

## Luce, Colore e Visione

Le attività si svolgono presso il Plesso Madonna Assunta dell'I. C. Michelangelo Ilioneo. In ogni gruppo sono presenti circa 20 bambini di classe quarta della scuola primaria.

Il tema "Luce, Colore e Visione" dell'anno scolastico 2015/2016 si ricollega a quello che si è svolto nell'anno scolastico 2012/2013 e coerentemente con quanto sviluppato negli scorsi anni scolastici la sperimentazione si articola in momenti tra loro correlati:

- sperimentazione con bambini di interclassi e intere classi nel laboratorio scientifico a scuola con la presenza di ricercatori, studenti-tesisti e ruolo attivo delle insegnanti;
- attività di approfondimento in classe sugli stessi fenomeni "trattati" nel laboratorio scientifico;
- lavoro a casa di tipo sperimentale o di rivisitazione delle esperienze con il coinvolgimento attivo dei genitori;
- incontri e scambi con le insegnanti sulla progettazione e valutazione complessiva delle esperienze;
- incontri con i genitori sulla progettazione delle esperienze a casa;
- progettazione di exhibits a scuola: a) le ombre colorate; b) la grande camera oscura; c) il caleidoscopio gigante;
- documentazione di tutte le attività svolte.

Le attività laboratoriali sono articolate all'interno del percorso tematico legato a fenomeni luminosi, con una strategia didattica tesa a sviluppare nel bambino abilità di tipo osservativo-logico-linguistico, senso critico e consapevolezza. Tutti i partecipanti (insegnanti/educatori, genitori, bambini, studenti-tesisti, ricercatori) seguendo un approccio tipico della ricerca-azione hanno un ruolo attivo in tutte le fasi della sperimentazione con una integrazione tra aspetti matematici e scientifici.

\*\*\*\*\*

## La sperimentazione

### Materiale

Lenti d'ingrandimento, specchietti piani, torce, solidi trasparenti (cilindri, prismi, cubi, parallelepipedi), acqua, pipette, cucchiari di plastica, filtri colorati, fogli di carta sotto-parato, fogli A3.

Strumenti di misura: righelli, goniometri.

### 1ª Attività (circa 1h e 30')

#### Introduzione in grande gruppo

I banchi della classe sono disposti in maniera tale da formare un unico tavolone rettangolare attorno al quale siedono tutti i bambini, ai quali si presenta il lavoro che verrà affrontato in quest'incontro e nei successivi intorno al tema della luce e della visione. Si tratta di una tematica già affrontata con gli stessi bambini anni fa, quando frequentavano la prima classe: si comincia infatti col rievocare e riproporre esperienze realizzate durante il primo anno di sperimentazione, lavorando alle esplorazioni in piccolo gruppo e contestualmente discutendone in grande gruppo.

Si tratta quindi di un incontro nel quale vengono messe in campo molte cose, chiarendo con i bambini che negli incontri successivi, e a scuola con le maestre e a casa con i genitori si lavorerà puntualmente su ciascuna di esse.

#### Prima parte – Lenti di ingrandimento e lenti d'acqua

Si comincia con la lente di ingrandimento: tutti i bambini descrivono l'oggetto come capace di far passare la luce che lo investe e data la sua caratteristica, di essere più spesso nel centro ("ha come una pancia"), capace di ingrandire le cose che guardiamo attraverso di esso. I bambini ricordano inoltre di avere

esplorato che anche una goccia d'acqua, proprio perché ugualmente “panciuta”, si comporta come una lente di ingrandimento.

I bambini accompagnano questi loro interventi verbali a dimostrazioni pratiche: ciascuno dispone di una lente di ingrandimento e di un cucchiaino di plastica nel quale è stata messa una goccia di acqua con una pipetta.



Figura 1: fase esplorativa, ciascun bambino con le lente di ingrandimento

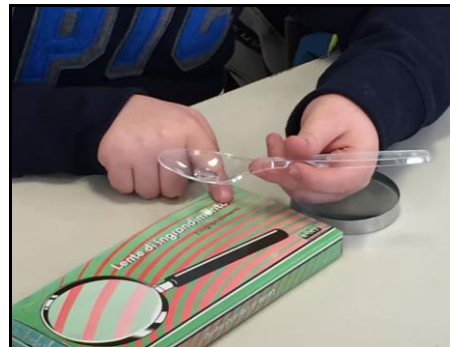


Figura 2: una goccia d'acqua fatta con una pipetta si comporta come una piccola lente di ingrandimento

Alcuni bambini, ricordando un episodio relativo al campo scuola, si soffermano a discutere in merito al fatto che “si può usare la lente di ingrandimento per bruciare qualcosa”, e spiegano infatti che “i raggi del sole riflettono nella lente... e...” e diciamo che la lente cattura tutti i raggi che riesce a catturare e li butta tutti quanti in un solo punto e lì butta tutta l'energia, che riesce a recuperare, del sole”.

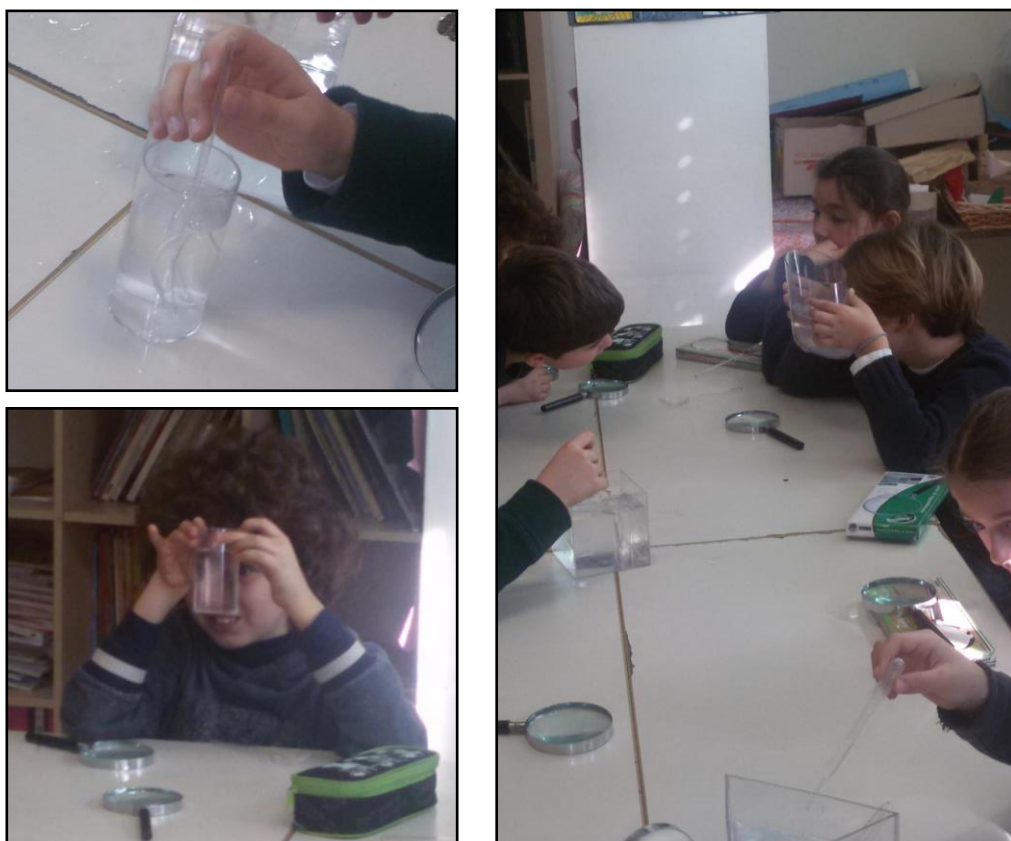
A questo punto si ripropone l'attività con la torcia e la lente d'ingrandimento fatta durante il primo anno di sperimentazione: si fa passare il fascio di luce generato dalla torcia attraverso la lente d'ingrandimento e lo si proietta sullo schermo, cercandone la *messa a fuoco*. La distanza tra la torcia e la lente che permette di vedere nitidamente i led che costituiscono la torcia è la distanza focale.



Figura 3: fascio di luce di una torcia proiettato su una parete e fatto passare attraverso una lente di ingrandimento

L'esplorazione continua guardando attraverso i solidi trasparenti riempiti d'acqua: i bambini ricordano che i contenitori cilindrici, quando contengono acqua, mostrano ingranditi gli oggetti immersi al loro interno e "deformati" i volti dei compagni osservati attraverso di essi.

Così, sempre richiamando le esperienze già fatte durante il primo anno di sperimentazione, invitiamo i bambini a guardare e guardarsi attraverso tutti i diversi solidi trasparenti e, intanto che si cerca di dare un nome a ciascuno di essi, si riguardano gli effetti di riflessione e rifrazione attraverso le facce e gli spigoli dei contenitori.



**Figura 4: i bambini esplorano come si vedono gli oggetti immersi in acqua nei diversi contenitori e come ci si vede attraverso**



## Seconda parte – Specchi piani e percorso della luce

Tutti i bambini hanno uno specchio e con grande autonomia lo orientano appropriatamente per “intercettare” il volto di un compagno in esso riflesso. La maggior parte ricorda del percorso fatto da un fascio di luce prodotto da una torcia indirizzato sullo specchio con un certa inclinazione: “la luce rimbalza e poi forma una V con lo specchio... quando eravamo in prima l’abbiamo anche disegnata” e visto che si sentono molto sicuri di questa conoscenza si divertono molto a far rimbalzare la luce su più specchi.



Figura 5: fase esplorativa in cui i bambini si divertono a far “rimbalzare” il fascio di luce prodotto da una torcia – o proveniente dal sole – da uno specchio all’altro.

L’attività si conclude chiarendo ancora una volta ai bambini, che ciascuna delle esperienze messe in campo sarà esplorata e discussa in dettaglio negli incontri successivi.

## 2ª Attività (circa 1h e 30’)

### Prima parte – Sviluppo di solidi

#### In grande gruppo

Sul banco sono disposti centralmente i contenitori trasparenti di diverse forme (cilindro, cubo, tronco di cono, prisma triangolare, prisma esagonale, parallelepipedo).

Si prende in esame un contenitore alla volta: il ricercatore aiuta i bambini a dire il nome del solido, a contare il numero di facce e ad attribuire a ciascuna faccia il nome del poligono che essa rappresenta.



Figura 6: in grande gruppo studiamo le caratteristiche geometriche di ciascun solido: numero di facce, numero di spigoli, numero di vertici e angoli

### In piccolo gruppo

I bambini lavorano in coppia e hanno il compito di "srotolare" il solido su un foglio con l'indicazione di disegnarne tutte le facce. Si affida loro il compito di trovare la strategia per disegnare le facce in modo che ritagliandole lungo i bordi esterni, si riesca a ricomporre il solido.

