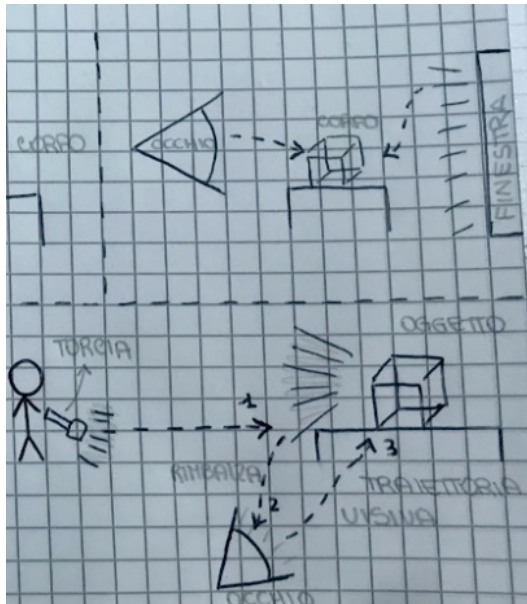
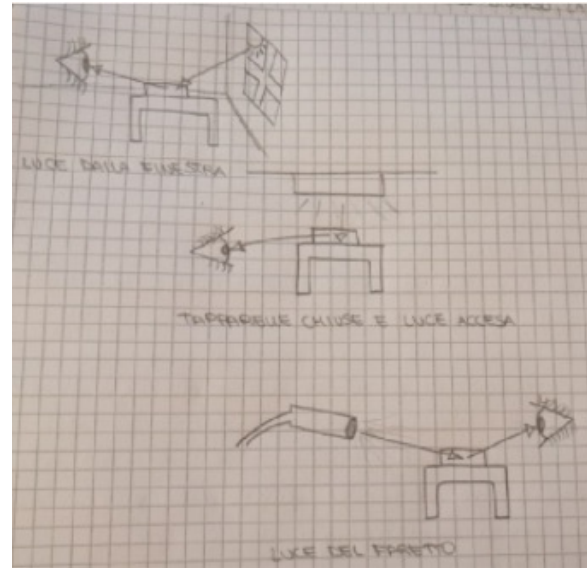
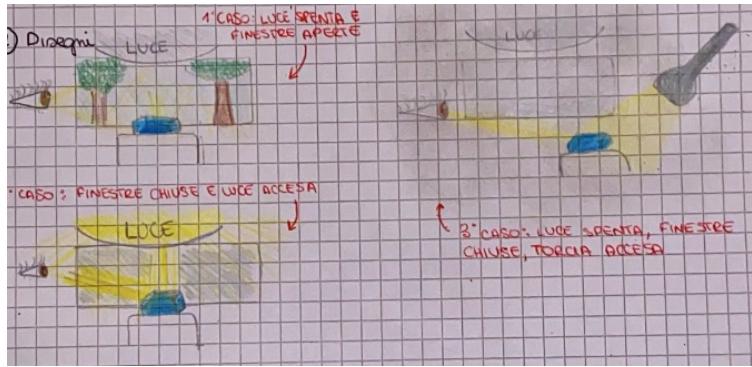
Sintesi delle risposte che gli studenti hanno dato.

1 Il modo in cui vediamo l'oggetto cambia in base alla luce che entra nella stanza. Con il solo faretto che illumina la stanza, con le tapparelle chiuse o con la luce naturale la visione cambia e di conseguenza anche il colore.

3 Quando abbiamo acceso il laser al buio potevamo vedere solo i raggi rossi riflessi nel muro. *Ma nell'aria non si vedeva niente.* Lo spazio tra la sorgente e il muro era vuoto.

4/5 Agitando la polvere di gesso sull'ipotetico cammino dei raggi laser, *questa li mette in evidenza, riflettendo la luce e dandoci la possibilità di vederli.* Infatti noi *non ci accorgiamo della propagazione della luce di solito, ma ponendo un ostacolo su di essa, questa si riflette sul corpo.*

E' importante l'affermazione che nell'aria non si vede il raggio laser, questo vuol dire che stanno superando i preconcetti.



Alcuni studenti hanno difficoltà a disegnare l'occhio che guarda e la luce che entra nell'occhio.

E. ed altri studenti hanno disegnato l'occhio e i raggi con il verso corretto.

In qualche disegno permane ancora il concetto dell'occhio che emette dei raggi

Mi metto in piedi con la lavagna alle spalle e chiedo se posso leggere che cosa c'è scritto alla lavagna. Tutti dicono di no. Chiedo una spiegazione. Affermano concordemente che la luce deve entrare nell'occhio.

Mi giro, guardo la lavagna (la luce è emessa dalle lampade, le tende sono chiuse) e chiedo se riesco a leggere quello che è scritto sulla lavagna. Dicono di sì, io chiedo di fare un disegno.

Questa volta disegnano i raggi luminosi che rimbalzano sulla lavagna ed entrano nell'occhio.

A questo punto, in penombra, accendo il faretto e lo punto sullo schermo di un cellulare, gli studenti osservano, poi lo punto sulla parete, poi sulla porta, loro mi chiedono di puntarlo sullo schermo del televisore. Punto il faretto anche verso uno specchio.

Chiedo di osservare e scrivere le differenze del comportamento della luce quando incide su superfici diverse.

Affermano che nello schermo del cellulare e nello specchio le immagini sono praticamente identiche, mentre quelle sulla porta e sul muro sono simili. Mi dicono meravigliati che sullo schermo del televisore si è formato l'arcobaleno. Cerchiamo di costruire il cammino dei raggi luminosi nel caso della luce riflessa dallo specchio e dalla superficie del cellulare che arriva nell'occhio. I disegni fanno vedere il raggio incidente e quello riflesso.

Chiedo di fare delle ipotesi sulla natura della superficie dello specchio e quella del muro, rispondono che una è liscia mentre l'altra è rugosa, poi usano il termine *riflettente e assorbente*. Disegno il profilo di una superficie irregolare alla lavagna e chiedo di ripetere il ragionamento dei raggi riflessi; sono perplessi, suggerisco di fare il solito ragionamento per un raggio alla volta. Riescono con qualche difficoltà a disegnare la riflessione su una superficie irregolare. Convidiamo i disegni alla lavagna e dico che nel caso dello specchio si parla di riflessione, nel caso della parete o della porta si parla di riflessione diffusa (Arons)

Assegno per casa il compito di riscrivere quanto abbiamo visto e fatto in classe, con i disegni aggiornando il diario di bordo.



Devo posticipare la riflessione/discussione su quanto visto e anticipare l'esperienza sulla diffusione con acqua e latte dal momento che l'aula buia sarà occupata per le simulazioni Invalsi per 2 settimane.

Aula buia.

Inizio facendo delle osservazioni sul diario di bordo degli studenti perché quelli che ho controllato sono imprecisi e incompleti.

Proietto le immagini del cielo al tramonto sulla Terra, sulla Luna, su Marte, il cielo di giorno sulla Luna e su Marte. Le immagini erano state condivise su Classroom e dovevano essere osservate anche a casa. Chiedo come mai, secondo loro, il colore del cielo è così diverso. Hanno paura di sbagliare, poi rispondono.

I. sostiene che sulla Terra c'è l'atmosfera mentre sulla Luna e su Marte no. Sembrano essere d'accordo con questa affermazione, chiedo il significato della parola atmosfera, danno la risposta corretta. Allora chiedo come mai sulla Luna e su Marte, a parità di condizioni «non-atmosferiche», il colore del cielo è diverso. Pensano e A. dice che forse anche Marte ha l'atmosfera ma i suoi gas sono diversi da quelli della Terra. La Luna non ha atmosfera, sono d'accordo tutti. Rivediamo le immagini del cielo.

A questo punto chiedo di immaginare che cosa succede alla luce quando passa nell'atmosfera, parlano di riflessione sulle molecole di aria. Chiedo di pensare alla luce sulla parete bianca e sullo specchio, si correggono e usano il termine diffusione.

Presento l'esperienza.

Inizio chiedendo di osservare attentamente che cosa vedono nell'acqua e sul muro quando si punta il faretto e il laser.

Chiedo a B. di versare lentamente un po' di latte nell'acqua e invito a guardare cosa succede nell'acqua e sul muro.

Chiedo di scrivere ciò che osservano, facendo riferimento alla quantità di latte versato, alla luce dentro al vaso e alla luce sul muro.

Mi dicono che abbiamo *fatto il tramonto sul muro perché il latte è come l'atmosfera terrestre*. Chiedo che cosa succede, secondo loro, alla luce della lampada e a quella del laser quando passa nell'acqua con il latte e di scrivere che cosa osservano sul muro nei due casi.

Riporto delle parti dei diari di bordo degli studenti

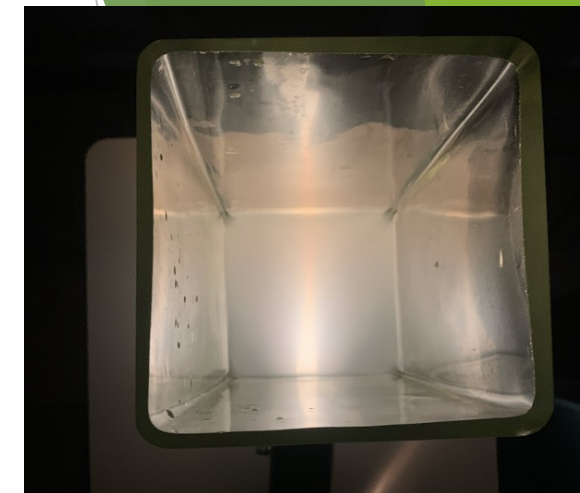
«Quando oltre all'acqua, il recipiente, contiene anche il latte, parte della luce viene trattenuta e diffusa, mentre un'altra parte viene trasmessa sulla parete.

