

Università degli Studi

Suor Orsola Benincasa



FACOLTÀ DI SCIENZE DELLA FORMAZIONE

CORSO DI LAUREA
SCIENZE DELLA FORMAZIONE PRIMARIA

TESI DI LAUREA
IN
ELEMENTI DI FISICA

PROPAGAZIONE DELLA LUCE E GEOMETRIA NELLA
SCUOLA PRIMARIA. SPERIMENTAZIONE DI UN
PERCORSO DIDATTICO.

Relatore
Ch.mo Prof.
Emilio Balzano

Candidato
Caterina De Martino
Matricola 208000963

Anno Accademico 2017/2018

A mio padre, la stella che illumina il mio cammino.

A mia madre e mio fratello.

Grazie per aver sempre creduto in me.

INDICE

INTRODUZIONE	4
CAPITOLO 1:	
FAVORIRE LO SVILUPPO DELLE COMPETENZE SCIENTIFICHE	9
1.1 Indicazioni su come insegnare le materie scientifiche	9
1.2 Il Curricolo di scienze	13
1.2.1 Il ruolo dell'apprendimento esperienziale	15
1.2.2 La discussione	18
1.2.3 La rappresentazione e la verbalizzazione	19
1.3 Le competenze scientifiche	22
CAPITOLO 2:	
L'ISTITUTO COMPRENSIVO E IL CURRICOLO VERTICALE	27
2.1 La storia	28
2.2 L'Istituto Comprensivo: le opportunità	33
2.2.1 L'Autonomia scolastica	34
2.2.2 Il Curricolo.....	38
2.2.2.1 Il Curricolo verticale.....	39
2.2.3 L'intersoggettività	43
2.3 Il caso dell'Istituto comprensivo "Madonna Assunta"	44

2.3.1 La mia esperienza nell'Istituto Comprensivo Madonna Assunta.....	46
--	----

CAPITOLO 3

LA GEOMETRIA E L'OTTICA GEOMETRICA.....	50
--	-----------

3.1 Le trasformazioni geometriche e lo studio di Emma Castelnuovo	55
--	-----------

3.1.1 Lo spazio affine	57
------------------------------	----

3.1.2 Lo spazio proiettivo	61
----------------------------------	----

3.1.3 Lo spazio dei movimenti	63
-------------------------------------	----

3.1.3.1 La traslazione	65
------------------------------	----

3.1.3.2 La rotazione.....	66
---------------------------	----

3.1.3.3 La simmetria.....	68
---------------------------	----

3.2 La luce e i fenomeni luminosi	70
--	-----------

3.2.1 La natura fisica della luce.....	70
--	----

3.2.2 La riflessione	72
----------------------------	----

3.2.3 La rifrazione e la Legge di Snell	75
---	----

3.2.4 Gli specchi.....	78
------------------------	----

3.2.5 Le lenti.....	86
---------------------	----

CAPITOLO 4:

LA SPERIMENTAZIONE	94
---------------------------------	-----------

4.1 La classe interessata	95
--	-----------

4.1.1 I traguardi per lo sviluppo delle competenze e gli obiettivi di apprendimento.....	95
---	----

4.1.2 La metodologia	97
----------------------------	----

4.1.3 Spazi e formazione dei gruppi.....	98
--	----

4.2 Attuazione	98
4.2.1 Attività 1: <i>Le ombre</i>	98
4.2.2 Attività 2: <i>Le trasformazioni affini</i>	112
4.2.3 Attività 3: <i>Elaborato conclusivo</i>	118
4.2.4 Attività 4: <i>La propagazione della luce e la riflessione</i>	121
4.2.5 Attività 5: <i>Gli specchi e gli assi di simmetria</i>	130
4.2.6 Attività 6: <i>La rifrazione</i>	138
4.2.7 Attività 7: <i>Le lenti</i>	147
4.2.8 Attività 8: <i>Il cartellone conclusivo</i>	151
4.3 Interviste agli insegnanti	153
4.3.1 <i>Intervista alla maestra Serafina Miniero</i>	154
4.3.2 <i>Intervista alla maestra Olga Mautone</i>	156
CONCLUSIONI	161
BIBLIOGRAFIA	164
SITOGRAFIA	166

INTRODUZIONE

Il presente lavoro di tesi si propone di esaminare un percorso didattico laboratoriale sull'insegnamento congiunto di matematica e scienze, realizzato in una classe quinta della scuola primaria.

La geometria è stata considerata per molti secoli come la base di tutte le scienze esatte, poiché, come ben specificato da Euclide nella sua opera “Gli Elementi”, essendo una “teoria del disegno” essa poneva le basi delle altre scienze dal momento che anch'esse erano fondamentalmente “teorie disegnate”¹.

Ponendo le proprie radici nella geometria euclidea, “L'ottica” di Euclide fu la prima ricostruzione logica e unitaria della scienza della visione espressa in termini geometrici. L'ottica geometrica, infatti, è la scienza che studia i fenomeni di rifrazione e riflessione e la propagazione rettilinea della luce, utilizzando concetti geometrici per semplificare la comprensione di detti fenomeni².

A causa della moderna separazione che si è avuta tra la matematica e la fisica, si rischia di “sottrarre la matematica ad ogni rapporto con la realtà”³.

Fin dalla tenera età, i bambini entrano in contatto con il mondo esterno spontaneamente, curiosi di scoprire quanto li circonda. Ed è proprio questa innata curiosità che l'insegnante deve cercare di coltivare, non trasmettendogli nozioni da imparare a memoria, ma motivandoli a riflettere sul mondo che li circonda alla luce della loro esperienza personale.

¹ Lucio Russo, *Lezioni di Storia e didattica delle scienze esatte*, Lezione 1. Reperibile (luglio 2013) al link <http://crf.uniroma2.it/wp-content/uploads/2013/02/Lezione1.pdf>

² www.fisica.unige.it/~tuccio/SSIS/2007_Tedone-luce.pdf

³ Lucio Russo, *Lezioni di Storia e didattica delle scienze esatte*, Lezione 2. Reperibile (luglio 2013) al link <http://crf.uniroma2.it/wp-content/uploads/2013/02/Lezione2.pdf>

In questa direzione, molti sono stati gli studi che hanno dimostrato la validità del *learning by doing* e del *learning by thinking* per l'apprendimento dei ragazzi. Il consiglio Nazionale degli insegnanti di matematica, ad esempio, ha dimostrato che la discussione, il ragionamento ed il *problem solving* sono metodologie indispensabili ai fini dell'acquisizione di competenze⁴.

Anche in Italia, grazie agli studi e le ricerche svolte in tal senso, è stato modificato il modo di intendere la didattica della matematica e delle scienze: se in passato esse venivano considerate “discipline enciclopediche”, oggi invece vengono viste come ottimi veicoli per comprendere, analizzare e scoprire i fenomeni della vita quotidiana⁵. Al centro della didattica delle scienze viene dunque posto l'alunno, il quale attraverso l'esplorazione diretta ed il contatto con il mondo esterno, costruisce esperienze e sviluppa capacità riflessive.

Pertanto, la discussione e la cooperazione assumono un ruolo primario perché è grazie ad esse che i ragazzi hanno la possibilità di esplicitare le proprie idee e di confrontarsi con gli altri, riuscendo a proporre soluzioni condivise rispetto ai singoli problemi volta per volta affrontati.

Gli studi sulle esperienze didattiche svolte dal gruppo di ricerca in didattica della fisica dell'Università degli studi Federico II si pongono certamente a sostegno di tale metodologia. Utilizzando l'approccio della ricerca-azione, tipico di Vigotskiy, il quale prevede la collaborazione tra insegnanti, alunni, genitori ed esperti tenendo tra l'altro in considerazione l'elemento territoriale, cerca di trovare metodologie idonee a migliorare

⁴ Christopher T. Cross, Taniesha A. Woods, and Heidi Schweingruber, Editors, *Mathematics Learning in Early Childhood: Paths Toward Excellence and Equity*; National Academies Press, Committee on Early Childhood Mathematics; National Research Council.

⁵ Ministero della Pubblica Istruzione, *Indicazioni nazionali per il curriculum della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione, 2012*.

il processo di insegnamento-apprendimento. La metodologia su cui si basano tali studi è la didattica laboratoriale, la quale permette agli alunni di “imparare facendo” e di riflettere sui fenomeni analizzati.

Tali ricerche vengono brillantemente svolti presso il Circolo Didattico Madonna Assunta di Bagnoli (oggi Istituto Comprensivo), dove gli alunni dalla scuola dell’infanzia, fino alla scuola secondaria di primo grado, sono coinvolti in progetti didattici che garantiscono la continuità educativa degli alunni oltre al loro successo formativo.

Personalmente ho avuto modo di partecipare ad uno degli incontri iniziali per la progettazione di un nuovo percorso didattico sulle “trasformazioni”, analizzato in ottica transdisciplinare.

In tal senso, rilevante importanza assume l’Istituto Comprensivo in ragione degli innumerevoli vantaggi che esso presenta, tra cui l’autonomia scolastica, il curriculum verticale e l’interrelazione con il territorio.

L’autonomia scolastica introdotta con il D.P.R. n. 275 del 1999 ha garantito, pur nel rispetto delle Indicazioni Nazionali del 2012, autonomia nella didattica, nell’organizzazione, nella ricerca e sviluppo nonché nella finanza. Ogni istituto ha il compito di stilare il proprio curriculum scolastico, tenendo presente l’opportunità che la verticalità dello stesso offre nel promuovere il successo formativo di ogni alunno. Il curriculum verticale, infatti, ha permesso all’istituto di garantire una certa continuità scolastica grazie sicché i docenti hanno avuto la possibilità di seguire il percorso formativo degli alunni dalla scuola dell’infanzia fino alla secondaria di primo grado, aiutandoli, attraverso percorsi didattici comuni, a non risentire del passaggio da un grado di scuola all’altro.

Al contempo, l'istituto va considerato come scuola del territorio in virtù della possibilità di arricchire la propria offerta formativa attraverso la collaborazione con enti pubblici, associazioni e volontariato⁶.

In tal senso, l'obiettivo principale dell'Istituto Comprensivo non deve essere il mero apprendimento degli alunni, ma piuttosto “il saper stare nel mondo”⁷. Per raggiungere tale scopo è necessario che i docenti siano sempre più competenti⁸.

Fatte queste dovute considerazioni preliminari, va detto che il percorso didattico che ho realizzato si è svolto presso l'I.C. Piano di Sorrento nell'Anno Accademico 2017/2018. Tale percorso si è suddiviso in otto attività didattiche che si sono basate sulla stretta relazione tra l'ottica geometrica e la geometria euclidea, guidando, attraverso la didattica laboratoriale, gli alunni nell'analisi delle trasformazioni affini e proiettive, della propagazione rettilinea della luce e dei fenomeni della rifrazione e riflessione della luce. Con tale progetto si è inteso dimostrare la validità di alcune metodologie didattiche quali il cooperative learning, il problem solving, il brain storming, il learning by thinking e la discussione guidata; inoltre, si è voluto evidenziare la validità della verbalizzazione e della rappresentazione dei fenomeni osservati come mediatori didattici.

Il lavoro di tesi risulta articolato in quattro capitoli:

- il primo capitolo è dedicato alle metodologie volte allo sviluppo delle competenze degli alunni in ambito scientifico. Peraltro, porrò la mia attenzione sul curricolo verticale e sulle competenze in ambito scientifico;

⁶ Cristiana Simonetti, *Educazione famiglia e territorio: una triade educativa da riscoprire*, in siba-ese.unisalento.it/index.php/mizar/article/download/16490/14185, 2016.

⁷ Ministero della Pubblica Istruzione, *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, 2012.

⁸ Le competenze che ogni docente dovrebbe possedere sono: Competenze disciplinari, competenze metodologiche-didattiche, competenze psicologiche-relazionali, competenze organizzative, competenze tecnologiche, competenze dell'inclusione e dell'integrazione, competenze valutative. In questi termini v. Lucia Chiappetta Cajola & Anna Maria Ciraci, *Didattica inclusiva. Quali competenze per gli insegnanti?*, Armando Editore, 2013.

- il secondo capitolo, invece, è volto ad esplicitare i vantaggi che l'istituto comprensivo offre al fine di migliorare il processo di insegnamento-apprendimento, affrontando con attenzione le tematiche relative all'autonomia scolastica, al curriculum verticale ed all'interrelazione tra la scuola e il territorio;
- il terzo capitolo si basa sugli aspetti teorici alla base della sperimentazione attuata, più in particolare sulle trasformazioni affini, proiettive e in movimento, sulla propagazione rettilinea della luce, nonché sui fenomeni di riflessione, rifrazione e sulle lenti;
- il quarto capitolo, infine, approfondisce l'intero percorso didattico attuato nella scuola primaria.

CAPITOLO 1:

FAVORIRE LO SVILUPPO DELLE COMPETENZE SCIENTIFICHE

1.1 Indicazioni su come insegnare le materie scientifiche

In una società come quella odierna educare tutti gli studenti alla scienza assume un ruolo di fondamentale importanza nell'aiutare i cittadini del domani ad affrontare la vita.

I bambini, fin dalla prima infanzia, sviluppano la propria conoscenza del mondo attraverso un'esplorazione molto simile ad un'indagine di tipo scientifico: essi osservano la realtà, analizzano fatti ed organizzano dati secondo precisi schemi mentali che gli consentono poi di sviluppare determinate conclusioni⁹.

Il bambino, dunque, non è una *tabula rasa* ma un soggetto che costruisce conoscenze attraverso l'interazione con il mondo fisico, sociale e culturale in cui vive. Egli apprende dall'esperienza, fa propri i modi di pensare degli adulti che lo circondano ed assorbe idee e credenze dalla comunità sociale cui appartiene.

I bambini toccano, manipolano, entrano in rapporto con il mondo circostante in maniera del tutto spontanea sicché la scuola deve fundamentalmente incentivare questa loro innata curiosità per formarli, aiutarli a vivere meglio, e metterli in condizioni di imparare ad imparare lungo tutto l'arco della vita¹⁰.

⁹ Christopher T. Cross, Taniesha A. Woods, and Heidi Schweingruber, Editors, op.cit.

¹⁰ Gruppo di Coordinamento e di Supervisione delle Attività di Tirocinio (a cura di), *Lecture consigliate in autoformazione*, *Lecture consigliate in autoformazione* T2, p 42

In un certo senso è possibile considerarli come ingegneri naturali, per cui dovrebbero essere incoraggiati a trovare spiegazioni a ciò che osservano quando conducono le proprie indagini, ed a rivedere le loro idee iniziali e per produrre spiegazioni più complete¹¹.

Uno dei principali obiettivi dell'educazione scientifica dovrebbe essere quello di stimolare e promuovere il ragionamento e il pensiero critico. L'interesse personale, la meraviglia e l'entusiasmo sono elementi fondamentali per l'apprendimento dei bambini¹².

Oggi giorno, però, l'insegnamento delle materie scientifiche in generale, viene presentato agli alunni sotto forma di lunghe liste di argomenti sconnessi tra loro: questo non solo è un approccio alienante per i giovani, in quanto lascia frammenti di conoscenza poco spendibili, ma non permette loro neppure di sviluppare competenze in tale ambito.

Di conseguenza, nel loro percorso di studio, i ragazzi tendono a memorizzare formule e teorie, senza però comprenderne realmente il significato, finendo così per considerare la fisica, o le scienze in generale, come discipline “incomprensibili”, difficili da apprendere. Ciò è dovuto al fatto che i ragazzi non sono motivati nel processo di insegnamento-apprendimento, per cui va sottolineata l'importanza del docente che ha il compito di trasmettergli passione nello studio di tale disciplina.

Come ci dice Emma Castelnuovo in “Geometria intuitiva”:

«l'obiettivo principale [...] è suscitare, attraverso l'osservazione dei fatti riguardanti la tecnica, l'arte e la natura, l'interesse dell'alunno per le proprietà fondamentali delle figure geometriche e, con esso, il gusto e l'entusiasmo per la ricerca. Questo gusto non può nascere, credo, se non facendo partecipare l'alunno nel lavoro creativo. È necessario animare la naturale e istintiva curiosità che hanno i ragazzi accompagnandoli

¹¹ Christopher T. Cross, Taniesha A. Woods, and Heidi Schweingruber, Editors, *Mathematics Learning in Early Childhood: Paths Toward Excellence and Equity*; National Academies Press, Committee on Early Childhood Mathematics; National Research Council

¹² Ibidem

nella scoperta delle verità matematiche, trasmettendo l'idea di averlo fatto per sé stessi e, dall'altra parte, far sentire progressivamente la necessità di un ragionamento logico»¹³.

Le capacità insite nei bambini di ragionare in modo accurato sono molto più grandi di quanto si pensi. Difatti, prima ancora di entrare a scuola, essi hanno sviluppato le proprie idee sui mondi fisici, biologici e sociali e sul come funzionano¹⁴.

In tal senso, gli educatori possono costruire e progettare sulle preconoscenze e le curiosità dei bambini sul mondo che li circonda aiutandoli a comprendere ed analizzare il rapporto tra la geometria ed il mondo fisico: grazie all'osservazione del mondo circostante, i ragazzi hanno la possibilità di scoprire “le diverse forme in cui i concetti geometrici si presentano nella realtà fisica”¹⁵. L'ipotesi, dunque, è che guidando gli studenti nell'apprendimento attraverso la pratica si possa fare in modo che essi diventino “meno novizi e più esperti”¹⁶; in tal senso conoscenza e pratica sono entrambi essenziali.

Le conoscenze e gli interessi, stimolati dallo studio e dall'impiego delle pratiche della scienza durante tutto il periodo scolastico, dovrebbero renderli maggiormente consapevoli di quanto la scienza, la matematica e la tecnologia siano essenziali per affrontare le grandi sfide che oggi incontriamo nella società¹⁷.

“Se invece le questioni si affrontano senza un'adeguata comprensione della scienza che ne sta alla base, come purtroppo viene spesso fatto, l'iniziativa diventa speciosa”¹⁸.

¹³ Emma Castelnuovo, *Geometria intuitiva*, Prefazione, giugno 1948.

¹⁴ Christopher T. Cross, Taniesha A. Woods, and Heidi Schweingruber, Editors, op.cit.

¹⁵ Raffaella Manara, *Perché Geometria*, Convegno MAPES Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano, ottobre/2017 reperibile in: docenti.unimc.it/doriana.fabiani/teaching/2017/17773/files/lezione-6-del-27.10.2017-modulo-3/perche-la-geometria-raffaella-manara.

¹⁶ Christopher T. Cross, Taniesha A. Woods, and Heidi Schweingruber, Editors, op.cit.

¹⁷ Ibidem.

¹⁸ Carlo Fiorentini, *Immagini della scienza e competenze scientifiche*, CIDI Firenze, www.cidifi.it/immagini_della_scienza.htm.

Anziché stimolare gli studenti ad una disquisizione di argomenti che potrebbero risultare, già a monte, poco chiari, risulta opportuno che questi ultimi comprendano in modo autentico i concetti ed i fenomeni analizzati: solo in questo modo potranno utilizzarli nella risoluzione dei problemi da affrontare.

Gli alunni, infatti, vanno continuamente stimolati a porsi domande, sia sui testi che leggono sia sui fenomeni che osservano, sviluppando contemporaneamente imprescindibili capacità di riflessione. In tal senso, i ragazzi dovrebbero imparare a decidere quali dati devono essere raccolti, quali variabili devono essere controllate, quali strumenti sono necessari per raccogliere e registrare i dati in un formato appropriato. Mentre avanzano nei gradi, le loro domande dovrebbero diventare più rilevanti, pertinenti e sofisticate¹⁹.

È pertanto necessaria anche una attenta valutazione degli approcci didattici più funzionali alle attività che si vogliono proporre, allo stile di apprendimento proprio di ciascun individuo, caratteristico dell'età e dell'ambiente che ciascuno vive²⁰.

Come ci ricorda anche Emma Castelnuovo, “gli alunni dovrebbero essere condotti a porsi questioni, a pensare dei problemi, in quanto pensare un problema, porsi delle questioni e dei perché è ancor più difficile che saperli risolvere”²¹.

Il Consiglio Nazionale degli Insegnanti di Matematica (NCTM) degli Stati Uniti ha identificato cinque standard di processo essenziali per l'apprendimento e l'insegnamento della matematica: la rappresentazione, il problem solving, il ragionamento, la connessione e la comunicazione²².

¹⁹ Christopher T. Cross, Taniesha A. Woods, and Heidi Schweingruber, Editors, op.cit.

²⁰ Ivi.

²¹ Emma Castelnuovo, *La via della Geometria*, La nuova Italia, Firenze 1996, p. V.

²² Christopher T. Cross, Taniesha A. Woods, and Heidi Schweingruber, Editors, op.cit.; National Research Council.

Questi processi sono veicoli per permettere ai bambini di approfondire, estendere, elaborare e perfezionare il loro pensiero nonché per esplorare idee e linee di ragionamento. Secondo NCTM, questi processi devono essere continuamente intrecciati durante l'insegnamento e l'apprendimento delle materie scientifiche, anche a livello prescolare²³.

1.2 Il Curricolo di scienze

La metodologia maggiormente utilizzata nell'ambito della scuola italiana è quella "enciclopedica-trasmissiva". Generalmente le nozioni vengono spiegate a livello teorico per poi essere successivamente studiate con l'ausilio di un libro di testo, dove è possibile trovare anche alcuni esempi di esperimenti. Una volta acquisito un certo bagaglio culturale, quanto imparato viene esposto all'insegnante o per iscritto oppure oralmente onde verificare la preparazione degli studenti; talvolta possono essere utilizzati pure degli esperimenti verificativi²⁴.

Negli ultimi decenni molte ricerche hanno dimostrato che la migliore metodologia per l'acquisizione di competenze scientifiche è quella dell'osservazione e della manipolazione di oggetti, poiché questi ultimi, attraverso la pratica, permettono la comprensione dei fenomeni analizzati.

²³ Christopher T. Cross, Taniesha A. Woods, and Heidi Schweingruber, Editors, op.cit., National Research Council.

²⁴ Lucia Bigozzi, *Valutazione di efficacia di percorsi di potenziamento del processo di costruzione e cambiamento concettuale in contesti di istruzione*, in, www.edscuola.it/archivio/comprendivi/curricolo_verticale_sienze.pdf.

A tal proposito in “Mathematics Learning in Early Childhood: Paths Toward Excellence and Equity” vengono presentati degli studi dai quali sono stati dedotti otto elementi essenziali del curriculum scientifico:

1. fare domande;
2. sviluppare e utilizzare modelli;
3. pianificare e svolgere indagini;
4. analizzare e interpretare i dati;
5. utilizzando la matematica, l'informazione e la tecnologia informatica e il pensiero computazionale;
6. costruire spiegazioni e progettare soluzioni;
7. impegnare argomenti da prove;
8. ottenere, valutare e comunicare le informazioni²⁵.

A seguire tale pensiero sono state “Le Indicazioni Nazionali per il curriculum della scuola dell’infanzia e del primo ciclo”, tanto è vero che in esse è stato chiaramente detto che *“l’osservazione dei fatti e lo spirito di ricerca dovrebbero essere attuati attraverso un coinvolgimento diretto degli alunni incoraggiandoli, [...] a porre domande sui fenomeni e le cose, a progettare esperimenti/esplorazioni [...] e a costruire i loro modelli interpretativi”*²⁶.

A tal proposito, i traguardi per lo sviluppo delle competenze in ambito scientifico, prevedono che ogni alunno al termine della scuola primaria, *“sviluppa atteggiamenti di curiosità nel cercare spiegazioni di quello che vede succedere; esplora fenomeni con un*

²⁵ Christopher T. Cross, Taniesha A. Woods, and Heidi Schweingruber, Editors, *op.cit*; *National Research Council*.

²⁶ Ministero della Pubblica Istruzione, *Indicazioni nazionali per il curriculum della scuola dell’infanzia e del primo ciclo d’istruzione, 2012*.

approccio scientifico[.]; individua nei fenomeni somiglianze e differenze, fa misurazione, registra dati[.]”²⁷

Da ciò, possiamo dedurre che ogni docente, al fine di rendere il proprio insegnamento efficace nel corso dell’azione didattica, deve porre gli alunni in stretto contatto con il mondo circostante: è proprio attraverso l’utilizzo di tale metodologia che gli alunni sviluppano esperienze significative per il proprio apprendimento e per la propria crescita personale²⁸.

Pertanto, nell’educazione scientifica risulta centrale il ruolo della persona che apprende e che, a partire dalla scuola dell’infanzia, organizza “lo sviluppo di tutta una serie di potenzialità intellettuali, che possono poi esplicitarsi ed indirizzarsi nei contesti più diversi”⁹.

1.2.1 Il ruolo dell’apprendimento esperienziale

*“Dimmi e io dimentico, mostrami e io ricordo; coinvolgimi e io imparo”
(Benjamin Franklin)*

L’esperienza diretta è una fonte essenziale di conoscenza per i discenti, soprattutto nell’acquisizione delle competenze scientifiche, in quanto permette agli alunni di dedurre leggi attraverso l’osservazione e la riflessione di un determinato fenomeno²⁹. Un insegnante che intende promuovere competenze di tipo scientifico nell’alunno non può infatti limitare la propria azione didattica ad una spiegazione orale: i ragazzi hanno

²⁷ Ibidem.

²⁸ Ivi

²⁹ blog.bimbonaturale.org/i-principi-della-pedagogia-montessori-come-educare-i-bambini-alla-liberta/

bisogno di sperimentare ed apprendere attraverso compiti autentici e di trovare la soluzione di un problema in contesti reali³⁰.

Già Dewey, nel Novecento, era riuscito a comprendere l'importanza dell'esperienza diretta del bambino, divenendo promotore di un nuovo movimento culturale: l'attivismo. Con Dewey, iniziò dunque a cambiare il modo di intendere l'educazione giacché egli pose al centro del processo di insegnamento apprendimento gli interessi, i bisogni, le esigenze e le motivazioni dei singoli alunni.³¹ Secondo l'illustre autore, "l'educazione è un processo sociale": l'individuo non esiste se non in rapporto con l'ambiente circostante, e si accultura proprio attraverso un'interazione con detto ambiente³².

Egli era infatti fortemente convinto che durante ogni azione didattica, "il «fare» dell'educando costituisca il momento centrale dell'apprendimento e che il suo livello di cultura si venisse ad accrescere proprio attraverso l'interazione sociale.³³

Quando parliamo di "esperienza" ci riferiamo però alle attività o, meglio, alle azioni concrete di un soggetto, le quali sono guidate dal pensiero e sono quindi rese significative dalla riflessione, per cui l'apprendere attraverso la pratica non basta³⁴.