Devono inoltre riportare sul foglio il nome del solido, il numero di facce e il nome di quest'ultime, e il numero di spigoli.

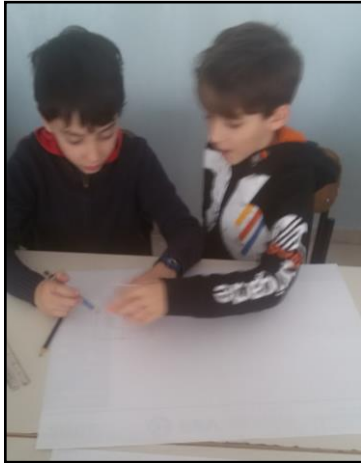


Figura 7: attività in piccolo gruppo, sviluppo di un solido su un foglio



Figura 8: i bambini ritagliano le facce del solido disegnato per "srotolamento" e poi lo ricostruiscono

L'attività termina quando ciascun gruppo ha "srotolato" almeno un solido. Quindi si torna in grande gruppo e si commenta qualche lavoro:

"il cubo ha tutte facce quadrate, in ogni quadrato ogni lato è uguale, anche gli angoli sono uguali, tutti retti".

"il prisma triangolare ha 5 facce: due sono triangoli e tre sono rettangoli, i rettangoli hanno gli angoli retti, ma i triangoli no... hanno angoli più piccoli": angoli che sono più piccoli di novanta gradi si dicono acuti e angoli che sono più grandi di novanta gradi si dicono ottusi; inoltre due angoli retti vicini (successivi) formano un angolo piatto, la cui misura è 180 gradi.

Lasciamo alla classe il compito di continuare con le maestre le discussioni intorno a ciascun solido srotolato.

## Seconda parte – Specchi e simmetria assiale

### In piccolo gruppo

I bambini hanno già osservato durante il primo anno di sperimentazione che le lettere viste in uno specchio posto perpendicolarmente al foglio su cui sono scritte appaiono capovolte. Si mostra loro che posizionando lo specchio centralmente alla lettera (in orizzontale o in verticale o in diagonale) succede per qualcuna che la parte riflessa la *completa*. Diciamo allora che la lettera per cui ciò accade è *simmetrica* rispetto ad un *asse* lungo cui è posizionato lo specchio.

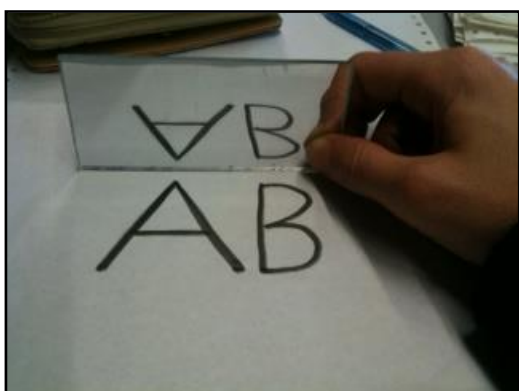


Figura 9: i bambini esplorano come posizionare lo specchietto per completare lettere o figure con l'immagine riflessa.

Una simmetria di una figura geometrica è una trasformazione che lascia la figura invariata. La trasformazione che stiamo osservando è la *riflessione*.

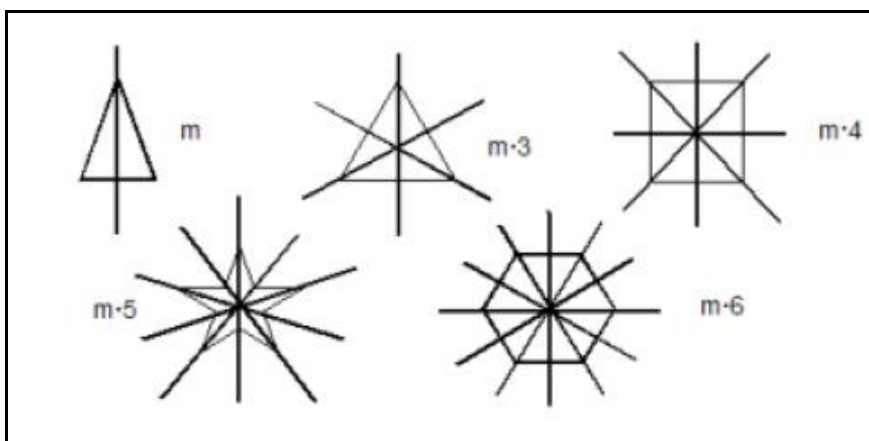


Figura 10: Gli assi di simmetria di alcuni poligoni. Gli assi hanno sempre un punto in comune.

I bambini lavorando a coppie con specchietti piani e fogli su cui sono stampate lettere dell'alfabeto e alcune figure a simmetria assiale, ricercano gli *assi di simmetria* e col righello verificano che le distanze dall'asse di due punti simmetrici sono uguali.

L'asse di simmetria è lo specchio stesso, orientato orizzontalmente, verticalmente o diagonalmente rispetto alla lettera o alla figura presa in esame.



**Figura 11: i bambini individuano gli assi di simmetria (l'orientazione dello specchio) di lettere dell'alfabeto e di semplici figure.**

Come ultima esplorazione della giornata, si dice ai bambini di posizionare i due specchietti piani perpendicolarmente al tavolo e in modo che i loro due spigoli coincidano (come le pagine di un libro aperto) e di porre al centro dei due specchi un oggetto piccolo, per esempio un temperamatite o un tappo di penna.

I bambini si divertono molto ad osservare le immagini multiple del loro oggetto riflesse negli specchi. Scopriamo così che per i due specchi messi a formare un angolo retto fra loro, si vedono tre immagini riflesse – una su ogni specchio e una in mezzo tra i due – e che mano a mano che l'angolo diventa piccolo, il numero delle immagini riflesse aumenta.



**Figura 12: riflettore angolare – due specchietti “incernierati” in modo da visualizzare immagini multiple al variare dell'angolo di apertura**

L'incontro si conclude spiegando ai bambini come costruire a casa con l'aiuto dei genitori, un caleidoscopio utilizzando tre specchietti piani "incernierati" tra loro. A scuola con l'aiuto delle maestre si costruirà un caleidoscopio gigante, con specchi di plexiglas, in modo tale che sarà possibile entrarci e osservare la propria immagine moltiplicata.

### 3ª Attività (circa 1h e 30')

#### Prima parte – Elementi di un solido

##### In grande gruppo

In questa prima parte dell'attività si riprende il discorso sulla geometria solida continuando a lavorare con i contenitori trasparenti: i bambini, sollecitati dal ricercatore, provano a descrivere le caratteristiche geometriche del solido *srotolato*.

Si comincia col ricordare che le figure solide occupano uno spazio, "differentemente da quelle piane che possiamo considerare schiacciate, come un foglio che è un rettangolo" (dice un bambino) e che allora se ne può misurare il volume: "infatti su qualcuno dei contenitori c'è scritto un litro, allora vuol dire che può contenere un volume di acqua che è un litro".

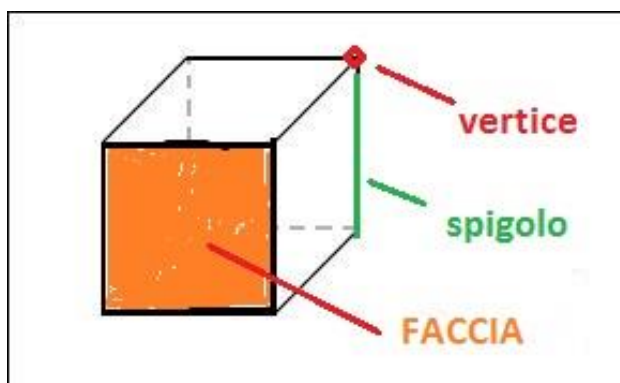


Figura 13: in grande gruppo si osserva un solido alla volta e se ne distinguono tutti i suoi elementi

Si discute così del fatto che le figure solide hanno elementi in più rispetto a quelle piane:

a "tenere insieme" un solido, a delimitarne il volume, ci sono le *facce*, che sono figure piane (poligoni) che possono essere tutte uguali come nel caso del cubo, in cui sono tutti dei quadrati, o del tetraedro regolare (piramide), in cui tutte le facce sono dei triangoli equilateri.

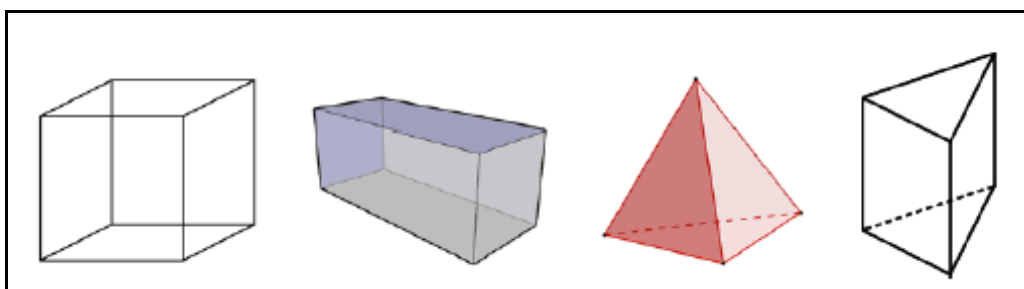
La "giuntura" che tiene insieme due facce (il segmento comune) si chiama spigolo; le due facce unite dallo spigolo formano un angolo tridimensionale, che si chiama angolo diedro; le estremità degli spigoli, cioè la "punta" che appartiene a tre facce (almeno), si chiamano vertici.



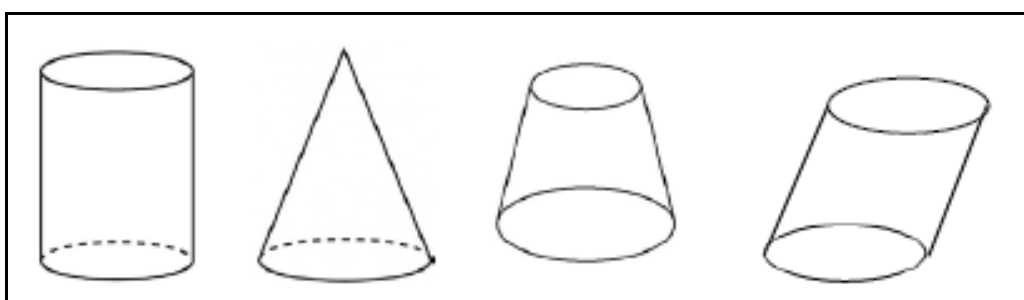


Distinguiamo poi i poliedri – cubo, parallelepipedo, piramide, prisma – dai solidi di rotazione – cilindro, cono, tronco di cono, cilindro ellittico obliquo – che sono figure geometriche tridimensionali che hanno almeno una superficie curva: “di faccia laterale ne hanno sempre una, perché non hanno le “giunture” – gli spigoli – che collegano due facce”, “e allora non si può parlare di angoli, se di facce non ne hanno almeno due...”.