La luce viene diffusa dall'atmosfera (che nel nostro esperimento è rappresentata dal composto acqua e latte), maggiore è la quantità di latte più evidente è il fenomeno della diffusione. L'acqua senza latte rappresenta la mancanza di atmosfera.

E' stata confermata l'ipotesi iniziale: i diversi colori del cielo dipendono dalla composizione dell'atmosfera e in mancanza di atmosfera non c'è diffusione..

Possiamo paragonare il faretto al sole sorgente della luce).

L'atmosfera di Marte diffonde (per la maggior parte) la luce arancione/rossa mentre lascia passare quella blu/celeste, al contrario l'atmosfera della terra diffonde (per la maggior parte) la luce celeste/blu e lascia passare quella arancione/rossa».



Nella lezione successiva riprendiamo la discussione sulle conclusioni raggiunte riguardo all'esperienza con acqua e latte. Dicono che la luce diffusa dall'atmosfera sulla terra è azzurra mentre quella che passa è più gialla, come quella che hanno visto sul muro, su Marte accade il contrario. Chiedo di spiegare come immaginano la diffusione, hanno visto cosa avviene con il latte, ma non so se hanno un modello in mente.

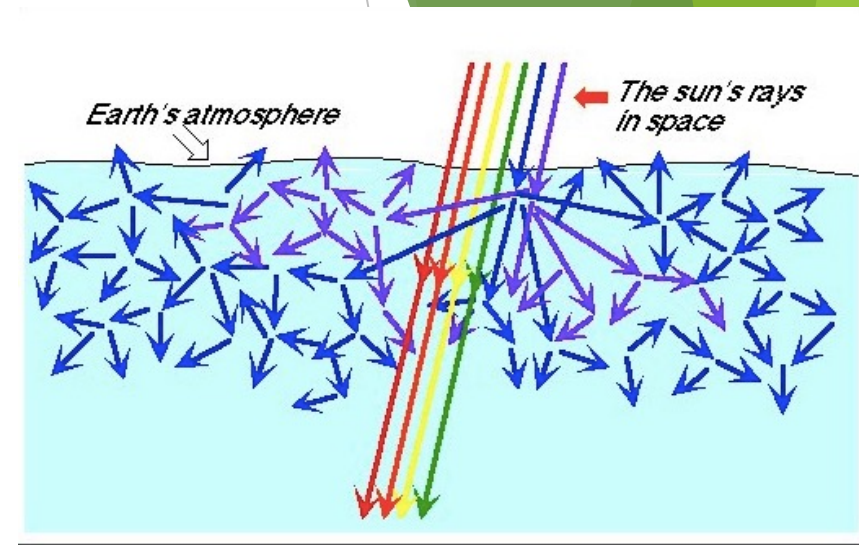
L. dice che se il blu viene diffuso e il giallo passa è perché la luce del sole ha tutti i colori ed è come se ci fosse un "filtro" che trattiene dei colori. I ragazzi son d'accordo, infatti altri affermano che la luce rossa del laser non era cambiata, poiché è di un colore solo.

Propongo questa immagine e chiedo se secondo loro raffigura a grandi linee quello che potrebbe succedere.

La concettualizzazione del fenomeno della diffusione della luce è complessa, devono appropriarsi di termini nuovi, devono crearsi un modello mentale.

Quando mostro l'immagine, hanno già in mente un'idea che modella in parte quello che succede. Il disegno viene sottoposto agli studenti solo dopo che hanno iniziato a concettualizzare.

Chiedo, come sempre, di aggiornare il diario di bordo.





Dalla revisione dei diari di bordo ho notato che alcuni studenti continuano a disegnare i raggi visuali che escono dall'occhio, quindi decido di presentare una breve introduzione di storia dell'Ottica, a partire dagli antichi greci fino all'anno 1000. Sono interessati alle immagini che proietto, ci rivedono alcune delle loro convinzioni, e sono meravigliati dal fatto che Euclide si sia occupato anche di Ottica.

Parliamo anche di Alhazen e della scoperta della camera oscura, A. in fase di brainstorming iniziale aveva detto che nell'occhio l'immagine si forma capovolta.

Molti non sanno che cosa sia una camera oscura, propongo di fare per casa l'esperienza della formazione delle immagini con il buco della serratura.

In fase di progettazione avevo pensato di non trattare la camera oscura, ma la maggior parte degli studenti non sa che cosa sia, quindi ho ritenuto utile trattare questo argomento (gli studenti probabilmente non hanno mai visto una macchina fotografica diversa dal cellulare o tablet).

Non tutti gli studenti eseguono per casa questa esperienza, alcuni incontrano difficoltà nel documentare con immagini quanto realizzato, ma a diversi studenti l'esperienza riesce.

A seguire, riporto delle parti del diario di bordo di una studentessa.

Per svolgere l'esperimento mi sono fatta aiutare da mia sorella.

Io, nella stanza luminosa, ho puntato la luce, a circa 40 cm di distanza, nella serratura.

Davanti alla luce ho posto un oggetto (ho provato ad utilizzare molti oggetti, era importante che questi avessero una parte superiore riconoscibile da quella inferiore; i due oggetti con cui l'esperimento è riuscito in modo migliore sono stati una chiave della macchina e un profumo).

Mia sorella, nella stanza buia, aveva posizionato un foglio bianco a circa 20 cm dalla serratura.

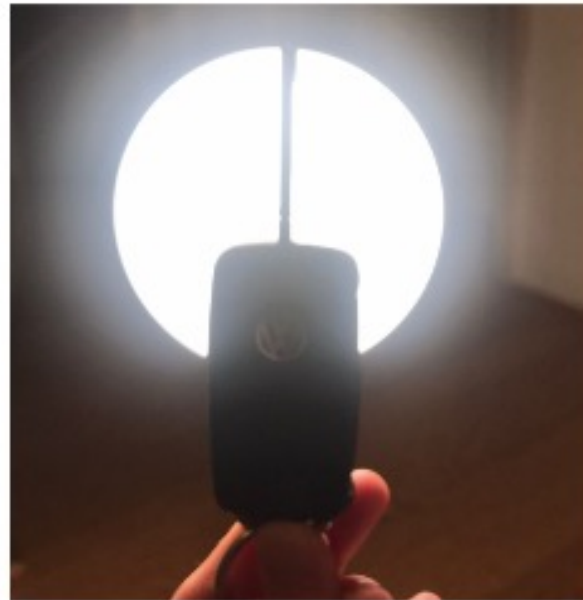
L'obiettivo dell'esperimento era che le due stanze e la serratura avessero la stessa funzione della camera oscura, quindi l'immagine dell'oggetto illuminato doveva proiettarsi ribaltata sul foglio della stanza buia,

Questi sono i risultati del mio esperimento:

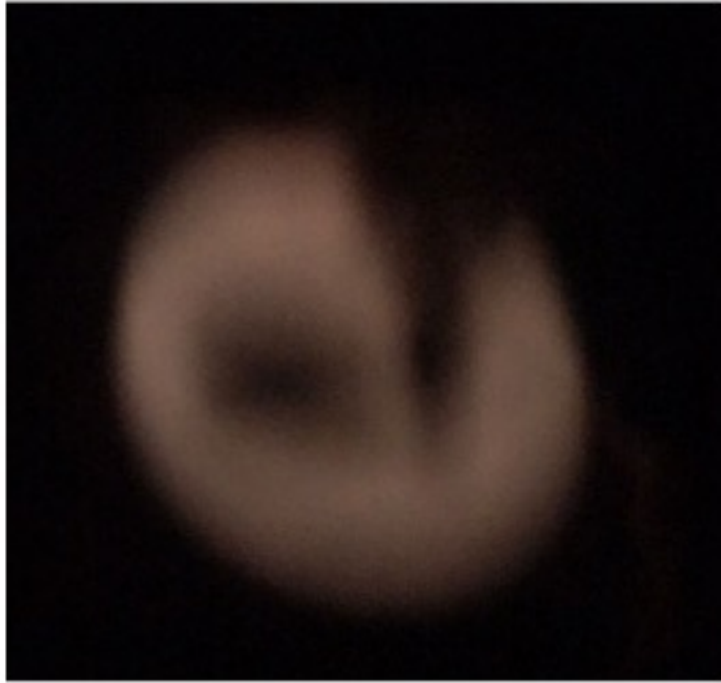
CON LA CHIAVE:



IMMAGINE OGGETTO DI PARTENZA:



CON IL PROFUMO:



Osservando le immagini possiamo concludere che l'esperimento è riuscito.
Infatti sia l'immagine della chiave sia quella del profumo, sul foglio, appaiono ribaltate.

In questa lezione e nelle prossime siamo in laboratorio di fisica. Inizio dando agli studenti degli oggetti la cui superficie è riflettente, traslucida, opaca, trasparente (condividiamo il lessico); chiedo di descrivere cosa succede quando gli oggetti sono illuminati e quando viene posto un oggetto dietro di essi.

Dopo metto a disposizione un laser, la tavola magnetica, 2 specchi piani, dei fogli bianchi con un goniometro disegnato al centro. Chiedo di accendere il laser e di raccontare che cosa succede al raggio rosso quando incontra lo specchio. Chiedo che cosa sia il raggio rosso che si vede sulla lavagna magnetica, mi dicono che è dato dalla *riflessione diffusa dalla superficie della lavagna*.