Difatti, per insegnare le materie scientifiche, non basta organizzare attività che coinvolgano i bambini in prima persona³⁵.

Ciò posto, pur essendo tali attività occasioni preziose per l'apprendimento, come ci ricorda anche Vygotsky in un approccio chiamato *costruttivismo sociale*, "apprendere attraverso la discussione è importante ed è diverso 'dall'apprendere attraverso la pratica,

³⁰ Ibidem.

³¹ Franco Cambi. *Le pedagogie del Novecento*, Editori Laterza, Firenze, 2008.

³² Diana Laurillard, *Insegnamento come scienza della progettazione*, Franco Angeli 2014, Milano, p. 73.

³³ Ibidem.

³⁴ Raffaella Manara, *op.cit*

³⁵ Ibidem.

perché organizzare ed esplicitare un'idea contribuisce alla definizione dell'idea stessa"³⁶. Gli studenti attraverso la discussione espongono le loro idee e così creano occasioni di riflessione anche per i compagni; in tal modo, anche coloro che sono meno esperti riescono a raggiungere un livello di sviluppo che difficilmente potrebbero acquisire da soli³⁷. In tal senso David Kolb ha fortemente sostenuto la teoria del "*life long learning*", intendendo l'imparare come un processo che dura per tutta la vita. Nei suoi studi, egli ha brillantemente delineato il "ciclo dell'apprendimento esperienziale" evidenziandone alcuni elementi fondamentali: l'esperienza concreta, l'osservazione riflessiva, la concettualizzazione astratta ed infine la sperimentazione attiva. Successivamente egli ha puntualizzato che inserendo altri studenti nel ciclo di apprendimento (sì da favorire la comunicazione tra pari), tale ciclo di apprendimento diventa più efficace³⁸.

Una delle metodologie in linea con quanto appena affermato è la didattica laboratoriale. Molti sono gli insegnanti che, nonostante le innumerevoli ricerche svolte in merito, continuano a considerare il laboratorio come un elemento aggiuntivo alla propria azione didattica ma, contrariamente a tale prospettiva, numerosi studi hanno dimostrato che gli studenti apprendono ed acquisiscono maggiormente attraverso attività che implicano la collaborazione tra pari, il pensiero critico ed applicazioni pratiche che vanno così a modellare i risultati dell'apprendimento³⁹.

Grazie allo svolgimento delle attività in forma laboratoriale, infatti, i ragazzi hanno la possibilità di avviare un rapporto positivo tra il fare e il pensare: attraverso l'esperienza e

³⁶ Diana Laurillard, op.cit., p.73.

³⁷ Diana Laurillard, op.cit., p. 73.

³⁸ Diana Laurillard op.cit., p. 222-223.

³⁹ Diana Laurillard, op cit., p 65.

l'esplorazione diretta essi imparano a costruire concetti attraverso la riflessione sulle osservazioni svolte, promuovendo così il passaggio dalle conoscenze alle competenze⁴⁰. Pertanto, durante ogni attività didattica, l'alunno deve potersi esprimere liberamente, poter raccontare e descrivere ciò che vede e osserva senza timore di essere giudicato per un errore commesso. Grazie a questo tipo di metodologia gli alunni ragionano e si confrontano tra loro su compiti reali⁴¹.

Ad esempio, attraverso l'esperienza diretta con il mondo circostante, i ragazzi possono ricavare delle informazioni spaziali legate alla forma, alla grandezza, alla posizione degli oggetti; caratteristiche che risultano importanti per un primo approccio all'apprendimento in campo geometrico e fisico ma che vanno didatticamente controllate per far emergere gradatamente aspetti sempre più concettuali. In tal senso rilevante importanza assume il docente, il quale deve progettare percorsi didattici volti alla promozione dell'autoefficacia dei propri studenti, proponendogli compiti che siano sfidanti, ma, allo stesso tempo, risultino alla loro portata se affrontati con impegno⁴².

*1.2.2 La discussione*⁴³

La discussione è una tecnica che attiva il ragionamento collettivo su una determinata tematica o su un dato problema, e consente la partecipazione attiva di tutti gli attori del processo di insegnamento-apprendimento⁴⁴.

⁴⁰ Gruppo di Coordinamento e di Supervisione delle Attività di Tirocinio (a cura di), *Lecture consigliate in autoformazione, Lecture consigliate in autoformazione T2*, p. 40.

⁴¹ *Ibidem*, p. 42.

⁴² P. Faudella e L. Truffo, *I laboratori a scuola*, Carocci editore S.p.A., Roma 2005, p. 246.

⁴³ Renata Puleo, Livio Rossetti, Luca Mori, Ilaria Corazza, *La discussione come metodo di apprendimento*, in, www.cespbio.it/testi/2015_2/Discussione.pdf, novembre 2014.

⁴⁴ Gruppo di Coordinamento e di Supervisione delle Attività di Tirocinio (a cura di), *Lecture consigliate in autoformazione, Lecture consigliate in autoformazione, T3*.

Dunque, proprio grazie alla discussione, gli alunni riescono ad operare un bilanciamento tra le diverse posizioni in campo, imparando a riconoscere le deduzioni fondate e infondate al fine di sviluppare una posizione comune.

La discussione può precedere, accompagnare e seguire un'attività didattica: l'insegnante, infatti, può raccogliere le preconoscenze degli alunni su un dato argomento, per poi farli discutere sullo stesso durante l'azione ed infine trarre delle conclusioni su quanto sperimentato.

A questo punto è bene precisare che la discussione non si limita ad un mero “parlare” su di un argomento, in quanto necessita la riflessione, l'espone ipotesi, il connettere idee, nonché il ripensare alle proprie convinzioni per costruirne di nuove. Come dice Bruner: *“è uno dei due modi principali di pensiero con cui gli esseri umani organizzano e gestiscono la loro conoscenza del mondo, anzi strutturano la loro stessa esperienza immediata”*⁴⁵. In tal senso Vygotskij nella teoria dello sviluppo socio-cognitivo affermò che *“le interazioni sociali formano il contesto primario nel quale il bambino viene avviato alle modalità di pensiero più mature presenti in ogni società”*⁴⁶.

1.2.3 La rappresentazione e la verbalizzazione

Viene definito mediatore didattico ogni “dispositivo” che rende efficace la relazione tra insegnamento e apprendimento, innescando e sostenendo i momenti del

⁴⁵ Angela Lagreca, *La narrazione come processo di facilitazione del sapere*, in, <http://www.edscuola.eu/wordpress/?p=89531>, aprile 2017.

⁴⁶ www.archivio.formazione.unimib.it/DATA/Insegnamenti/5_1125/.../lezione9.ppt

*rapporto formativo e, come tale, comprende l'attività, l'organizzazione della classe, i sussidi e i materiali*⁴⁷.

Elio Damiano identifica quattro tipi di mediatori didattici: i mediatori attivi si riallacciano al *learning by doing* (ad esempio l'esperimento scientifico); i *mediatori iconici* si riferiscono alle rappresentazioni di linguaggi grafico-spaziale (ad esempio mappe concettuali); i *mediatori analogici* (gioco, simulazione); i *mediatori simbolici* (simboli, codici)⁴⁸.

In tal senso, tra i mediatori didattici che possono essere utilizzati per incentivare lo sviluppo delle competenze scientifiche degli alunni figura la verbalizzazione e il disegno. La verbalizzazione è “uno degli elementi decisivi nella comprensione del concetto e nella sua trasposizione in definizione”⁴⁹. Nel presentare nuovi concetti agli alunni, infatti, il docente non deve fornire loro delle definizioni già “precostruite”, ma deve piuttosto aiutare gli alunni a confrontarsi per sviluppare una definizione collettiva chiara e compresa da tutti⁵⁰. Una volta formulata una definizione, il docente può proseguire con l'arricchimento del lessico degli alunni grazie all'utilizzo di termini più scientifici. Durante l'azione didattica, più precisamente quando gli alunni si trovano a descrivere quanto osservato, non va sottovalutata l'importanza dell'attribuzione di nomi, anche se scientificamente non corretti, ai fenomeni o alle cose osservate.

⁴⁷A.N.F.I.S., I mediatori didattici in una prospettiva per competenze, in, http://www.scuoladiarzachena.it/attachments/article/787/8%20I_Mediatori_didattici_nella_Didattica_per_competenze_NEW_3.pdf, 2017.

⁴⁸ Elio Damiano, *I mediatori didattici*. Un sistema d'analisi dell'insegnamento, IRRSAE Lombardia, Milano 1989.

⁴⁹ Raffaella Manara, *op.cit.*2017.

⁵⁰ Ibidem.

Invero, molte sono state le ricerche presentate anche in *Mathematics Learning in Early Childhood: Paths Toward Excellence and Equity*⁵¹, che hanno dimostrato che se si pongono due figure davanti ad un bambino, ad esempio un triangolo ed un triangolo avente i lati curvi, egli tende ad identificarli con la stessa figura geometrica nonostante la sostanziale differenza che ne caratterizza i lati. Molto spesso, infatti, i bambini focalizzano la loro attenzione sui vertici del triangolo piuttosto che sulle caratteristiche del contorno.

Da ciò possiamo comprendere che attribuire l'usare una corretta terminologia, non vuol dire che si è compresi appieno il suo significato⁵².

È quindi necessario che gli alunni non imparino delle nozioni a memoria bensì che ne comprendano il loro reale significato, in modo tale da poterle utilizzare in situazioni differenti.

Un altro mediatore didattico indispensabile nel processo di concettualizzazione dei ragazzi nel percorso di apprendimento della fisica o delle materie scientifiche in generale, è la rappresentazione grafica.

Far disegnare ai bambini quanto osservano nel corso di un'attività, assume una grande importanza perché gli permette di analizzare e scoprire al meglio il modo circostante⁵³.

Ogni docente dovrebbe pertanto chiedere agli alunni un disegno durante la fase di osservazione dei fenomeni, per aiutarli nella comprensione e l'assimilazione degli stessi.

⁵¹ Christopher T. Cross, Taniesha A. Woods, and Heidi Schweingruber, Editors, *Mathematics Learning in Early Childhood: Paths Toward Excellence and Equity*; National Academies Press, Committee on Early Childhood Mathematics; National Research Council.

⁵² Raffaella Manara, *Perché Geometria*, Convegno MAPES Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano, reperibile in: docenti.unimc.it/doriana.fabiani/teaching/2017/17773/files/lezione-6-del-27.10.2017-modulo-3/perche-la-geometria-raffaella-manara, ottobre/2017.

⁵³ Ibidem.

1.3 Le competenze scientifiche

*“La mente umana non è stata creata per analizzare separando, ma per integrare
ampliando” [Fabio Marzocca]*

Come indicato anche nelle “Indicazioni Nazionali per il curriculum della scuola dell’infanzia e del primo ciclo” lo scopo dei processi didattici è quello di aiutare i ragazzi nell’acquisizione delle competenze chiave che facilitano il loro adattamento in una società in continua evoluzione⁵⁴.

Le competenze chiave possono essere definite tali “se forniscono le basi per un apprendimento che dura tutta la vita”⁵⁵.

A questo punto, però, è necessario fare una precisazione. Le competenze non si riferiscono solo al mero “saper fare” qualcosa, bensì esse designano la capacità insita in ogni persona di impiegare abilità, conoscenze e valori (sia personali che sociali) nel riuscire a risolvere diverse situazioni problematiche⁵⁶. È importante, inoltre, essere consapevoli che tali competenze non vengono sviluppate solo in ambienti formali quali la scuola poiché gli alunni apprendono anche in contesti informali (famiglia, associazioni o qualunque contesto sociale)⁵⁷.

Come già affermato nei paragrafi precedenti, i bambini, fin dalla prima infanzia, acquisiscono spontaneamente conoscenze attraverso un processo ciclico che permette loro di attingere informazioni dal mondo circostante e dalla società in cui vive e di

⁵⁴ Ministero della Pubblica Istruzione, *Indicazioni nazionali per il curriculum della scuola dell’infanzia e del primo ciclo d’istruzione, 2012*

⁵⁵ Gruppo di Coordinamento e di Supervisione delle Attività di Tirocinio (a cura di), *Lettere consigliate in autoformazione, Lettere consigliate in autoformazione UNISOB*.

⁵⁶ https://creativepathsveneto.weebly.com/uploads/2/5/9/8/25983657/a_proposito_di_competenze.pdf

⁵⁷ *Ibidem*.

organizzarle in schemi di conoscenza, “modelli di realtà”, che, sempre in rapporto con l’ambiente esterno, gli permettono di raccogliere nuovi “dati” e dunque di ampliare le conoscenze stesse⁵⁸.

Il bambino arricchisce ogni giorno la propria conoscenza comune raggiungendo, con gli anni, diversi stadi di sviluppo che rimangono stabili finché non vengono messi in crisi da nuove esperienze o informazioni ricevute.⁵⁹

Invero, grazie ad alcune ricerche condotte da Stanislas Dehaene sui membri di una tribù senza alcuna formazione, ci si è resi conto che le nostre intuizioni geometriche sono innate e si conformano alla geometria euclidea⁶⁰.

Pertanto, alcuni studi hanno dimostrato che i neonati sono capaci di percepire somiglianze tra oggetti tridimensionali o anche di riconoscere gli aspetti invarianti di una forma. Essi sono in grado, inoltre, di formare categorie di relazioni spaziali iniziando a percepire le categorie sopra/sotto e sinistra/destra⁶¹ o di ordinare una varietà di forme manipolabili⁶².

In tal senso, è necessario incentivare tali capacità fin dalla prima infanzia, giacché ponendo le proprie radici nelle abilità che emergono sin dai primi anni di vita, la

⁵⁸ Elisabetta Renda, *La didattica delle scienze nella scuola primaria: il ruolo del laboratorio nello sviluppo della conoscenza scientifica*, in, http://math.unipa.it/~grim/QRDS_2012_Renda.pdf, 2012.

⁵⁹ Christopher T. Cross, Taniesha A. Woods, and Heidi Schweingruber, Editors, *op.cit.*; National Research Council

⁶⁰ Le scienze, *L’innata intuizione euclidea dello spazio*, La Repubblica in, http://www.lescienze.it/news/2011/05/25/news/l_innata_intuizione_euclidea_dello_spazio-551934/, maggio 2011.

⁶¹ Facoltà di Scienze MM.FF. NN, Progetto LLP-POR Regione Campania, *Educazione scientifica e matematica nella Scuola dell’infanzia*, p12

⁶² Christopher T. Cross, Taniesha A. Woods, and Heidi Schweingruber, Editors, *op.cit.*, p.180; Alcuni studi svolti da Hannibal e Clements nel 2008 hanno dimostrato che i bambini dai tre ai sei anni sono capaci di ordinare una varietà di forme manipolabili. Nella loro categorizzazione di tali figure, però, i bambini sono stati influenzati da alcune caratteristiche matematicamente irrilevanti quali: asimmetria, proporzioni e, per certe situazioni, orientamento. La maggior parte dei bambini, infatti, considerava come triangoli anche le figure che non avevano la base orizzontale; altri, invece, non erano considerati tali in quanto "il punto in alto non è nel mezzo"; o alcune figure non erano considerati rettangoli perché "troppo magri" o "non abbastanza larghi

geometria e la misurazione possono fornire sistemi aggiuntivi e potenti per descrivere, rappresentare e comprendere il mondo⁶³.

Quando parliamo delle competenze di base in scienza e tecnologia ci riferiamo infatti *“alla capacità e alla disponibilità ad usare l’insieme delle conoscenze e delle metodologie possedute per spiegare il mondo che ci circonda sapendo identificare le problematiche e traendo conclusioni basate su fatti comprovati” e alla capacità di “applicazione di tali conoscenze e metodologie per dare risposta ai desideri o bisogni avvertiti dagli esseri umani”*⁶⁴.

Quanto appena detto non va però frainteso. Voler sviluppare delle competenze in ambito scientifico non significa affatto tralasciare i contenuti: nella pratica didattica i docenti non devono solo trasmettere nozioni e regole ai propri alunni, bensì devono stimolare la loro riflessione e le loro capacità inventive per far sì che questi ultimi diventino abili nell’ipotizzare soluzioni originali volti alla soluzione del problema stesso⁶⁵.

Devono, inoltre, imparare a leggere le loro conoscenze in maniera trasversale, sviluppando in tal modo la metaconoscenza. Invero, un approccio basato sulla transdisciplinarietà permette ai ragazzi di “aprire il proprio sguardo” ed allargare la propria visuale di indagine attraverso l’esplorazione di fenomeni considerando “i suoi legami con i molteplici domini della conoscenza”⁶⁶.

Gli insegnanti, dunque, nell’analizzare una data questione con l’utilizzo di un metodo fondato sulla transdisciplinarietà, devono favorire la discussione e la riflessione di gruppo

⁶³Christopher T. Cross, Taniesha A. Woods, and Heidi Schweingruber, Editors, *op.cit.*; National Research Council, p175

⁶⁴ Elisabetta Renda, *op.cit.*, in, http://math.unipa.it/~grim/QRDS_2012_Renda.pdf, 2012.

⁶⁵ Franco Frabboni, *Verso una scuola delle competenze*, in, www.anpmarche.it/bom/bo/allegati/files/230_5frabbon.doc

⁶⁶ Fabio Marzocca, *Il nuovo approccio scientifico verso la transdisciplinarietà*, Edizioni Mythos, p.17, in, https://ciret-transdisciplinarity.org/biblio/biblio_pdf/eBook_Transdisciplinarity.pdf, 2014.

affinché i ragazzi non vedano più le cose da una singola prospettiva, ma possano invece ampliare le proprie idee insieme con quelle altrui⁶⁷. È necessario, inoltre, che i ragazzi sviluppino le capacità ad affrontare i problemi attraverso diversi approcci “individuando collegamenti all’interno di un sistema totale, senza confini stabiliti dalle discipline stesse” (Jean Piaget, 1970)⁶⁸.

Ciò che gli studenti apprendono, infatti, è chiaramente correlato a ciò che viene loro insegnato, che a sua volta dipende da molte cose, come dalle indicazioni ministeriali, dai materiali didattici disponibili, dal curriculum adottato e dalle metodologie utilizzate per il suo sviluppo, nonché dalle conoscenze e dalle pratiche degli insegnanti per l’insegnamento⁶⁹.

Ogni insegnante dovrebbe stimolare i propri alunni, facendoli apprendere attraverso la pratica, nello studio della geometria e della fisica, in quanto attraverso di esse gli alunni possono “sviluppare modi per strutturare mentalmente gli spazi e gli oggetti che li circondano”⁷⁰.

Durante la loro esplorazione del mondo circostante dovrebbero dunque imparare a chiedersi come è fatto il mondo, e il perché si verificano i fenomeni che osservano nella loro quotidianità. Mentre avanzano nei gradi, come detto, le loro domande dovrebbero diventare più rilevanti, concentrate e sofisticate. Di conseguenza, gli studenti diventano sempre più competenti nel presentare domande che richiedono prove rilevanti empiriche. In quest’ottica, risulta di fondamentale importanza il ruolo del docente, il quale è

⁶⁷ Ibidem.

⁶⁸ Cit. Jean Piaget, seminario Internazionale, Francia 1970 reperibile in: https://ciret-transdisciplinarity.org/biblio/biblio_pdf/eBook_Transdisciplinarita.pdf, p.9.

⁶⁹ Christopher T. Cross, Taniesha A. Woods, and Heidi Schweingruber, Editors, *op.cit.*

⁷⁰ Ivi

innanzitutto il regista del processo di insegnamento-apprendimento in quanto crea occasioni di apprendimento.

L'insegnante deve promuovere la propria pratica didattica in modo da favorire la crescita individuale di ogni alunno, guidandolo nello sviluppo delle proprie potenzialità ed aiutandolo a superare le difficoltà. Pertanto, durante la propria azione didattica, egli deve essere autorevole e non autoritario, flessibile nella progettazione e nell'azione, tenendosi pronto ad eventuali imprevisti ed a effettuare modifiche volte alla risoluzione delle problematiche riscontrate nel processo di insegnamento-apprendimento. Grande rilevanza, inoltre, assume la documentazione, attraverso cui attivare i processi di riflessione sui risultati del percorso, ed applicando, dove è necessario, delle modifiche per offrire ad ogni alunno occasioni di apprendimento rispondenti ai bisogni individuali.

CAPITOLO 2:

L'ISTITUTO COMPRENSIVO E IL CURRICOLO VERTICALE

In una società come quella odierna, in cui la scuola non è più l'unico ambiente in cui i bambini apprendono, nel promuovere le capacità degli studenti, è necessario fornire loro occasioni di apprendimento ed esperienze diversificate “con il fine di ridurre la frammentazione e il carattere episodico che rischiano di caratterizzare la vita dei bambini e degli adolescenti”⁷¹.

In tal senso, l'Istituto Comprensivo offre, grazie agli innumerevoli vantaggi di cui può vantare, sia ai docenti che agli studenti occasioni di crescita sia personale che culturale. Grazie all'autonomia scolastica, ogni istituzione scolastica può organizzare in maniera flessibile gli spazi, i tempi e le metodologie ed al contempo può entrare in rapporto con altre scuole ed enti, attraverso cui avviare rapporti di ricerca, sperimentazione e sviluppo per migliorare il processo di insegnamento-apprendimento. Pertanto, al fine di incentivare la crescita delle competenze degli alunni e grazie anche all'aiuto di esperti, i docenti hanno la possibilità di avviare progetti che coinvolgono attivamente tutti gli studenti in attività di esperienza diretta, e che gli permettono di garantire una continuità educativa dalla scuola dell'infanzia fino alla scuola secondaria di primo grado.

⁷¹ Ministero della Pubblica Istruzione, *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, 2012, p. 14.

2.1 La storia

L'istituto Comprensivo, nel linguaggio scolastico, è un istituto che raccoglie sotto un'unica realtà didattica la scuola materna, primaria e secondaria di primo grado di un territorio (l. 662/23 dicembre 1996, art. 1, co. 70; D.P.R. 157/2 marzo 1998, art. 1)⁷².

Nel 1994 in Italia ci furono delle importanti innovazioni nel sistema scolastico: lo sviluppo degli istituti comprensivi, e l'adozione del testo unico della scuola⁷³.

Partendo dall'analisi della nascita degli Istituti Comprensivi, possiamo affermare che inizialmente furono istituiti per riorganizzare il servizio scolastico delle zone scarsamente abitate o dei territori con rischio di spopolamento, attraverso la L. n. 142 dell'8 giugno 1990, nota come legge per le aree metropolitane⁷⁴.

In quegli anni affiorarono diversi fenomeni sociali particolari, tra i quali prevalsero il forte inurbamento, lo spopolamento e l'abbandono di intere zone, prevalentemente montane, e il depauperamento dell'economia locale montana⁷⁵.

Al fine di osteggiare l'isolamento delle piccole comunità e per contemperare la legge 142 del 1990, che si era occupata principalmente dell'organizzazione dei servizi del cittadino nelle aree urbane, nonché per esigenza di contrastare il fenomeno di isolamento delle piccole comunità, fu approvata la L.n. 97 del 1994 recante "nuove disposizioni per le zone montane". Un intervento normativo caratterizzato da una forte componente economico-sociale⁷⁶.

⁷² Tratto da Enciclopedia Treccani.

⁷³ Studi e documenti degli Annali della Pubblica Istruzione 83, *Gli istituti comprensivi innovazioni Organizzative e curriculari nel quadro dei processi di cambiamento del sistema scolastico*, Le Monner, Roma-1998, p. 3.

⁷⁴ *Ibidem*, p. 3.

⁷⁵ Gruppo di Coordinamento e di Supervisione delle Attività di Tirocinio (a cura di), *Lecture consigliate in autoformazione, Lecture consigliate in autoformazione*.

⁷⁶ Studi e documenti degli Annali della Pubblica Istruzione 83, *op.cit.*, p. 3-4.

Tali interventi erano volti alla promozione di azioni organiche e coordinate finalizzate al globale sviluppo delle zone montane attraverso la tutela e la valorizzazione dell'ambiente⁷⁷.

Inoltre, grazie alla cosiddetta “legge della montagna” si ebbero importanti novità anche sul versante della formazione con l'insorgere degli Istituti Comprensivi.⁷⁸

In tal senso, l'Istituto Comprensivo nasce come risposta all'esigenza di un risparmio nella spesa pubblica piuttosto che ad un progetto volto alla costruzione di un nuovo modello organizzativo scolastico fondato sulla continuità tra i diversi cicli di studio⁷⁹.

Inizialmente furono ventidue gli istituti che sperimentarono la novità dell'istituto comprensivo, ai quali fu data la possibilità di godere di finanziamenti e di iniziative per formare docenti e dirigenti in servizio⁸⁰.

In tal senso, l'articolo 20 “Collaborazione tra soggetti istituzionali”, assunse una importanza fondamentale in quanto indicava le condizioni indispensabili da dover rispettare per riuscire a salvaguardare la cultura e la vita delle zone montane e per garantire alle nuove generazioni un futuro dignitoso⁸¹.

Non di minore importanza risultò l'articolo 21 della legge “Scuola dell'obbligo”, per molto tempo sottovalutato, che permise la riorganizzazione delle scuole al momento della concessione dell'autonomia. Tale articolo ha assunto una grande valenza poiché ha determinato l'innalzamento del livello di istruzione dei giovani e della qualità di vita delle comunità stesse⁸².

⁷⁷ Ibidem

⁷⁸ Gruppo di Coordinamento e di Supervisione delle Attività di Tirocinio (a cura di), *Lecture consigliate in autoformazione*.

⁷⁹ Ibidem

⁸⁰ Umberto Landi, *Gli Istituti comprensivi come luoghi di coesistenza/convivenza di identità culturali/professionali diversificate*, in, <http://www.edscuola.it/archivio/didattica/comprendivi.html>.

⁸¹ Studi e documenti degli Annali della Pubblica Istruzione 83, *op.cit.*, p. 5.

⁸² Studi e documenti degli Annali della Pubblica Istruzione 83, *op.cit.*, p. 6.

Grazie ad esso, infatti, <<*nei comuni montani con meno di 5000 possono essere costituiti Istituti Comprensivi di scuola materna, elementare e secondaria di primo grado, cui è assegnato personale direttivo della scuola elementare e della scuola media secondo i criteri e modalità stabiliti con ordinanza del Ministero della Pubblica Istruzione*>>⁸³.

Dunque, da una rigida separazione dei gradi e degli ordini scolastici, si inizia ad offrire una più agevole articolazione e una più elevata qualità dei servizi educativi, istruttivi e formativi locali.