Questi solidi sono chiamati "di rotazione" perché derivano appunto dalla rotazione di una figura geometrica piana: per esempio il cilindro deriva dalla rotazione di un rettangolo o di un quadrato attorno ad uno dei suoi lati, il cono dalla rotazione di un triangolo rettangolo attorno ad uno dei suoi cateti.



**Figura 14: Poliedri: cubo - parallelepipedo – tetraedro (o piramide a base triangolare) - prisma**



**Figura 15: Solidi di rotazione: cilindro, cono, tronco di cono, cilindro ellittico obliquo**

A questo punto, centralmente il ricercatore sottopone all’attenzione dei bambini un contenitore per volta, e li invita, insieme col suo aiuto, a dire il nome del solido, il numero di facce, il numero di spigoli e di vertici. Per essere aiutati in questo conteggio, alla lavagna il ricercatore ha scritto la relazione di Eulero:  $F + V - S = 2$ , in cui sommando al numero di spigoli di un solido, il numero delle sue facce e sottraendo a questi il numero dei vertici, per qualunque solido il risultato dell’operazione è sempre uguale a 2.

Dunque chiamiamo parallelepipedo ogni poliedro le cui facce sono 6 parallelogrammi: il cubo è un caso particolare, perché le sei facce sono tutte uguali e sono dei quadrati. Inoltre per ogni parallelepipedo i vertici sono 8 e gli spigoli sono 12.

Si chiama prisma ogni poliedro che ha per basi un poligono e per facce laterali dei parallelogrammi: il prisma esagonale per esempio o quello triangolare, hanno alle basi, rispettivamente un esagono e un triangolo, e per facce laterali dei rettangoli.

Per il prisma esagonale contiamo 8 facce (2 basi e 6 facce laterali), 12 vertici e 18 spigoli e per quello triangolare contiamo 5 facce (2 basi e 3 facce laterali), 6 vertici e 9 spigoli.

In questo lavoro di sistematizzazione, si discute anche di angoli: abbiamo ricordato che l’angolo retto misura 90 gradi, ed è quello che due facce formano tra loro se disposte perpendicolarmente l’una rispetto all’altra. Disegniamo angoli retti alla lavagna usando un righello e una squadretta. Usiamo infine un goniometro per controllare che la misura dell’angolo corrisponda a novanta gradi. I bambini non sanno

ancora usare il goniometro, ma molti mostrano una familiarità nella lettura assimilandola a quella fatta su una bilancia da cucina durante le attività svolte negli anni precedenti.

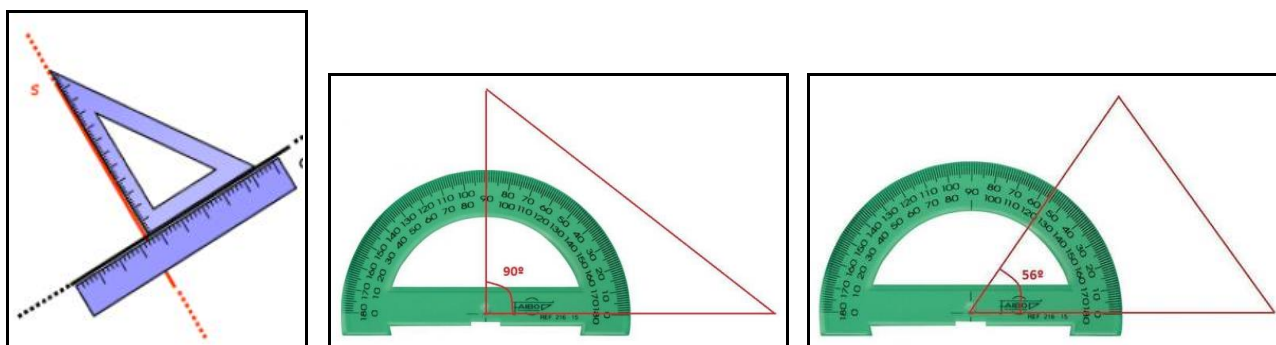


Figura 16: come disegnare la perpendicolare ad un segmento dato e come misurare angoli

## Seconda parte

### Specchi piani: misura di angoli di incidenza e angoli di riflessione

#### In grande gruppo

Il ricercatore mostra centralmente come realizzare l'attività in piccolo gruppo. I materiali che servono sono: uno specchietto piano, una torcia e un piccolo bersaglio. La richiesta è quella di far incidere il fascio di luce emesso dalla torcia sullo specchietto piano e di "investire" il bersaglio con il fascio di luce riflesso dallo specchio, e infine di disegnare su un foglio il percorso della luce per diverse posizioni del bersaglio.

Per prima cosa si posiziona lo specchietto "in piedi" sul foglio bianco, ovvero perpendicolarmente ad esso e se ne traccia la base di appoggio con la matita; levato lo specchietto, si disegna la linea perpendicolare a quella tracciata e con il goniometro si misura l'angolo che le due linee formano: se è di novanta gradi il disegno è fatto bene!

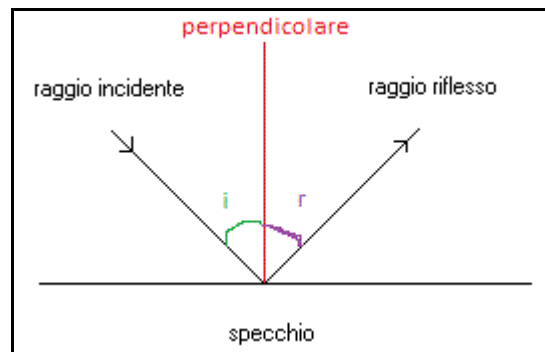
A questo punto si riposiziona lo specchietto lungo la linea-base di appoggio disegnata e si posizionano anche il bersaglio e la torcia sul foglio facendo in modo che il fascio di luce riflesso dallo specchio colpisca il bersaglio.



Figura 17: in grande gruppo si mostra ai bambini come fascio di luce incidente e fascio di luce riflesso formano angoli uguali rispetto alla perpendicolare allo specchio nel punto di incidenza

La luce prosegue per raggi rettilinei che, quando incontrano superfici lisce e levigate, gli specchi, vengono deviati secondo direzioni precise: l'angolo che il raggio incidente forma con la retta perpendicolare al piano dello specchio nel punto di incidenza è uguale all'angolo formato dal raggio riflesso con la stessa perpendicolare.

Se poniamo la torcia perpendicolarmente allo specchio, il fascio di luce incide e torna indietro lungo la stessa direzione perpendicolare, ma se il fascio luminoso forma con la base dello specchio un angolo acuto, esso esce riflesso dallo specchio formando con la base un angolo di uguale ampiezza.



### In piccolo gruppo

I bambini seguono, tracciandoli con la matita, raggi incidenti e raggi riflessi, rimarcando che il disegno che ne viene fuori è una lettera V con l'asse di simmetria verticale disegnato (la perpendicolare). Misurano inoltre gli angoli di incidenza e gli angoli di riflessione da loro disegnati, constatando con grande soddisfazione che essi differiscono al più di 3 gradi.



Figura 18: in piccolo gruppo i bambini misurano col goniometro l'angolo di incidenza e l'angolo di riflessione, dopo aver disegnato il raggio incidente e quello riflesso.



#### **4ª Attività (circa 1h e 30')**

##### **Prima parte – Come realizzare una camera oscura**

###### **In grande gruppo**

L'incontro di oggi comincia con una breve descrizione, da parte del ricercatore, su come realizzare una camera oscura. Ciascun bambino avrà il compito di "spiegare" ai genitori come realizzarla a casa, poi le camere oscure realizzate si porteranno a scuola e si condivideranno con i compagni, con le insegnanti e i ricercatori.

Cosa occorre: si suggerisce di utilizzare dei rotoli di cartone, per esempio gli interni dei rotoli da cucina o i rotoli per poster; della carta translucida, del tipo "carta mozzarella" o carta da forno; del cartoncino opaco; nastro adesivo nero, forbici e ago o stuzzicadenti.

Come costruire la camera: realizzare con la carta translucida e con il cartoncino opaco due cerchi uguali da utilizzare come tappi per il rotolo di cartone, fissandoli alle sue estremità col nastro adesivo nero e facendo in modo che non restino buchi aperti da cui possa entrare la luce. Al centro del cartoncino opaco realizzare un piccolo foro utilizzando un ago. Come utilizzare la camera oscura: tenere il rotolo di cartone in modo che il tappo di carta traslucida sia rivolto verso se stessi, e il tappo di cartone opaco in modo da "puntare" una zona dello spazio circostante.



**Figura 19: il ricercatore spiega e mostra come realizzare una camera oscura**

Ai bambini non viene anticipato niente di cosa si osserva sullo schermo traslucido e si lascia appunto come consegna quella di annotare le osservazioni che emergeranno durante la fase di esplorazione a casa.

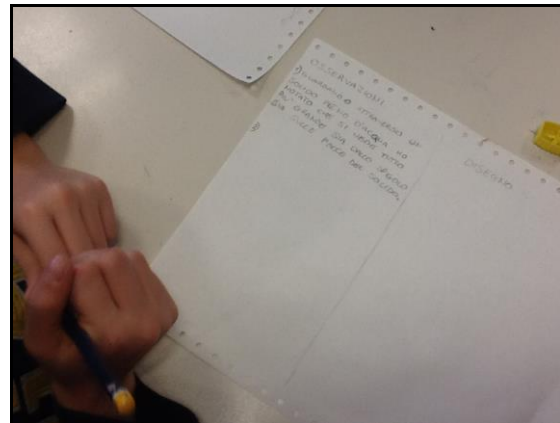
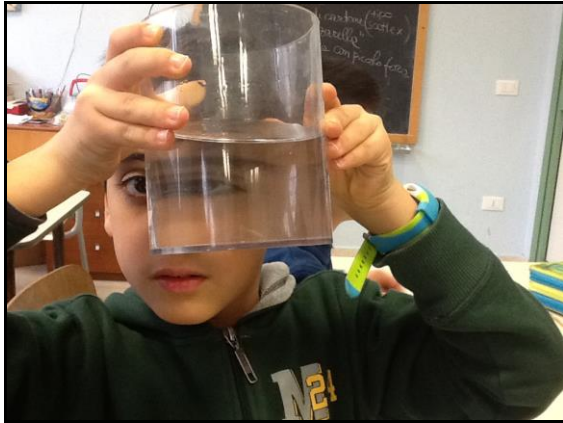
La camera oscura è uno strumento ottico che produce su uno schermo l'immagine di oggetti o scene "viste" dalla camera nell'ambiente circostante: la luce che proviene dall'oggetto o dalla scena mirata dalla parte di rotolo col tappo di cartoncino opaco, viaggia attraverso il piccolo foro e raggiunge la superficie di carta translucida che funge da schermo dove viene raccolta l'immagine dell'oggetto o della scena. Tale immagine è rimpicciolita e capovolta rispetto all'oggetto o alla scena "vista" dalla camera oscura.