Girano il laser rispetto allo specchio, vedono che se puntano “direttamente” la luce verso lo specchio, si ottiene “un solo raggio”, se cambiano “l’angolazione” c’è un raggio che torna indietro. Dicono che c’è “un raggio che va e uno che ritorna”. Guardano meglio e si accorgono che anche quando puntano il laser direttamente verso lo specchio si forma un raggio che torna indietro. ma in questo caso si sovrappone a quello che va.



Dico di chiamare il raggio che va incidente e quello che torna riflesso.

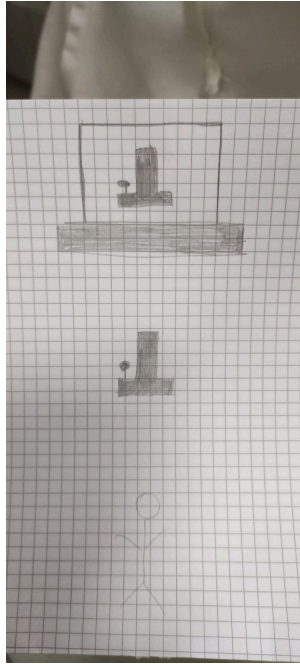
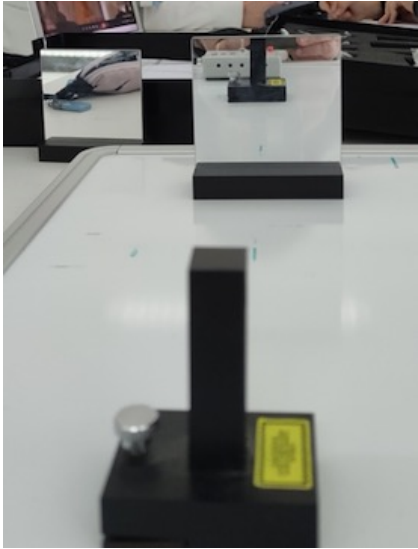
Chiedo se riescono a descrivere se vedono delle caratteristiche nei due raggi. Sono molto attivi, muovono il laser e indirizzano il raggio lungo la linea dei 45° . D. e A. dicono che i raggi sono uguali, altri dicono che sono perpendicolari. Guardano meglio, muovono il laser, sistemano il foglio con il goniometro. Chiedo di disegnare la perpendicolare allo specchio nel punto in cui la luce incide sullo specchio: con la matita individuano subito i due angoli uguali.

Muovono il laser, vedono che la loro ipotesi si rafforza. Chiedo di esporla a voce alta in modo da condividerla. Dicono che gli angoli sono uguali, chiedo quali angoli, sono più precisi e riescono a formulare correttamente la prima legge della riflessione da soli.

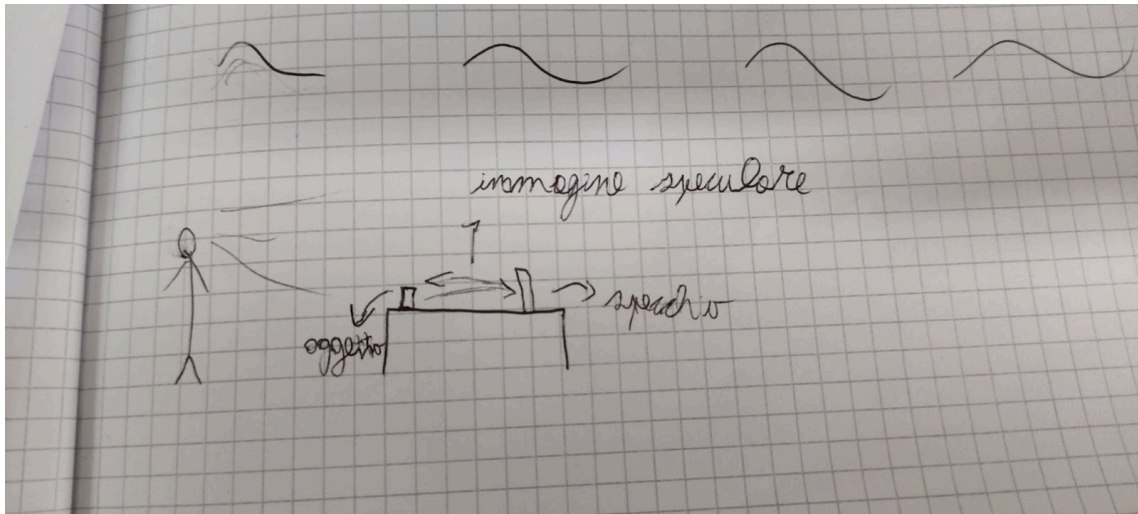
Chiedo di accendere il laser e controllare se il raggio incidente, la perpendicolare e il raggio riflesso sono alla stesso livello oppure no, controllano e osservano che il livello è lo stesso.

Formalizzeremo in seguito la seconda legge.





A questo punto metto davanti allo specchio piano un oggetto, li invito a osservare e a disegnare quello che vedono. Sono perplessi, ma ci provano.

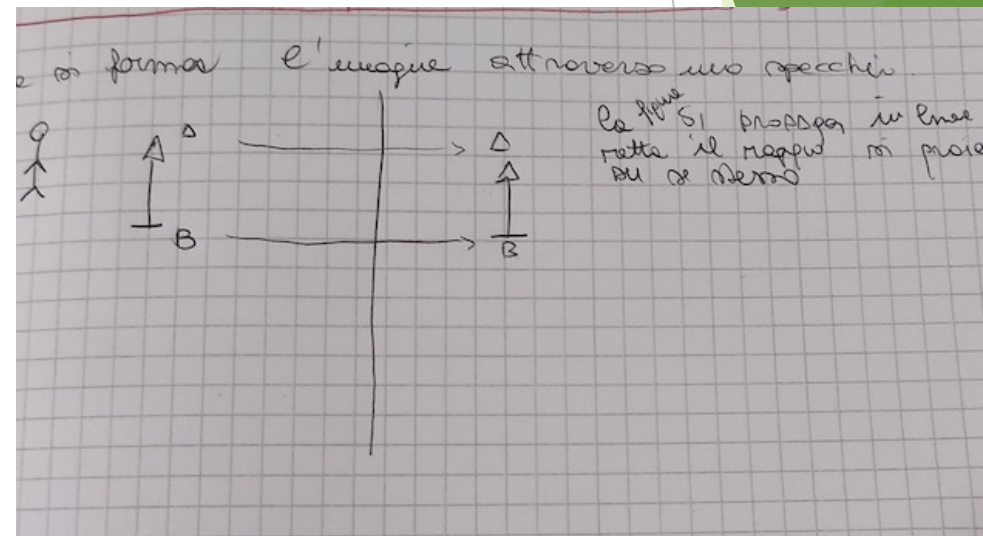



Disegno alla lavagna una freccia AB davanti ad uno specchio piano, chiedo di disegnare qualche raggio che parte dall'oggetto, che arriva allo specchio e che viene riflesso seguendo le leggi che hanno da poco formulato. I disegni che eseguono sono praticamente uguali a quello in figura.

Le difficoltà in questo caso arrivano quando devono applicare la legge in modo autonomo per spiegare quello che vedono con lo specchio piano. E' il processo più difficile. Il suggerimento che ho dato li ha aiutati, devono terminare il compito per casa.

Gli studenti hanno risposto con più serenità alle domande che ho posto, hanno pensato, dopo hanno provato a formulare delle ipotesi.

Si dimostrano più sicuri della loro capacità di intuizione.





Chiedo di descrivermi l'arcobaleno, tutti lo hanno visto, dicono che è un fenomeno che si manifesta dopo un temporale. Chiedo da dove vengono i colori dell'arcobaleno e mi rispondono che la luce bianca si scompone, dicono che è il processo inverso della ruota di Newton. Chiedo se hanno mai visto il fenomeno dei due arcobaleni, solo in pochi dicono di sì. La giornata è nuvolosa, non posso scomporre la luce del sole con il prisma, uso la luce del faretto e un cd.

Dicono che abbiamo fatto l'arcobaleno, che la superficie del cd ha in qualche modo scomposto la luce, si ricordano che anche in classe era successo lo stesso quando avevamo puntato il faretto sullo schermo del televisore. Dicono che c'è una sequenza secondo la quale ci sono i colori, come nell'arcobaleno.