L'obiettivo della legge sulla montagna fu quindi quello di conservare la presenza delle scuole della fascia dell'obbligo nei territori montani; e fu altresì quello di mantenere una forte presenza istituzionale, con una direzione didattica o una presidenza di scuola media. Alla luce di questo, fu proprio questa legge nata per non "far morire la montagna" che evidenziò l'esigenza di una organizzazione diversa della scuola dell'obbligo, partendo da un imprescindibile legame tra la valorizzazione sociale, economica e culturale del territorio.

Ciò posto, è a questo punto necessario dividere la storia degli istituti comprensivi in quattro generazioni.

Se la prima generazione, quella precedentemente spiegata, è considerata una soluzione per le emergenze territoriali e geografiche a bassa densità abitativa, la seconda generazione è rappresentata dagli istituti che sono nati sull'onda di un progetto pedagogico, della ricerca sul curriculum verticale e della continuità.

⁸³ Articolo 21 "Scuola dell'obbligo" della legge 97/1994 "Nuove disposizioni per le zone montane".

La seconda generazione è quella che ha avviato le reti di scuole di sperimentazione avviando, in tal modo, ricerche sulla validità del curriculum verticale e sulla continuità educativa⁸⁴.

Grazie a ciò, si è iniziato a leggere il termine “competenza” sotto una nuova luce, fino ad arrivare, nel 1998, alla proposta di un curriculum verticale basato sulle competenze.

Piano piano si è iniziata ad attribuire una maggiore valenza all’ambiente di apprendimento ed alle relazioni che si instauravano nel contesto classe, non solo tra alunni e alunni ma anche tra docenti e famiglie e tra docenti e docenti, tanto che questi ultimi dovevano formare una vera e propria comunità professionale comunicando, scambiandosi consigli ed informazioni per migliorare la propria pratica didattica ed allo stesso tempo crescere professionalmente⁸⁵.

I docenti dovevano, inoltre, iniziare a porre maggiore attenzione alle metodologie, alle strategie da mettere in atto durante i processi di insegnamento-apprendimento iniziando a focalizzare la propria attenzione sulla didattica laboratoriale e la possibilità di progettare percorsi didattici inseriti nei diversi livelli scolastici⁸⁶.

Con l’autonomia, dunque, l’istituto comprensivo non viene più visto come un’opportunità per mettere in ordine nelle relazioni scuola-territorio, né tantomeno una scuola più vicina alla comunità. “È una affermazione di identità, di responsabilità, di progettualità, di flessibilità delle scelte, con adeguati supporti finanziari, professionali, amministrativi, organizzativi”⁸⁷.

⁸⁴ Gruppo di Coordinamento e di Supervisione delle Attività di Tirocinio (a cura di), *Lettere consigliate in autoformazione T2*.

⁸⁵ Giancarlo Cerini, Istituti comprensivi di “quarta” generazione, in, www.edscuola.it/archivio/riformeonline/istituti_comprensivi_di_quarta.htm, giugno 2018.

⁸⁶ Ibidem.

⁸⁷ Giancarlo Cerini, op.cit., giugno 2018.

La terza generazione, invece, pone la propria attenzione sui soggetti che hanno un ruolo in primo piano negli istituti comprensivi: i dirigenti scolastici che rappresentano l'istituzione e gestiscono i molteplici aspetti di un istituto complesso.

A tal fine, è indispensabile che siano altamente preparati culturalmente per quanto attiene ai modelli organizzativi-professionali e sappiano investire sul personale nonché revisionare il sistema delle responsabilità. In tal senso, si iniziano a riconoscere ed a sfruttare i vantaggi che offre ai singoli istituti⁸⁸.

Detto ciò, possiamo notare come queste tre generazioni abbiano come riferimento tre termini chiave quali il territorio, il curricolo e l'autonomia, elementi senza dubbio positivi che ancora oggi lo caratterizzano.

È attraverso la Legge 11/2011 che l'istituto comprensivo ha iniziato a diffondersi su tutto il territorio dando, così, inizio alla quarta generazione⁸⁹.

Con la quarta generazione si è attribuita sempre una maggiore valenza alla scelta del comprensivo. La sua istituzione può essere considerata come una scelta coraggiosa, in quanto ogni scuola, per “unirsi” con altre, deve modificare il proprio assetto originario, rischiando di provocare, così, uno squilibrio generale⁹⁰.

Pertanto, l'istituto comprensivo, deve avere ben chiaro il fatto di essere un elemento di coesione e sviluppo sociale, affrontando le diverse problematiche con coscienza e senso di responsabilità.

⁸⁸ Ibidem

⁸⁹ Gruppo di Coordinamento e di Supervisione delle Attività di Tirocinio (a cura di), *Lecture consigliate in autoformazione*, p. 6. UNISOB

⁹⁰ Giancarlo Cerini, op.cit., giugno 2018.

2.2 L'Istituto Comprensivo: le opportunità

Dopo un breve excursus sulla storia dell'Istituto Comprensivo, sorge spontanea una domanda: “quali sono le innovazioni che ha apportato tale istituto?”

Esso aggrega in un'unica struttura la scuola dell'infanzia, la scuola primaria e la scuola secondaria di primo grado, per consentire la continuità scolastica dai tre ai quattordici anni⁹¹, ponendosi come obiettivo quello di “lavorare insieme per rifondare la comunità professionale”⁹².

D'altronde, ciò pare favorito dalla presenza di un'unica presidenza, un unico consiglio d'istituto ed un singolo collegio docenti, il che consente di affrontare in maniera integrata i vari aspetti della vita scolastica: le scelte educative e quelle didattiche, la valutazione degli alunni, la gestione dei finanziamenti, sono tutti elementi che possono così beneficiare di un indirizzo unitario (om. 04.08.1995, n. 267)⁹³.

Pertanto, l'Istituto Comprensivo, presenta opportunità di formazione per i docenti aiutandoli ad accrescere la propria professionalità ed al contempo offre numerose occasioni di ricerca sperimentazione e sviluppo attraverso una collaborazione tra enti, esperti e l'istituto stesso per migliorare i processi di insegnamento-apprendimento.

A questo punto per rispondere alla domanda precedentemente posta, possiamo dire che le principali innovazioni dell'Istituto Comprensivo sono:

- una gestione più flessibile dell'organizzazione (autonomia didattica);

⁹¹ Gruppo di Coordinamento e di Supervisione delle Attività di Tirocinio (a cura di), *Lecture consigliate in autoformazione T2*.

⁹² Gruppo di Coordinamento e di Supervisione delle Attività di Tirocinio (a cura di), *Lecture consigliate in autoformazione T2*.

⁹³ Giancarlo Cerini, *Istituti comprensivi: e adesso?*, in, www.edscuola.it/archivio/riformeonline/comprendivi.html, giugno 2018

- una efficace continuità educativa (curricolo verticale);
- rapporti più stretti con i genitori ed il territorio (integrazione sociale).

2.2.1 L'Autonomia scolastica

“L'autonomia scolastica è l'insieme dei compiti e delle funzioni attribuite alle scuole per la progettazione del curricolo e per la sua concreta attuazione, anche in rete con altre scuole, al fine di garantire a ciascun cittadino il raggiungimento del suo successo formativo”⁹⁴.

Essa, è stata introdotta nelle scuole dal D.P.R. 8 marzo 1999, n.275, che ha attuato l'articolo 21 della legge 15 marzo 1997, n.59 «Delega al Governo per il conferimento di funzioni e compiti alle Regioni e agli Enti locali, per la riforma della Pubblica Amministrazione e per la semplificazione amministrativa».

Però, quando parliamo di autonomia scolastica è necessario fare una precisazione. Essa non va intesa come una libertà priva di ogni vincolo d'azione ma piuttosto come un relazionarsi in maniera dinamica e flessibile al reticolo normativo⁹⁵. Pertanto, l'autonomia garantisce ad ogni istituto l'affermazione, il rispetto e la valorizzazione della sua identità pur nel rispetto delle esigenze del territorio in cui è ubicato e della domanda delle famiglie⁹⁶. Ciò acquisisce una rilevante importanza nella definizione e nella realizzazione delle strategie e delle linee d'azione che ciascun istituto intende perseguire.

⁹⁴ Gruppo di Coordinamento e di Supervisione delle Attività di Tirocinio (a cura di), *Lettture consigliate in autoformazione T2*, p. 5.

⁹⁵ Giancarlo D'alterio, *L'autonomia scolastica*, in, http://www.edscuola.it/archivio/ped/autonomia/autonomia_scolastica.pdf.

⁹⁶www.simone.it/catalogo/vtf16_1.pdf

Pertanto, se fino al 1999 le istituzioni scolastiche dipendevano dall'Amministrazione scolastica⁹⁷, dal 2000, invece, hanno acquisito una propria autonomia amministrativa, didattica e organizzativa⁹⁸.

È proprio attraverso il D.P.R. 275/1999 che vengono fissate le forme di autonomia godute dall'istituto.

L'articolo 4⁹⁹ di tale decreto, infatti, attribuisce alle singole istituzioni scolastiche l'autonomia didattica. In tal senso, ogni istituto ha il compito di rendere concreti gli obiettivi nazionali attraverso la realizzazione di percorsi didattici che permettano a tutti di esercitare il proprio diritto all'apprendimento ed alla propria crescita educativa, riconoscendo e valorizzando, allo stesso modo, le potenzialità e le differenze di ogni studente¹⁰⁰.

A rafforzare ulteriormente l'autonomia scolastica è stata la Legge 13 luglio 2015, n. 107 garantendo *“il diritto allo studio, le pari opportunità di successo formativo”*¹⁰¹ a tutti gli studenti, indipendentemente dai Bisogni Educativi presentati.

Grazie all'autonomia didattica, dunque, le istituzioni scolastiche possono definire in maniera flessibile modalità e tempi di insegnamento, le aggregazioni delle singole discipline e possono promuovere attività di recupero e di sostegno, di continuità e di orientamento scolastico sempre in linea con gli obiettivi prefissati.

Grande responsabilità viene attribuita al dirigente scolastico, il quale non solo deve garantire una gestione unitaria della scuola, ma deve occuparsi responsabilmente anche delle risorse finanziarie e strumentali e umane ed organizzare le attività scolastiche

⁹⁷ <https://www.tuttoscuola.com/istruzioni-per-luso-lautonomia-scolastica-come-organizzata-una-scuola/>.

⁹⁸ Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, *Autonomia scolastica*, in <http://www.istruzione.it/archivio/web/istruzione/famiglie/autonomia-scolastica.html>.

⁹⁹ Articolo 4, del D.P.R. 8 marzo 1999, n.275.

¹⁰⁰ https://www.simone.it/catalogo/vtf16_1.pdf

¹⁰¹ comma 1, articolo 1, Legge 13 luglio 2015, n. 107.

secondo i criteri dell'efficacia e efficienza, deve inoltre garantire il raggiungimento dei risultati del servizio scolastico ed al contempo rappresentare l'istituto nelle relazioni sindacali¹⁰².

Grazie all'autonomia organizzativa, stabilita dall'art.5¹⁰³ del decreto sopracitato, le istituzioni scolastiche hanno la possibilità di definire in maniera flessibile il calendario, l'orario scolastico e gli spazi entro cui svolgere le attività didattiche.

Inoltre, grazie all'autonomia finanziaria loro riconosciuta dallo Stato, hanno a disposizione una serie di fondi derivanti dai contributi statali che le vengono assegnati, dalle tasse e contributi pagati dagli studenti, nonché su altre forme di finanziamento. Le somme che vengono attribuite alla scuola non hanno vincolo di destinazione, questo significa che possono essere utilizzate senza vincoli di scopo. Di conseguenza tali somme possono essere indifferentemente utilizzate per le spese di parte corrente e possono essere anche variate nel corso dell'anno scolastico. In questo modo si persegue l'obiettivo di incrementare l'efficienza della gestione amministrativa consentendo un utilizzo più accorto delle risorse umane.

L'autonomia di ricerca e di sperimentazione e di sviluppo, invece, viene sancita dall'art. 6 del decreto perso in esame. *“Le istituzioni scolastiche, singolarmente o tra loro associate, esercitano l'autonomia di ricerca, sperimentazione e sviluppo tenendo conto delle esigenze del contesto culturale”*¹⁰⁴.

Nell'esercitare l'autonomia di ricerca, sperimentazione e sviluppo ogni istituto deve, o quanto meno dovrebbe, porsi come obiettivo quello di curare e migliorare la propria

¹⁰² Nino Sabella, *Dirigente scolastico e organi collegiali; chi deve fare cosa dopo la Riforma?*, in, <https://www.orizzontescuola.it/guida/dirigente-scolastico-e-organi-collegiali-chi-deve-fare-cosa-dopo-riforma/>, settembre 2017.

¹⁰³ Articolo 5, del D.P.R. 8 marzo 1999, n.275.

¹⁰⁴ Articolo 6, del D.P.R. 8 marzo 1999, n.275.

progettazione formativa, ponendo la propria attenzione sulla ricerca valutativa e su quella didattica connessa alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione. Per di più, ogni Istituto dovrebbe incentivare e motivare i propri docenti all'aggiornamento e alla formazione per permettere loro di non focalizzarsi su metodi tradizionali ma consentendo una continua innovazione metodologica e disciplinare volta alla crescita della loro professionalità¹⁰⁵.

Per incentivare lo sviluppo e la ricerca, risulta opportuno che ogni Istituto riorganizzi il proprio assetto interno, istituendo un dipartimento dedicato proprio alla ricerca ed allo sviluppo che possa dunque rendere sempre più concreta la possibilità di fare ricerca¹⁰⁶.

I dipartimenti sono composti dai docenti, raggruppati per aree/o per assi culturali, che lo rappresentano trasversalmente e ne indirizzano e sistematizzano le finalità nei diversi corsi di studio¹⁰⁷. I dipartimenti, inoltre, hanno il compito di individuare gli obiettivi trasversali agli assi culturali utilizzando metodologie più flessibili e dinamiche, al contempo condividendo le strategie operative e metodologiche con altri docenti, istituti o enti¹⁰⁸.

Pertanto, per fare ricerca è necessario che i docenti incentivino la loro professionalità iniziando a riflettere sulle proprie azioni e riformulando, allo stesso tempo, le teorie di azione per poter così giungere ad elaborare nuove pratiche educative, concettualizzandole nella realtà didattica in cui viene svolta la ricerca stessa.

¹⁰⁵Ivana Summa, *Autonomia di ricerca, sperimentazione e sviluppo*, in http://www.storiairreer.it/sites/default/files/Irreer_Materiali/2002%2008%20summa%20autonomia%20IE%203-4.pdf.

¹⁰⁶ <http://www.comprendivocepagatti.gov.it/documenti/Dipartimenti%20as%202014-2015.pdf>

¹⁰⁷ Ibidem.

¹⁰⁸ Ibidem.

In tal senso assumono un ruolo di primissimo piano la documentazione, gli scambi e l'integrazione tra i sistemi formativi che favoriscono nuove opportunità di sviluppo all'interno delle istituzioni scolastiche.

2.2.2 Il Curricolo

“Il curricolo è simile ad una conversazione animata su un argomento che non può essere definito fino in fondo. Il processo comprende la conversazione, il mostrare e il raccontare, e infine la riflessione.” (Bruner)

Il termine “curricolo” deriva etimologicamente dal latino curriculum che a sua volta deriva dal verbo “currere”, che significa corso/percorso.

Ogni Scuola *“predispone il curricolo all'interno del Piano Triennale dell'offerta formativa (PTOF) con riferimento al profilo dello studente al termine del primo ciclo di istruzione, ai traguardi per lo sviluppo delle competenze, agli obiettivi di apprendimento specifici per ogni disciplina”¹⁰⁹.*

Invero, esso descrive l'intero percorso educativo che accompagna ciascun studente a partire dalla scuola dell'infanzia e per finire alla scuola secondaria di primo grado. Un percorso nel quale si intrecciano e si fondano i processi cognitivi e quelli relazionali. D'altra parte la sua unitarietà non pone in secondo piano i vari momenti evolutivi che caratterizzano le varie fasi dell'apprendimento “passando dal mero imparare facendo alla

¹⁰⁹ Ministero della pubblica Istruzione, *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, 2012.

capacità di riflessione e formalizzazione dell'esperienza, utilizzando con consapevolezza diverse chiavi di lettura della realtà"¹¹⁰.

In questa direzione il ruolo dell'insegnante è di fondamentale importanza nell'elaborazione delle strategie e delle scelte didattiche maggiormente significative, cercando di offrire occasioni di apprendimento ad alto contenuto qualitativo. Nel far questo il docente deve porre "la sua attenzione sull'integrazione fra le discipline e le loro possibili aggregazione in aree"¹¹¹.

2.2.2.1 Il Curricolo verticale

Come ho già accennato in precedenza, l'Istituto Comprensivo aggrega in un'unica organizzazione la scuola dell'infanzia, la scuola primaria e la scuola secondaria di primo grado, nel tentativo di fornire un percorso formativo continuativo agli alunni dai tre ai quattordici anni¹¹². A differenza di quanto accadeva nel passato, al giorno d'oggi il curricolo verticale poggia essenzialmente non più su di un programma di tipo prescrittivo ma valorizza piuttosto l'apprendimento di tutti gli studenti¹¹³. Da tale angolo visuale, come chiarito anche nelle Indicazioni Nazionali per il curricolo, "lo studente è posto al

¹¹⁰ Ministero della pubblica Istruzione, *Il curricolo nella scuola dell'autonomia*, in, https://archivio.pubblica.istruzione.it/news/2007/allegati/curricolo_indicazioni.pdf.

¹¹¹ Ministero della pubblica Istruzione, *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, p.12.

¹¹² Gruppo di Coordinamento e di Supervisione delle Attività di Tirocinio (a cura di), *Lecture consigliate in autoformazione*, p. 7.

¹¹³ Carlo Fiorentini, *Il curricolo verticale*, in, <http://www.edscuola.eu/wordpress/?p=12584>, 6 novembre 2012.

centro dell'azione didattica in tutti i suoi aspetti: cognitivi, affettivi, relazionali, corporei, estetici, etici, spirituali, religiosi”¹¹⁴.

A tal fine, la scuola deve mettere a disposizione di ciascuno studente le chiavi “per imparare ad apprendere, per costruire e per trasformare il percorso formativo dei bambini”¹¹⁵, ponendosi dunque nella prospettiva della c.d. *lifelong education*.

In questo senso è opportuno riassumere brevemente le competenze-chiave che ogni istituto dovrebbe garantire: esse sono la comunicazione nella lingua madre, ed in quelle straniere, la competenza in matematica e le competenze di base in scienza e tecnologia, quella digitale, nonché le competenze sociali e civiche, lo spirito di iniziativa e di imprenditorialità, per finire con la consapevolezza e l'espressione culturale. Tali competenze, infatti, risultano indispensabili per far sì che ogni studente possa rapportarsi ai problemi della vita quotidiana con maggior consapevolezza e lo stesso a dirsi anche per quanto riguarda le difficoltà che possono insorgere durante il proprio cammino di crescita.

In breve, in ossequio all'art. 1 del Regolamento dell'autonomia (d. P. R. 275/99), ogni istituto dovrebbe fornire ai suoi studenti, cittadini del domani, tutte le competenze necessarie affinché si possa vivere al meglio la propria vita¹¹⁶. A tal proposito, le Indicazioni parlano di “traguardi per lo sviluppo della competenza”, i quali costituiscono degli importanti punti di riferimento ai fini dell'insegnamento, giacché si rivelano particolarmente utili nel tracciare percorsi didattici e culturali che, se seguiti, consentono

¹¹⁴ Ministero della pubblica Istruzione, *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, 2012, p. 9.

¹¹⁵ *Ibidem*

¹¹⁶ <http://www.icmattioli.it/wordpress/wp-content/uploads/2017/01/Methodologie-e-strumenti-rogettazione-curricolo-verticale-per-competenze-Capperucci.pdf>.

una buona riuscita dell'azione educativa strumentale e, tra l'altro, il pieno sviluppo degli allievi¹¹⁷.

Tali traguardi, nella scuola di primo ciclo, rappresentano dei criteri per la valutazione delle competenze attese e risultano essere prescrittivi nella loro scansione temporale, impiegando così le istituzioni scolastiche affinché ogni alunno possa conseguirli, garantendosi in questo modo l'unità del sistema nazionale e la qualità del servizio.

Per il raggiungimento di tali obiettivi, ogni alunno deve acquisire conoscenze ed abilità specifiche, e deve dunque raggiungere obiettivi di apprendimento che con il passare del tempo gli permetteranno di sviluppare competenze ulteriori.

Il definire e rendere chiari gli obiettivi è una condizione necessaria per il docente che vuole progettare un'attività didattica efficace. Pertanto, l'attività didattica dei docenti ha come parametro di riferimento non una sequenza lineare, che del resto risulterebbe inevitabilmente incompleta, bensì la qualità dell'apprendimento di ciascuno studente, evitando al contempo, la frammentarietà dei saperi¹¹⁸.

Due sono gli elementi innovativi del curriculum: la continuità e la discontinuità scolastica. I docenti, infatti, hanno la possibilità di seguire il percorso formativo e di crescita di ogni alunno dalla scuola dell'infanzia fino a quella secondaria di primo grado, specialmente attraverso il confronto con gli altri insegnanti. In questa direzione, i docenti devono collaborare e scambiarsi informazioni sì da costruire una vera e propria comunità professionale, sviluppando altresì progetti volti a migliorare il processo di insegnamento-apprendimento degli alunni. Grazie a tale dialettica agevolano il già menzionato passaggio da un grado all'altro impostando progetti di studio comuni e valorizzando gli

¹¹⁷ Ministero della pubblica Istruzione, *Indicazioni nazionali per il curriculum della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, 2012.

¹¹⁸ Ministero della pubblica Istruzione, *Indicazioni nazionali per il curriculum della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, 2012, p.12

interessi e le attitudini dei propri ragazzi. Invero, la continuità scolastica si basa proprio sul dialogo, sul confronto tra i docenti dei diversi gradi scolastici per definire percorsi didattici che si si attengano al profilo dell'Istituto, ma che garantiscano elementi innovativi volti a migliorare il percorso di crescita degli alunni. Come di ricorda anche Giancarlo Cerini, "l'efficacia di un buon risultato con i ragazzi si ottiene con una buona squadra di docenti". Più precisamente, i progetti che possono essere concretamente agevolati sono quelli che si incentrano sulla collaborazione tra gli alunni dell'ultimo anno della scuola dell'infanzia e del primo anno della primaria, o tra quelli dell'ultimo anno della primaria e quelli del primo anno della scuola secondaria di primo grado, consentendo così a questi ultimi di non risentire del distacco tra un grado e l'altro e favorendo la progressiva conquista dell'autonomia degli allievi in alcune competenze di base, mitigando, al contempo, i processi formativi ed educativi degli alunni. Inoltre, è proprio per merito della continuità verticale che gli adulti, in contesti educativi differenti, possono interagire tra loro e collaborare anch'essi scambiandosi informazioni o condividendo percorsi didattici comuni con gradi di scuola differenti¹¹⁹.

In breve, per continuità educativa verticale s'intende la messa in atto di un modello educativo coerente tra le diverse istituzioni educativo/scolastiche del territorio.

*"L'itinerario scolastico dai tre ai quattordici anni, pur abbracciando tre tipologie di scuola caratterizzate ciascuna da una specifica identità educativa e professionale, è progressivo e continuo."*¹²⁰.

L'apprendimento, la crescita e lo sviluppo sono strettamente legati a nuove imprese e a sfide continue, rapportate all'età degli allievi: invero, sarebbe preferibile parlare di

¹¹⁹ Gruppo di Coordinamento e di Supervisione delle Attività di Tirocinio (a cura di), *Lecture consigliate in autoformazione T2 UNISOB*.

¹²⁰ Ministero della pubblica Istruzione, *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, 2012, p. 18.

discontinuità utile. Per converso, la continuità significa assicurare le condizioni che permettono al bambino o al ragazzo di affrontare le discontinuità. In tal senso, anche la discontinuità rappresenta un valore dal momento che è un elemento fondamentale della crescita stessa, in quanto ogni docente dovrebbe tener conto dello sviluppo e dell'evoluzione di ogni alunno.

Pertanto, ogni percorso didattico deve promuovere il bilancio critico su quelle portate a termine. È grazie alla valutazione ed all'autovalutazione che i docenti possono migliorare e garantire sempre più l'efficacia dei processi di insegnamento-apprendimento.

2.2.3 L'intersoggettività

L'istituto si qualifica come scuola del territorio, visto che può instaurare un dialogo più intenso con gli enti locali, le associazioni, il volontariato e gli istituti culturali, affinché tutti contribuiscano ad arricchire l'offerta formativa della scuola. Pertanto, è possibile che vengano così organizzati dei programmi integrati che, oltre ad essere duraturi nel tempo, paiono qualificanti nel definire il ruolo che la scuola assume. Inoltre, l'istituto si deve impegnare in un rapporto di collaborazione con gli attori extrascolastici che presentano, a vario titolo, funzioni educative (si pensi, ad esempio, alla famiglia) oltre che garantire una formazione che duri per l'intero arco della vita. La relazione e la stretta collaborazione tra istituto e famiglie, infatti, dovrebbe essere incentivata a tutti i livelli scolastici, sia nelle attività scolastiche che extrascolastiche, attraverso progetti che li pongano in un rapporto di corresponsabilità di dialogo e di negoziazione con l'obiettivo di accompagnare lo studente nel proprio percorso di crescita.

Pertanto, la scuola deve interagire non solo con le famiglie degli alunni, ma deve relazionarsi anche con il territorio circostante. Un territorio che possiamo definire il “palcoscenico naturale della vicenda umana”¹²¹, il luogo di interazione delle domande che provengono dalle persone, dalle comunità locali e dall'ambiente.

In quest’ottica l’Istituto Comprensivo, per garantire la verticalità e l’orizzontalità, deve essere diretto da dirigenti scolastici autorevoli e culturalmente preparati che motivino tutti gli insegnanti a collaborare e interagire tra loro in modo da garantire continuità educativa in tutto il percorso di crescita degli alunni. Pertanto, ogni docente dovrebbe essere predisposto alla propria formazione personale ed a interagire con enti e ricercatori anche in progetti di ricerca al fine di migliorare le proprie pratiche, la propria professionalità e di trovare nuovi metodi e strumenti che aiutino gli studenti a sviluppare competenze necessarie ad affrontare la vita. L’insieme di questi elementi consente di rendere unitario il progetto dell’Istituto Comprensivo e di far percepire il senso della costruzione di una nuova istituzione educativa, che è un qualcosa di ben diverso rispetto alla semplice idea di una successione (pur coordinata) di segmenti scolastici distinti.