##### **Seconda parte – Guardare attraverso solidi trasparenti riempiti con acqua: riflessione e rifrazione**

###### **In piccolo gruppo**

In questa parte dell'incontro si procede a far lavorare i bambini in piccoli gruppi sulla rifrazione e sulle fenomenologie sovrapposte di riflessioni e rifrazioni.

In ciascun gruppo i bambini sono invitati a guardare e guardarsi attraverso il solido trasparente contenente acqua di cui dispongono e a prendere nota su un foglio, individualmente, delle osservazioni che emergono.



**Figura 20: i bambini esplorano fenomeni di riflessione e rifrazione guardando attraverso solidi riempiti con acqua distillata**

*Alcune delle annotazioni scritte dai bambini:*

*Cilindro: la faccia di Roberto è diventata cubica. Le cose si allargano. Se vedi da vicino si vede meglio da lontano non capisci niente si vedono solo linee colorate. Le persone si uniscono.*

*Cubo: dal vertice del cubo vedi normale, ma ci stanno delle immagini riflesse. Vedi le persone con un occhio.*

*Prisma triangolare: si vede doppio, il primo e la seconda copia non sono vere ma in mezzo alle due c'è la vera. [Aldo]*

*Prisma: 1. Se guardi le persone dallo spigolo del prisma guardando attraverso l'acqua anche se il tuo sguardo è diretto sulla persona di fronte a te vedi la persona affianco come se si scambiassero di posto.*

*2. Se guardi nello spigolo del prisma vedi le cose arcobalenate.*

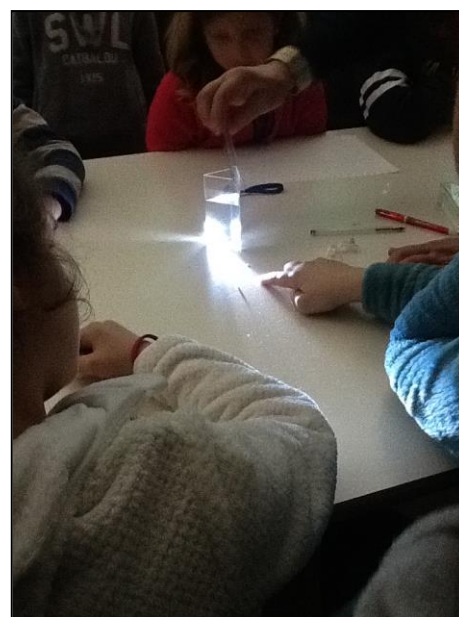
*Ellisse: 1. Se attraverso l'ellisse e l'acqua e il compagno di fronte guarda a sinistra io vedo che lui guarda a destra. 2. Se guardi da l'ellisse la persona la vedi doppia e sfumata. [Federica]*

Partendo dalle osservazioni dei bambini, in grande gruppo si riflette sul fatto che la luce emessa da una sorgente primaria (quella del sole che entra dalle finestre dell'aula o quella dei neon sopra le nostre teste) si propaga in linea retta in ciascun mezzo ma nel passaggio da un mezzo ad un altro cambia direzione. Per questo motivo, quando guardiamo una matita immersa per metà in un parallelepipedo pieno d'acqua essa ci appare spezzata.

Si procede col far lavorare di nuovo i bambini in piccolo gruppo con piccoli parallelepipedo trasparenti, contenenti acqua, foglio bianco, torcia LED, righello e goniometro. La richiesta è quella di inseguire il fascio di luce che in parte si rifrange e in parte si riflette e di disegnarne i percorsi sul foglio.



**Figura 21: i bambini esplorano riflessione e rifrazione di un fascio di luce prodotto da una torcia che investe i contenitori pieni di acqua**



Il tempo passa via in fretta, i bambini sono molto entusiasti delle osservazioni che essi stessi riescono a fare e cominciano a prevedere un po' cosa succede al fascio di luce nel passaggio dall'aria all'acqua ... Alcuni bambini annotano sul foglio le loro osservazioni:

*Io vedo che la luce penetra nell'oggetto con l'acqua, ma dall'altra parte è più chiara, ma più larga. [Giorgia, IVD]*

*La luce che attraversa l'acqua: una parte della luce si blocca sul vetro l'altra parte devia il fascio grazie all'acqua. La luce e lo sguardo funzionano allo stesso modo. [Aldo, IV D]*

L'esplorazione dei bambini in piccolo gruppo termina dicendo loro che verranno sistemate in grande gruppo in laboratorio tutte le osservazioni che sono emerse.

### Terza parte – Riflessione e rifrazione attraverso un prisma. L'occhio come sistema ottico

#### In grande gruppo

Durante gli ultimi 30 minuti dell'incontro, si riuniscono due classi nel laboratorio e si lavora con una sorgente luminosa che può emettere da uno a cinque raggi luminosi, un set di lenti e di prismi (tutti componenti rivestiti con pellicola magnetica) ed una lavagna di supporto.

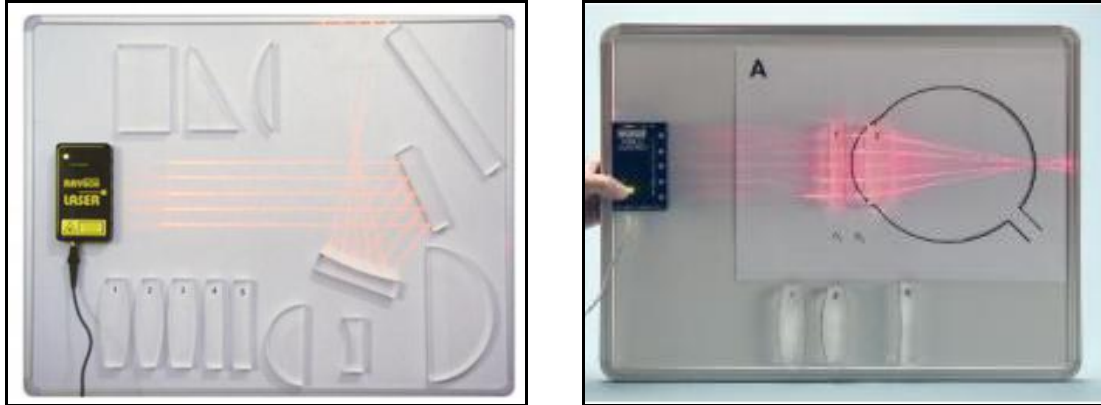


Figura 22: apparato sperimentale usato in laboratorio

Si fa incidere un raggio emesso dal laser su un parallelepipedo (un prisma rettangolare): si mostra che se il parallelepipedo è posto frontalmente, ortogonalmente, rispetto al raggio incidente, quest'ultimo lo attraversa uscendo dalla faccia opposta senza cambiare direzione. Se invece il parallelepipedo è posto obliquamente rispetto al raggio emesso dal laser allora notiamo che esso viene riflesso e rifratto nel passaggio da una parete all'altra del parallelepipedo.



Figura 23: riflessione e rifrazione di un raggio di luce attraverso un parallelepipedo

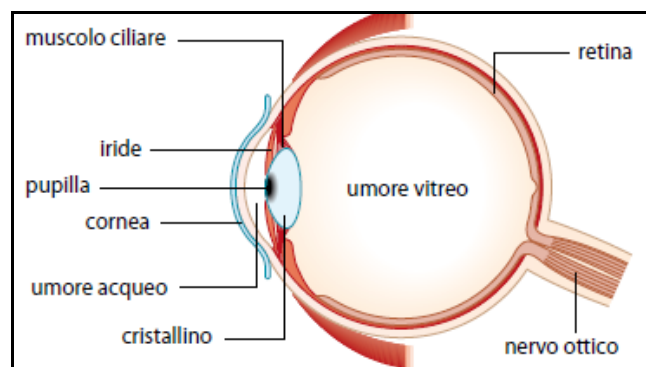


Quando la direzione del raggio incidente non coincide con quella della normale (perpendicolare) alla superficie di separazione dei due mezzi (aria e vetro del parallelepipedo), esso viene suddiviso in una parte

riflessa ed una trasmessa. Il raggio trasmesso viene deviato e in parte si riflette sulla seconda superficie di separazione e in parte fuoriesce dal parallelepipedo, spostato di un certo angolo rispetto al raggio incidente ma ad esso parallelo (raggio rifratto).

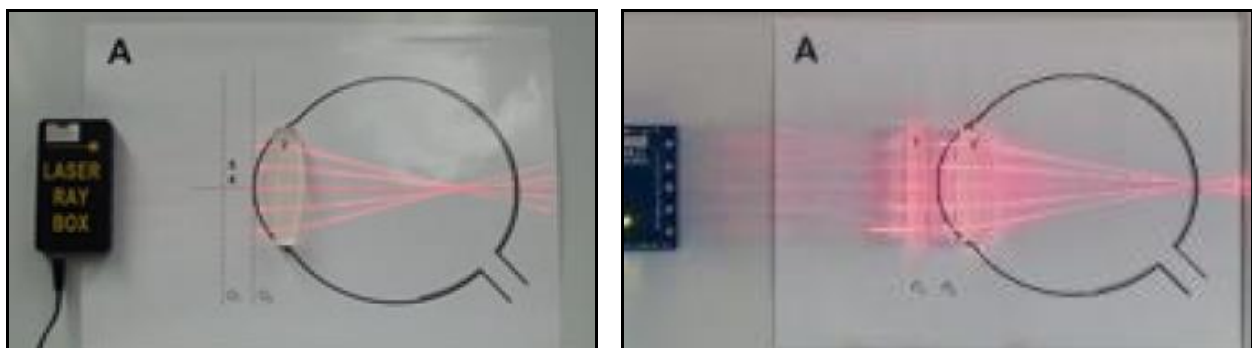
Si passa poi a ragionare collettivamente sul meccanismo della visione: come facciamo a vedere quello che vediamo e perché? Dalle sorgenti primarie viene emessa luce; le cose e le persone colpite dalla luce emessa dalla sorgente primaria diffondono luce e sono definite sorgenti secondarie (a catena, anche gli oggetti colpiti dalla luce emessa dalle sorgenti secondarie diffondono a loro volta luce, e possono essere definiti sorgenti terziarie); noi vediamo gli oggetti che inviano luce nei nostri occhi (sorgenti primarie, secondarie, ecc.).

L'occhio è un sistema ottico complesso, che ci permette dunque di vedere sia gli oggetti luminosi che quelli illuminati, capace di distinguere la forma di un oggetto e di valutarne la distanza. La luce diretta o diffusa attraversa i diversi mezzi trasparenti di cui è composto l'occhio e giunge sulla *retina*. Poi, attraverso il *nervo ottico*, le informazioni che la retina ha ricevuto giungono al cervello sotto forma di impulsi elettrici che descrivono il contenuto dell'immagine. Il cervello li elabora e riesce a ricostruire l'immagine.