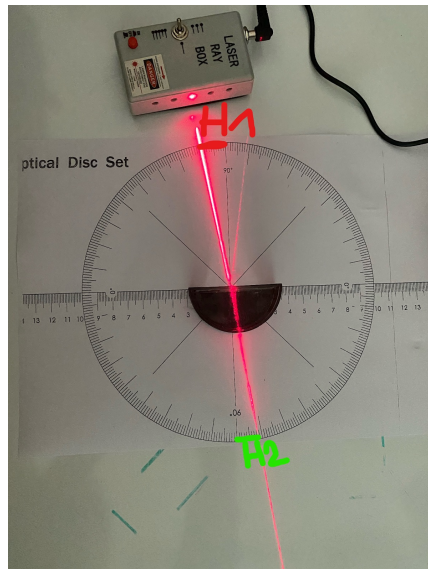
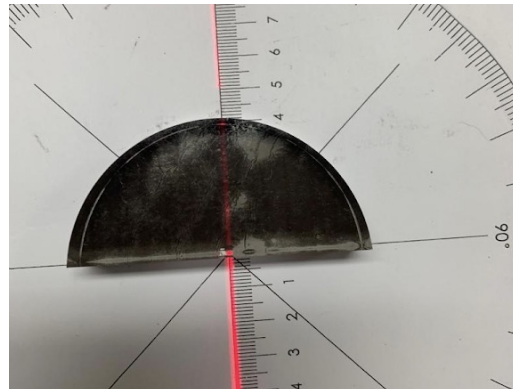
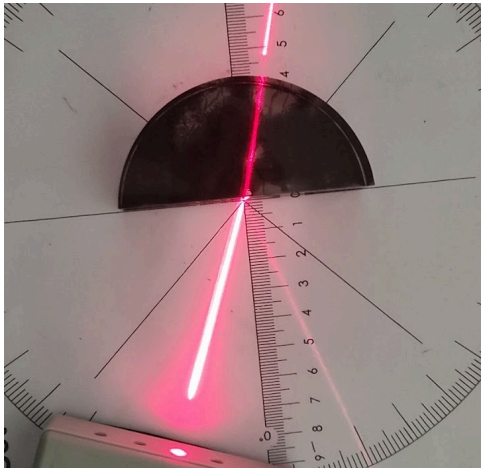


Chiedo cosa succede se invece del faretto usiamo la luce del laser. Pensano, non formulano ipotesi, allora dico di provare.

Vedono che la luce non si scompone, A., che aveva già risposto precedentemente a una domanda simile, dice che ciò è dovuto al fatto che la luce è rossa, di un solo colore e quindi non si può scomporre ulteriormente.

Prendo il disco di Newton, alcuni studenti ne avevano già parlato alle scuole medie, e lo facciamo girare, osservano e scrivono quello che vedono.





A questo punto fornisco ai ragazzi un dischetto di plexiglass. Propongo agli studenti di muovere il fascio laser e vedere che cosa succede dentro al plexiglass quando cambia l'inclinazione del raggio incidente, chiedo se c'è qualche legame tra il raggio incidente e quello che è dentro il plexiglass.

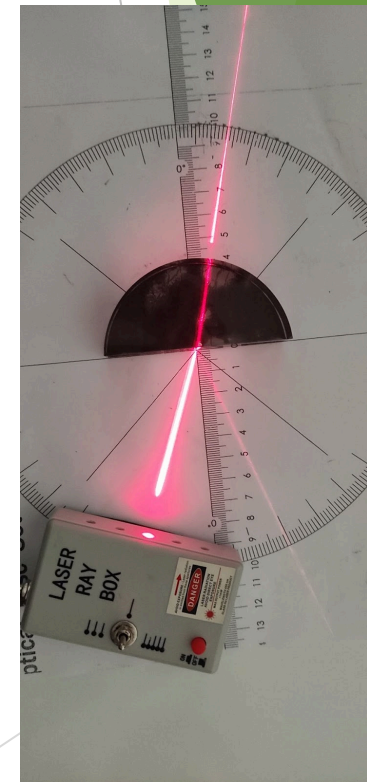
Dico che il raggio dentro il plexiglass si chiama raggio rifratto. La prova viene condotta interamente dagli studenti, dico di costruire una tabella che riporti gli angoli (di incidenza e di rifrazione) e tra i valori dei cateti opposti agli angoli (che saranno chiamati altezze). Devono fare attenzione ad indirizzare il raggio nel centro del disco.

Un gruppo rimane al banco, un altro gruppo si sposta vicino alla lavagna, scrivono i risultati delle misure e le osservano: stanno cercando se c'è una relazione, prima la cercano tra i valori degli angoli poi tra i valori delle altezze.

Ipotizzano che se l'angolo di incidenza aumenta di 5° quello rifratto aumenta di 3° , che forse c'è proporzionalità, parlano tra loro.

A questo punto tutti gli studenti si concentrano sui risultati delle misure, chiedo in che senso sono proporzionali, qual è il soggetto. Alcuni hanno già fatto i calcoli e dicono che «su per giù» il rapporto tra le altezze è sempre uguale. «Quindi.....» chiedo. Dopo aver pensato, dicono direttamente proporzionali. Chiedo di ampliare la tabella con il valore $H1/H2$. Eseguono i calcoli. Chiedo di cercare su internet “indice plexiglass”. Trovano il valore di 1,58, molto vicino a quello che hanno misurato. Sono soddisfatti. Chiedo di fare un'ipotesi sul significato della grandezza che hanno misurato, il nome ora lo conoscono: indice di rifrazione. Borbottano. Non dico niente. La prossima volta ripeteremo le misure con l'acqua e farò nuovamente la domanda.

Spenso la luce grande e osserviamo la presenza dei tre raggi.



Hanno compreso che la luce, quando passa dall'aria al plexiglas, cambia direzione, hanno visto che il rapporto tra le altezze misurate resta costante, ma devono concettualizzare ancora due cose:

- ▶ la dipendenza del valore $H1/H2$ dal mezzo 1 e 2
- ▶ il fatto che l'angolo formato dal raggio rifratto dipende dal colore della luce.

Sicuramente farò l'esperienza del prisma con la luce del sole appena il tempo sarà bello, comunque il cd e il disco di Newton sono stati utili per vedere che la luce bianca si scompone e compone nei suoi colori.

Nella lezione successiva propongo la stessa esperienza, ma con un disco riempito d'acqua. I ragazzi sono autonomi ed eseguono le misure in modo autonomo.

Chiedo agli studenti di calcolare il valore medio, la semidispersione, di scrivere il risultato della misura in modo corretto. Chiedo di calcolare l'errore relativo e percentuale. Chiedo le dimensioni e l'unità di misura dell'errore relativo, rispondono che è adimensionale.

A questo punto dico di cercare sulla rete il valore dell'indice di rifrazione dell'acqua, trovano che è 1,33.

Dico agli studenti al bancone di mettere il laser a contatto con il disco riempito d'acqua e di controllare come è il raggio rifratto. Verificano che in questo caso il raggio rifratto si allontana dalla perpendicolare.

Dico agli studenti di aggiornare il diario di bordo, riportando anche le considerazioni personali sulla eventuale relazione tra $H1$ e $H2$.

Propongo di realizzare a casa l'esperienza della moneta nella bacinella senza acqua e con acqua e di documentarla sul diario di bordo.

Da uno dei diari di bordo:

ESPERIMENTO FATTO IN CASA:

Ho posizionato una moneta in una bacinella vuota e poi mi sono allontanata dalla bacinella fino a quando non vedevo pi la moneta al suo interno; in questo punto ho posizionato il primo pennarello.

Poi ho riempito la bacinella con dell'acqua e ho posizionato la moneta nello stesso punto, mi sono allontanata di nuovo dalla bacinella fino a quando non vedevo la moneta:

Ho notato che quando dentro alla bacinella c'era l'acqua riuscivo vedere la moneta da una distanza maggiore rispetto a quando la bacinella era vuota.



(bacinella vuota)



(bacinella con l'acqua)

pennarello nero=punto in cui vedo la moneta nella bacinella vuota
pennarello rosa=punto in cui vedo la moneta nella bacinella piena

→

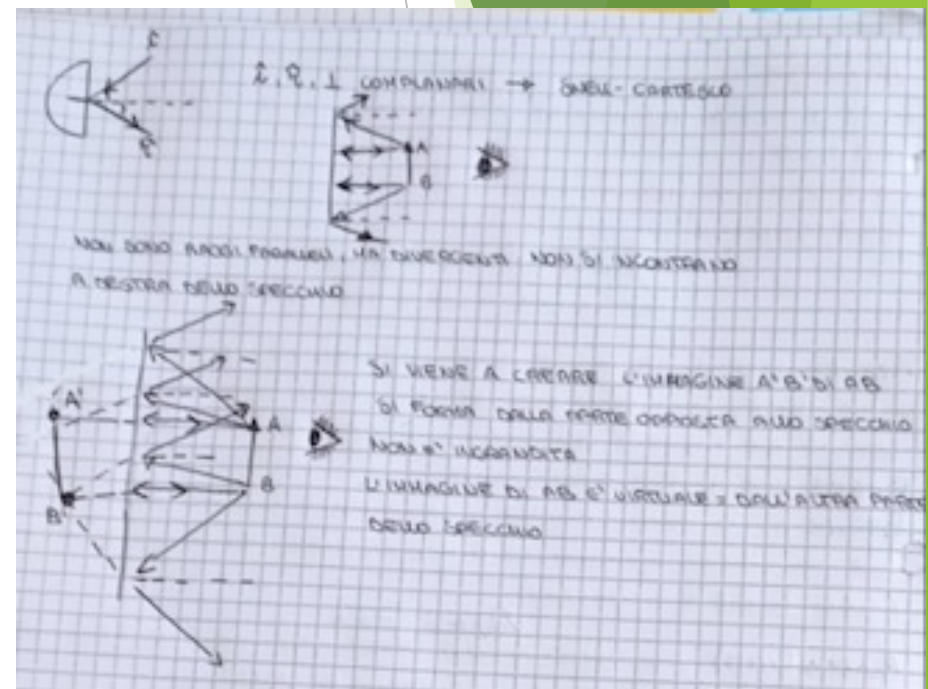


Dai alcuni diari di bordo è emersa la difficoltà di alcuni studenti ad applicare le leggi della riflessione per la costruzione di immagini con lo specchio piano. disegno un raggio incidente sullo specchio che parte da A e chiedo di fare la costruzione del raggio riflesso seguendo le leggi della riflessione, giro tra i banchi e controllo i disegni. Va bene, chiedo di disegnare altri raggi da A e vedere come sono riflessi, poi di fare la stessa cosa con B. Chiedo di descrivere a parole come sono i raggi riflessi, se si incontreranno dalla stessa parte dell'oggetto, S. mi risponde che sono divergenti. Dico di mettere sopra i raggi riflessi il righello e di prolungarli dalla parte opposta. Gli studenti che hanno fatto il disegno in modo preciso dicono che si incontrano, suggerisco di chiamare i punti di incontro A' e B'.