2.3 Il caso dell’Istituto comprensivo “Madonna Assunta”¹²²

L’istituto comprensivo Madonna Assunta ha sede nel quartiere di Bagnoli in provincia di Napoli. Ha una popolazione scolastica variegata sia per la posizione sociale che economica e professionale.

¹²¹Cristiana Simonetti, *op.cit.*, 2016.

¹²² Tale paragrafo prede spunto dal PTOF dell’istituto “Madonna Assunta” di Bagnoli e dal progetto tesi realizzato nell’anno accademico 2012-2013 da Speranza Dell’Anno nell’ex Circolo didattico “Madonna Assunta” di Bagnoli: <http://icmadonna-assunta.gov.it/>

L'istituto, consapevole dei bisogni degli alunni e dei docenti e sfruttando altresì la propria autonomia di ricerca, sperimentazione e di sviluppo, collabora da anni con l'Università degli studi Federico II e l'Università Suor Orsola Benincasa, sperimentando nuovi percorsi didattici al fine di migliorare i processi di insegnamento-apprendimento.

Attraverso i rapporti di collaborazione con questi enti esterni, questo istituto comprensivo riesce a sviluppare e attuare vari progetti di ricerca-azione che non solo garantiscono la continuità educativa degli alunni, ma rappresentano anche importanti occasioni di formazione per i docenti.

Dati i continui cambiamenti sociali e culturali, l'istituto si pone come obiettivo quello di aiutare e guidare gli alunni nel raggiungimento e rafforzamento della propria autonomia, della propria capacità di scelta nonché dell'autodeterminazione e autoregolazione.

Pertanto, l'istituto comprensivo mira continuamente a creare sinergie tra la domanda culturale e sociale e l'offerta formativa, al fine di aiutare gli alunni nello sviluppo di molteplici competenze.

Uno dei progetti attuati in tale Istituto è stato quello descritto in una Tesi di Laurea in Matematica all'Università Federico II ¹²³. Tale percorso didattico si è basato su un approccio tipico della ricerca-azione, alternando vari incontri dedicati talvolta alla didattica della matematica e talaltra alla didattica delle scienze nel tentativo di sviluppare nei bambini abilità di tipo osservativo-logico-linguistico, senso critico e consapevolezza.

Pertanto, tale percorso non è stato solo un'opportunità per gli alunni ma anche per i

¹²³Speranza dell'Anno, "Optica e geometria della visione. Una sperimentazione nella scuola primaria"
Tesi di Laurea in Matematica. Relatori E. Balzano e C. Minichini, a.a. 2012-2013. Università degli Studi di Napoli Federico II

docenti, poiché ad essi è stata data la possibilità di partecipare ad alcuni incontri di formazione volti al miglioramento della loro pratica educativa.

A fare da sfondo a questo tipo di progetto è stata la didattica laboratoriale: i bambini, infatti, grazie all'esperienza diretta hanno osservato, analizzato e discusso sui fenomeni esaminati imparando, così, a riconoscere determinati problemi in diverse situazioni di esperienza ed a risolverli attraverso l'utilizzo di concetti e rappresentazioni. Hanno inoltre studiato la propagazione rettilinea della luce, i fenomeni della rifrazione e della riflessione, nonché le varie trasformazioni affini e proiettive, giocando ed interagendo con il mondo circostante ed utilizzando diversi tipi di "oggetti" (es.: specchi, torce, lenti, contenitori di diverse figure geometriche).

Al termine di quest'esperienza la tesista, con l'aiuto degli esperti, ha consigliato ai genitori dei bambini alcune attività ricreative e comunque formative da poter svolgere in modo da incentivare e stimolare la loro curiosità e la loro capacità di ragionare.

2.3.1 La mia esperienza nell'Istituto Comprensivo Madonna Assunta

Il 23 gennaio 2018 mi è stata data l'opportunità di partecipare ad un incontro dedicato alla progettazione del percorso didattico "le trasformazioni", dove alcuni insegnanti delle classi e sezioni interessate si sono riunite con due esperti, il prof. Emilio Balzano e il prof. Ciro Minichini, e con il dirigente di istituto, al fine di definire le modalità con cui tale progetto doveva essere attuato.

L'idea centrale del percorso è stata il concetto di "trasformazione" inteso in senso transdisciplinare.

Dopo alcune idee iniziali sulle attività da poter svolgere, il dirigente scolastico ha proposto due linee di azione: la prima riguardante la programmazione di una parte dell'offerta formativa delle singole classi sul tema oggetto d'osservazione, e la seconda volta ad enucleare quanto già programmato nei singoli consigli di classe per vedere cosa era possibile ascrivere a questa tematica.

Successivamente, leggendo quanto detto nel PTOF dell'istituto, ha precisato gli obiettivi da perseguire:

- 1) progettare e sviluppare percorsi didattici esemplari che si caratterizzano per la possibilità di integrare i vari punti di vista offerti da diverse culture disciplinari, intorno ai temi scelti. Tali percorsi esemplari entrano in repertorio di azioni da implementare a scuola, coerentemente con il carattere attivo dell'intero curriculum.
- 2) Costruire strumenti (indicatori, dispositivi, processi) che aiutino a valutare l'efficacia delle attività che vengono proposte in senso ai percorsi sviluppati, in modo da permettere un continuo aggiustamento delle azioni stesse.

Essendo quella delle trasformazioni una tematica molto vasta, è emersa l'esigenza di creare un filo conduttore per favorire una certa continuità nel percorso, prestando particolare attenzione sia alla verticalità che all'orizzontalità del curriculum.

Una delle maggiori difficoltà rilevate, infatti, è stata proprio l'organizzazione del lavoro dal momento che è parso necessario trovare un modo soddisfacente per riuscire a rispettare la verticalità del progetto senza però tralasciare il valore transdisciplinare del concetto di "trasformazione".

Come specificato anche nel PTOF dell'istituto, "nella progettazione di specifiche attività intorno a questo tema, è opportuno caratterizzare il concetto di trasformazione che si basa

su due elementi: le regole e gli invarianti”¹²⁴. Pertanto, il progetto è stato articolato su due livelli: il primo opera su “oggetti” ai quali applicare la trasformazione, il secondo risponde invece alla necessità di utilizzare il concetto preso in esame sotto diversi punti di vista.

Il professore Emilio Balzano, durante la discussione, ha evidenziato la sfida che ogni docente ha dovuto perseguire nell’attuare questo progetto: *“Cercare di capire quali sono i vantaggi, dal punto di vista dei ragazzi, nell’affrontare contenuti, anche diversi fra loro, attraverso categorie molto generali”*.

Pertanto, egli ha proposto anche un esempio: *“Se io osservo le trasformazioni delle ombre alla luce del Sole, noto che tutti gli oggetti (che fungono da ostacolo) cambino e si trasformano. Ciò che il docente deve cercare di far notare agli alunni, sono gli invarianti. Se si valorizza questo punto di vista, spostando l’attenzione dalla singola figura alla trasformazione tra le figure, le proprietà non saranno più le proprietà delle figure ma bensì le proprietà delle trasformazioni. È necessario, però, capire come coinvolgere i ragazzi affinché questo punto di vista non serva solo per le trasformazioni geometriche ma anche da altri punti di vista. Quali contributi da una singola disciplina si possono dare ad altre discipline”*¹²⁵.

Durante la discussione, un’insegnante ha preso la parola ed ha proposto, come possibile percorso multidisciplinare, quello della trasformazione della parola. La sua idea poggiava essenzialmente sul giocare con le parole attraverso anagrammi o attività capaci di far loro notare come cambiando singole lettere è possibile ottenere parole diverse o come spostando semplicemente la virgola possa cambiare l’intero senso della frase. Questa

¹²⁴ Cit PTOF, Istituto Comprensivo “Madonna Assunta” di Bagnoli

¹²⁵ Cit. professore Emilio Balzano nell’incontro descritto.

idea, essendo piaciuta a tutti i presenti, è stata accolta come un possibile percorso didattico.

Pertanto, si è rilevata la necessità di avere un'idea sullo sviluppo del bambino guardando non solo a come bambini di età differenti affrontano una determinata tematica, ma analizzando e rendendosi conto anche dello sviluppo di un singolo bambino nel corso del tempo.

Durante lo svolgimento di questa attività, inoltre, gli alunni avranno la possibilità di analizzare vari fenomeni riguardanti le trasformazioni e discutere sul loro significato, al fine di riuscire a riconoscere o magari a produrre una trasformazione¹²⁶. Pertanto, si è tenuto a precisare che ogni attività svolta non sarà strutturalmente uguale per ogni classe, ma sarà organizzata tenendo conto dei bisogni educativi rilevati.

Per coinvolgere maggiormente anche le altre classi o sezioni, su consiglio del ricercatore Emilio Balzano, è stato proposto di parlare delle attività nell'interclasse. Al termine dell'incontro, i docenti, in accordo con gli esperti e il dirigente scolastico, hanno deciso di dividere le attività in tre "aree": matematica e scienze, arte e lingua. Ogni "area" avrà il compito di redigere un percorso che dovrà riguardare tutti e tre i gradi scolastici, favorendo, così, la continuità educativa degli studenti.

¹²⁶ <http://www.icmadonna-assunta.gov.it/93/piano-triennale%3Cbr%3E-offerta-formativa.html>.

CAPITOLO 3

LA GEOMETRIA E L'OTTICA GEOMETRICA

“Se date ad un bambino di pochi anni una matita e uno strumento da disegno, il bimbo non penserà mai ad utilizzare le due cose insieme; prenderà la matita solamente e tratterà delle figure così a caso. [...] se poi vi chiederà un disegno, non vi pregherà mai di tracciare un quadrato o un triangolo, ma vorrà un gatto, un cane [...]”¹²⁷. [Emma Castelnuovo].

Anche gli uomini antichi, milioni di anni fa, proprio come i bambini, disegnavano eventi della propria vita quotidiana.

Invero, l'arte pittorica non è nata grazie al disegno geometrico, bensì attraverso il disegno spontaneo, cioè tramite la riproduzione “di tutto quello che si vede e si sente: la vita di ogni giorno”¹²⁸.

In greco la parola “geometria” significa misura della Terra. I greci attribuiscono la nascita della geometria alle esigenze delle divisioni dei terreni nell'antico Egitto, tant'è che si ritiene che sia stata tale problematica ad aver spinto gli antichi Egiziani “a fare geometria”¹²⁹.

¹²⁷ Emma Castelnuovo, *La via della matematica, geometria*, << La Nuova Italia >> Editrice, Firenze 1966, p.3.

¹²⁸ Ivi, p.5.

¹²⁹ Ivi.p.73.

Nell'antica Mesopotamia e nell'antico Egitto, dunque, gli uomini non erano del tutto esenti dalle conoscenze matematiche: molti sono gli studiosi che, attraverso vari studi, hanno apportato delle “scoperte” nel mondo della matematica.

Il tipo di didattica che vigeva in quelle società era però di carattere autoritario: la matematica era, infatti, presentata agli alunni senza che questi ultimi avessero la possibilità di dimostrare e comprendere la sua fondatezza.

Successivamente, tra il VII e il IV secolo a.C. (da Talete a Eudosso), si diede inizio ad una lenta crescita del metodo dimostrativo. Sul punto si rende tuttavia necessaria una precisazione. Le scoperte fatte da Talete, durante i propri studi, non sono date dall'utilizzo di teoremi ma le sue indagini sono piuttosto nate grazie al lavoro intuitivo del filosofo. Invero, si ritiene che egli abbia calcolato l'altezza della Piramide di Cheope grazie alla sua perspicacia nel notare che, in un certo giorno e ad una certa ora, l'altezza di un palo infisso nel terreno era pari alla lunghezza della sua ombra. È proprio grazie a questa intuizione che egli, misurando la lunghezza dell'ombra, riuscì a calcolare l'altezza della piramide.

Successivamente Euclide ha apportato una grande novità in ambito scientifico¹³⁰. Il suo metodo deduttivo, infatti, si attiva a partire da cinque postulati che hanno contribuito alla nascita delle teorie scientifiche.

Tra l'altro, in quei tempi, il concetto scientifico nasceva a partire dal linguaggio comune. Ad esempio, la figura geometrica che noi oggi indichiamo con il termine “trapezio” veniva chiamata “piccola panca”, e quella che noi oggi denominiamo “retta” allora era semplicemente una “linea dritta”¹³¹.

¹³⁰ Lucio Russo, *op.cit.* Lezione 1. Reperibile (luglio 2013) al link <http://crf.uniroma2.it/wp-content/uploads/2013/02/Lezione1.pdf>

¹³¹ Ibidem.

In quest'ottica a fare da ponte tra enti teorici e la lingua comune sono stati proprio i postulati. Invero, “il concetto della teoria geometrica si definisce attraverso un processo di sfrondamento semantico determinato dall'uso che del termine è fatto nei postulati”. Tale processo avviene in tutte le scienze esatte, tra cui l'ottica, la meccanica e la geografia. La geometria, infatti, è stata per molti secoli considerata come la base di tutte le scienze. Più precisamente, la geometria euclidea, essendo una teoria del disegno, ha posto le basi a tutte le scienze in quanto tutte “teorie disegnate”.

A tal proposito nell'opera “*Gli Elementi*”, Euclide ha esplicitato gli elementi basilari di tutte le discipline scientifiche.

Essa è suddivisa in tredici libri che si sviluppano attraverso la deduzione di cinque postulati¹³², vale a dire delle proposizioni che permettono la costruzione di nuove figure geometriche e di dimostrare altri teoremi. Tali postulati non sono strutturalmente tutti uguali e, pertanto, possono essere suddivisi in “teoremi” e “problemi” in relazione al loro schema di base.

I teoremi, ad esempio, sono caratterizzati da: un enunciato, una dimostrazione ed una formula finale, che termina con “*il che si doveva dimostrare*”¹³³.

I problemi, invece, terminano con la frase “*il che si doveva fare*” e richiedono di costruire una figura utilizzando proprietà ben precise. Inoltre, il loro enunciato è seguito dalla dimostrazione volta a verificare che la figura ottenuta rispetti le proprietà richieste.

È proprio da Euclide che la matematica moderna ha ripreso il rigore deduttivo.

¹³² I postulati enunciati da Euclide in “*Gli Elementi*” sono cinque:

1. È possibile condurre una linea retta da un qualsiasi punto ad ogni altro punto
2. È possibile prolungare illimitatamente una retta finita in linea retta
3. È possibile descrivere un cerchio con qualsiasi centro e distanza qualsiasi
4. Tutti gli angoli retti sono uguali tra loro
5. Se, in un punto, una retta. Intersecando altre due rette, forma con esse, da una medesima parte, angoli interni la cui somma è minore di due angoli retti, allora queste rette, se indefinitamente prolungate, finiscono con l'incontrarsi dalla parte detta.

¹³³ Lucio Russo, *Euclide*, vol44 di Grandangolo Filosofia, Grandangolo Scienza, Corriere della sera,2014

Tuttavia, pur rifacendosi alla geometria euclidea, la didattica moderna ha espunto i problemi delineati dall'autore o quantomeno li ha privati delle loro dimostrazioni. In tal senso, l'attuale abbandono della geometria nell'insegnamento scientifico ha comportato una progressiva separazione tra la matematica e il mondo reale. Se, infatti, in epoca ellenistica non vi era una separazione tra la matematica e la fisica, oggi queste ultime vengono spesso considerate come discipline a sé stanti.

Per fare un esempio, l'ottica (da cui peraltro prende il nome un'opera di Euclide) viene oggi erroneamente intesa come una teoria della luce piuttosto che una teoria della visione, privandola così di motivazioni e applicazioni a discapito del fatto che sia radicata nella geometria euclidea¹³⁴.

Dunque, come “*Gli Elementi*” rappresentano un modello matematico del disegno “con la riga e compasso”, così “*L'ottica*” va intesa come un modello matematico della percezione visiva.

Gli enti fondamentali utilizzati da Euclide in “*L'ottica*” sono i “*raggi visuali*”, cioè delle semirette uscenti dalla pupilla che rappresentano le possibili direzioni dello sguardo. Tali raggi si estendono in linea retta dagli occhi verso le cose osservate: in questo modo vanno a formare un cono con vertice nell'occhio e base negli oggetti. Inoltre, Euclide ha aggiunto: “*ciò che è visto sotto un angolo maggiore appaia maggiore, quello sotto <un angolo> minore appaia minore, e uguale ciò che è visto sotto angoli uguali*”¹³⁵. Dunque, l'ampiezza dell'angolo al vertice determina la grandezza dell'oggetto preso in esame. Maggiori sono i recettori che si attivano, maggiore è l'informazione che arriva al cervello.

¹³⁴Lucio Russo, *op.cit.*, Lezione 2. Reperibile (luglio 2013) al link <http://crf.uniroma2.it/wp-content/uploads/2013/02/Lezione2.pdf>

¹³⁵ Euclide, *Tutte le opere*, cit., p.2025.

Euclide, con i suoi postulati, ha pertanto superato il pensiero di Platone, il quale affermava che si può fare scienza solo su ciò che è misurabile, andando a definire grandezze apparenti come gli angoli e mettendo così in stretta relazione la geometria e la fisica¹³⁶.

Infatti, l'antica matematica comprendeva: oltre all'aritmetica e alla geometria, discipline come l'astronomia, l'ottica, la teoria musicale o, più in generale, la fisica. A causa della moderna separazione che si è avuta tra la matematica e la fisica, si rischia di “sottrarre alla matematica il rapporto con la realtà e dall'altra a eliminare le dimostrazioni dalle modellizzazioni dei fenomeni”¹³⁷.

Dunque, se in passato si lavorava con vigore su casi particolari dando importanza alle dimostrazioni, oggi i moderni abbandonano il rigore per favorire la generalità. Più precisamente, rispetto al mondo antico, i moderni non attribuiscono alla geometria la giusta importanza spostando “il baricentro della matematica” ai metodi numerici.

In tal senso risulta necessario recuperare il metodo deduttivo utilizzato da Euclide, insegnando in modo integrato la matematica, la geometria e la fisica non considerandole più come discipline “separate”, ma piuttosto come strettamente connesse e capaci di far scoprire e conoscere realmente il mondo circostante¹³⁸.

Purtroppo, nella società odierna, quando parliamo di didattica della matematica o di didattica della fisica, sono molti coloro che pensano a delle materie statiche e poco affascinanti perché ricche di contenuti nozionistici e di teorie di difficile comprensione.

In tal senso, Emma Castelnuovo, all'interno di “La via della matematica, geometria” ha cercato di superare questi preconcetti, scrivendo un libro che possa essere di aiuto ai docenti per l'insegnamento della geometria, ma soprattutto che riesca a catturare la

¹³⁶ Lucio Russo, *op.cit.*, Lezione 2. Reperibile (luglio 2013) al link <http://crf.uniroma2.it/wp-content/uploads/2013/02/Lezione2.pdf>

¹³⁷ Ibidem.

¹³⁸ Ibidem

curiosità dei ragazzi attraverso una metodologia che si basa sull'osservazione del mondo circostante ed una costante ripresa di spunti storici¹³⁹.

La Castelnuovo era fortemente convinta che con i ragazzi bisognava privilegiare un approccio sperimentale in modo da aiutarli, attraverso il disegno e l'esperienza diretta, nella scoperta di proprietà fondamentali e di figure geometriche, rendendo allo stesso tempo il loro apprendimento più interessante. La stessa autrice, grazie ad un costante collegamento tra la storia passata e la realtà presente, ha voluto tra l'altro accendere l'innata curiosità insita nell'uomo fin dalla prima infanzia.

Il docente, dunque, non deve preoccuparsi di offrire all'alunno *“una trattazione sistematica di qualche argomento di matematica, perché si tratterebbe solo di una comprensione superficiale che egli non riesce a farla propria e che finisce quindi per divenire addirittura dannosa allo sviluppo delle sue capacità costruttive”*¹⁴⁰.

All'opposto, egli deve guidare gli alunni nel riscoprire “l'essenza della matematica” creando collegamenti tra argomenti che apparentemente potrebbero sembrare distanti tra loro, ma che in realtà hanno una grande potenza unificatrice, ed esercitando così un grande fascino sull'intelligenza infantile¹⁴¹.

3.1 Le trasformazioni geometriche e lo studio di Emma Castelnuovo

“Sono seduto al sole, in campagna, in un tardo pomeriggio. Mi guardo intorno e penso[...] un lungo viale è costeggiato da un filare di cipressi, e vedo di quassù le ombre

¹³⁹Emma Castelnuovo, *La via della matematica, geometria*, <<La Nuova Italia>> Editrice, Firenze 1966, p.XIII-XV.

¹⁴⁰ Ivi, p.XII.

¹⁴¹Emma Castelnuovo, *La via della matematica, geometria*, <<La Nuova Italia>> Editrice, Firenze 1966, p.VII-XV.

degli alberi allinearsi sul viale: formano delle strisce tutte parallele, così come paralleli sono gli alberi. [...] Rientro a casa. [...] Mi siedo, tiro fuori la penna e la matita e accendo il lume del tavolo. Le dispongo in posizione verticale: le ombre sul tavolo non sono parallele”¹⁴²

Così Emma Castelnuovo in “La via della matematica, la geometria” introduce l’argomento sulle trasformazioni geometriche, non offrendo una definizione da dover imparare ma degli spunti sulla realtà in cui i ragazzi vivono su cui dover riflettere¹⁴³.

La studiosa presenta agli alunni lo spazio affine facendoli riflettere su quello illuminato dal sole; quello proiettivo, attraverso la riflessione sullo spazio illuminato da una sorgente puntiforme; ed infine presenta loro le trasformazioni in movimento¹⁴⁴.

Prima di argomentare quanto l’autrice scrive faccio una premessa.

“Una trasformazione geometrica T tra i punti di un piano è una corrispondenza biunivoca che ad ogni punto P del piano associa un punto P' appartenente al piano stesso e viceversa”¹⁴⁵.

Dove:

$P'=T(P)$ è detto trasformato o immagine di P .

P è detto anti trasformato o controimmagine di P' .

Parliamo, invece, di identità (o trasformazione identica) quando nella trasformazione ad ogni punto P viene associato il punto stesso $T(P) = P$ ¹⁴⁶

$$\begin{cases} x' = f(x, y) \\ y' = g(x, y) \end{cases}$$

Figura 1 Espressione analitica della trasformazione.

¹⁴² Ivi, p.159.

¹⁴³ Ibidem.

¹⁴⁴ Ibidem

¹⁴⁵ <http://www.math.it/tutorial/trasformazioniGeometriche/trasformazioniGeometriche.pdf>.

¹⁴⁶ <http://www.math.it/tutorial/trasformazioniGeometriche/trasformazioniGeometriche.pdf>.

Le equazioni sopra riportate (figura1)¹⁴⁷ raffigurano l'espressione analitica della trasformazione e ci permettono di ottenere, attraverso le coordinate del punto P, quelle del trasformato P'¹⁴⁸. Solo se le funzioni f e g sono ovunque definite e invertibili, la legge della trasformazione può essere considerata ben definita.

3.1.1 Lo spazio affine

Aiutare gli alunni nella comprensione di che cos'è lo spazio affine potrebbe indurre a molte criticità ma se si seguono i consigli di Emma Castelnuovo il tutto potrebbe sembrare più semplice e affascinante.

“Costruiamo un telaio <quadrettato> [...], esponiamo il telaio al Sole ed osserviamo l'ombra che si forma sulla superficie su cui è appoggiato. Cambia a seconda dell'ora in cui viene fatta l'esperienza”¹⁴⁹.

A seconda dell'ora in cui viene fatta l'esperienza, la forma e la grandezza del telaio varia, ma qualcosa si mantiene sempre uguale, è invariante rispetto a questa trasformazione: il parallelismo.

Una trasformazione che conserva il parallelismo, si chiama *affinità*¹⁵⁰.

In un'affinità, inoltre, *una retta si trasforma in una retta*, ottenendo così una *trasformazione lineare*. Mentre i lati restano paralleli, gli angoli non sono conservati.

¹⁴⁷ Immagine tratta da:

<http://www.math.it/tutorial/trasformazioniGeometriche/trasformazioniGeometriche.pdf>.

¹⁴⁸ Ibidem.

¹⁴⁹ Emma Castelnuovo, *La via della matematica, geometria*, <<La Nuova Italia>> Editrice, Firenze 1966, cit. p. 161.

¹⁵⁰ Ivi, p.163.

Osservando attentamente i lati del telaio (supponiamo che il telaio sia diviso in sei parti uguali per ogni lato), possiamo notare che

- *in un'affinità i rapporti tra i segmenti situati su una stessa retta (o su rette parallele) e i loro corrispondenti sono uguali.*
- *al punto medio di un segmento corrisponde il punto medio di un segmento trasformato.*
- *in un'affinità il rapporto tra le aree di figure corrispondenti è costante (il numero di quadrati presenti nel telaio resta inalterato anche nella figura-ombra)¹⁵¹.*

Inoltre, se poniamo il telaio perpendicolarmente al suolo, possiamo notare che la sua ombra varia nella forma: al quadrato corrisponde sempre un elemento appartenente nell'insieme dei parallelogrammi (un quadrato, un rettangolo, un rombo).

Ma non solo, i lati perpendicolari al pavimento sono uguali alla figura reale. Vengono così chiamati *figure unite*.

La figura unita è una figura che nella trasformazione corrisponde a sé stessa¹⁵².

Inoltre, se durante la trasformazione il punto P coincide con il suo trasformato P' esso prende il nome di *punto unito* rispetto alla trasformazione T¹⁵³.

A questo punto potremmo porci una domanda: ma se il quadrato si trasforma sempre in un parallelogramma, le altre figure geometriche in cosa si trasformano?

¹⁵¹ Emma Castelnuovo, *La via della matematica, geometria*, << La Nuova Italia >> Editrice, Firenze 1966, p.163.

¹⁵² Tratto da:

<http://www.math.it/tutorial/trasformazioniGeometriche/trasformazioniGeometriche.pdf>.

¹⁵³ Ibidem.

Se, ad esempio, prendiamo dei triangoli e li poniamo al Sole, possiamo notare che questi ultimi verranno trasformati in triangoli; un disco (o cerchio) si trasformerà in un ellisse; un rettangolo sempre in un parallelogramma¹⁵⁴.

Sempre al Sole, se poniamo il telaio perpendicolarmente rispetto alla direzione dei raggi solari osserviamo che l'ombra dei piccoli rettangoli corrisponde, nell'ombra, a dei rettangoli uguali. Abbiamo così la possibilità di fare osservare che l'insieme delle affinità ha come sottoinsiemi: similitudini, isometrie, etc.