**Figura 24: i componenti dell'occhio**

A questo punto si mostra ai bambini uno schema dell'occhio e si discute dei due difetti della vista più comuni: la miopia e la presbiopia. Alcune persone non riescono a vedere chiaramente gli oggetti lontani – i *miopi* – perché il cristallino (che è una lente convergente) focalizza i raggi di luce davanti alla retina invece che sulla retina. Nell'occhio miope quindi il cristallino focalizza troppo ed il difetto si corregge con una lente divergente, che sposta l'immagine verso la retina. Altre persone non vedono bene gli oggetti vicini – i *presbiti* – perché in questo caso il cristallino focalizza gli oggetti dietro la retina. Nell'occhio presbite (o ipermetrope), tipico delle persone anziane, il cristallino focalizza poco e perciò il difetto può essere corretto mediante una lente convergente che riporta l'immagine più indietro.



**Figura 25: occhio miope che focalizza i raggi davanti alla retina; lente divergente posta davanti a occhio miope che permette di focalizzare i raggi sulla retina**

I bambini, seppure un po' stanchi al termine di questa intensa attività, hanno mostrato un vivo interesse e partecipato alle discussioni mettendo in campo conoscenze e curiosità.



## 5ª Attività (circa 1h e 30')

### Prima parte - In grande gruppo

#### Caleidoscopio gigante e specchi parabolici

Questo incontro si svolge all'interno dell'ampio spazio della biblioteca, con due classi alla volta e con la premessa dei ricercatori sul fatto che le esplorazioni della giornata potrebbero essere ampliate e arricchite al fine di realizzare uno spettacolo, al termine dell'anno scolastico, con protagonisti i bambini e i fenomeni "magici" osservati.

La premessa fatta predispone i bambini di una forte curiosità e ansia di cominciare.

L'attività ha inizio esplorando le immagini riflesse in ampi specchi di plexiglas. Per prima cosa i ricercatori posizionano due specchi ad angolo, come se fossero "incernierati" tra loro, e rievocano con i bambini le esplorazioni fatte negli incontri precedenti con gli specchietti piani piccoli: le immagini multiple viste con il riflettore angolare (costruito con due specchietti) e con il caleidoscopio (costruito con tre specchietti).



Figura 26: immagini multiple con due grandi specchi "incernierati"

L'effetto che producono gli specchi grandi è di gran lunga più suggestivo per i bambini, che si divertono molto a guardare e contare le loro immagini *ripetute* all'interno degli specchi.

A questo punto si dice ai bambini di disporsi in gruppetti da tre "sarpagliati" nell'aula, perché possano essere "catturati" dai tre specchi incernierati dai ricercatori.



Figura 27: i bambini entrano nel caleidoscopio gigante

Dopo che tutti i gruppi di bambini sono entrati nel caleidoscopio gigante, le esplorazioni continuano in grande gruppo osservando come si deformano immagini quando lo specchio subisce una “piegatura” verso l’interno a simulare uno specchio concavo o una “piegatura” verso l’esterno a simulare uno specchio convesso.



**Figura 28: i bambini osservano le loro immagini deformate in specchi leggermente curvati**

Le immagini che osserviamo sono buffe e il ricercatore per sottolineare le differenze rievoca diversi esempi, a cominciare da come ci vediamo riflessi in un cucchiaio da minestra se ci guardiamo nella parte interna, quella concava, o nella parte esterna, quella convessa.

Nella parte convessa, l’immagine riflessa si deforma ma resta dritta, come negli specchietti retrovisori esterni delle auto o negli specchi tondi grandi posti in prossimità di incroci pericolosi, che mostrano gli oggetti più lontani di quanto in realtà sono. Nella parte concava (quella con cui si raccoglie la minestra) l’immagine appare invece capovolta (sia in orizzontale sia in verticale). Tutto dipende dal fuoco, cioè il punto in cui i raggi di luce riflessi da uno specchio convergono, e dalla distanza tra lo specchio e l’oggetto riflesso (cioè noi). Se ci troviamo a una distanza maggiore del fuoco, che è dalla stessa parte dell’osservatore, l’immagine si capovolge. Se, invece, la distanza è inferiore rispetto al fuoco, l’immagine appare ingrandita ma dritta. In pratica, se attacchiamo il naso alla sua parte concava, il cucchiaio ci riflette “normalmente” ma siamo troppo vicini per percepirlo.

A questo punto si mostra ai bambini come utilizzando due specchi parabolici è possibile realizzare un interessante fenomeno di “miraggio”.

Si tratta di una specie di scatola nera a forma di disco, con un foro piatto sul quale è *posato* un maialino: a prima vista il maialino ha tutte le proprietà di un oggetto reale, se però si cerca di prenderlo o di toccarlo, ci si accorge che non c’è, e che quindi si tratta solo di un’illusione ottica.



**Figura 29: la scatola del miraggio**

Allora il ricercatore apre la scatola e spiega ai bambini che essa è in realtà costituita di due specchi parabolici uguali e sovrapposti, ciascuno dei quali ha il fuoco più o meno nel vertice dell'altro. Sul fondo dello specchio inferiore sta maialino, mentre lo specchio superiore ha un foro attraverso il quale si può guardare nell'interno. Quando si guarda attraverso questo foro, o si illumina con una torcia, il raggio luminoso compie due riflessioni prima di colpire il maialino, e quindi ne forma un'immagine reale del tutto simile all'originale.

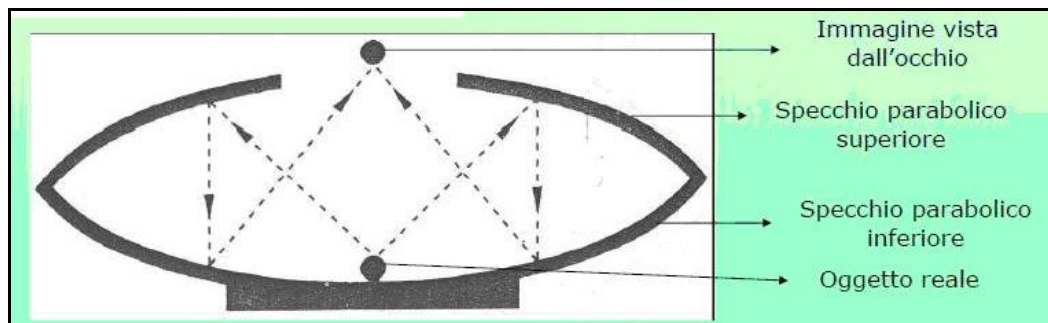


Figura 30: come funziona la scatola del miraggio

## Seconda parte – Rifrazione da prisma triangolare

### In grande gruppo

In questa seconda parte dell'incontro riprendiamo la fenomenologia della riflessione e della rifrazione. Abbiamo visto che quando un raggio di luce incide sulla superficie di separazione tra due mezzi (torcia che illumina un recipiente contenente acqua, e raggio laser incidente su un parallelepipedo di vetro), si formano sempre un raggio riflesso e un raggio rifratto. Lo scopo di questa attività è quello di far visualizzare per bene ai bambini raggio incidente, raggio riflesso e raggio rifratto per un prisma triangolare.

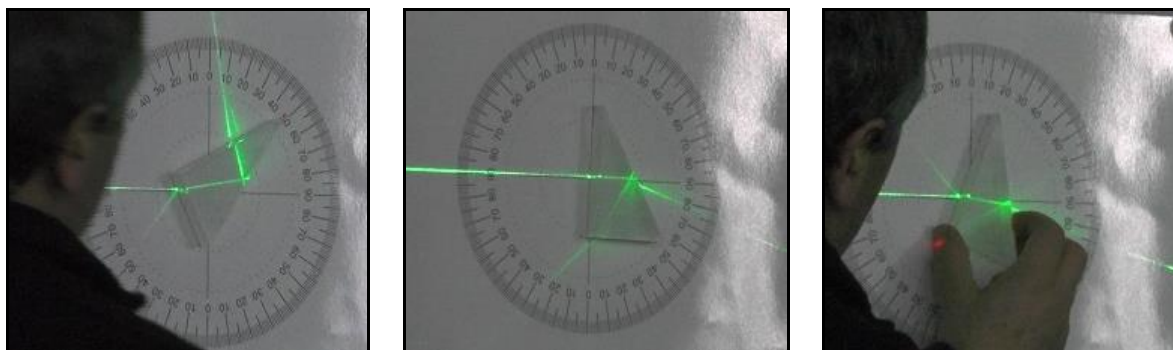
Si comincia col fare vedere ai bambini come guardando attraverso una faccia del prisma di vetro le persone che puntiamo le vediamo spostate rispetto alla loro posizione, proprio per effetto della rifrazione.



Figura 31: guardare attraverso una faccia di un prisma triangolare

Studiamo allora cosa succede ai raggi di luce nel passaggio da una faccia all'altra del prisma. Disponiamo della sorgente luminosa capace di emettere da uno a cinque raggi luminosi e di un prisma triangolare e usiamo come lavagna metallica di supporto la porta della biblioteca, sulla quale è stato disposto un goniometro per le misure di angoli di incidenza di riflessione e di rifrazione.

Facciamo incidere il raggio laser sul prisma (posto sul goniometro) per diverse posizioni di quest'ultimo, per visualizzare tutte le volte come fuoriesce il raggio incidente.

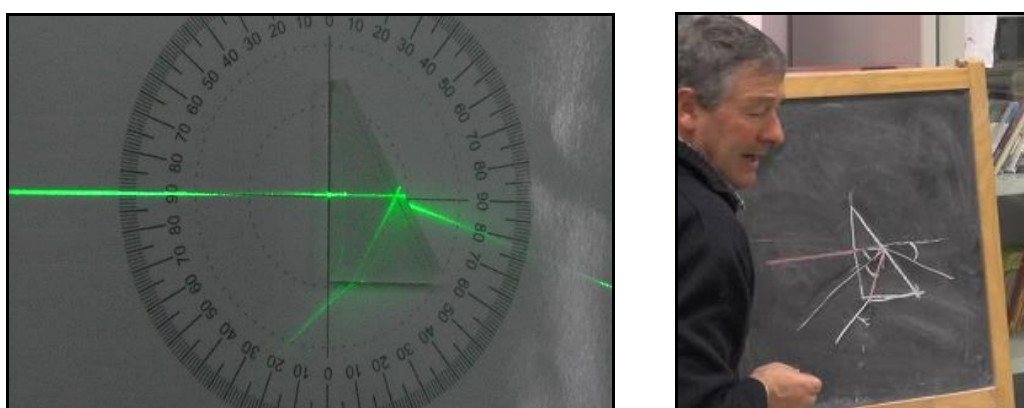


**Figura 32: diverse posizioni del prisma rispetto al raggio uscente dal laser per vedere raggi riflessi e rifratti**



**Figura 33: il ricercatore mostra ai bambini cosa succede al raggio incidente sul prisma di vetro, indicando il raggio riflesso e quello rifratto**

Scegliamo alla fine una posizione del prisma che possiamo poi facilmente rappresentare alla lavagna e in modo che i bambini possano riprodurla sul foglio: il cateto maggiore della faccia triangolare è disposto lungo il diametro del goniometro, perpendicolarmente al raggio incidente.