Gli studenti che hanno fatto il disegno in modo impreciso, lo eseguono nuovamente, con maggior successo.

Chiedo di descrivere la freccia A'B' da un punto di vista geometrico, cioè se è più lunga di AB, la sua posizione rispetto allo specchio. Rispondono che sono uguali e che la distanza è la stessa, allora chiedo che cosa è, secondo loro, A'B'. Mi guardano, li invito a ricordare quello che avevamo fatto in laboratorio con lo specchio piano, rispondono subito che è l'oggetto riflesso.

Dico che A'B' è l'immagine di AB, che è stata costruita geometricamente, che, essendo il prolungamento dei raggi riflessi, si dice virtuale. Chiedo se conoscono questo aggettivo, mi rispondono di sì. Chiedo di scrivere le caratteristiche geometriche di A'B' sul quaderno. Li invito a riflettere su cosa vedono quando si guardano allo specchio, E.N. dice che vede la sua immagine virtuale dall'altra parte dello specchio, dritta, con la stessa altezza e alla stessa distanza dallo specchio. Scriviamo alla lavagna queste osservazioni.



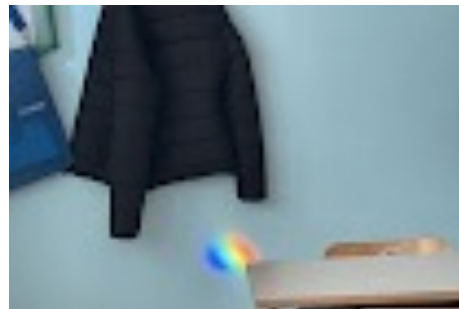
A questo punto esaminiamo i dati relativi alle prove sulla rifrazione, faccio il disegno alla lavagna, M. si ricorda subito che il raggio rifratto dentro il plexiglass o nell'acqua è "più vicino alla perpendicolare", anche A. dice che è così. Quando però chiedo che cosa succede se il raggio incidente è nel plexiglass o acqua e quello rifratto nell'aria, solo M. è sicura e ricorda che quello nell'aria si allontana dalla perpendicolare. Chiedo agli studenti di controllare le foto, borbottano, sembrano poco convinti.

Quasi tutti hanno fatto la prova della moneta e della bacinella, chiedo di spiegarmi perché se mettono l'acqua vedono la moneta ad una distanza maggiore. A. e F. dicono che quando il raggio passa dall'acqua all'aria si piega ed è per questo che si riesce a vedere da una distanza maggiore. Ora sembrano più sicuri.

Chiedo di pensare alla prova di laboratorio sulla rifrazione, chiedo da che cosa può dipendere l'indice di rifrazione. G. dice che ha capito che quel numero dipendeva dall'aria e dal plexiglass e dall'aria e acqua, chiedo se quei numeri erano uguali, dicono di no, chiedo perché. Mi rispondono perché il plexiglass e l'acqua sono due sostanze diverse, l'indice di rifrazione dipende dal materiale, è una caratteristica del materiale.

Torniamo a ragionare sul disegno, chiedo di guardare i due triangoli rettangoli e di provare a scrivere, con il rapporto tra i lati, il seno dell'angolo incidente e di quello rifratto, M. dice che si ricorda che il raggio era 10 cm, suggerisco di scrivere tutto in modo simbolico, senza numeri, per ora. Chiedo di fare il rapporto tra i due seni, G. mi chiede se può semplificare i raggi, tanto sono uguali, tre studenti rispondono di sì, chiedo come è questo rapporto, dicono che è uguale a quello tra H_1 e H_2 , altri dicono che è l'indice di rifrazione: arriviamo alla legge della rifrazione. Dico di aggiungere delle colonne alla tabella della rifrazione, una con il seno dell'angolo di incidenza, una con il seno dell'angolo di rifrazione una con il rapporto, poi confrontare quest'ultima colonna con quella H_1/H_2 .

C'è il sole, ho portato il prisma in classe, mi avvicino alla finestra e facciamo le foto di quello che osserviamo.



La parte più delicata di questa lezione è stata portarli a costruire l'immagine con lo specchio piano, gli studenti avevano formulato le leggi della riflessione, le avevano comprese, ma non sapevano come applicarle fino in fondo (me ne ero accorta in laboratorio quando avevo proposto la stessa attività e anche dai disegni nel diario di bordo).

Un altro momento importante è stato quando hanno ricordato che il raggio che esce dall'acqua e entra nell'aria è più lontano dalla normale e hanno messo in relazione quanto visto in laboratorio con l'esperienza della vasca e della moneta, hanno usato il termine raggio "piegato". Gli studenti hanno inoltre compreso che l'indice di rifrazione dipende dal mezzo.

Nella lezione successiva condivido sullo schermo la foto della luce scomposta dal prisma, che avevamo ottenuto precedentemente. Chiedo di osservare la sequenza dei colori, gli studenti la dicono e la scrivono, condivido sullo schermo un'immagine di un arcobaleno, L. mi dice che la sequenza è la stessa, io chiedo in che senso, mi risponde che quello più in alto è il rosso e quello più in basso il blu, come con il prisma.

Chiedo: perché il prisma scompone la luce in vari colori?

M. dice che per esempio lo specchio piano non scompone la luce perché ha una sola dimensione, mentre il prisma è «solido, massiccio» ed è questa la ragione.

L. e D. sostengono che i colori si piegano diversamente. Chiedo “ qual è la grandezza che tiene conto di quanto la luce si piega?” S. risponde che è n , l'indice di rifrazione, B. dice che i colori, dal momento che si piegano diversamente, hanno ciascuno un n diverso. Chiedo a C. di ricapitolare il ragionamento, mentre io scrivo alla lavagna le loro parole.

Faccio vedere la tabella a fianco.

INDICI DI RIFRAZIONE DEL VETRO

Colore	Indice di rifrazione
Violetto	1,522
Blu	1,516
Giallo	1,510
Rosso	1,507

Chiedo “In laboratorio, con quale colore abbiamo fatto la misura”? Rispondono il rosso e che il risultato della misura è stato $n=1,5$, chiedo con quante cifre significative, dicono 2, chiedo se avremmo potuto apprezzare le differenze con colori diversi con la nostra strumentazione, rispondono subito di no.

Chiedo “ .. e l'arcobaleno ? dove è il prisma?”. L. mi risponde subito che è la pioggia che scompone la luce, cioè l'acqua, io preciso le gocce d'acqua. Dico agli studenti che questo fenomeno si chiama dispersione della luce, chiedo di ricapitolare la definizione e di scriverla sul quaderno.

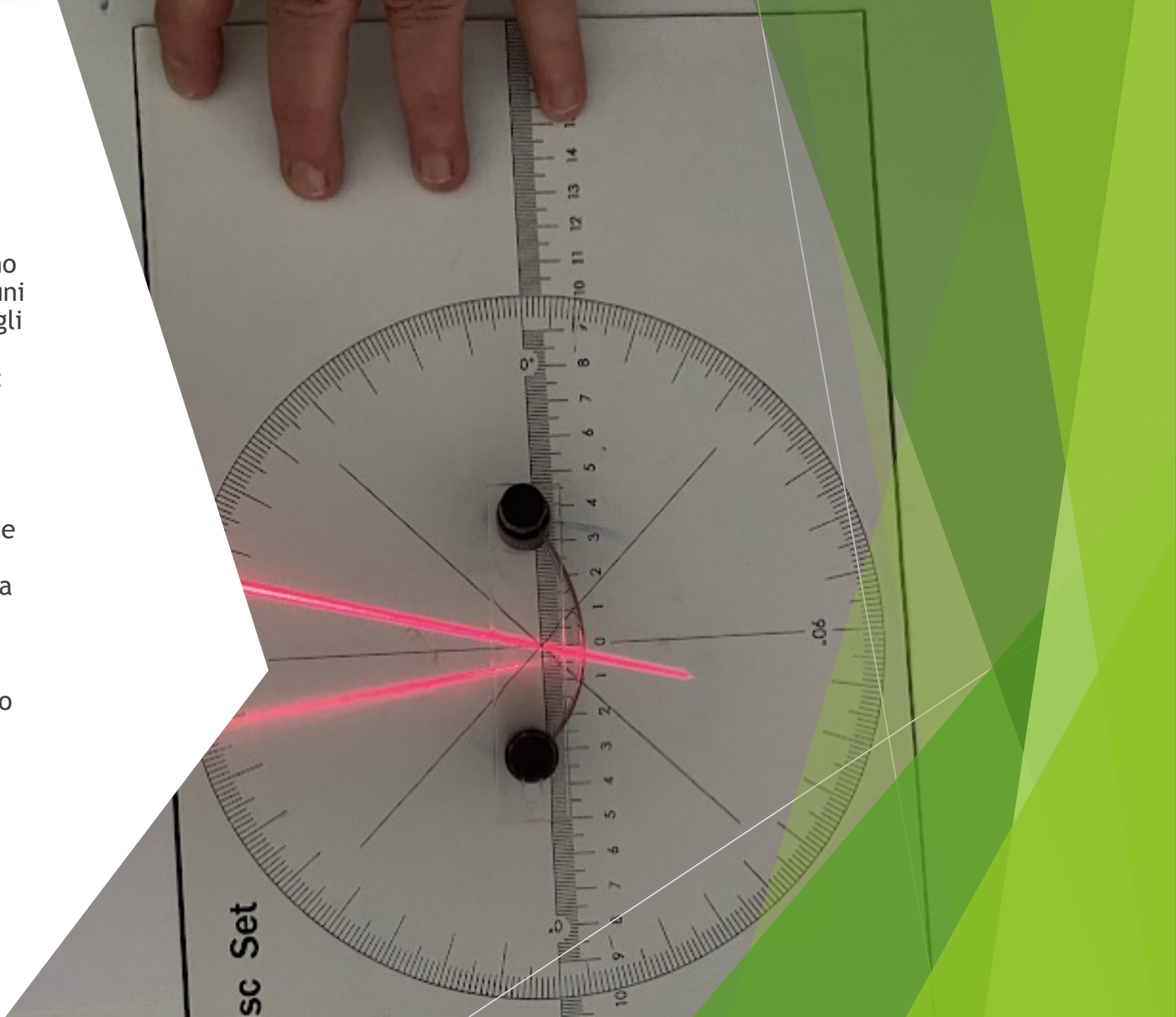
A questo punto chiedo se hanno mai sentito parlare della velocità della luce, L. mi dice che la luce è la cosa più veloce, io chiedo se viaggia sempre alla stessa velocità, in qualunque sostanza.