Volendo analizzare, invece, lo spazio affine da un punto di vista analitico, delineando in tal modo un'equazione di affinità, è necessario fare alcune considerazioni.

Come ben sappiamo, nella costruzione dei grafici si è liberi di poter scegliere l'unità di misura a cui fare riferimento. Naturalmente, però, al variare dell'unità di misura varia anche l'aspetto del grafico, nonostante il fenomeno rappresentato resti invariato¹⁵⁵. Ciò è possibile notarlo segnandolo su un sistema di assi con la stessa unità di misura.

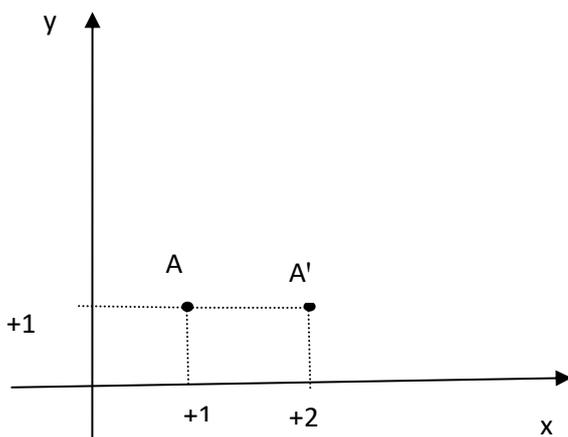


Figura 2 Il grafico dimostra come al variare dell'unità di misura varia il grafico.

¹⁵⁴ Emma Castelnuovo, *La via della matematica, geometria*, << La Nuova Italia>> Editrice, Firenze 1966, p.163.

¹⁵⁵ Emma Castelnuovo, *La via della matematica, geometria*, << La Nuova Italia>> Editrice, Firenze 1966, p.218.

Immaginiamo questo sistema di assi su una tela elastica e che sia possibile realizzare uno stiramento della tela in direzione dell'asse delle x. Supponiamo che lo stiramento sia tale da raddoppiare tutte le ascisse lasciando inalterate le ordinate.

Il punto A (+1; +1) si porterà nel punto A' (+2; +1): A' è il corrispondente di A.

I punti dell'asse delle y, restando inalterati, possono essere chiamati *punti uniti*, e la retta che li contiene, in questo caso l'asse delle y, viene detto *asse di affinità*¹⁵⁶.

Tutti gli altri punti vengono spostati: l'ordinata resta uguale, l'ascissa raddoppia, per cui possiamo dire che se le coordinate di un punto erano x e y, le coordinate del punto corrispondente saranno x' e y' tali che

$$\begin{cases} x' = 2x \\ y' = y \end{cases}$$

Figura 3: equazioni di affinità che operano in direzione dell'asse delle x e che raddoppia le ascisse

Queste sono le equazioni dell'affinità che opera in direzione dell'asse delle x e che raddoppia le ascisse.

Se, invece, le ascisse venissero moltiplicate per un numero "m", rimanendo uguali le ordinate, le equazioni di affinità risulteranno:

$$\begin{cases} x' = mx \\ y' = y \end{cases}$$

Figura 4: equazione di affinità di una trasformazione lungo le ascisse

Se poi si immagina lo stiramento anche sull'asse delle y, otteniamo:

¹⁵⁶Ibidem, p. 224.

$$\begin{cases} x' = mx \\ y' = ny \end{cases}$$

Figura 5 equazione di affinità di una trasformazione avvenuta sia lungo le ascisse che le ordinate

dove m e n si chiamano *coefficienti di affinità*¹⁵⁷.

3.1.2 Lo spazio proiettivo

L'esperienza fatta per analizzare lo spazio affine è possibile utilizzarla anche per lo spazio proiettivo ponendo il telaio, non più alla luce del Sole, ma avanti ad una sorgente puntiforme.

*“Esponiamo ora il quadrettato alla luce di una lampada. [...] Osserviamo l'ombra del quadrettato su un piano qualunque, per esempio sopra un tavolo. Varia nella forma dell'ombra dei piccoli quadrati a seconda della posizione del telaio rispetto al tavolo. Al quadrilatero corrisponde sempre un quadrilatero”*¹⁵⁸.

Da questa breve introduzione dell'autrice possiamo capire che l'ombra di un oggetto varia le sue caratteristiche in base alla sorgente di luce che viene utilizzata.

L'immagine di un oggetto posto avanti ad una sorgente puntiforme, infatti, non mantiene inalterato il parallelismo.

Se, infatti, poniamo il telaio perpendicolarmente ad un tavolo lungo un lato, possiamo notare che i quadrilateri-ombra sono dei trapezi: i lati paralleli al tavolo restano tali anche

¹⁵⁷ Ivi, p.226.

¹⁵⁸ Emma Castelnuovo, *La via della matematica, geometria*, << La Nuova Italia>> Editrice, Firenze 1966, cit. p.168.

nella trasformazione; quelli perpendicolari allo stesso, invece, possono trasformarsi in obliqui.

Una trasformazione di questo tipo si chiama *proiettività*.

Quando parliamo di *proiettività*, però, non possiamo non fare delle considerazioni:

Volendo trasformare una figura A in una figura B mediante una trasformazione proiettiva, ed allo stesso modo trasformiamo una figura B in una figura C, possiamo trovare una proiettività che ci permetta di passare dalla figura A direttamente alla figura C¹⁵⁹.

Da ciò deduciamo che: *il prodotto di due proiettività è una proiettività e dunque, che l'insieme delle proiettività è un insieme chiuso*¹⁶⁰.

A questo punto è opportuno delineare la proiettività anche da un punto di vista analitico.

A tal fine vale la pena ricordare l'esempio di E. Castelnuovo utilizzato per introdurre l'argomento in "La via della matematica, geometria".

*"Stirando una tela elastica in tutte le direzioni e <ugualmente> una figura disegnata sulla tela dovrebbe subire un <ingrandimento uguale> in tutte le direzioni: dovremmo perciò vedere, sulla tela, la nostra figura trasformarsi in una <figura simile> alla data."*¹⁶¹

Per far comprendere al meglio agli alunni che cos'è una similitudine, si può disegnare su di un palloncino sgonfio una figura qualsiasi facendo notare loro che, gonfiando il palloncino, la figura si ingrandisce ma la forma resta inalterata. La similitudine, dunque, *può considerarsi una particolare affinità (vedi Figura 6)*¹⁶².

Per trovare le equazioni della similitudine prendiamo in considerazione il seguente sistema:

¹⁵⁹ Ivi, p. 170.

¹⁶⁰ Ibidem.

¹⁶¹ Emma Castelnuovo, *La via della matematica, geometria*, << La Nuova Italia >> Editrice, Firenze 1966, cit. p.231.

¹⁶² Ibidem.

$$\begin{cases} x' = mx \\ y' = my \end{cases}$$

dove m rappresenta il *rapporto di similitudine*¹⁶³.

Se $m > 1$ la figura nella trasformazione si *ingrandisce*; se, invece, $m < 1$ nella trasformazione la figura si *rimpicciolisce*; se, invece, $m = 1$ la figura resta *identica*.

Dunque, $x' = x$ e $y' = y$ sono definibili equazioni di *identità*.¹⁶⁴

3.1.3 Lo spazio dei movimenti

Se fin ora abbiamo considerato un oggetto e la propria ombra prodotta sia dalla luce del sole che da una sorgente artificiale puntiforme ora possiamo prendere in considerazione le trasformazioni di "*posizione*"¹⁶⁵.

Spostando un oggetto da un posto all'altro, esso non viene trasformato nelle dimensioni bensì varia la sua posizione nello spazio¹⁶⁶.

Questi tipi di trasformazioni sono dei movimenti che lasciano, dunque, inalterate le figure. Da ciò si può dedurre che anche le distanze tra i diversi punti della figura non vengono alterate, per cui esse vengono chiamate *isometrie* (in greco significa uguale).

¹⁶³ Ibidem.

¹⁶⁴ Emma Castelnuovo, *La via della matematica, geometria*, << La Nuova Italia >> Editrice, Firenze 1966, p.232.

¹⁶⁵ Ivi, p.172.

¹⁶⁶ Emma Castelnuovo, *La via della matematica, geometria*, << La Nuova Italia >> Editrice, Firenze 1966, p.172

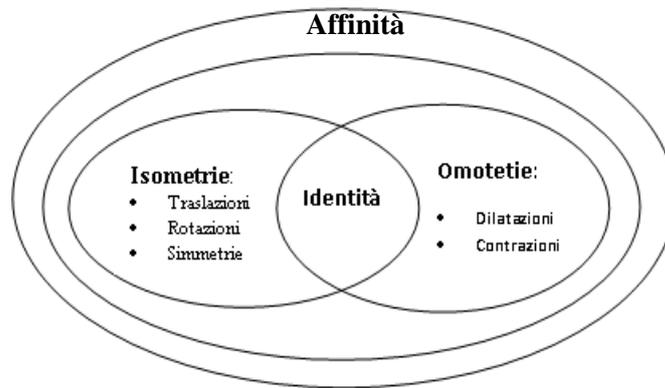


Figura 6 Insieme delle affinit  e i suoi sottoinsiemi.

Tali movimenti possono essere di tre tipi: direttamente uguali; inversamente uguali; movimenti inversi.

- I *movimenti direttamente uguali* sono movimenti realizzati nel piano in cui sono poste le figure (come la traslazione, la rotazione e la simmetria centrale).
- I *movimenti inversamente uguali* sono movimenti che avvengono fuori dal piano in cui giacciono le figure da sovrapporre (come il ribaltamento e la simmetria assiale)¹⁶⁷.

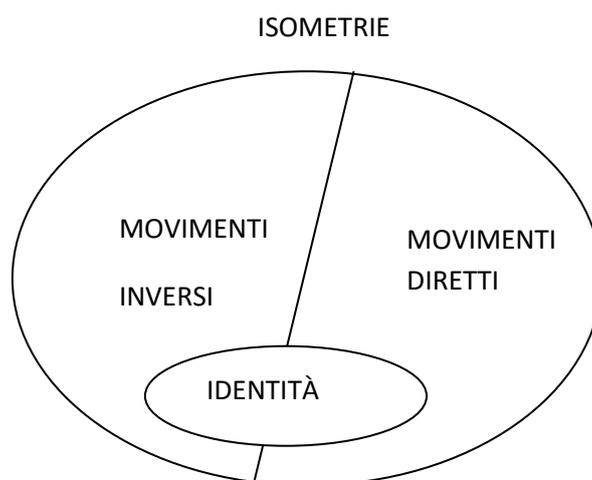


Figura 7 La partizione dell'insieme dei movimenti.

¹⁶⁷ <http://www.math.it/tutorial/trasformazioniGeometriche/trasformazioniGeometriche.pdf>

Il diagramma di Venn, su riportato (Figura7)¹⁶⁸, illustra la partizione dell'insieme dei movimenti, o isometrie. Analizzando tale grafico, dunque, possiamo dire che “*componendo due movimenti si ottiene sempre un movimento, cioè l'insieme dei movimenti è chiuso*”¹⁶⁹.

3.1.3.1 La traslazione

“*La traslazione è un movimento diretto individuato da un vettore che ne stabilisce modulo, direzione e verso di spostamento nel piano e che conserva la lunghezza dei segmenti e l'ampiezza degli angoli*”.

Due figure che si ottengono per traslazione possono essere definite *direttamente congruenti*.

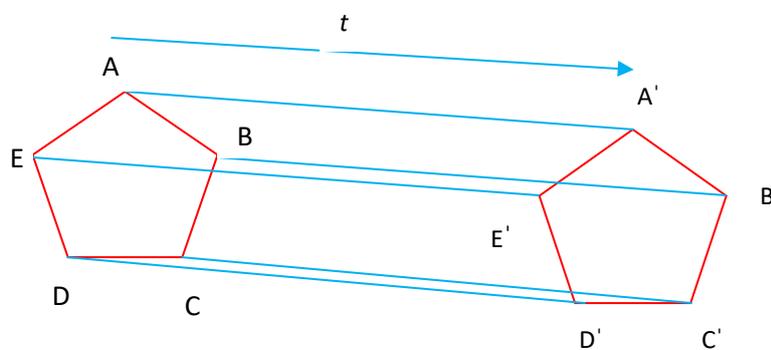


Figura 8 Traslazione di un pentagono

Considerando un poligono ABCDE (Figura8). Per poter traslare il pentagono è necessario definire di quanto esso deve essere spostato, la direzione e il senso dello spostamento.

¹⁶⁸ Immagine tratta da: Emma Castelnuovo, *La via della matematica, geometria*, << La Nuova Italia>> Editrice, Firenze 1966, p.176.

¹⁶⁹Ibidem.

Conducendo per A, B, C, D, E, dei segmenti uguali tra loro, paralleli e di ugual senso del vettore t , otteniamo i punti A', B', C', D', E'; unendoli, otteniamo un pentagono uguale ad ABCDE.

3.1.3.2 La rotazione

“La rotazione (avente centro in O) è un tipo di isometria (trasformazione geometrica) che ad un punto P del piano associa un punto P' tale che i segmenti OP ed OP' siano congruenti e che gli angoli $P\hat{O}P'$ e α abbiano la stessa ampiezza”¹⁷⁰.

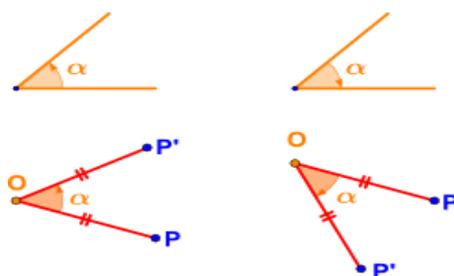


Figura 9 La rotazione di un segmento OP secondo un angolo determinato

Il punto O corrisponde al *centro di rotazione (punto unito)*.

Prima di ruotare la figura è necessario definire il centro di rotazione e l'ampiezza e il verso di rotazione per poi procedere con la rotazione dei singoli punti¹⁷¹.

Nell'immagine seguente (Figura10)¹⁷² possiamo vedere la rotazione di un triangolo attorno ad uno dei suoi vertici di un angolo e un verso prefissato.

¹⁷⁰ <http://www.youmath.it/domande-a-risposte/view/6230-rotazione.html>

¹⁷¹ Emma Castelnuovo, *La via della matematica, geometria*, << La Nuova Italia>> Editrice, Firenze 1966, pag.179

¹⁷² Immagine tratta da: <http://www.youmath.it/domande-a-risposte/view/6230-rotazione.html>.

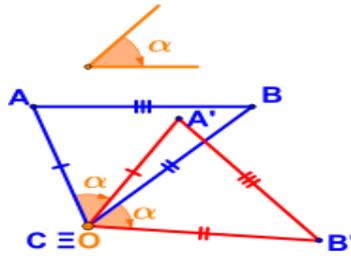


Figura 10 La rotazione di un triangolo di un angolo alfa nel centro di rotazione O

Come si può definire, invece, una rotazione nello spazio??

Se prima abbiamo fissato un punto O, intorno al quale effettuare la rotazione, in questo caso è necessario fissare una retta r (che possiamo considerare come asse di rotazione) e sempre un angolo del quale definiamo sia l'ampiezza che il verso.

La rotazione nello spazio è un'isometria che ad ogni punto P dello spazio associa un punto P' tale che:

- P' appartenga al piano ω condotto per P e perpendicolare alla retta r (asse di rotazione);
- è il punto di incontro tra il piano e asse di rotazione;
- l'ampiezza dell'angolo POP' sia uguale all'ampiezza dell'angolo α
- i segmenti OP ed OP' siano congruenti.

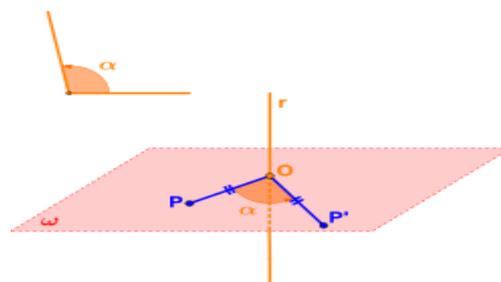


Figura 11 La rotazione nello spazio

È grazie alla rotazione nello spazio che si definiscono i solidi di rotazione.

3.1.3.3 La simmetria

“La simmetria è una particolare trasformazione geometrica che mantiene inalterata sia la forma che le caratteristiche misurabili dell’oggetto in questione”.

La simmetria, in tal senso, può essere considerata una particolare *isometria*¹⁷³.

Quando parliamo di simmetria, però, non possiamo non specificare che essa può essere di tre tipi: la simmetria assiale, la simmetria centrale e la simmetria radiale.

Quella a cui in questo caso vogliamo fare riferimento è la simmetria assiale. “La *simmetria assiale* è un tipo di trasformazione geometrica che trasforma, rispetto ad una retta r , ogni punto P non appartenente ad essa in un punto P' tale che r sia l’asse del segmento PP' e che tutti i punti della stessa siano *punti uniti*” (Figura12)¹⁷⁴.

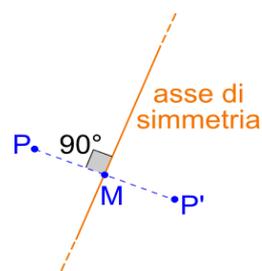


Figura 12 Simmetria assiale di un punto P nel piano.

Per comprendere al meglio in cosa consiste la simmetria assiale di una figura geometrica possiamo analizzare il comportamento di un triangolo ABC (Figura13)¹⁷⁵ nei confronti di un asse di simmetria r .

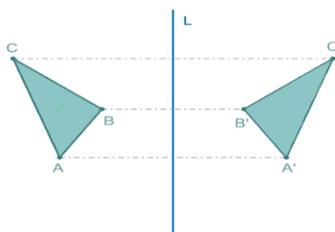


Figura 13 Simmetria assiale di un triangolo rispetto ad una retta L

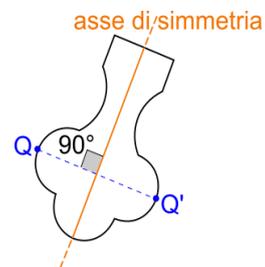
¹⁷³ <http://www.youmath.it/formulari/formulari-di-geometria-piana/2252-simmetria.html>.

¹⁷⁴ Immagine tratta da: <http://www.youmath.it/formulari/formulari-di-geometria-piana/2252-simmetria.html>

¹⁷⁵ <https://library.weschool.com/lezione/trasformazioni-del-piano-equazioni-4671.html>

Per tracciare il simmetrico del triangolo è necessario condurre per A, B, C, le rette perpendicolari a r , e di tracciare su queste, a partire da r , dei segmenti uguali alle distanze dei tre punti dall'asse di simmetria. In tal modo otteniamo un triangolo A'B'C'¹⁷⁶.

Dato che i punti appartenenti all'asse hanno come trasformati se stessi, possiamo dire che la trasformazione è una *simmetria assiale*.



Infine, possiamo dire che una figura piana è simmetrica di sé stessa rispetto ad una simmetria assiale se, ogni punto della figura ha il proprio simmetrico nella figura stessa (Figura14)¹⁷⁷.

Figura 14 Figura piana simmetrica di sé stessa rispetto ad una simmetria assiale.

Come ben specificato nelle sceneggiature del Progetto Les, per lo studio delle simmetrie, le insegnanti potrebbero proporre agli alunni attività con gli specchi, e dunque allo stesso



Figura 15 Lo specchio come asse di simmetria della lettera "H".

tempo mettere in relazione la geometria con la fisica. L'attività che si potrebbe proporre è la seguente: si potrebbe distribuire ad ogni coppia di bambini un foglio e uno specchietto. Un bambino mantiene lo specchio perpendicolarmente al foglio e l'altro deve, invece,

disegnare la metà di una lettera sulla parte del foglio vicina allo specchio.

In tal modo gli alunni vedranno attraverso lo specchio l'intera lettera per il fenomeno della riflessione.

Oltre che con le lettere, si potrebbe far giocare loro con il corpo: il docente dovrebbe portare uno specchio di grandi dimensioni e far posizionare l'alunno di lato



Figura 16 Lo specchio come asse di simmetria del corpo del bambino.

¹⁷⁶ Emma Castelnuovo, *La via della matematica, geometria*, << La Nuova Italia>> Editrice, Firenze 1966, pag.181.

¹⁷⁷ Immagine tratta da: <http://www.youmath.it/formulari/formulari-di-geometria-piana/2252-simmetria.html>

allo specchio in modo tale da avere metà corpo avanti ad esso e metà dietro di esso. I bambini noteranno che grazie allo specchio, nonostante la metà nascosta, si vede l'intero corpo del compagno.

3.2 La luce e i fenomeni luminosi¹⁷⁸

L'ottica è la parte della fisica che studia le proprietà della luce e la sua propagazione attraverso i mezzi materiali¹⁷⁹; in particolare l'Ottica Geometrica è la più antica branca dell'ottica che studia i fenomeni ottici assumendo che la luce viaggi in linea retta ed incontri ostacoli la cui dimensione sia molto maggiore della lunghezza d'onda della luce¹⁸⁰. In questo paragrafo tratterò in maniera teorica, anche attraverso alcuni riferimenti pratici, l'ottica geometrica, ponendo così la mia attenzione sulla propagazione rettilinea della luce, sulle lenti e sui fenomeni di rifrazione e di riflessione della luce.

3.2.1 La natura fisica della luce¹⁸¹

Come da tempo dimostrato, *la luce è un'onda elettromagnetica che si propaga nel vuoto ad una velocità di circa 300000 km/s.*

¹⁷⁸ IL seguente paragrafo fa riferimento ai concetti di teoria tratti dal corso di Elementi di Fisica del professore Emilio Balzano, alle sceneggiature del Progetto Les, in, <http://www.les.unina.it/>.

¹⁷⁹ www.fisica.unige.it/~tuccio/SSIS/2007_Tedone-luce.pdf.

¹⁸⁰ www.phys.uniroma1.it/fisica/sites/default/files/file_PLS/OtticaGeometrica.pdf.

¹⁸¹ Per i contenuti di questo paragrafo, oltre che a quelli già delineati nella nota 180, si fa riferimento ai seguenti testi:

- AmaldiU, L'Amaldi 2.0, cap. 17, Zanichelli editrice, Bologna 2010.

- G. Ruffo, Fisica: lezioni e problemi, cap. 14, Zanichelli, 2010.

Convenzionalmente, per facilitare lo studio e la comprensione dei fenomeni luminosi, la propagazione della luce viene rappresentata attraverso un raggio luminoso¹⁸². Pertanto, ciò può essere dimostrato attraverso il fenomeno delle ombre (Figura 18)¹⁸³. Infatti, puntando la luce di una sorgente puntiforme su di una moneta, essa formerà su uno schermo un'ombra netta. Diversa è la situazione che si ottiene puntando la luce di una sorgente estesa contro la stessa moneta: essa oltre all'ombra netta genererà una zona di penombra¹⁸⁴.

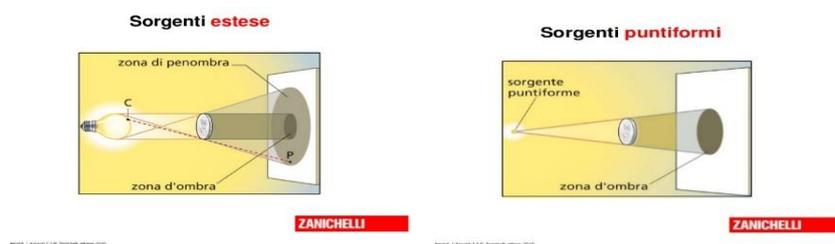


Figura 17 Un oggetto illuminato da una sorgente estesa forma la penombra; un oggetto illuminato da una sorgente puntiforme genera un'ombra netta.

Per far sperimentare ciò ai bambini è, inoltre, possibile far svolgere loro un esperimento per il quale risultano necessari un laser e del borotalco (o polvere di gesso). In una classe semibuia, puntando il laser contro una parete (facendo attenzione a non colpire gli occhi dei bambini), il docente deve dapprima richiamare l'attenzione sul puntino che si vede su di essa per poi chiedere ad un alunno di gettare il borotalco sul fascio di luce: se prima tale fascio non era percettibile, esso diviene visibile grazie alla polvere (che funge da ostacolo).

¹⁸² Amaldi, *op.cit.*, Bologna 2010.

¹⁸³ Immagine tratta da: Amaldi, *op.cit.*, cap. 14, Zanichelli, 2010.

¹⁸⁴ G. Ruffo, *op.cit.*, cap. 14, Zanichelli, 2010.

3.2.2 La riflessione¹⁸⁵

A chi non è mai capitato di porsi la domanda “ma perché noi vediamo?”.

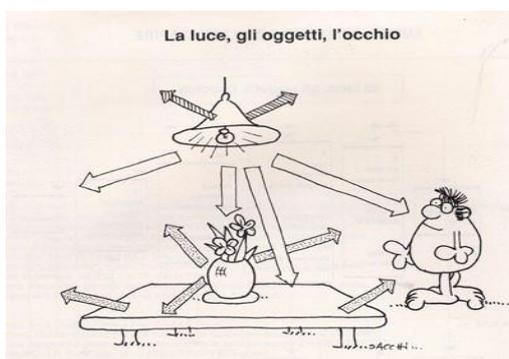


Figura 18 la luce, gli oggetti, l'occhio.

La luce emessa da una sorgente primaria, naturale o artificiale che sia, colpisce gli oggetti che incontra lungo il proprio cammino, i quali, a loro volta, la diffondono nell'ambiente colpendo altri oggetti, diventando, così, sorgenti secondarie di luce. Pertanto, gli oggetti colpiti dalla luce proveniente dalle sorgenti secondarie diffondono a loro volta la luce nell'ambiente fino a colpire un altro oggetto. Questa luce diffusa, arrivando ai nostri occhi, ci permette di vedere le sorgenti di luce e, dunque, gli oggetti che ci circondano (Figura18)¹⁸⁶. La luce, però, quando incontra un oggetto non si comporta sempre allo stesso modo. Invero, quando esso viene attraversato dalla luce, si dice che è *trasparente*, se, invece, non si lascia attraversare si dice che il corpo è *opaco*.

¹⁸⁵ IL seguente paragrafo fa riferimento ai concetti di teoria tratti dal corso di Elementi di Fisica del professore Emilio Balzano, alle sceneggiature del Progetto Les, in, <http://www.les.unina.it/>, ai testi di:
- John D. Cutnell, Kenneth W. Johnson, *Elementi di fisica*, Zanichelli 2010.

- G. Ruffo, *Fisica: lezioni e problemi*, Zanichelli 2010

- Amaldi, *L'Amaldi 2.0*, Zanichelli 2010.