**Figura 34: osserviamo e disegniamo raggio incidente, raggio riflesso e raggi rifratti per un prisma triangolare**

Il raggio uscente dal puntatore laser incide sulla faccia rettangolare del prisma posta ortogonalmente ad esso e passa fino ad incontrare la faccia obliqua del prisma. Questa faccia obliqua in parte riflette il raggio facendolo incidere sulla faccia di base da dove poi esce rifratto, e in parte lo rifrange facendolo uscire dalla faccia obliqua stessa, leggermente inclinato rispetto al raggio incidente.

Si effettua passo dopo passo il disegno alla lavagna e si misurano sul goniometro sottostante il prisma sia l'angolo riflesso che i due angoli rifratti. Si dice ai bambini di ripetere il disegno individualmente e di indicare il nome di ciascun raggio.



Figura 35: i bambini disegnano raggio riflesso e raggio rifratto di un raggio di luce che passa attraverso un prisma

### 6<sup>a</sup> Attività (circa 1h e 30')

#### Prima parte – Ombre colorate

##### In grande gruppo

Anche questo incontro si svolge all'interno dell'ampio spazio della biblioteca con due classi alla volta. I ricercatori hanno allestito un grande schermo (con due tavoli messi in verticale e coperti da un lenzuolo bianco) e frontalmente a esso hanno disposto un banchetto con sopra tre lampade: da ciascuna di esse esce un fascio di luce monocromatica rispettivamente di colore blu, rosso e verde. (Si è cercato di oscurare il più possibile la zona in cui è posizionato lo schermo).

Già al loro arrivo nell'aula della biblioteca i bambini mostrano un entusiasmo particolare per l'allestimento e siedono a terra pronti ad immergersi in una nuova esperienza.

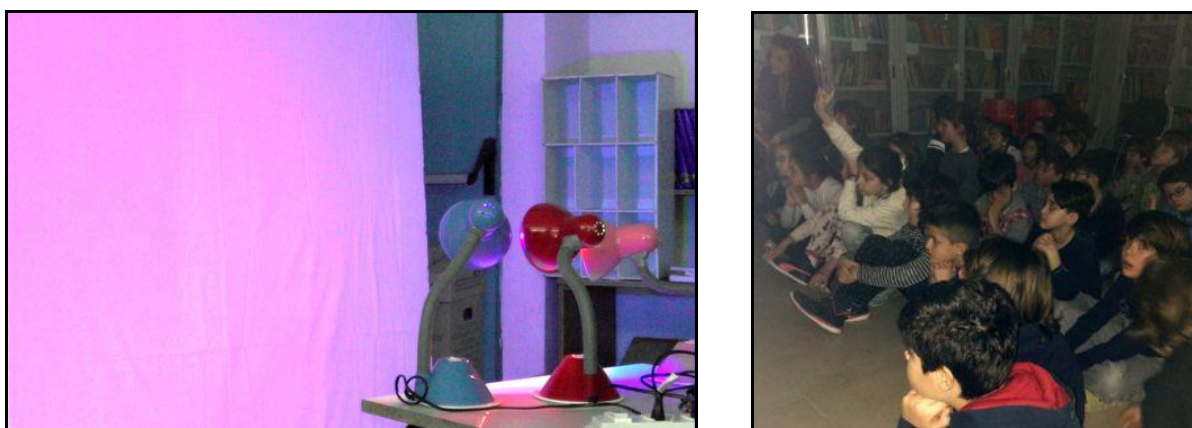


Figura 36: allestimento in biblioteca per l'osservazione delle ombre colorate

Ancora una volta, prima di cominciare le esplorazioni, il ricercatore ricorda che le attività di questi ultimi incontri potrebbero essere usate per uno spettacolo realizzato dai bambini al termine dell'anno scolastico per coinvolgere genitori, parenti e amici nel mondo dei fenomeni da loro esplorati a scuola.

Prima di osservare le ombre prodotte dalle luci colorate, si investe lo schermo con luce bianca e si discute brevemente su come facciamo a produrre un'ombra sullo schermo, di che colore è, come possiamo variane la grandezza...

Sappiamo che per vedere un'ombra abbiamo bisogno della luce e di un oggetto che ne "ostacola" il cammino. L'ombra dell'oggetto che vediamo proiettata su uno schermo o una parete ha la stessa forma dell'oggetto che l'ha prodotta, ma è più grande o più piccola a seconda che avviciniamo l'oggetto alla fonte di luce (allora l'ombra prodotta sarà più grande) o che lo allontaniamo da essa (l'ombra prodotta sarà più piccola). Se però ruotiamo l'oggetto o ne accostiamo due vicini le ombre che si producono diventano "particolari": infatti si può pensare di provare a fare dei profili di animali incrociando le dita o posizionando le mani in un certo modo, giocando così alle cosiddette "ombre cinesi".

A questo punto i bambini sono invitati a provare a produrre "ombre cinesi" sullo schermo.



**Figura 37: ombre cinesi prodotte dai bambini**

In realtà non riuscendo a creare ottimali condizioni di buio, le ombre che si osservano non sono particolarmente nitide e nere, inoltre sono rimaste accese le tre luci colorate e anche per questo si vede di colore grigio l'ombra prodotta dalla luce bianca. Si spiega quindi ai bambini che per realizzare bene le ombre c'è bisogno di un ambiente ben oscurato.

Si discute dunque del colore nero dell'ombra e allora alcuni bambini si domandano di che colore è l'ombra di un oggetto investito da una luce colorata:

"con le luci colorate forse vengono ombre colorate",

"con la luce bianca vedi l'ombra nera perché il nero è l'opposto del bianco",

allora il ricercatore interviene e chiede

"allora se per esempio la luce è rossa, di che colore è l'ombra?"

qualche bambino risponde "è azzurra" "è blu",

"ma no" dice un bambino "è sempre nera, perché la mano non fa passare la luce" ...

A questo punto il ricercatore produce ombre della sua mano investendola una volta con la luce blu, una volta con la luce rossa e una volta con la luce verde, mostrando come tutte le volte l'ombra risulti nera.

Dopo che i bambini si sono divertiti a realizzare ombre particolari sullo schermo, il ricercatore ha spento la luce bianca e riposizionato le tre lampade con le luci colorate rossa, verde e blu a illuminare lo schermo. Prima di interporre un oggetto tra luci e schermo e vedere su questo le ombre, il ricercatore spiega ai bambini che la scelta di avere le tre luci colorate una rossa, una verde ed una blu non è casuale ma si rifà ad un modello di colori di tipo additivo denominato *RGB*, dove appunto R sta per *Red* (rosso, in inglese), G sta per *Green* (verde, in inglese) e B sta per *Blue* (blu, in inglese), indicati come colori primari. La scelta di tale modello è correlata alla fisiologia dell'occhio umano che è più sensibile alla luce rossa, verde e blu; inoltre il modello RGB è di tipo additivo perché unendo i tre colori con la loro intensità massima si ottiene il bianco (cioè tutta la luce viene riflessa).

Il ricercatore passa poi a chiedere ai bambini di che colore si aspettano debba essere l'ombra di un oggetto interposto tra luci colorate e schermo. Gran parte dei bambini rispondono che ci saranno tre ombre sullo schermo e saranno rispettivamente di colore rosso verde e blu. Il ricercatore pone un ostacolo (un puntatore laser) davanti ai fasci di luce colorati "producendo" così sullo schermo tre ombre colorate.



**Figura 38: ombre giallo, magenta e ciano prodotte da luci rosso, verde e blu**

Il ricercatore sottolinea che i colori delle ombre dell'oggetto interposto tra lampade colorate e schermo sono differenti da quelli delle luci delle lampade e i bambini infatti li indicano come *azzurro*, *rosa* e *giallo*, ma qualcuno li "giustifica" come colori attenuati, schiariti, rispetto a quelli provenienti dalle lampade (*azzurro* è il blu attenuato, *rosa* è il rosso attenuato, *giallo* è il verde attenuato), qualche altro bambino osserva che le posizioni delle ombre non corrispondono alla direzione opposta del fascio del rispettivo colore attenuato: "la luce blu illumina a destra lo schermo (è la destra dei bambini che sono tutti seduti di fronte allo schermo), ma l'ombra azzurra è a sinistra"... allora un altro bambino dice che per come sono posizionate le luci, il motivo per cui vengono fuori quei nuovi colori, è che qualche colore dei tre non riesce a passare...

Prima di spiegare come si realizzano queste ombre colorate, il ricercatore spiega che i colori delle ombre si dicono secondari e si indicano come ciano, magenta e giallo. Mostra inoltre che avvicinando l'oggetto allo schermo le tre ombre colorate si avvicinano sempre più l'una all'altra e l'ombra risultante è nera, mentre man mano che si allontana l'ostacolo dallo schermo le sue ombre colorate diventano sempre più nitide.

I bambini ascoltano con curiosità e attenzione ma al contempo non vedono l'ora di cimentarsi a realizzare ombre colorate, così prima di andare avanti con la spiegazione del fenomeno si lascia campo libero ai loro giochi di ombre.



**Figura 39: i bambini producono le loro ombre colorate**

Nell'osservare le ombre colorate realizzate sullo schermo, il ricercatore fa notare ai bambini che la presenza di ombre colorate anche di colore rosso, verde, blu e nero è dovuta al fatto che ci sono zone in cui i fasci di luce provenienti dalle tre lampade non si sovrappongono.

Lo scopo di questa attività, insiste il ricercatore, è vedere come la sovrapposizione dei tre colori primari rosso, verde e blu faccia apparire sullo schermo luce bianca e di conseguenza un oggetto interposto tra le tre luci e lo schermo produce ombre dei tre colori secondari ciano, magenta e giallo. Ogni ombra è ottenuta dalla sovrapposizione di due luci: l'ombra gialla si ottiene schermando la luce blu e quindi dalla sovrapposizione della luce rossa con la luce verde; l'ombra magenta si ottiene sovrapponendo la luce rossa con la luce blu, schermando quindi la verde; l'ombra ciano si ottiene mescolando la luce verde con la luce blu. Si dice ai bambini che questa parte verrà ripresa nel prossimo incontro.