Non rispondono, allora dico che nel vuoto la velocità della luce raggiunge il valore massimo e si indica con c , che è l'iniziale di celeritas, parola latina che significa velocità, e il suo valore è $3,00 \cdot 10^8$ m/s. Lo scrivo alla lavagna.

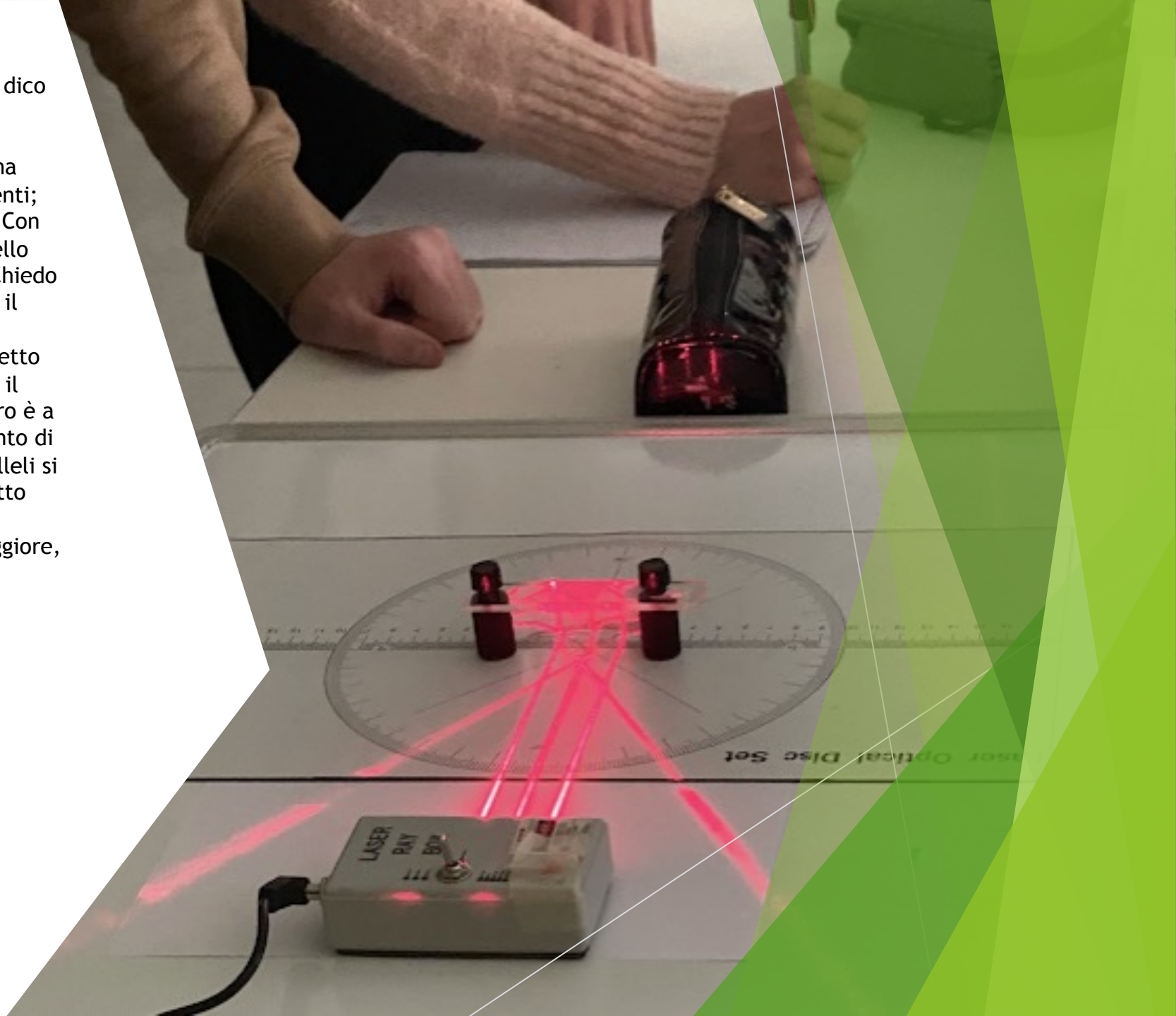
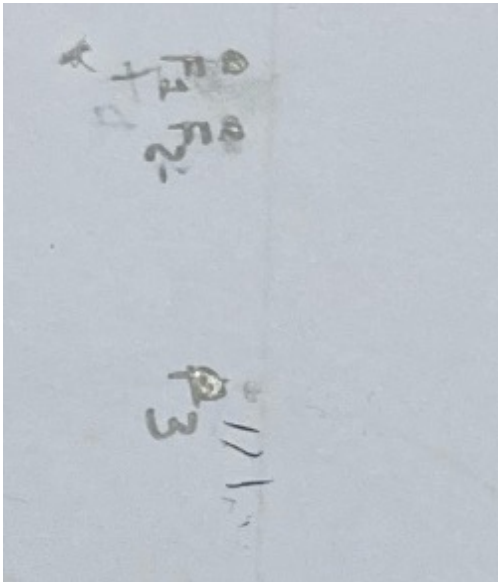
Fornisco il valore della velocità della luce nell'acqua $v = 2,26 \cdot 10^8$ m/s e chiedo di fare il rapporto c/v . Fornisco il valore della velocità della luce nel plexiglass $v=2,01 \cdot 10^8$ m/s e chiedo di fare il rapporto c/v . Chiedo se il risultato di questi due rapporti ricorda loro qualcosa. Gli studenti dicono che sono uguali agli indici di rifrazione misurati in laboratorio. Dico agli studenti che il rapporto tra le altezze che hanno misurato è uguale al rapporto tra le velocità della luce nei due diversi mezzi.

Inizio la lezione dicendo che, dopo aver controllato i diari di bordo, ho visto che sono stati consegnati da tutti gli studenti. In alcuni mancano le costruzioni delle immagini con gli specchi piani, lo faccio notare e chiedo di completare il lavoro per la volta successiva: devono lavorare volta per volta, è importante.

Prendiamo il laser e la lamina riflettente che può essere curvata in maniera graduale e dopo averla piegata leggermente, andiamo a vedere come è il raggio incidente rispetto a quello riflesso e, dopo qualche prova, i ragazzi dicono che gli angoli rispetto alla perpendicolare sono uguali. B. dice che se lo aspettava



Chiedo di commutare l'interruttore su 3 fasci paralleli, dico di osservare quello che vedono, pensare e provare ad esprimerlo.
Sono concordi nell'affermare che il raggio centrale torna indietro su se stesso, mentre i due laterali sono divergenti; c'è un punto in cui si incontrano davanti allo specchio. Con la matita chiedo di segnare sul foglio bianco il bordo dello specchio e il punto in cui i raggi riflessi si incontrano. Chiedo di completare con la matita la circonferenza alla quale il bordo dello specchio appartiene, di fare un puntino sul centro e di confrontare la posizione tra i due punti rispetto allo specchio. Non dicono niente, ripetiamo cambiando il raggio di curvatura. A. dice che forse il punto di incontro è a metà del raggio, S. e G. sono d'accordo. Dico che il punto di incontro dei raggi riflessi che provengono da raggi paralleli si chiama Fuoco dello specchio curvo, a questo punto metto sotto un altro foglio bianco, cambiamo per 3 volte la curvatura dello specchio, partendo dalla curvatura maggiore, chiedo di segnare con un puntino il fuoco.



Mentre segnano il fuoco, si rendono conto che si sposta, che i tre fuochi sono sulla stessa retta. Chiedo che cosa si può dire su ciò che osservano e di scriverlo alla lavagna, che cosa succede se la curvatura dello specchio diminuisce.