¹⁸⁶ Immagine tratta da: alle sceneggiature del Progetto Les, in, <http://www.les.unina.it/>.

¹⁸⁶ www.fisica.unige.it/~tuccio/SSIS/2007_Tedone-luce.pdf

Pertanto, il corpo opaco può o diffondere o riflettere la luce. La luce viene diffusa se viene deviata in molte direzioni (Figura 19b); viene riflessa, invece, se la direzione della deviazione è unica (Figura 19a)¹⁸⁷.

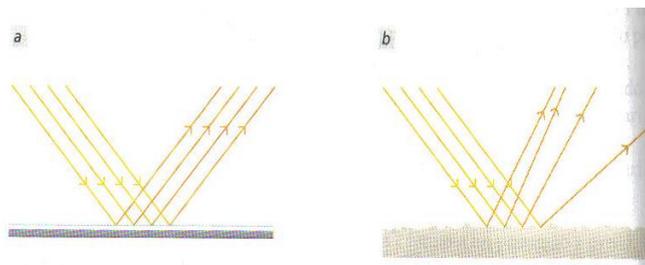


Figura 19 a) La luce che incide su uno specchio viene riflessa, cioè deviata in una sola direzione; b) La luce che incide su una superficie scabra viene diffusa, cioè deviata in più direzioni.

Invece, la luce quando incontra una superficie piana e ben levigata viene riflessa (Figura 20)¹⁸⁸.

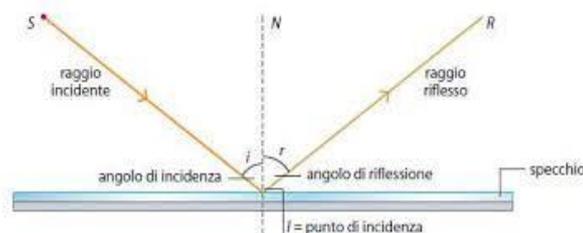


Figura 20 La riflessione su uno specchio piano.

Gli apparati sperimentali per lo studio dei fenomeni luminosi possono aiutare sia nella fase di progettazione e nella formazione degli insegnanti, sia in classe con il coinvolgimento dei ragazzi. Per fortuna alcuni di questi apparati hanno dei costi contenuti. Io ho utilizzato un sistema che offre molte opportunità didattiche: un sistema sorgente che permette di lavorare con pennelli laser paralleli, (fino a cinque) che consente di ricostruire in modo accurato la formazione delle immagini. Il sistema è stato da me

¹⁸⁷ Immagine tratta da: G. Ruffo, *op.cit*, p.1.

¹⁸⁸ Immagine tratta da: G. Ruffo, *op.cit*, p.3.

utilizzato soprattutto nella fase di progettazione delle esperienze e mi ha permesso di coprire e approfondire diversi fenomeni e di cogliere il legame tra geometria e propagazione rettilinea della luce. Gli apparati sperimentali per lo studio dei fenomeni luminosi possono aiutare sia nella fase di progettazione e nella formazione degli insegnanti, sia in classe con il coinvolgimento dei ragazzi. Per fortuna alcuni di questi apparati hanno dei costi contenuti. Io ho utilizzato un sistema che offre molte opportunità didattiche: un sistema sorgente che permette di lavorare con pennelli laser paralleli, (fino a cinque) che consente di ricostruire in modo accurato la formazione delle immagini. Il sistema è stato da me utilizzato soprattutto nella fase di progettazione delle esperienze e mi ha permesso di scoprire e approfondire diversi fenomeni e di cogliere il legame tra geometria e propagazione rettilinea della luce¹⁸⁹.

Prendendo, infatti, uno specchietto e posizionandolo su di un foglio bianco, si può notare che, puntando il laser contro di esso, il fascio di luce subisce una deviazione tale che il raggio incidente, il raggio riflesso e la normale appartengono allo stesso piano, ed inoltre che l'angolo di incidenza e quello di riflessione sono sempre uguali, indipendentemente dall'inclinazione del pennello luminoso del laser. Pertanto, quest'ultima legge, potrebbe essere verificata attraverso l'utilizzo di un goniometro. Più precisamente, dopo aver puntato il laser contro lo specchio, si può disegnare il fascio di luce e la normale nel punto di incidenza. Una volta rappresentato quanto appena detto si può procedere con la misurazione degli angoli con il goniometro: indipendentemente dall'angolazione che si dà al laser i due angoli sono sempre uguali (sarebbe opportuno fare questa attività utilizzando diverse angolazioni)¹⁹⁰.

¹⁸⁹ Il sistema utilizzato nelle esperienze che seguono è prodotto dalla KVANTI <http://www.forschool.eu/572-ray-optics-using-laser-ray-box>.

¹⁹⁰ Amaldi, *op.cit.*, p.425

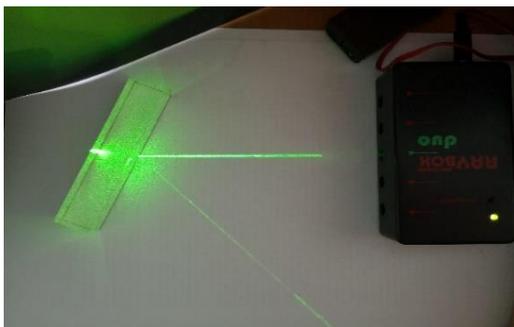


Figura 21 puntando un laser verde contro uno specchio piano, il raggio incidente colpisce nel punto di incidenza lo specchio, viene deviato formando un raggio riflesso.

3.2.3 La rifrazione e la Legge di Snell¹⁹¹

Prendendo un bicchiere pieno d'acqua e ponendo dentro di esso un pastello esso appare spezzato. Ciò accade perché i raggi di luce riflessi dal pastello, passando dall'acqua all'aria, non escono in linea retta, ma si rifrangono, e dunque risultano deviati (Figura 22)¹⁹².



Figura 22 Per effetto della rifrazione, ponendo un righello in un bicchiere d'acqua, esso appare spezzato.

¹⁹¹ Il seguente paragrafo fa riferimento ai concetti di teoria tratti dal corso di Elementi di Fisica del professore Emilio Balzano, alle sceneggiature del Progetto Les, in, <http://www.les.unina.it/>, ai testi di:
 - John D. Cutnell, Kenneth W. Johnson, *Elementi di fisica*, Zanichelli 2010.
 - G. Ruffo, *Fisica: lezioni e problemi*, Zanichelli 2010.
 - Amaldi, *L'Amaldi 2.0*, Zanichelli 2010.

¹⁹² Amaldi U., *Suono e luce, induzione e onde elettromagnetiche*, cit., p. 429.

Ciò accade perché la luce, colpendo una superficie di separazione tra due materiali differenti, viene in parte riflessa e in parte rifratta, deviando così la sua propagazione¹⁹³. È importante precisare che, i due mezzi entro cui passa la luce, hanno *indice di rifrazione differente*, ed è per questo che essa subisce una deviazione e la matita ci sembra spezzata. Quando parliamo di *indice di rifrazione n* di un materiale, ci riferiamo al *rapporto tra la velocità della luce nel vuoto c e la velocità della luce v nel materiale*:

$$n = \text{velocità della luce nel vuoto} / \text{velocità della luce nel materiale} = c/v \text{ }^{194}.$$

Inoltre, osservando la Figura 23, è possibile notare che quando il raggio rifratto passa da un mezzo con indice di rifrazione minore (l'aria) a uno con indice di rifrazione maggiore (l'acqua), il raggio rifratto si avvicina alla normale (figura 23A).

Quando, invece, la luce passa da un mezzo con indice di rifrazione maggiore (l'acqua) a uno con indice di rifrazione minore (l'aria), il raggio rifratto si allontana dalla normale (figura 23B)¹⁹⁵.



Figura 23 Quando il raggio di luce attraversa mezzi con indice di rifrazione differenti (es. dall'aria all'acqua), una parte della luce penetra nell'acqua e viene deviata della sua direzione originale (viene rifratta), l'altra parte viene riflessa.

¹⁹³ John D. Cutnell, Kenneth W. Johnson, *op.cit.*, p.377.

¹⁹⁴ John D. Cutnell, Kenneth W. Johnson, *op.cit.*, p.394.

¹⁹⁵ John D. Cutnell, Kenneth W. Johnson, *op.cit.*, p.394.

In generale, la legge di Snell dice che: *quando la luce passa da un mezzo con indice di rifrazione n_1 a un mezzo con indice di rifrazione n_2 il raggio incidente, il raggio rifratto e la normale alla superficie di separazione dei due mezzi nel punto di incidenza giacciono tutti nello stesso piano e l'angolo di rifrazione θ_2 è legato all'angolo di incidenza θ_1 dalla relazione: $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$* ¹⁹⁶.

A questo punto potremmo porci un domanda: “Come si comporta la luce quando incontra una superficie trasparente come il vetro?”.

Pertanto, grazie all'utilizzo di un laser, ho avuto l'opportunità di sperimentare in prima persona il fenomeno della rifrazione attraverso l'utilizzo di diverse superfici di vetro. Osservando attentamente la Figura 24, possiamo notare come il fascio di luce, quando colpisce la superficie del vetro, viene in parte riflesso esternamente alla lente e in parte rifratto al suo interno.

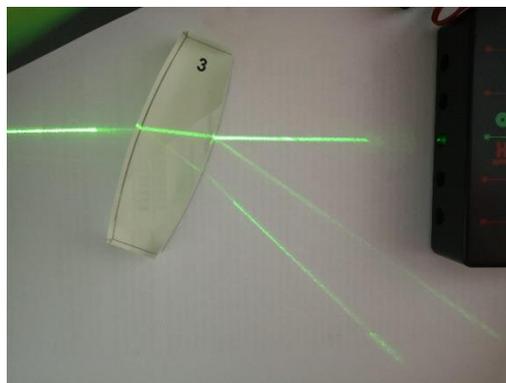


Figura 24 La rifrazione della luce attraverso una superficie di vetro.

Il raggio rifratto, a sua volta, colpendo la seconda faccia della lente, viene in parte riflesso (questa volta all'interno della lente) ed in parte rifratto al suo esterno.

¹⁹⁶ John D. Cutnell, Kenneth W. Johnson, *op.cit.* p..

Ora, considerando la Figura 25¹⁹⁷, possiamo notare che, quando il raggio di luce attraversa il vetro, il raggio emergente risulta parallelo e deviato lateralmente rispetto a quello incidente. Ciò può essere verificato attraverso l'applicazione della legge di rifrazione a ciascuna superficie, ottenendo così¹⁹⁸:

$$n_1 \operatorname{sen} \theta_1 = n_2 \operatorname{sen} \theta_2 = n_3 \operatorname{sen} \theta_3$$

Dato che l'aria circonda il vetro, si ha $n_1 = n_3$ e quindi

$\theta_1 = \theta_3$. Perciò $\theta_1 = \theta_3$, e quindi il raggio incidente e il raggio emergente sono paralleli.

Osservando la figura possiamo notare che il raggio emergente risulta spostato rispetto a quello incidente. Tale spostamento varia a seconda dell'angolo di incidenza e dello spessore del vetro¹⁹⁹.

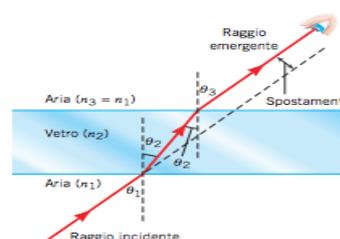


Figura 25 Quando un raggio attraversa una lastra di vetro aventi facce piane e circondate da aria, il raggio emergente è parallelo a quello incidente, ma è spostato lateralmente rispetto ad esso.

3.2.4 Gli specchi²⁰⁰

Una delle superfici di riflessione più conosciute ed utilizzate nella nostra quotidianità, è lo specchio. Pertanto, esso può essere piano, concavo e convesso.

Iniziando con l'analizzare lo specchio piano, possiamo dire che quando ci guardiamo allo specchio, vediamo la nostra immagine riflessa.

¹⁹⁷ Immagine tratta da John D. Cutnell, Kenneth W. Johnson, *op.cit*, p.397.

¹⁹⁸ John D. Cutnell, Kenneth W. Johnson, *op.cit*, p. 397.

¹⁹⁹ John D. Cutnell, Kenneth W. Johnson, *op.cit*, p.397.

²⁰⁰ Il seguente paragrafo fa riferimento ai concetti di teoria tratti dal corso di Elementi di Fisica del professore Emilio Balzano, alle sceneggiature del Progetto Les, in, <http://www.les.unina.it/>, ai testi di:

- John D. Cutnell, Kenneth W. Johnson, *Elementi di fisica*, Zanichelli 2010, p.370.

- G. Ruffo, *Fisica: lezioni e problemi*, Zanichelli 2010.

- Amaldi, *L'Amaldi 2.0*, Zanichelli 2010, p.425.

Ponendo maggiore attenzione è possibile notare che essa ha tre caratteristiche che la contraddistinguono: (Figura26)²⁰¹:

- l'immagine è dritta;
- l'immagine ha le nostre stesse dimensioni;
- l'immagine è collocata dietro lo specchio a distanza da esso uguale a quella fra noi e lo specchio.



Figura 26: L'uomo si specchia e nota che alla sua mano destra corrisponde la mano sinistra dell'immagine virtuale.

Ma perché accade ciò?

Ponendo un oggetto qualsiasi davanti allo specchio, esso

emette raggi luminosi che lo colpiscono, ma solo alcuni di essi vengono intercettati dall'occhio. La Figura27²⁰², ad esempio, ci mostra che un raggio luminoso parte dalla parte superiore della torre, colpisce lo specchio in un punto di incidenza ed una volta

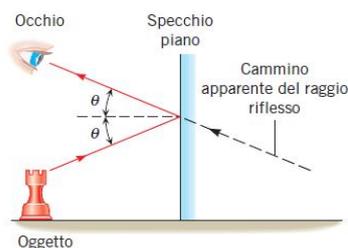


Figura 27 Un raggio incidente che proviene dall'oggetto è riflesso dallo specchio e, all'occhio di un osservatore, il raggio sembra provenire da un punto dietro la superficie dello specchio.

deviato, arriva all'occhio.

L'occhio, però, vede tale oggetto non sulla superficie dello specchio, bensì dietro di esso in un punto che, nella Figura 27²⁰³, viene posto sulla linea tratteggiata. Pertanto,

specchiandoci, possiamo notare che l'immagine appare nitida e non distorta: ciò accade perché ad “ogni punto

dell'oggetto corrisponde ad un unico punto dell'immagine”.

Inoltre, l'immagine che si viene a formare “dietro” lo specchio viene definita *immagine virtuale*, in quanto nessuno dei raggi riflessi proviene realmente dall'immagine

. Come ho già accennato in precedenza, gli specchi, oltre che ad essere piani, possono essere anche curvi, ovvero concavi e convessi.

²⁰¹ Immagine tratta da: J. D. Cutnell, K. W. Johnson, *op.cit*, p. 370

²⁰² Immagine tratta da John D. Cutnell, Kenneth W. Johnson, *op.cit*, p.370.

²⁰³ Ibidem.

Per poter descrivere la riflessione degli specchi concavi e convessi si può utilizzare la legge di Snell costruendo il piano tangente alla superficie.

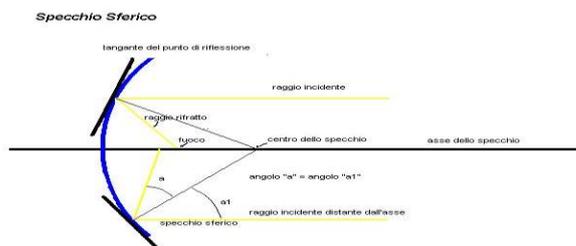


Figura 28 Per descrivere la riflessione degli specchi curvi si può utilizzare la legge di Snell costruendo il piano tangente alla superficie.

Pertanto, la legge della riflessione vale per tutti i tipi di specchi, anche quelli concavi e convessi con un solo particolare. Se puntiamo cinque laser, paralleli tra loro (penta-laser) verso uno specchio piano possiamo notare che anche i raggi riflessi, a loro volta, saranno paralleli tra loro. Questo parallelismo tra i raggi riflessi non viene mantenuto negli specchi curvi (concavi e convessi) ed è questo che determina la deformazione delle immagini (Figura 29)²⁰⁴.



Figura 29 La riflessione in uno specchio piano mantiene inalterato il parallelismo dei cinque pennelli laser; a destra con lo specchio convesso, i raggi paralleli si riflettono divergendo perdendo così il parallelismo. Esperienze di questo tipo permettono di lavorare anche con le rette e gli angoli.

²⁰⁴ Immagine tratta dalla mia esperienza personale.

Nonostante questa differenza nel parallelismo, comunque anche per gli specchi curvi l'angolo di incidenza e l'angolo di riflessione saranno congruenti. La deformazione delle immagini degli specchi concavi e convessi, può essere verificata grazie ad un esperimento con un cucchiaio.

Prendendo un cucchiaio e specchiandoci al suo interno, possiamo notare come, in base alla posizione del cucchiaio, la nostra immagine cambia.

Ponendo, infatti, il cucchiaino lontano dal nostro volto, l'immagine risulta capovolta e rimpicciolita; mettendo il cucchiaino più vicino al volto, l'immagine appare capovolta e ingrandita. Solo avvicinando la superficie riflettente al nostro naso, essa è dritta e ingrandita.



Figura 30 Specchio concavo. Nell'immagine a sinistra essendo il cucchiaio lontano dal volto, l'immagine appare rimpicciolita e capovolta; nell'immagine a destra, essendo il cucchiaio più vicino al volto l'immagine appare ingrandita e capovolta.

Prendendo, invece, lo stesso cucchiaio, e specchiandosi sulla sua superficie riflettente convessa, indipendentemente dalla posizione dello specchio, immagine appare sempre dritta.



Figura 31 In uno specchio convesso, indipendentemente dalla distanza tra l'oggetto e la superficie riflettente, l'immagine risulta rimpicciolita e dritta.

A questo punto potremmo porci la domanda: perché succede ciò?

A questo punto, partendo dall'analisi degli specchi concavi, è necessario fare alcune premesse (Figura

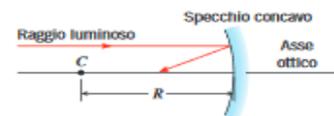


Figura 32: Lo specchio concavo

32)²⁰⁵. L'asse ottico dello specchio è la retta che passa per

il centro in un punto V chiamato *vertice dello specchio*. I raggi paralleli all'asse ottico vengono riflessi in un punto che si chiama *fuoco* dello specchio (F). La distanza tra FV si chiama *distanza focale* dello specchio²⁰⁶.

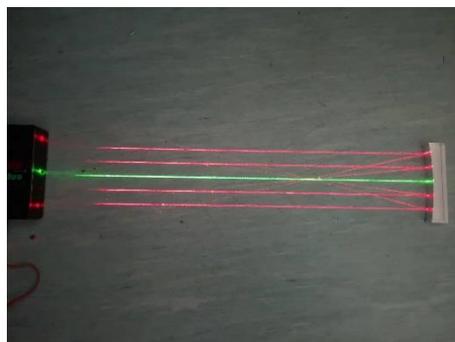


Figura 33 Specchio curvo concavo. I raggi paralleli provenienti dall'infinito convergono nel fuoco dello specchio. Esperienze di questo tipo permettono agli alunni di lavorare non solo sulla riflessione della luce, bensì anche sulle rette e sugli angoli, mettendo così in relazione fisica e geometria euclidea.

²⁰⁵ Ruffo G., *op.cit*, p. 5.

²⁰⁶ Ruffo G., *op.cit*, p. 5.

“Gli specchi vengono definiti concavi quando hanno il centro e il fuoco dalla stessa parte da cui provengono i raggi di luce”²⁰⁷.



Figura 34 Lo stesso specchio concavo della figura precedente con i raggi non paralleli all'asse ottico dello specchio. E' evidente la focalizzazione fuori dall'asse ottico.

I raggi paralleli provenienti dall'infinito convergono nel fuoco dello specchio. Se, dunque, i raggi del penta-laser erano paralleli tra loro, una volta riflessi dallo specchio essi perdono il parallelismo convergendo in un punto dell'asse ottico detto fuoco. Esperienze di questo tipo permettono agli alunni di lavorare non solo sulla riflessione della luce, bensì anche sulle rette e sugli angoli, mettendo così in relazione fisica e geometria euclidea.

A questo punto, esaminiamo il comportamento di uno specchio concavo²⁰⁸.

Quando l'oggetto è lontano dallo specchio, la sua immagine è reale (perché lì si intersecano i raggi riflessi), capovolta e più piccola dell'oggetto stesso.

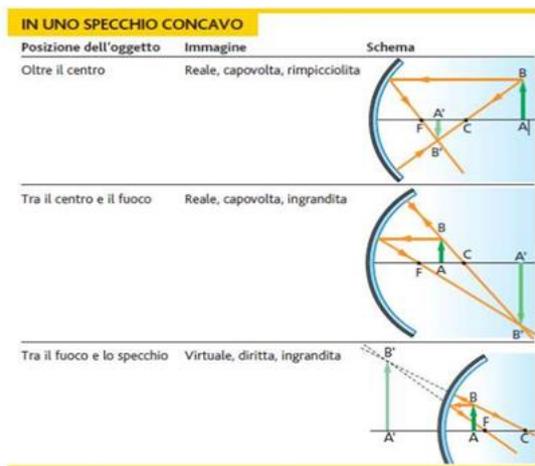


Figura 35 Formazione delle immagini negli specchi concavi.

²⁰⁷ John D. Cutnell, Kenneth W. Johnson, *op.cit.*, p.372.

²⁰⁸ Immagine tratta da Amaldi U., *Suono e luce, induzione e onde elettromagnetiche*, cit., p. 429.

Più avviciniamo l'oggetto allo specchio più l'immagine, sempre capovolta e reale, si ingrandisce allontanandosi dallo specchio. Infine, è possibile constatare che se l'oggetto oltrepassa il fuoco, l'immagine diventa virtuale (perché lì si intersecano i prolungamenti dei raggi riflessi), diritta e più grande.

Gli specchi convessi, invece, hanno il centro e il fuoco dalla parte opposta a quella da cui provengono i raggi di luce. L'immagine che si ottiene è sempre virtuale e rimpicciolita. Grazie a tale caratteristica, essi sono spesso utilizzati in prossimità di incroci, quando dunque è necessario visualizzare spazi piuttosto ampi²⁰⁹.

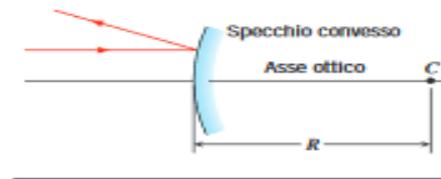


Figura 36 Lo specchio convesso.

Osservando la Figura 36 possiamo notare che i raggi paralleli del penta-laser, quando colpiscono la superficie riflettente convessa, divergono in varie direzioni, perdendo così il parallelismo.

➤ *La distanza da uno specchio e la dimensione dell'immagine*

Ogni giorno, per svariati motivi, ci specchiamo, ma non sempre riusciamo a vederci per interi. In tal senso, un'attività interessante da sperimentare è quella di scoprire quanto deve essere grande lo specchio per riuscirci a vedere per interi. Ciò che occorre è uno specchio di grandi dimensioni. La prima cosa da fare è quella di dimostrare che, ponendo la superficie riflettente in diverse posizioni rispetto al suolo, non sempre riusciamo a vederci per interi.

²⁰⁹Amaldi U., op.cit., p. 429.

Successivamente, il docente si può spiegare il fenomeno analizzato attraverso l'utilizzo di un'immagine (Figura 37).

La prima cosa da notare è che lo specchio ABCD ha la stessa altezza della donna.

Con la freccia rossa posta in basso viene indicata la luce che dal punto del piede colpisce lo specchio nel punto B, si riflette e giunge agli occhi della donna nel punto E. Pertanto, riprendendo la seconda legge della riflessione, possiamo dire che i due angoli θ sono congruenti, per cui, la parte sottostante al punto B dello specchio è inutile ai fini della visione.

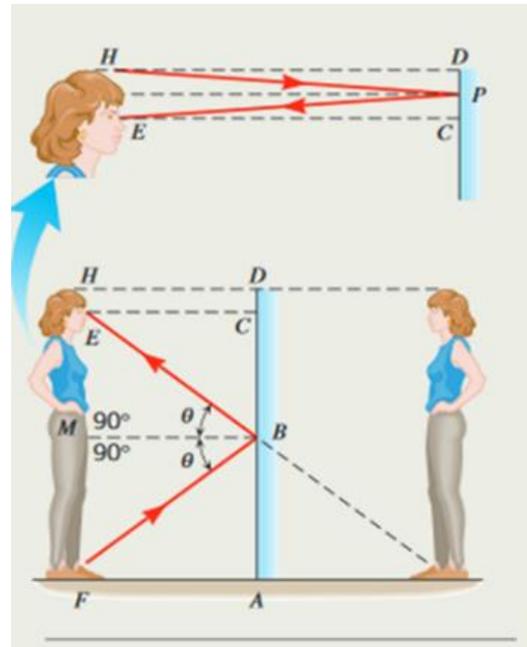


Figura 37 Schema per comprendere l'altezza minima di uno specchio che permette di vedere un'immagine a tutta altezza di una persona.

A questo punto, facendo riferimento all'ingrandimento presente nell'immagine, si

può dire che anche qui vige lo stesso ragionamento fatto in precedenza, per cui la parte PD può essere eliminata senza che la parte riflessa subisca modifiche.

In conclusione, dato che la parte BC dello specchio è uguale alla metà dell'altezza FE della donna, per poter vedere l'immagine completa, è necessario uno specchio alto la metà dell'altezza della persona, più la parte compresa tra F e E della figura.

Pertanto, indipendentemente dalla distanza della persona dallo specchio e ponendo quest'ultimo leggermente più in su dei nostri occhi, è possibile vedere la propria immagine completa allo specchio.

3.2.5 Le lenti²¹⁰

"Le lenti sono corpi omogenei trasparenti costituiti da due superfici curve oppure una superficie curva e una piana; di solito si utilizzano sistemi di lenti con superfici sferiche, attraverso cui la luce viene rifratta"²¹¹.

A seconda della curvatura delle superfici le lenti si possono dividere in convergenti e divergenti. Le lenti convergenti sono più spesse al centro che ai bordi, mentre quelle divergenti, al contrario, sono più sottili al centro.