**Figura 40: spiegazione su come si formano le ombre colorate**



## Seconda parte – Colori dell’arcobaleno su un CD e disegno di ombre

### In piccolo gruppo

I bambini sono divisi in gruppi da tre e ciascun gruppo ha un CD e una torcia. Le esplorazioni da fare sono due: la prima consiste nel colpire con la luce della torcia la parte lucida del CD, tenendolo in posizione verticale e inclinandolo o ruotandolo opportunamente fino a che non si riescono a osservare i colori dell’arcobaleno. Una volta “catturato” l’arcobaleno sul CD ciascun bambino deve scrivere sul proprio foglio la sequenza di colori nell’ordine in cui si presentano; la seconda esplorazione consiste nel disegnare l’ombra che il CD proietta sul foglio quando è investito dalla luce della torcia.

Inoltre si chiede ai bambini di disegnare l’ombra prodotta dal CD sul foglio quando è investito perpendicolarmente dalla luce della torcia e di osservare i colori che si presentano sull’anello centrale che delimita il buco.



Figura 41: i bambini disegnano l'ombra prodotta sul foglio da un cd illuminato da una torcia perpendicolarmente



Figura 42: i bambini realizzano un arcobaleno investendo un CD con la luce di una torcia

Al termine dell’attività, si spiega ai bambini che sulla superficie lucida del CD ci sono dei solchi a spirale molto vicini tra loro (sono questi solchi che permettono di registrare le informazioni digitali, che vengono poi “lette” da un raggio laser in musica o immagini di un film) e quando la luce colpisce i solchi essa subisce un fenomeno chiamato diffrazione, una sorta di sparpagliamento della luce.

## 7ª Attività (circa 1h e 30')

### Ombre al sole

#### In grande gruppo

Questo incontro si svolge sul terrazzo della scuola con due classi alla volta e con un gruppo di circa dieci alunni delle scuole medie accompagnati dai loro insegnanti.

Si organizzano due grandi gruppi ciascuno guidato da due ricercatori e l'esplorazione comincia sollecitando i bambini ad osservare la propria ombra e chiedendo loro di raccontare come e perché si "forma". I bambini riconoscono i loro corpi come "ostacoli" alla luce del Sole e le ombre, sagome nere proiettate dai loro corpi sulla superficie del pavimento, come "zone" di assenza di luce.

Con i ricercatori si discute del cammino che fa la luce e tendendo dei fili di spago dalla sommità degli oggetti che proiettano ombre (anche i bambini stessi e quindi con i fili che partono dalle loro teste) fino alla sommità delle ombre si "ri-costruisce" il modello di propagazione rettilinea della luce (il filo fa da raggio!).

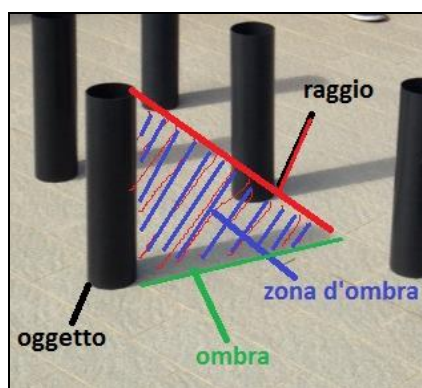


Figura 43: modello di propagazione rettilinea e triangolo d'ombra

A questo punto i bambini sono guidati ad esplorare lo spazio d'ombra costituito da tutta la zona tridimensionale che resta "bloccata" al passaggio di luce attraverso due esperienze: mettersi l'uno dentro l'ombra di qualcun altro (un bambino accovacciato può "entrare" nello spazio d'ombra di un bambino in piedi); mettersi a riparo dal sole sotto l'ombra di un ombrellone.



Figura 44: i bambini esplorano lo spazio d'ombra

Osservando i fili tesi tra le estremità dell'ombrellone e quelle della sua sagoma d'ombra, e osservando sia le ombre di cilindri di plastica rigida poggiati a terra, che quelle della ringhiera del terrazzo, o le loro stesse ombre, i bambini non hanno difficoltà a riconoscere il parallelismo dei raggi provenienti dal Sole. Inoltre tutti i bambini hanno riconosciuto nello schema/modello *bambino-sua ombra-filo teso da testa a testa-ombra* un triangolo rettangolo.



Figura 45: Osservazione del parallelismo delle ombre.



Figura 46: Tendendo un filo dalla fine dell'ombra alla punta della testa otteniamo un triangolo rettangolo.

Dopo queste esplorazioni a carattere più qualitativo, l'attività procede proponendo ai due gruppi di bambini misure di lunghezze. Con un gruppo, appena arrivati sul terrazzo si è legato un bastone alla ringhiera (dopo averne misurato la sua lunghezza con una rotella metrica) per tenerlo fisso in modo da poter osservare come cambia la lunghezza e la posizione della sua ombra durante il tempo della sperimentazione: ad intervalli più o meno regolari di tempo si ricalca con un gessetto l'ombra proiettata sul pavimento segnando l'orario a cui è stata fatta la misura.

L'altro gruppo di bambini sceglie di misurare l'altezza di qualche bambino e procede allo stesso modo tracciando le lunghezze delle relative ombre con un gessetto sul pavimento ad un dato orario, segnando quest'ultimo accanto all'ombra.



Figura 47: misure dell'ombra di un bastone a orari differenti

Con i bambini si discute del fatto che il Sole sopra le nostre teste “cambia posizione” nel cielo (durante quello che chiamiamo moto apparente del Sole, visto dalla Terra) di conseguenza le ombre prodotte dagli oggetti esposti alla luce cambiano a loro volta posizione, restando pur sempre dalla parte opposta della luce, e cambiano dimensione accorciandosi nel corso della mattinata e allungandosi durante il pomeriggio fino al tramonto... Dunque durante il tempo della sperimentazione ci accingiamo a misurare ombre via via più corte rispetto a quella iniziale. Ma c'è dell'altro, una volta raccolte un po' di misure si fa notare come allo stesso istante le lunghezze di bastoni diversi (o di tubi diversi o due diverse altezze di bambini o qualunque *gnomone* in generale) sono in rapporto costante con le lunghezze delle rispettive ombre.

$$h_1 : h_2 = O_1 : O_2$$

La proporzionalità è diretta conseguenza del parallelismo dei raggi solari e del fatto che, pertanto, sono simili i triangoli d'ombra “costruiti” allo stesso istante.

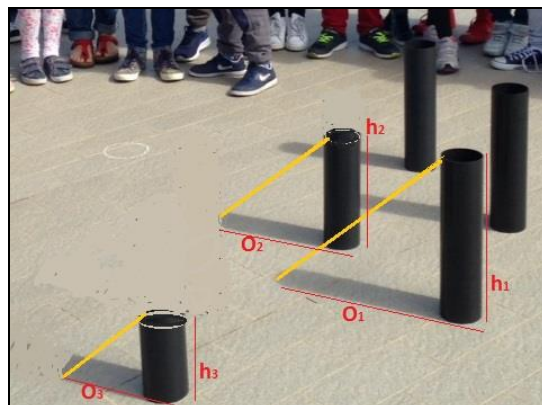


Figura 48: triangoli d'ombra simili per *gnomoni* differenti ad uno stesso istante

Per “visualizzare” ulteriormente la direzione dei raggi del Sole sopra le nostre teste in quel preciso momento, si distribuiscono ai bambini i cilindri di plastica rigida e si chiede loro di orientarli opportunamente all’esposizione del Sole in modo da vedere sul pavimento l’ombra minima del cilindro, che corrisponde alla sottile ombra della sua circonferenza. I bambini svolgono con entusiasmo l’esperienza e una volta realizzata l’ombra minima sono invitati ad osservare come sono orientati tutti i cilindri: sono tutti paralleli fra loro e la loro orientazione è la stessa dei raggi del Sole.



**Figura 49: i bambini orientano i cilindri secondo la direzione dei raggi del Sole realizzandone l'ombra minima**

Inoltre osservando la ringhiera abbiamo riconosciuto che mentre i suoi elementi verticali formano una successione di rettangoli, la sua ombra è caratterizzata da una successione di parallelogrammi: le ombre degli oggetti non hanno sempre la stessa forma e la stessa grandezza dell'oggetto che le proietta, ma si presentano allungate o accorciate, siamo dunque in presenza di una trasformazione.

Vogliamo allora accompagnare i bambini ad esplorare, attraverso un'altra serie di esperienze, questo tipo di trasformazione, usando oggetti che approssimano il meglio possibile figure piane.

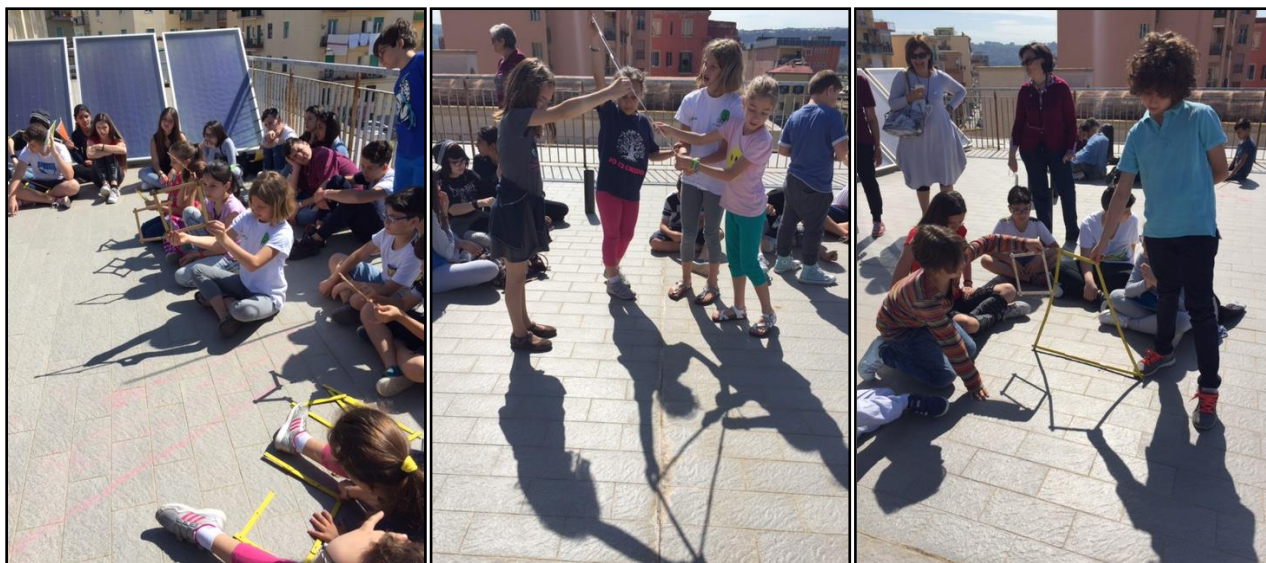
Se per esempio con un metro pieghevole costruiamo un quadrato la sua ombra al Sole, sul pavimento del terrazzo cambia, come abbiamo visto, a seconda dell'ora in cui viene fatta l'esperienza o a seconda di come orientiamo il quadrato rispetto alla direzione dei raggi solari ad una stessa ora.