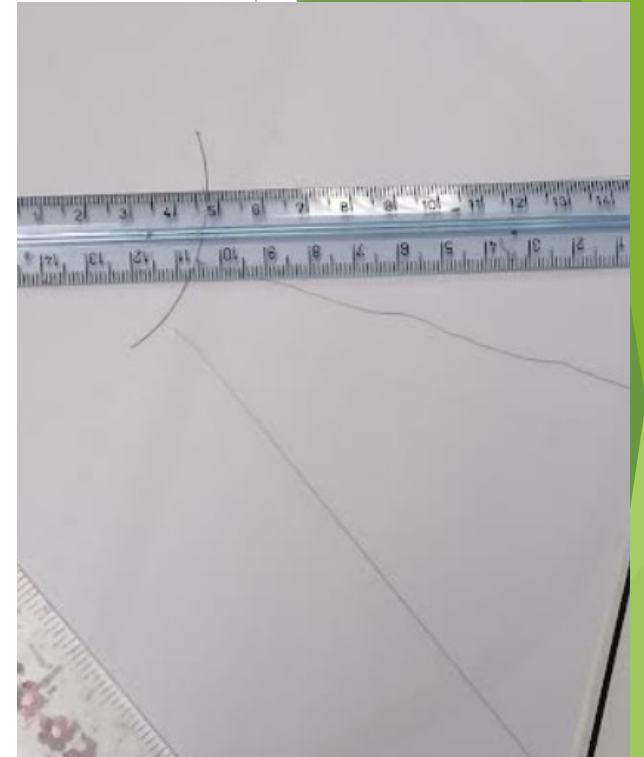
Gli studenti si esprimono, ma non hanno ancora il concetto di infinito, quindi diciamo che se la curvatura diventa impercettibile il fuoco si allontana tantissimo dallo specchio e che per trovarlo dovremmo spostarci tantissimo.

Lavoriamo sul lessico, faccio vedere l'asse ottico principale, il vertice, dico che il raggio dello specchio si chiama raggio di curvatura e che lo specchio si dice concavo.

Chiedo di ripetere l'esperienza con lo specchio girato dalla parte opposta e faccio copiare su un foglio bianco i raggi riflessi, poi chiedo di osservare la figura e di descriverla.

P. dice che i raggi riflessi sono divergenti e che il fuoco non è davanti allo specchio. Allora chiedo di prolungare i raggi riflessi utilizzando il righello e gli studenti scoprono che si incontrano dietro allo specchio. Chiedo come si dice quando il punto di incontro è dietro allo specchio e L. dice virtuale, che il fuoco c'è ma è virtuale. Scrivo alla lavagna che in questo caso lo specchio è convesso e che il fuoco è virtuale poiché si ottiene come prolungamento dei raggi riflessi dalla superficie dello specchio.

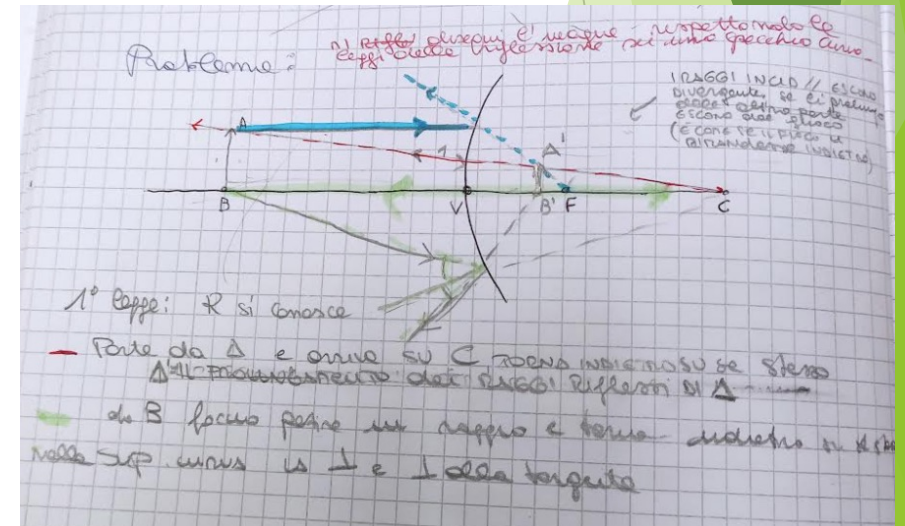
Dobbiamo elaborare le conoscenze acquisite per farle diventare concetti, propongo quindi la costruzione dell'immagine di una freccia posta davanti ad uno specchio concavo.



Chiedo di riassumere come hanno ragionato, G. dice che se da A e B parte un raggio orizzontale, quelli riflessi «vanno nel fuoco», poi bisogna prendere un raggio incidente a caso e fare la costruzione, S. dice che quelli sull'asse ottico principale tornano indietro su loro stessi, chiedo di spiegare come viene riflesso un raggio che esce da A e passa da C. Pensano e dicono “su se stesso”. Scrivo alla lavagna le loro osservazioni. Chiedo di descrivere l'immagine che si ottiene, alcuni di loro mi chiamano perché l'immagine è capovolta e pensano di aver sbagliato. Li rassicuro, hanno ragionato seguendo le leggi della riflessione.

Definisco la distanza focale f , p e q poi scrivo l'equazione dei punti coniugati per lo specchio curvo. Chiedo che cosa potevamo aver misurato nelle prove precedenti inerente all'equazione dei punti coniugati. L. dice il raggio quindi dove era il fuoco quindi f . Chiedo di esprimere la loro idea riguardo al “funzionamento” della legge dei punti coniugati, B. risponde che se conosco f e p posso trovare q , A. dice che è vero anche il contrario. Dico di scrivere alla lavagna queste osservazioni. Chiedo se, scambiando p con q , la relazione cambia o resta la stessa. Rispondono subito che la relazione non cambia.

Propongo di fare la costruzione dell'immagine di una freccia posta davanti a uno specchio convesso, faccio il disegno iniziale alla lavagna e chiedo di continuare. Dopo pochi minuti passo tra i banchi per controllare i loro disegni.



Ritorniamo al bancone, prendo il disco di plexiglass e, considerando come raggio incidente quello nel plexiglass e rifratto quello nell'aria, mostro la riflessione totale.

Chiedo agli studenti di indicare il raggio incidente e quello rifratto nel primo e nel secondo caso, poi cambiando lentamente la direzione del raggio incidente, vedono che il raggio rifratto scompare dall'aria. Spostando ancora un poco il laser, si vede meglio il raggio riflesso dentro il plexiglass e che il raggio rifratto è scomparso.

Domando come si spiega questo fenomeno, pensano. E. dice che il raggio si è piegato come nell'esperienza della tinozza con acqua e moneta, L. aggiunge che si è piegato tanto da tornare indietro. Chiedo come si chiama il raggio che torna indietro e in diversi rispondono riflesso, allora dico che questo fenomeno si chiama riflessione totale.

Chiedo se ciò che è stato osservato può verificarsi se il raggio incidente è nell'aria e quello rifratto nel plexiglass: rispondono subito di no perché il raggio rifratto non si piega "all'indietro" ma dall'altra parte. Chiedo qual è l'angolo di rifrazione quando avviene la rifrazione totale, B. dice 90° . Chiedo di scrivere la legge della rifrazione alla lavagna.

Chiedo di stabilire qual è il mezzo 1 e quale il 2 e di calcolare il valore di $\sin i'$ (hanno tutti i dati).

A. dice che $n_1=1,5$ (lo abbiamo misurato), $n_2=1$ $\sin r'=1$, allora si può ricavare $\sin i'$.

Fanno i calcoli e trovano che il valore di i' è 42° . Dico che questo valore rappresenta l'angolo limite e chiedo loro di spiegare che cosa sia.

A questo punto si svolgono esercizi di costruzione dell'immagine con gli specchi curvi ed esercizi sulla riflessione e rifrazione con il prisma, sia in classe che per casa.

Verifica degli apprendimenti

Tipologie impiegate:

- Valutazione dei diari di bordo individuali
- Domande scritte a risposta aperta
- Risoluzione di esercizi e problemi con costruzioni geometriche e calcoli

Alla conclusione di un percorso didattico innovativo è necessario che nell'ambito della verifica e della valutazione si tenga conto del peso e del senso dell'innovazione stessa. Per questo si è ritenuta essenziale la valutazione del diario di bordo individuale, vista l'importanza che assume la riflessione scritta sul percorso di apprendimento nella costruzione attiva del sapere. Si allega la GRIGLIA di misurazione-valutazione costruita al bisogno.

Si è cercato di verificare la capacità di distinguere tra i fatti e le loro spiegazioni ed anche quella di argomentare sulla base dei fatti, pur non disdegnando la misurazione delle abilità di applicazione e di calcolo sulla base di relazioni tra grandezze costruite, comprese e utilizzate consapevolmente.

Griglia di misurazione-valutazione del diario di bordo

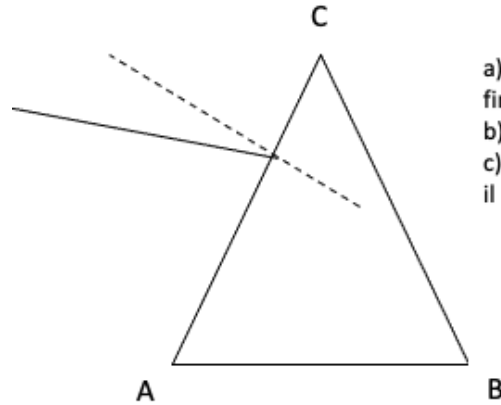
Descrittori	Assente	Parziale/ Carente	Sufficiente	Buono	Ottimo
	1	2	3	4	5
Descrizione e analisi del problema					
Documentazione allegata (disegni, foto, immagini, ...)					
Ideazione di ipotesi di soluzione e verifica					
Espressione dei concetti					
Rispetto dei tempi di consegna					
Totale					
Max=25 voto 10 Suff=15 voto 6 Minimo=5 voto 2					

Il punteggio dei descrittori è mediato sui singoli stati di avanzamento del lavoro, per un totale di quattro.