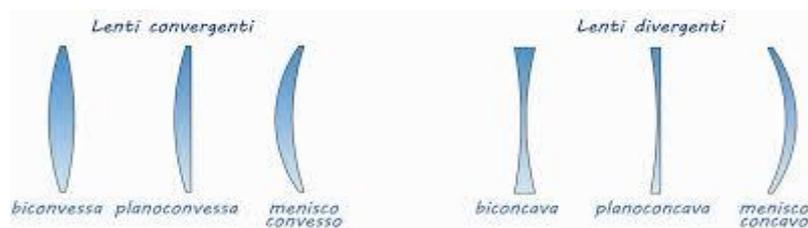


Figura 38 A seconda della forma della lente, essa può essere convergente o divergente

Ciò che possiamo notare anche dalle immagini sovrastanti è che le lenti per essere definite tali devono avere una superficie curva. Anche una goccia d'acqua o una goccia di silicone possono fungere da lenti. Fatta questa premessa, è necessario affermare che quando la luce passa da un mezzo ad un altro e la superficie di separazione non è piana, occorre considerare il piano tangente alla superficie stessa nel punto di incidenza, disegnare la normale e applicare la Legge di Snell.

²¹⁰ Il seguente paragrafo fa riferimento ai concetti di teoria tratti dal corso di Elementi di Fisica del professore Emilio Balzano, alle sceneggiature del Progetto Les, in, <http://www.les.unina.it/>, ai testi di:
- John D. Cutnell, Kenneth W. Johnson, *Elementi di fisica*, Zanichelli 2010, p.370.

- G. Ruffo, *Fisica: lezioni e problemi*, Zanichelli 2010.

- Amaldi, *L'Amaldi 2.0*, Zanichelli 2010, p.425.

²¹¹ <http://docplayer.it/20207382-Le-lenti-gli-elementi-caratteristici-di-una-lente.html>.

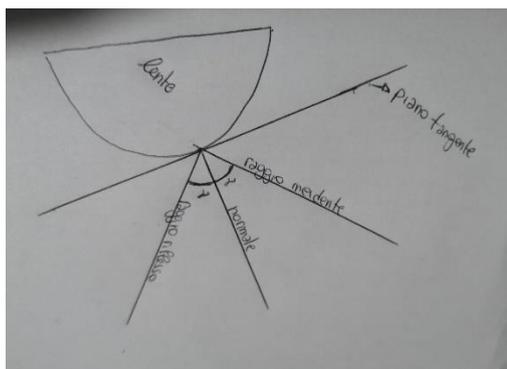


Figura 39 Quando la luce passa da un mezzo a un altro e la superficie di separazione non è piana, occorre considerare il piano tangente alla superficie nel punto di incidenza, disegnare la normale e applicare la legge di Snell.

Sperimentando quanto detto, grazie all'utilizzo di una lente e di un laser verde, ho verificato che il fascio di luce del laser, colpendo la lente, in parte viene riflesso all'esterno della lente e in parte viene rifratto al suo interno.

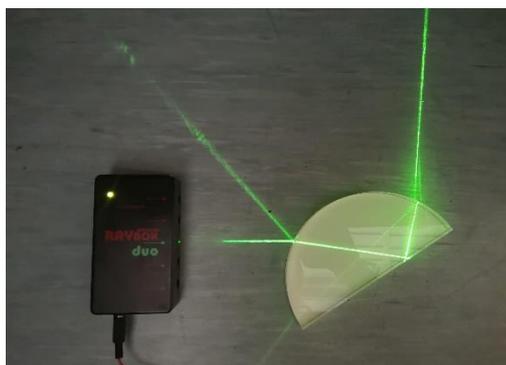


Figura 40 Rifrazione con una lente a semiluna. Il fascio di luce del laser, colpendo la lente, in parte viene riflesso all'esterno della lente e in parte viene rifratto al suo interno. Il raggio rifratto, a sua volta, si riflette due volte sulle facce interne della lente. Pertanto, ogni volta che colpisce una faccia della lente, il raggio viene anche rifratto.

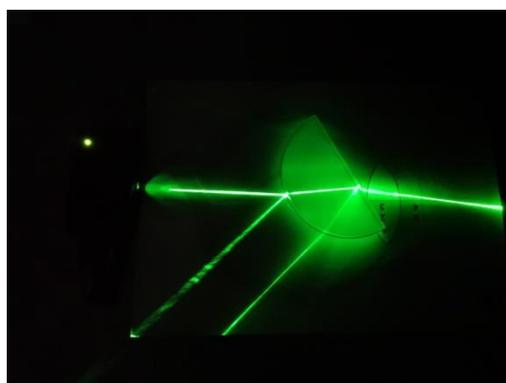


Figura 41 Al buio diventa evidente la luce diffusa all'interno della lente



Figura 42 La stessa lente della figura precedente con i cinque raggi paralleli.

Come esplicitato nella Figura 38 le lenti possono essere di due tipi: convergenti e divergenti.

Le lenti convergenti (Figura 43)²¹² fanno convergere in un punto detto fuoco un fascio di raggi paralleli all'asse ottico.

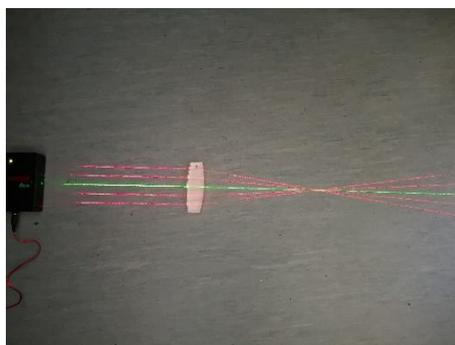


Figura 43 Lente convergente. I raggi paralleli provenienti dall'infinito convergono nel fuoco della lente. Esperienze di questo tipo aiutano a studiare, sia i fenomeni di rifrazione e di riflessione sia la geometria visualizzando rette e angoli e costruire piani tangenti per le leggi di Snell.

Per comprendere al meglio quanto appena detto osserviamo la Figura44²¹³.

²¹² Immagine tratta da Amaldi, *op.cit*, p.433.

²¹³ Immagine tratta da: Amaldi, *op.cit*, p. 434.

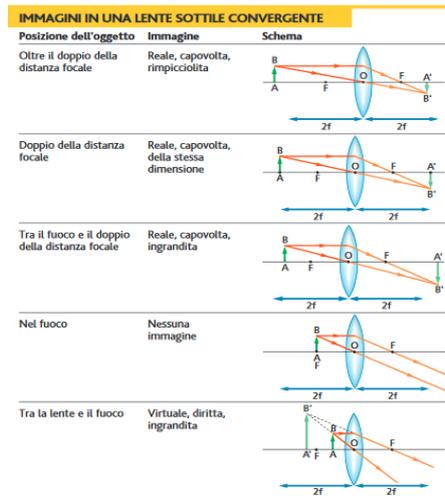


Figura 44 Schema della formazioni delle immagini della lente convergente.

L'immagine che ha origine da una lente convergente sarà virtuale o reale, in base alla distanza tra la lente e l'oggetto in esame. Per quanto riguarda le lenti divergenti (Figura 45)²¹⁴ esse fanno divergere, da un punto detto fuoco, un fascio di raggi paralleli all'asse ottico. Per comprendere al meglio il comportamento di una lente divergente è possibile fare riferimento allo spioncino della porta. Quando noi osserviamo attraverso di esso vediamo le immagini rimpicciolite. Esso, infatti, allarga il campo della visuale facendoci, così, riconoscere la persona che sta dall'altra parte della porta prima di aprirla.

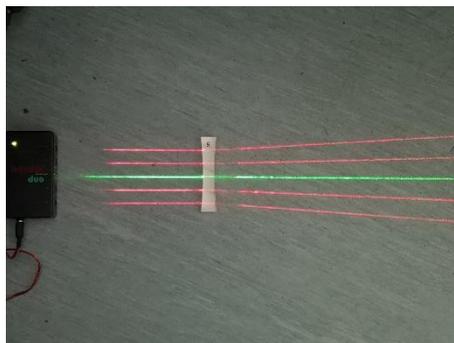


Figura 45 Lente divergente. I raggi paralleli provenienti dall'infinito emergono divergendo, perdendo quindi il parallelismo.

²¹⁴ Immagine tratta da Amaldi, op.cit, p.433.

Le lenti divergenti, dunque, formano sempre immagini virtuali dritte e rimpicciolite, indipendentemente dalla posizione dell'oggetto preso in esame.

Le lenti convergenti e divergenti vengono utilizzate, nel campo dell'ottica, per risolvere problemi quali miopia e ipermetropia. In tal senso, grazie all'utilizzo di un penta-laser e di lenti convergenti e divergenti, ho avuto l'occasione di comprendere realmente cosa significano questi due termini e al come vengono utilizzate le lenti per correggere i difetti visivi. Di seguito, spiegherò quanto sperimentato sull'Ipermetropia.

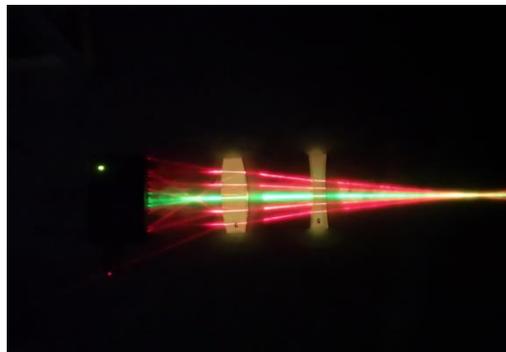


Figura 46 I cinque pennelli luminosi dei laser provengono da sinistra. I raggi attraversano una lente convergente e poi una lente divergente. La combinazione delle due lenti produce una focalizzazione del fascio alla destra della lente divergente

L'occhio umano, come rappresentato anche in Figura 47, può essere considerato come una lente convergente in quanto mette a fuoco le immagini sulla retina.

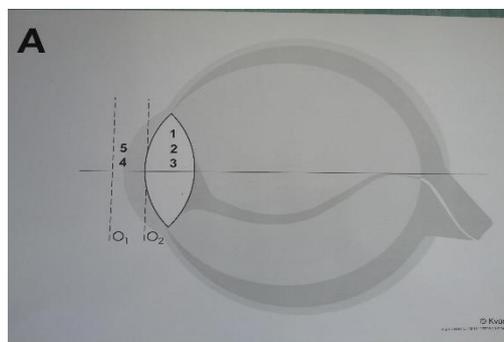


Figura 47 Rappresentazione dell'occhio.

Non sempre però l'occhio "funziona" correttamente. Esso, infatti, può convergere i raggi luminosi prima della retina (ciò viene comunemente indicato con il termine miopia) oppure oltre la retina (in questo caso si parla di ipermetropia). Più precisamente, l'ipermetropia è un difetto visivo che rende nitida la visione di oggetti lontani e sfocata la visione di oggetti vicini²¹⁵. Nella Figura 48, viene rappresentato il fenomeno di ipermetropia.

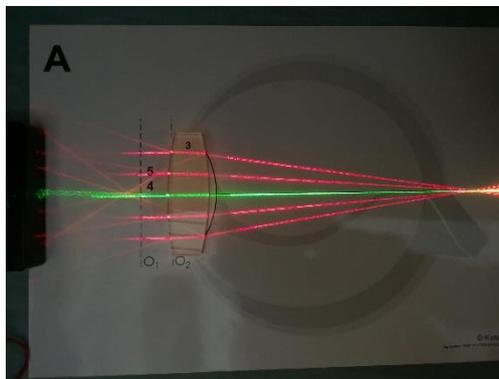


Figura 48 Fenomeno dell'Ipermetropia. I raggi paralleli del penta-laser una volta attraversato la lente, converge in un punto, detto fuoco, che si trova oltre la retina dell'occhio.

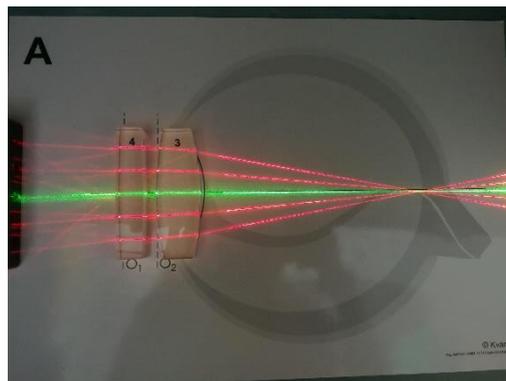


Figura 49 Correzione ipermetropia. aggiungendo una lente convergente positiva, possiamo ottenere una correzione dell'ipermetropia riportando, così, il fuoco sulla retina dell'occhio.

²¹⁵ <https://coopervision.it/cura-e-salute-degli-occhi/cose-ipermetropia>.

Nella Figura 48, infatti, possiamo notare che il fascio di luce del penta-laser, una volta attraversato la lente, converge in un punto, detto fuoco, che si trova oltre la retina dell'occhio. A questo punto, aggiungendo una lente convergente, possiamo ottenere una correzione dell'ipermetropia riportando, così, il fuoco sulla retina dell'occhio (Figura 49). A questo punto analizziamo il comportamento del penta-laser nei confronti di una lente formata da facce parallele.

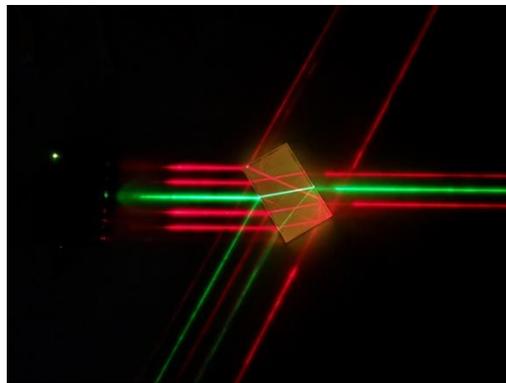


Figura 50I la sorgente è a sinistra. I raggi luminosi paralleli sono sia riflessi che rifratti. Quelli rifratti riemergono paralleli spostati verso l'alto. È istruttivo con i ragazzi ricostruire il percorso di ciascun raggio nelle diverse riflessioni e rifrazioni

Se invece volessimo analizzare il comportamento dei cinque laser rispetto ad un sistema formato da una lente con facce parallele e uno specchio piano.

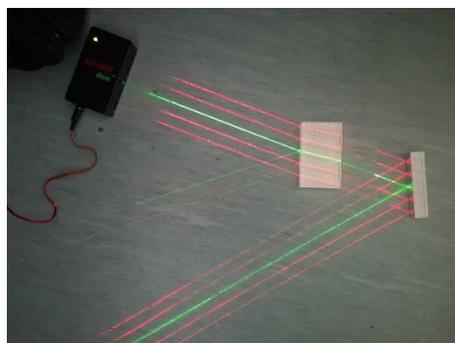


Figura 51 Sistema formato da una lente con facce parallele e uno specchio piano. I raggi paralleli riemergono parallelamente attraverso la lente (doppia rifrazione) e poi si riflettono su uno specchio piano mantenendo il parallelismo.

I raggi paralleli riemergono parallelamente attraverso la lente a focce parallele e poi si riflettono su uno specchio piano mantenendo il parallelismo. Invece, considerando un prisma possiamo notare che il laser verde, colpendo una delle facce esterne del prisma, in parte si riflette e in parte si rifrange verso l'interno. Inoltre, il raggio rifratto, non solo si riflette due volte sulle face interne del prisma bensì viene rifratto verso l'esterno.

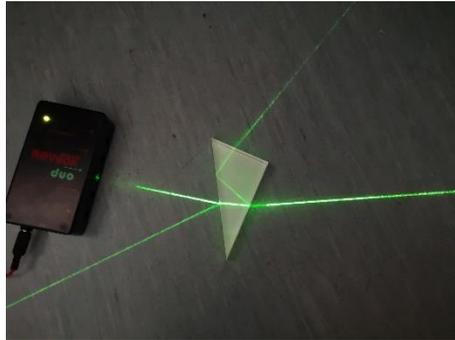


Figura 52 Prisma. Il raggio si rifrange piegandosi verso la base del prisma e riflettendosi due volte sulle facce interne del prisma. Con questa esperienza è possibile calcolare l'indice di rifrazione del materiale del prisma.

Se nel caso del prisma e delle figure precedentemente considerate il raggio viene sia riflesso che rifratto dalla lente, diverso è il comportamento che si ottiene considerando la guida di luce. In questo caso, come possiamo osservare dalla Figura 52 ciò che avviene è la cosiddetta riflessione totale: il raggio di luce penetra nella guida trasparente riflettendosi sulle facce laterali con un angolo maggiore dell'angolo limite.

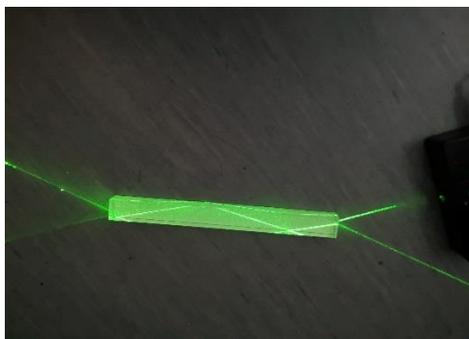


Figura 53 Guida di luce. Il raggio di luce penetra nella guida trasparente riflettendosi sulle facce laterali con un angolo maggiore dell'angolo limite. Il fenomeno è detto riflessione totale. La guida di luce viene utilizzata anche nell'endoscopia o per la trasmissione dei segnali.

CAPITOLO 4:

LA SPERIMENTAZIONE

Come ci ricorda Emma Castelnuovo all'interno della prefazione di "La via della matematica: geometria", lo scopo dell'insegnamento della geometria, come anche delle materie scientifiche in generale, è quello di coinvolgere attivamente gli alunni nel processo di insegnamento-apprendimento suscitando in loro curiosità ed interesse verso i fenomeni osservati. La matematica collega argomenti molto diversi tra loro, e grazie alla sua potenza unificatrice può esercitare sui bambini e ragazzi un fascino che va sfruttato al fine della loro formazione. *"Il bambino timido si trova a suo agio perché <sono le mani che operano>, e non gli è difficile scrivere quello che ha costruito e osservato; il bambino che vuol mettersi in evidenza intervenendo ogni momento, a proposito e a sproposito, capisce che non si può parlare prima di aver costruito ed osservato"*²¹⁶. In tal senso, la sperimentazione si pone come obiettivo quello di aiutare i ragazzi nell'acquisizione di una maggiore consapevolezza del mondo circostante, attraverso una continua stimolazione a riflettere, discutere, ed a interpretare i fenomeni sotto diversi punti di vista. Pertanto, è grazie alla sperimentazione che gli alunni hanno la possibilità di acquisire una maggiore consapevolezza di sé e delle proprie capacità, rafforzando, allo stesso tempo, la capacità di argomentare, di lavorare in gruppo, imparando dai propri e altrui errori.

²¹⁶ Emma Castelnuovo, op. cit, p. XIII.

4.1 La classe interessata

Coerentemente con questa prospettiva, ho progettato ed attuato un percorso didattico sulla propagazione della luce prestando particolare attenzione sulle relazioni che tale argomento ha con la geometria.

La sperimentazione si è svolta nel corso dell'anno accademico 2017/2018 nell'I.C. "Piano di Sorrento" ubicato a Piano di Sorrento, un paesino della penisola sorrentina.

Le attività hanno coinvolto una singola classe, la 5^aE, per un totale di 20 ore.

Tutte le attività sono state fotografate e nel corso della sperimentazione ho tenuto un diario di bordo in cui ho riportato le osservazioni e il comportamento dei bambini durante ogni intervento. Le fotografie, gli elaborati dei bambini, le discussioni con le maestre nonché lo stesso diario personale hanno consentito un'azione di continuo monitoraggio del percorso didattico svolto.

4.1.1 I traguardi per lo sviluppo delle competenze e gli obiettivi di apprendimento

I traguardi per lo sviluppo delle competenze sono volti, all'interno di tale progettazione, a far sì che l'alunno (in riferimento alle Indicazioni Nazionali per il curricolo):

- sviluppa atteggiamenti di curiosità e modi di guardare il mondo che lo stimolano a cercare spiegazioni di quello che vede succedere;
- esplora i fenomeni con un approccio scientifico, osserva e descrive lo svolgersi dei fatti, formula domande anche sulla base di ipotesi personali, propone e realizza semplici esperimenti;

- individua nei fenomeni somiglianze e differenze, fa misurazioni, registra dati significativi, identifica relazioni spazio/temporali;
- individua aspetti quantitativi e qualitativi dei fenomeni, produce rappresentazioni grafiche e schemi di livello adeguato;
- espone in forma chiara ciò che ha sperimentato, utilizzando un linguaggio appropriato.

Sempre in riferimento alle Indicazioni Nazionali²¹⁷ per il curricolo, gli obiettivi di tale progettazione sono:

- individuare, attraverso l'interazione diretta, la struttura di oggetti semplici, analizzarne qualità e proprietà, descriverli nella loro unitarietà e nelle loro parti, scomporli e ricomporli, riconoscerne funzioni e modi d'uso;
- descrivere ed interpretare fenomeni della vita quotidiana;
- osservare, interpretare e descrivere le trasformazioni;
- individuare le proprietà di materiali e fenomeni osservati;
- osservare, individualmente o in piccolo gruppo, l'ambiente circostante, a occhio nudo o con appropriati strumenti, identificando gli elementi che lo caratterizzano e i loro cambiamenti nel tempo;
- saper collaborare e lavorare in gruppo;
- rispettare le regole di convivenza sociale.

²¹⁷Ministero dell'istruzione e dell'università di ricerca, *Indicazioni Nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione*, settembre 2012.

4.1.2 La metodologia

Tale percorso didattico segue un approccio tipico della ricerca-azione, coinvolgendo tutti i partecipanti in un percorso formativo che prevede l'alternarsi di incontri dedicati alla didattica della fisica e della geometria. I ragazzi, infatti, sono stati coinvolti attivamente in attività laboratoriali così da acquisire un ruolo di protagonisti nel processo di insegnamento apprendimento.

Gli argomenti principali quali “ombre” e “luce” sono stati introdotti attraverso la metodologia del *Brain Storming* che ha permesso a tutti gli alunni di esprimere idee e concetti sugli argomenti affrontati.

Inoltre, è stato favorito il *Cooperative Learning*, una metodologia didattica che si fonda sul lavoro di gruppo col fine di raggiungere obiettivi comuni e di migliorare reciprocamente il loro apprendimento.

Pertanto, è stata adottata la metodologia della discussione di gruppo, talvolta attraverso il *Circle Time*, attraverso cui i ragazzi hanno discusso di particolari problematiche in un clima di serenità e fiducia reciproca sviluppando un senso di complicità positiva tra i membri del gruppo. In tal modo sono state potenziate enormemente la partecipazione ed il coinvolgimento in tutte le attività.

Pertanto, le attività svolte sono state ispirate al Progetto Les e al lavoro di sperimentazione di Speranza Dell'Anno, con lo scopo di riuscire a riportare esperienze già svolte in altri istituti e sperimentarne la loro validità anche in contesti diversi.

4.1.3 Spazi e formazione dei gruppi

Durante questo percorso l'aula ed il cortile sono stati trasformati in un laboratorio. In vero, in aula, la disposizione dei banchi è variata in base agli obiettivi che si volevano raggiungere. Talvolta i banchi sono stati messi sotto le pareti per svolgere al meglio alcune attività come il Circle Time, o sono stati raggruppati a piccole isole per poter svolgere al meglio le attività in piccolo gruppo. Quanto detto vale anche per il cortile, tanto è vero che in base alle attività i bambini si sono raggruppati diversamente. Nella prima attività in cortile, ovvero quando i bambini hanno disegnato l'ombra del compagno, sono stati divisi in coppie, per le altre attività invece in piccoli gruppi da quattro. Inoltre, per la discussione di gruppo ho fatto posizionare i bambini in circle time, in una zona all'ombra, per non farli sudare né tantomeno prendere un'insolazione.

4.2 Attuazione

4.2.1 Attività 1: Le ombre

La prima attività è iniziata con la visione di uno spezzone del cartone animato "Peter Pan" grazie all'utilizzo della Lavagna Interattiva Multimediale presente in aula. Durante la visione tutti sono stati molto attenti, hanno ascoltato quanto veniva detto dai protagonisti e osservato attentamente il loro comportamento, tanto da riuscire a rispondere alle domande sullo spezzone appena visto.



Figura 54 Peter Pan gioca con la sua ombra

Per prima cosa ho chiesto loro: *“cosa hanno fatto Peter e l’ombra? Avete notato qualcosa in particolare?”*. Dopo un’iniziale frase di incoraggiamento, M. facendosi coraggio ha detto: *“Peter aveva un’ombra che non riusciva a controllare”*.



Figura 55 Peter Pan cerca di cucire l’ombra al suo piede per non farla scappare

A questo punto ho proposto il brainstorming: al centro della LIM è stato disegnato un ovale vuoto, nel quale poi è stata scritta la parola “ombra” e tutti gli alunni hanno avuto la possibilità di esprimere con immediatezza e libertà le idee e i concetti che questo termine suscitava nella loro mente.

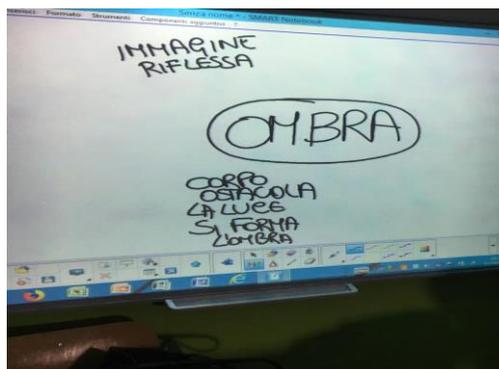


Figura 56 Brain storming sulla parola "ombra". Sulla lavagna interattiva vengono scritte le diverse idee dei bambini.

C. ha detto: *“l’ombra è un’immagine riflessa del Sole sul muro che ogni volta a mezzogiorno sta sopra di noi, a mezzogiorno e al mattino sta avanti a noi o dietro di noi; ma ritornando all’ombra è un’immagine di colore nero”*.

Gli ha fatto eco A.: *“l’ombra si ha quando la luce si scontra contro di noi, ai lati c’è la luce, ma dato che la luce non può attraversare il nostro corpo quindi si riflette la nostra immagine a terra dove non c’è la luce”*.



Figura 57 I bambini vengono divisi in gruppi per svolgere le attività.

A questo punto avrei voluto portare gli alunni in cortile per giocare con le ombre, ma dato che il cielo era un po’ nuvoloso, ho deciso di far svolgere prima l’attività con le torce.

Con l'aiuto della docente di classe ho diviso gli alunni in gruppi per non rischiare un disequilibrio tra gli stessi.

Ad ogni gruppo ho distribuito delle torce con le quali analizzare le ombre che si venivano a creare nell'incontrarsi della luce con un ostacolo a scelta.