Forma e grandezza dell'ombra non sono dunque le stesse del quadrato che l'ha prodotta, ma qualcosa si mantiene sempre uguale, cioè è invariante rispetto a questa trasformazione: a segmenti paralleli corrispondono sempre segmenti paralleli. Al quadrato corrisponde sempre un elemento dell'insieme dei parallelogrammi: un rettangolo o un rombo o un parallelogramma più generale; o anche in casi particolari un quadrato uguale: se disponiamo il quadrato parallelamente al pavimento e lo osserviamo dall'alto (ovvero il nostro “punto di vista” è perpendicolare ai due piani) o se per esempio disponiamo il quadrato perpendicolarmente ai raggi del Sole e facciamo in modo che l'ombra si formi su un piano parallelo ad esso (un grande foglio per esempio).

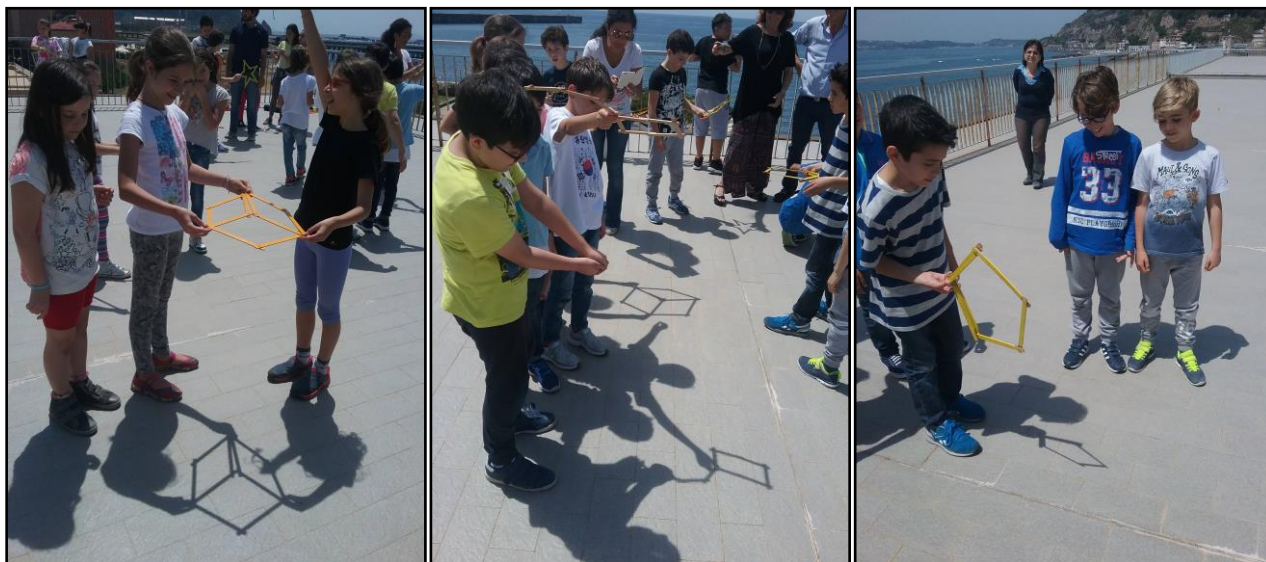
Una trasformazione come questa è dunque una trasformazione che conserva il parallelismo e si chiama affinità. Otteniamo dunque come ombre date dal Sole, delle figure affini. Mentre i lati si mantengono paralleli, gli angoli non sono generalmente conservati; si dice che la trasformazione non è conforme. Le proprietà fondamentali di questa trasformazione sono:

- a rette corrispondono rette, cioè la trasformazione è lineare;
- a rette parallele corrispondono rette parallele;
- è costante il rapporto fra segmenti situati su una stessa retta e i loro corrispondenti;
- è costante il rapporto fra aree di figure corrispondenti.

Si distribuiscono allora ai bambini dei metri pieghevoli e si dice loro di provare a realizzare poligoni chiusi e confrontare poligono e sua ombra per diverse orientazioni rispetto alla direzione dei raggi solari, al fine di individuare cosa resta uguale (è invariante) e cosa cambia (si trasforma).



**Figura 50: i bambini esplorano le ombre di poligoni realizzati con metri pieghevoli**



**Figura 51: i bambini esplorano come cambiano le ombre dei loro poligoni per orientazioni diverse ai raggi solari**

Ripetiamo l'esperienza con un oggetto circolare: un hula-hoop. La sua ombra è in generale un'ellisse, di forma più o meno schiacciata a seconda di come orientiamo l'hula-hoop rispetto ai raggi del Sole. Ma possiamo trovare tra le ombre ellissi prodotte dall'hula-hoop anche la circonferenza (che è un caso speciale

di ellisse, corrispondente al fatto che l'ellisse ha schiacciamento pari a zero) ed una linea (l'ellisse quando ha schiacciatura massima *degenera* in un segmento).

Infatti, tenendo l'hula-hoop parallelamente al pavimento del terrazzo e guardandolo "da sopra" (il nostro punto di vista è perpendicolare al piano dell'hula-hoop e al piano su cui giace l'ombra), la sua ombra è una circonferenza; tenendo invece l'hula-hoop parallelamente ai raggi Sole, come nell'esperienza dei tubi cavi, individuiamo la sua ombra "minima", che è infatti un segmento.



**Figura 52: ombre di un hula-hoop per diverse orientazioni rispetto ai raggi solari**

Con queste esperienze i bambini hanno quindi disposto, sulla base della ricerca della forma dell'ombra, l'oggetto (l'hula-hoop) una volta parallelamente al piano dell'ombra (il pavimento del terrazzo) ed una volta parallelamente ai raggi del sole. Ci domandiamo: è possibile riuscire ad orientarlo perpendicolarmente ai raggi solari?

Un modo semplice di farlo è aiutandosi con i cilindri orientati parallelamente ai raggi solari. Infatti una volta disposto il cilindro in modo da visualizzare sul pavimento la sua ombra minima, ovvero la sottile ombra della circonferenza, si prende l'hula-hoop e lo si dispone in modo che il cilindro giaccia al suo centro: in questa configurazione sul pavimento del terrazzo si vedono due (quasi) circonferenze concentriche (per

vedere le due ombre circonferenze dovremmo vederle proiettate su un piano parallelo all'hula-hoop) e osservando le posizioni reciproche di cilindro e hula-hoop i bambini riconoscono che sono perpendicolari tra loro; essendo dunque il cilindro parallelo ai raggi solari, il fatto che l'hula-hoop è ad esso perpendicolare comporta che sia perpendicolare anche ai raggi solari.



Figura 53: i bambini dispongono il cilindro in direzione dei raggi solari e l'hula-hoop perpendicolarmente ad essi

Durante le attività tutti i bambini, oltre a manifestare un grande entusiasmo, hanno mostrato un forte grado di autonomia circa le discussioni sia in merito alla propagazione della luce che in merito alle diverse configurazioni geometriche esplorate, come per esempio riconoscere nelle trasformazioni affini di un quadrato un rettangolo o un rombo, che gli angoli retti si trasformano in angoli ottusi e acuti, e riconoscere le configurazioni di parallelismo rispetto a..., perpendicolarità rispetto a...

### 8ª Attività (circa 1h e 30') – Riepilogo in forma di intervista collettiva

Durante questo incontro, al quale hanno partecipato anche una ventina di alunni della scuola media (accompagnati dai loro insegnanti), si è scelto di ripresentare alcuni dei fenomeni esplorati durante l'intero percorso di sperimentazione, sia come forma di riepilogo che come sorta di "intervista" collettiva per capire cosa fosse rimasto ai bambini delle esperienze fatte.

#### Prima parte – Solidi trasparenti riempiti d'acqua. Specchietti piani

##### In grande gruppo

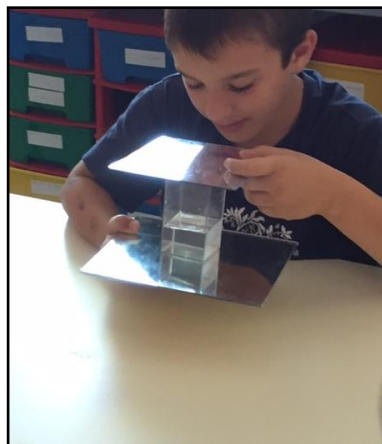
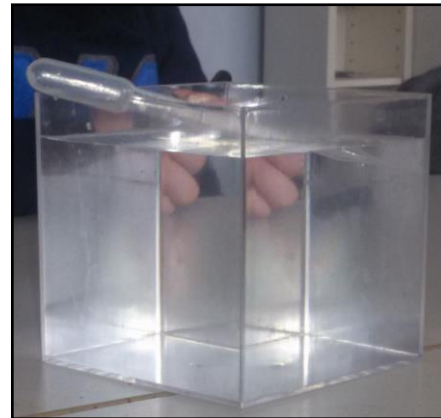
Questa prima parte si svolge nel laboratorio scientifico con una classe alla volta e una decina di alunni di scuola media. Sul tavolo sono disposti alcuni materiali utilizzati in diverse attività precedenti: i solidi trasparenti riempiti con acqua distillata, gli specchietti piani e le torce.

Si chiede ai bambini di cominciare col raccontare le esperienze fatte ai loro ospiti (gli alunni di scuola media), invitandoli a sperimentare i fenomeni che man mano vengono descritti, partendo da *come si vede a guardare attraverso i diversi solidi quando sono riempiti d'acqua*.

Generalmente i bambini mostrano di ricordare bene le esperienze e anche di aver acquisito una certa padronanza delle caratteristiche geometriche di ciascun solido: il nome, quanti spigoli, quanti vertici, quante e quali facce; raccontano inoltre come si vedono deformate le cose guardando attraverso ciascuno di essi, a seconda che si guardi attraverso gli spigoli o le facce e a seconda che i solidi siano parallelepipedi o solidi di rotazione.



A proposito delle esperienze con gli specchi piani i bambini raccontano della “scoperta” degli assi di simmetria di figure piane e lettere dell’alfabeto scritte in stampatello e sia dal racconto che dai gesti nel rifare l’esperienza mostrano padronanza nel definire e disegnare un segmento perpendicolare ad un segmento dato; un entusiasmo particolare lo manifestano nel raccontare e mostrare che “la luce si riflette nello specchio e quando entra e quando esce fa due angoli con la perpendicolare che sono uguali”.



**Seconda parte – Come si propaga la luce. Luce e ombra. Ombre colorate  
In grande gruppo**

La seconda parte dell'incontro si svolge in una classe allestita per rivisitare le esplorazioni relative alla formazione delle ombre, delle ombre colorate e dei caleidoscopi con gli specchi piani grandi.