Esempi di prove di verifica

Verifica di ottica. 2° quadrimestre. Classe 2°B sci. A.S: 2021-22. Modulo LS,LSS.

- 1) Rispondi alle seguenti domande:
 - a) In quali condizioni si verifica e in cosa consiste il fenomeno della *riflessione totale*?
 - b) Come è definito l'angolo limite?
 - c) Quanto vale l'angolo limite per un materiale trasparente che ha indice di rifrazione n nel passaggio aria-materiale di 1,96?
- 2) La figura mostra un raggio di luce monocromatica che entra in un prisma; l'angolo d'incidenza è $28,0^\circ$ e l'angolo al vertice C del prisma è $52,0^\circ$; l'indice di rifrazione del materiale rispetto all'aria è 1,56.



- a) Disegna (in modo qualitativo) il percorso del raggio di luce dentro il prisma finché non incontra il lato CB.
- b) Calcola l'angolo formato dal raggio rifratto e indicalo nel disegno.
- c) Determina l'angolo β che il raggio dentro il prisma (raggio rifratto) forma con il lato CB.

- 3) Considera uno specchio sferico concavo con distanza focale $f=5$ cm; un oggetto AB è posto a una distanza di 12 cm dallo specchio.
 - a) Determina mediante una costruzione accurata la posizione dell'immagine.
 - b) Calcola tale posizione mediante la legge dei punti coniugati.
 - c) Stabilisci se l'immagine è reale o virtuale, spiegando il significato di tali termini.
- 4) Spiega il fenomeno della dispersione della luce. Quale esperienza/e abbiamo realizzato per vedere tale fenomeno?

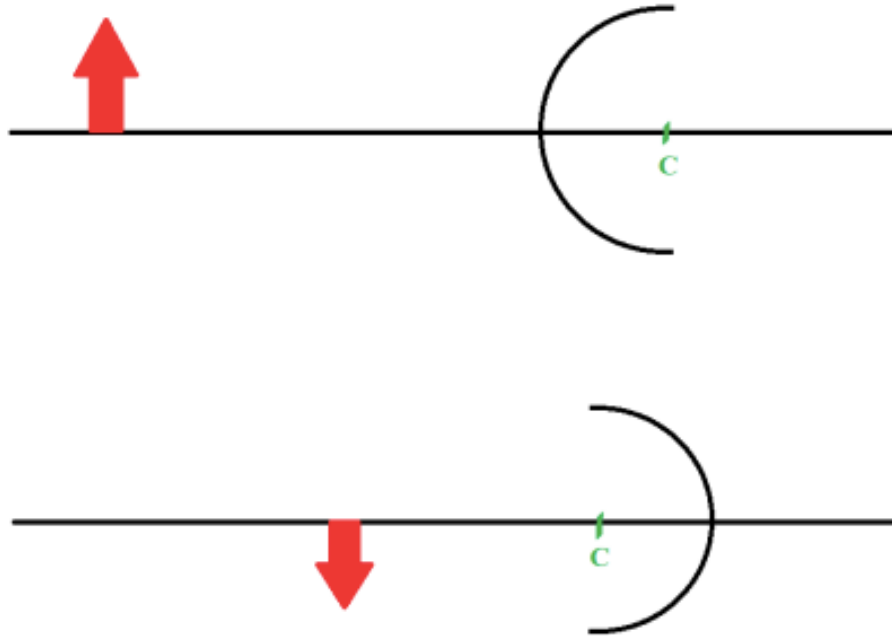
Esempi di prove di verifica

COMPITO DI FISICA

Punti: _____ /15

Nome e Cognome _____ Classe _____ Data _____

1) Determinare graficamente le immagini che si ottengono per riflessione sugli specchi sferici qui sotto. Sono immagini reali o virtuali? *(4 punti)*



2) Un raggio laser viaggia nell'aria ($n=1$) finché non incontra una lastra di ghiaccio. Sapendo che una parte del raggio viene riflesso con un angolo di 45° e che la parte rifratta, invece, attraversa il ghiaccio con un angolo di 33° : determinare l'indice di rifrazione del ghiaccio e fare un disegno qualitativo del sistema. *(3 punti)*

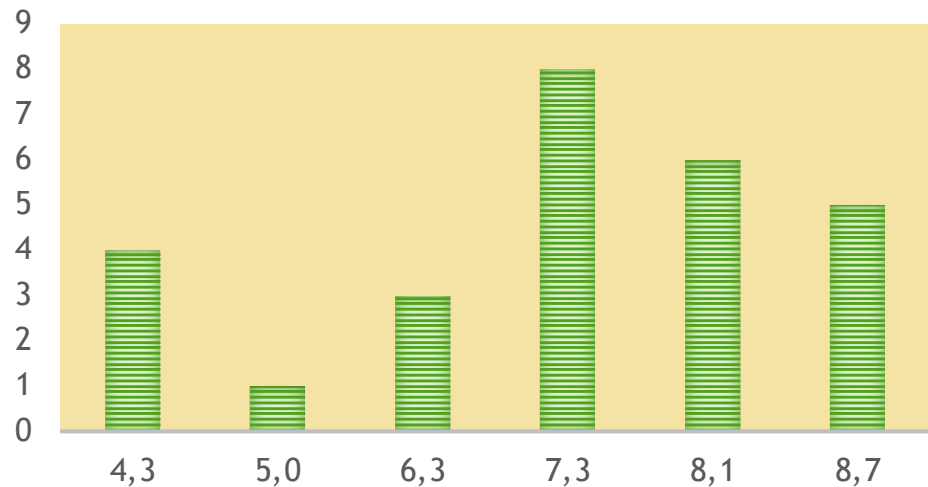
3) Descrivi (anche con un disegno) il percorso della luce quando guardiamo un oggetto. Disegna come si forma l'immagine per riflessione da uno specchio piano. *(2 punti)*

4) Quanto vale l'angolo limite per un materiale trasparente che ha indice di rifrazione n nel passaggio aria-materiale di 1,96? *(2 punti)*

5) Cita due proprietà della luce descrivendo le esperienze che hai fatto a riguardo. *(4 punti)*

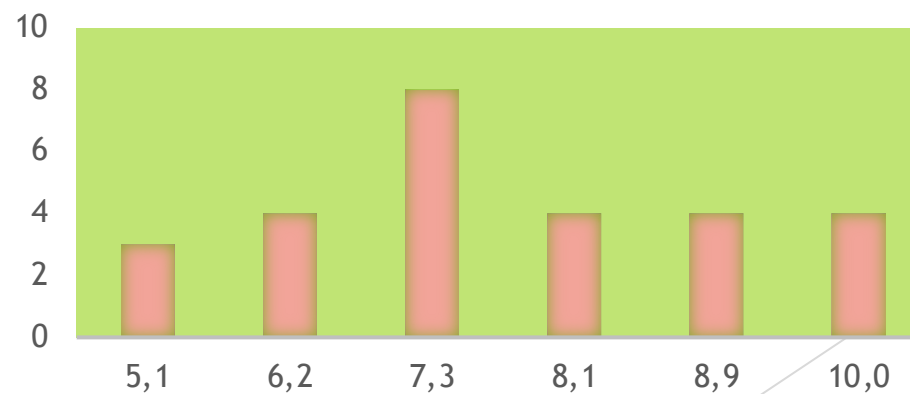
Risultati della classe 2 B scientifico

VERIFICA



Studenti vs valutazione media

VALUTAZIONE DIARIO DI BORDO



Commenti relativamente ai risultati della verifica

La classe ha risposto bene alla metodologia adottata, con una partecipazione inizialmente titubante, poi vivace e propositiva.

- I risultati delle prove, come si vede nei grafici precedenti, appaiono soddisfacenti e in linea con il livello di competenza raggiunto dalla classe.

Della positività e dell'efficacia del percorso si è tenuto conto nello scrutinio finale.

Valutazione dell'efficacia del percorso didattico sperimentato

La valutazione sull'efficacia del percorso è stata decisamente positiva, per la possibilità che è stata data agli studenti di costruire il proprio sapere.

I misconcetti iniziali non hanno rappresentato un ostacolo ma un punto di partenza utile per il feedback da parte di ogni studente. E' stato possibile realizzare tutta l'attività sperimentale progettata grazie alla fruibilità e alla adeguatezza delle apparecchiature del laboratorio di Fisica.

Le criticità sperimentate riguardano:

- i tempi stretti dovuti all'orario settimanale di sole 2 ore: non è stato possibile consolidare in modo adeguato le conoscenze relative alle lenti sottili.
- Il carico di lavoro per il docente sia in fase di programmazione che soprattutto in fase di implementazione della struttura del percorso.
- Il fatto che questo modulo disciplinare sia l'unico sviluppato dal consiglio di classe in modalità LS-LSS.

Valutazione dell'efficacia del percorso didattico sperimentato

A mio parere la redazione individuale del diario di bordo con la revisione periodica da parte dell'insegnante è stata fondamentale per la costruzione consapevole delle conoscenze acquisite da parte dei ragazzi.

Nel processo di verbalizzazione scritta, lo studente viene naturalmente portato a riflettere su quanto è stato svolto e realizzato durante l'attività didattica, svolgendo un'attività metacognitiva. In più è facilitata la memorizzazione delle conoscenze.

Le attività sperimentali assegnate per casa hanno fatto sì che il pensiero fosse concentrato su questa attività per un tempo maggiore del solito.

Ritengo che si possa considerare la redazione del diario di bordo come uno strumento da proporre al di là del modulo specifico come buona pratica del percorso di apprendimento.