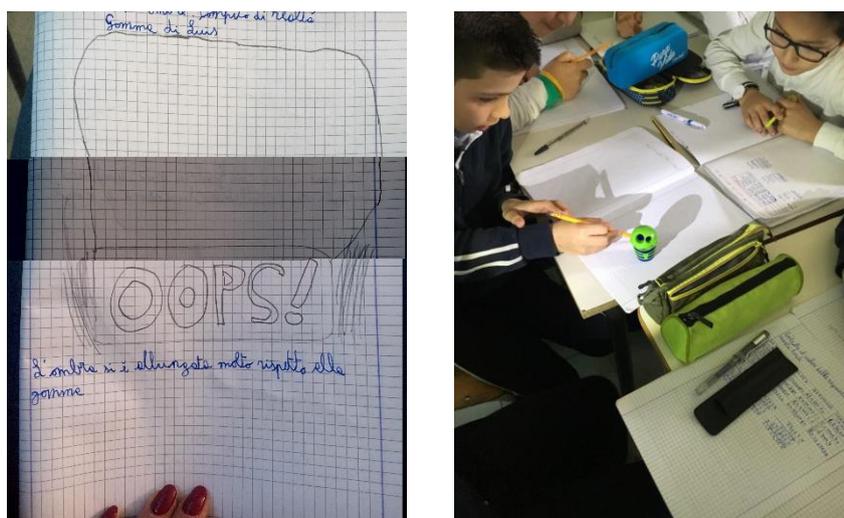


Figura 58 A sinistra G. ha rappresentato l'ombra di una gomma, sulla quale le parole non vengono riprodotte; a destra gli alunni stanno disegnando l'ombra di un pupazzo sul quaderno.

Ogni gruppo ha organizzato il lavoro in modo differente: chi ha lavorato sul banco, chi, invece, per vedere meglio la luce, ha preferito disporsi sul pavimento per osservare meglio le ombre più grandi. Inoltre, hanno utilizzato oggetti differenti: diari, calendari, righelli, quaderni, colla stick e portapenne per osservare le diverse trasformazioni delle figure in base ai materiali ed alle loro diverse forme.

Nella rappresentazione grafica delle ombre di questi oggetti ognuno ha utilizzato un metodo differente: chi l'ha disegnata a mano libera, prestando particolare attenzione ai dettagli, e chi ha invece preso il quaderno ed ha ricalcato esattamente l'ombra prodotta con la torcia.



Figura 59 L'ombra di un quaderno generata da una luce puntiforme è un trapezio rettangolo (a sinistra), isoscele (a destra).

Inizialmente i bambini avevano notato solo l'allungarsi e l'accorciarsi delle ombre nell'atto di avvicinare o allontanare la torcia, ed è per questo motivo che ho deciso di dare loro uno stimolo consigliando di soffermarsi sulle figure geometriche e sulle loro proprietà cominciando a considerare quelle studiate.

Una volta ricevuto questo stimolo i bambini hanno subito fatto importanti osservazioni e riflessioni sulle trasformazioni dei diversi oggetti analizzati. Infatti, dapprima hanno notato la non presenza dei dettagli sulle ombre nere, per poi identificare la trasformazione di un'ombra con una figura geometrica.

G.: "Maestra, sull'ombra i dettagli non ci sono: sulla mia gomma c'era la scritta ma l'ombra è tutta nera", Ma: "Maestra l'ombra cambia in lunghezza", N: "Maestra se prendo il righello non opaco si creano due ombre: una bianca e una violetta", Mt: "Maestra se prendo il quaderno e sposto la torcia o cambio di posizione il quaderno, le ombre hanno forme diverse: così è un trapezio, così è un rombo".

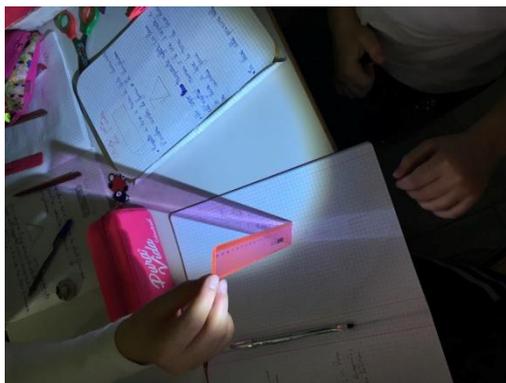


Figura 60 La bambina cerca di studiare l'ombra del righello generata dalla luce puntiforme.

Osservando attentamente la Figura 55 possiamo notare come nella foto non è presente solo la trasformazione proiettiva dell'oggetto analizzato. Infatti, è possibile notare come sul quaderno della bambina sono state generate due macchie di luce: una violetta ed una bianca. Quella violetta è data da una trasformazione proiettiva dalla luce che attraversa il righello, la bianca, invece, dalla luce che viene riflessa dal righello stesso.

A questo punto è interessante notare come i bambini analizzino non solo le trasformazioni proiettive, bensì anche le trasformazioni affini. Infatti, rileggendo attentamente i commenti fatti dai bambini durante l'attività, è possibile notare che Mt ha esclamato: *“Maestra se prendo il quaderno e sposto la torcia o cambio di posizione il quaderno, le ombre hanno forme diverse: così è un trapezio, così è un rombo”*.

Ma cosa voleva intendere Mt. con questa osservazione?

Ponendo il quaderno perpendicolarmente al suolo ed illuminandolo con una torcia, il bambino ha notato la sua trasformazione proiettiva: l'ombra del quaderno è un trapezio. Allo stesso tempo, però, entrando un po' di Sole in aula, l'alunno contemporaneamente ha analizzato la trasformazione affine del quaderno: l'ombra osservata è un rombo.

Successivamente, ho chiamato un gruppo alla volta per far svolgere loro un'altra attività. L'obiettivo era scoprire le proprietà invarianti delle ombre generate da una sorgente puntiforme, attraverso l'utilizzo di una cornice rettangolare.



Figura 61 Le diverse trasformazioni dell'ombra di un telaio colpito da una luce puntiforme.

Esponendo la cornice da me costruita davanti ad una torcia, al variare della posizione o dell'inclinazione del rettangolo o della torcia stessa, variava anche la forma dell'ombra ottenuta. Come prima cosa gli alunni hanno riconosciuto la figura geometrica del telaio, identificandolo come un rettangolo aventi due diagonali rappresentate con un filo di spago, per poi ripetere le sue proprietà. Inizialmente i bambini si sono soffermati esclusivamente sulla figura geometrica dell'ombra “maestra è un parallelogramma”; “maestra è un trapezio”.

A questo punto, per aiutarli, ho posto loro una domanda: “perché dite che la figura è un trapezio e non più un rettangolo?”.

A questa domanda S. ha risposto: “maestra perché due lati sono paralleli e due sono obliqui, nel rettangolo anche questi (indicandoli con il dito) sono paralleli”

Successivamente An. ha affermato: “*maestra gli angoli non sono più di 90°*”; L.: “*Forse ho capito maestra, il rettangolo ha sempre i lati paralleli mentre l’ombra ha due lati obliqui*”.



Figura 62 L'ombra del telaio è un trapezio isoscele.

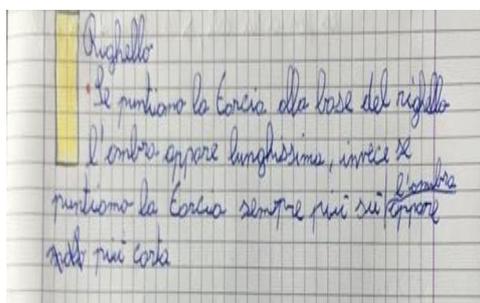
A questo punto è bene osservare che nella Figura 62 si sono verificate due tipi di trasformazioni: la trasformazione proiettiva del telaio sulla parete, e la trasformazione affine delle grate della finestra sul pavimento. L’ombra delle grate, infatti, rispetta il principio della perpendicolarità, a differenza di quella del telaio che presenta due rette oblique e non parallele (la figura proiettata, infatti è un trapezio). Ritengo che la parte in cui gli alunni hanno riscontrato una maggiore difficoltà è stata quella di riconoscere il parallelismo nelle figure ma, attraverso il dibattito ed il confronto tra pari, gli alunni sono riusciti a “risolvere” tale problema.

Durante la discussione di gruppo, infatti, gli alunni hanno dedotto che in una proiettività:

- le rette vengono trasformate in rette; i segmenti vengono trasformati in segmenti;
- a rette parallele non sempre corrispondono rette parallele;
- al punto medio di un segmento non corrisponde il punto medio di un segmento;
- gli angoli variano;

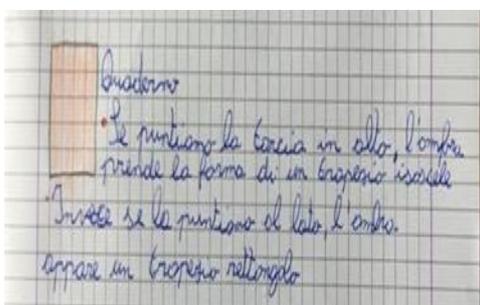
- il rapporto tra le aree non è costante.

Di seguito riporto alcune verbalizzazioni fatte dagli alunni durante le attività.



(A)

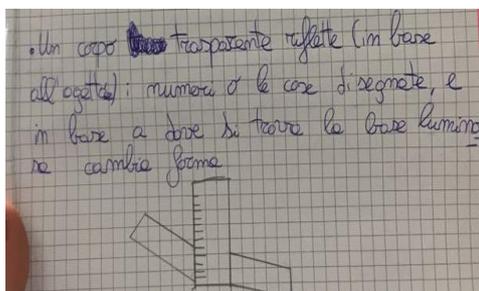
“Righello: se puntiamo la torcia alla base del righello l'ombra appare lunghissima, invece se puntiamo la torcia sempre più in su l'ombra appare più corta”.



(B)

“Quaderno: se puntiamo la torcia in alto, l'ombra prende la forma di un trapezio isoscele. Invece se la puntiamo di lato appare un trapezio rettangolo”.

Figura 63 Verbalizzazione e rappresentazione delle attività sulla proiezione



“Un corpo trasparente riflette (in base all'oggetto) i numeri o le cose disegnate, e in base a dove si trova la base luminosa cambia forma”.

Figura 64 Verbalizzazione e rappresentazione della trasformazione del righello.

A differenza della Figure 63 A, nella verbalizzazione della Figura 64 è stata notata, essendo l'oggetto traslucido, la presenza di numeri e parole sulla macchia di luce. Pertanto, la verbalizzazione 63 A indica con maggiore precisione la posizione della torcia rispetto all'oggetto, specificandone anche la lunghezza della macchia di luce rispetto ad essa.

Inoltre, in nessuna delle tre verbalizzazioni viene specificata la forma dell'ombra (o della macchia di luce nel caso nella Figura 58A). Non viene indicato, dunque, che sia le macchie di luce generate dal righello sia la trasformazione del quaderno sono dei trapezi. Una volta terminata l'attività, essendo uscito il sole, ho portato gli alunni in cortile.



Figura 65 I bambini disegnano l'ombra del compagno con un gessetto e poi la misurano con un metro.

Come prima cosa ho chiesto loro di dividersi in vari gruppi da due persone ciascuno: ogni coppia aveva un proprio gessetto con il quale dovevano disegnare l'ombra del compagno ed un proprio metro grazie al quale misurarla.

Inizialmente i bambini hanno misurato la propria altezza, e l'hanno paragonata con la lunghezza dell'ombra disegnata misurandola con il metro, notando che, in quel momento della giornata, l'ombra era meno lunga del corpo reale. Successivamente hanno misurato l'ombra anche attraverso un'unità di misura non convenzionale, i piedi: partendo o dalla testa o dai piedi dell'ombra disegnata, dovevano percorrere tutta l'ombra, ponendo i piedi uno avanti all'altro. Il numero dei piedi che "entrava" nell'ombra era considerato la misura dell'ombra stessa. *"la mia ombra misura quattro piedi e mezzo"*.



Figura 66 L'ombra viene misurata con un'unità di misura non convenzionale: i piedi.

Al trascorrere della giornata, hanno notato che l'ombra si era rimpicciolita e, dunque, che entravano meno piedi nella figura. L'ombra, infatti, si era spostata verso destra, e nel disegnarla essa era “più bassa” rispetto alla misurazione precedente. Pertanto, tutte le misurazioni effettuate nel corso dell'attività sono state riportate sul quaderno per non dimenticare nessun valore e per verificare le variazioni osservate.

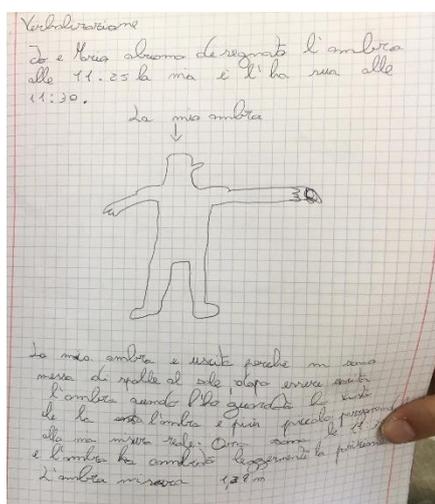


Figura 67 L'ombra viene misurata più volte nell'arco della giornata. Al trascorrere del tempo essa cambia posizione e diventa più piccola.

Per ridisegnare l'ombra in momenti diversi della giornata ho chiesto ai bambini di posizionarsi, con i propri piedi, nei “piedi” dell'ombra. Inoltre, è importante che nel corso dell'attività venga utilizzata sempre la stessa posizione per notare effettivamente sia la variazione della lunghezza e lo spostamento della stessa.

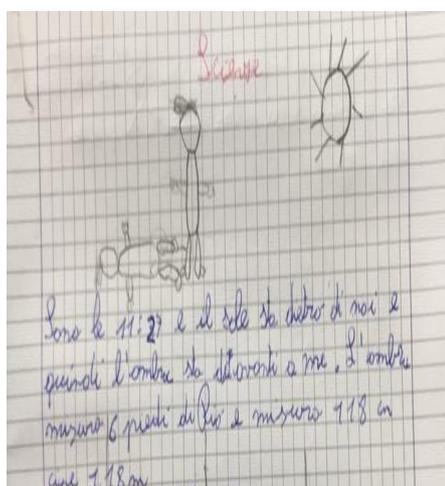
Pertanto, gli alunni sopra ogni rappresentazione fatta sul suolo, hanno scritto l'orario in cui hanno svolto le misurazioni per rendersi conto dell'effettivo cambiamento.

Durante quest'attività gli alunni hanno notato che al variare della lunghezza del piede del bambino variava anche il numero di piedi che "entravano" nell'ombra: da ciò hanno dedotto che per avere una misura esatta dell'ombra era opportuno farla eseguire dallo stesso bambino. Durante l'osservazione e le misurazioni gli alunni verbalizzano e disegnano quanto osservato.



“Sono le 11:27 e il Sole sta dietro di noi e quindi l'ombra sta davanti a me. L'ombra misura 6 piedi di Pio e misura 118cm cioè 1,18 m”.

Figura 68 La verbalizzazione dell'attività sulle ombre alla luce del Sole.



“Io e Mario abbiamo disegnato la mia ombra alle 11:25, quella di M. alle 11:30. Ora sono le 11:35 e la mia ombra misura 1,22m”

Figura 69 Verbalizzazione e rappresentazione della misurazione delle ombre.

Nella rappresentazione della Figura 68 di tale attività gli alunni si sono limitati a disegnare l'ombra senza identificare la posizione del bambino rispetto ad essa.

A differenza della rappresentazione presente nella Figura 69, i bambini nella Figura 68, sono stati più precisi ed attenti ai particolari: hanno disegnato sia il bambino che l'ombra, identificando anche la sua posizione rispetto al Sole.

Dopo tale attività i componenti delle diverse coppie hanno giocato, interagendo anche con gli altri gruppi, per alcuni minuti con le proprie ombre: le hanno rincorse, le hanno provate a prendere-

In seguito, ho chiesto loro ciò che avevano notato: G: *“l'ombra si trova al lato opposto del Sole”*, Ma.: *“si trovano tutte nella stessa direzione”*.



Figura 70 Gioco libero con le ombre. Le ombre hanno tutte la stessa direzione.

Mentre aspettavamo di poter ridisegnare le ombre ho posto loro una domanda: *“mi sapreste indicare qual è l'ombra?”*.

Molto spesso gli alunni considerano l'ombra esclusivamente la figura nera proiettata sul suolo senza però notare la sua tridimensionalità. Per aiutarli nell'acquisizione di tale consapevolezza ho deciso di partire con delle domande stimolo per poi avviarli nell'attività vera e propria. Ho chiesto loro se qualcuno sapeva indicarmi la propria ombra

e tutti, nessuno escluso, l'hanno identificata con l'immagine nera formata sul pavimento. Da qui si è aperta una discussione che ci ha portato a considerare l'ombra come uno spazio tridimensionale grazie anche all'utilizzo di un ombrello e dei fili che lo collegavano alla sua ombra.

Io: "Se io metto la mia mano qui (tra il suolo e l'ombrello) la mano si trova all'ombra o al sole?"

R.: "All'ombra"

N: "La mano sta al sole solo se sta fuori dall'ombrello"

L.: "Si perché se ci mettiamo sotto all'ombrello ci ripariamo tutti dal sole"

Dopo tale osservazione ho invitato agli alunni ad entrare nello spazio d'ombra dell'ombrello. Durante questa attività, ho posto loro alcune domande stimolo:

- "Dove mi metto?"
- "Cambia qualcosa se sono distesa o se sto in piedi?"
- "Come devo fare se voglio vedere solo l'ombra della mia testa? O delle mie braccia?"



Figura 71: Ma e An, si posizionano nello spazio d'ombra dell'ombrello. A destra viene verbalizzata l'attività.

Successivamente ho diviso loro in vari gruppi e gli ho chiesto di provare a posizionarsi nella zona d'ombra del compagno, e notare quanti di loro “entravano”.



Figura 72 I ragazzi cercano di posizionarsi nello spazio d'ombra del compagno. A destra viene mostrato un esempio della verbalizzazione con il relativo disegno dell'attività.

Tutti gli allievi hanno partecipato attivamente e con entusiasmo a tale attività, si sono dimostrati curiosi e volenterosi di provare in prima persona a svolgere quanto chiesto. Grazie anche al coinvolgimento del corpo nell'attività didattica gli alunni si sono resi conto della tridimensionalità delle ombre, imparando a non associarle più esclusivamente attraverso “l'immagine nera” che si forma sul suolo, ma a considerare la sua estensione fino all'oggetto. Per ogni attività gli alunni hanno disegnato e verbalizzato quanto osservavano e rilevavano.

4.2.2 Attività 2: Le trasformazioni affini

La seconda attività è iniziata con la misurazione di oggetti fissi per notare che al variare del tempo la distanza tra le ombre ed il parallelismo resta costante. Successivamente gli

alunni osservano le ombre di alcuni cilindri, e notano che anche in quel caso esse sono parallele tra loro.



Figura 73 Gli alunni verificano la validità delle proprietà del parallelismo alla luce del Sole.

Successivamente, ho distribuito loro hula hoop, cilindri, un quadrato e due triangoli che avevo precedentemente costruito con alcuni cartoncini ed ho chiesto loro di osservare le ombre che formavano alla luce del Sole. Osservando e descrivendo le trasformazioni ottenute i bambini hanno detto: *“maestra l’ombra sembra un cerchio schiacciato”*; *“l’ombra sembra un 8”*; *“l’ombra sembra un infinito”*; *“l’ombra sembra un uovo”*.



Figura 74 I bambini giocano con le ombre dei cerchi al sole: a sinistra si forma un'ellisse, a destra un "infinito" (il cerchio si è deformato generando questa forma particolare).

Se si pone attenzione alla Figura 69 posta a destra nonché ai commenti dei bambini è possibile notare che alcuni alunni nel descrivere l'ombra osservata hanno esclamato “sembra un otto/infinito”. Ma se l'ombra di un cerchio al Sole è un'ellisse, perché nella foto a destra osserviamo un'ombra diversa?

Ciò accade perché il bambino avendo fatto una leggera pressione sul cerchio questo si è deformato, creando sul suolo un'ombra diversa da quella che generalmente si forma.

I triangoli si trasformavano sempre in triangoli, il quadrato sempre in quadrilateri ed i cilindri variavano di forma in base alla loro posizione.



Figura 75 L'ombra di un triangolo al sole sarà sempre un triangolo. L'ombra di un quadrato un elemento dell'insieme dei parallelogrammi.

Sperimentato ciò ho chiesto loro di posizionare il cilindro in modo tale da formare una semplice circonferenza sul suolo.

Ho fatto poi allineare prima due cilindri dalle stesse dimensioni, la cui ombra era un unico cerchio, e poi due cilindri aventi il diametro uno il doppio dell'altro (sono stati proprio i bambini a chiedermi di misurare i diametri del cerchio di base), i quali andavano a

formare due circonferenze concentriche delle quali abbiamo ripetuto le proprietà geometriche.



Figura 76 L'ombra di due cilindri allineati.

Come possiamo notare dalla Figura 71 i due cerchi ci appaiono uno dentro l'altro. Ma allineando bene i cilindri, in modo tale da far risultare i loro assi paralleli e aventi la direzione dei raggi solari, i due cerchi risulteranno concentrici.

G.: "Maestra se mettiamo i cilindri così (paralleli al suolo), l'ombra è tutta nera".

Mz.: "Anche così l'ombra è nera" (leggermene inclinato rispetto al suolo).

V.: "Dobbiamo inclinarlo per vedere le due circonferenze".

An.: "Dobbiamo mettere i cilindri nella stessa direzione dei raggi del sole".

Io: "Cosa vuoi dire?".

An.: "I raggi viaggiano in modo rettilineo quindi attraversano il cilindro e restano bloccati solo dalla circonferenza dei cilindri".

Infine, ho mostrato loro due telai: quello già utilizzato in classe con le torce ed uno rettangolare suddiviso con dello spago in tanti rettangoli, per mostrargli le diverse

proprietà delle ombre alla luce del sole rispetto a quelle che si vengono a formare da una sorgente puntiforme.



Figura 77 Telaio alla luce del sole: il numero dei rettangoli presenti nel telaio reale e nella figura-ombra è uguale.

Peraltro, gli alunni durante la sperimentazione hanno verificato che il numero dei quadrati presenti nel telaio reale era uguale a quello del suo trasformato. L, infatti, ha affermato: *“il numero dei rettangoli del telaio è uguale al numero dei rettangoli della sua ombra ma, dato che, uno dei lati del rettangolo è più grande, anche un lato dei rettangolini è più grande”*. L’esperienza che ho proposto è la seguente: ho chiesto agli alunni di porsi in circle time sul pavimento del cortile ed ho esposto al Sole il telaio da me costruito per osservare l’ombra che si veniva a formare.



Figura 78 Gli alunni misurano le dimensioni del telaio, e svolgono il problema assegnato con le misure rilevate.

Durante l'analisi dell'oggetto reale e dell'ombra gli alunni hanno misurato i lati e le diagonali del rettangolo e della sua ombra, ed hanno notato che il punto medio delle diagonali era costante anche nell'ombra. L'oggetto da loro utilizzato era una cornice rettangolare avente una base lunga 32cm e l'altezza lunga 22 cm. Posta la cornice perpendicolarmente al suolo si veniva a creare un'ombra avente la base lungo 32cm e l'altezza lunga 18 cm. Una volta raccolti questi dati i bambini hanno svolto un problema che richiedeva di calcolare il rapporto tra le aree della figura reale e dell'ombra, ed il rapporto tra le due altezze.

Da ciò hanno verificato che sia il rapporto tra le due aree che tra le due altezze era pari a 1,2.

Ma perché il rapporto è uguale?

Ciò che i bambini hanno analizzato è un caso particolare in quanto il rettangolo, essendo stato posto perpendicolarmente al suolo, aveva generato alcune figure unite. Più precisamente i lati paralleli al suolo avevano come trasformati sé stessi, per cui la loro lunghezza risultava uguale a quella dei trasformati. Ciò che variava, dunque, era la lunghezza dei lati perpendicolari al suolo, e dunque anche il valore del perimetro e dell'area dell'ombra rispetto alla figura reale. Tale risultato ha destato molto stupore negli alunni.

G: *“Maestra ma secondo me ho sbagliato, il rapporto delle aree e delle altezze mi viene uguale”.*

Ma: *“Maestra ma quindi se il rapporto tra le aree è uguale al rapporto delle altezze possiamo dire che 1,2 è un numero fisso, giusto?”.*

A questo punto, in linea con i ragionamenti fatti dai bambini, ho posto loro una domanda: *“secondo voi se rimisuriamo la misura dell'ombra tra un'ora e ricalcoliamo sia il*

rapporto tra le aree che quello dell'altezza, secondo voi il rapporto è sempre 1,2? ”. A questa domanda inizialmente hanno risposto di no, però poi G ha esclamato: “Maestra secondo me cambia, perché il sole si sposta più verso ovest quindi cambia di posizione”.

Il caso analizzato, dunque, come ho già detto in precedenza, è un caso particolare, tanto è vero che non è possibile parlare di similitudine, in quanto la dilatazione di 1,2 si è avuta solo lungo una coordinata.

Da questa considerazione abbiamo capito che in base all'ora si ha un diverso numero fisso.

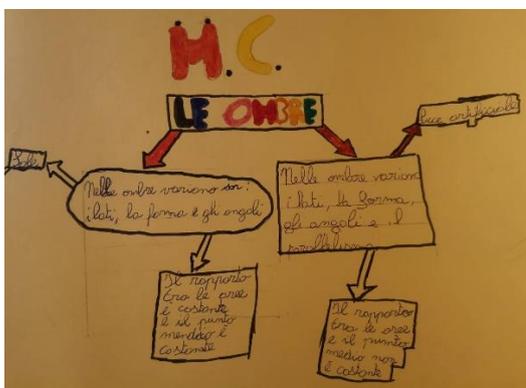
4.2.3 Attività 3: Elaborato conclusivo

Per verificare quanto gli alunni avevano appreso attraverso tale esperienza ho diviso gli alunni in vari gruppi ed ho chiesto loro di creare dei cartelloni sulle esperienze svolte. Per tale attività ho lasciato liberi i bambini di sviluppare il lavoro come desideravano: potevano infatti o creare una mappa concettuale o descrivere le attività svolte. Spettava al gruppo organizzare il lavoro.



Figura 79 I bambini elaborano il lavoro finale.

Quanto gli alunni hanno descritto in questa parte del cartellone è l'esperienza fatta con il telaio suddiviso in tanti rettangoli alla luce del Sole. Pertanto, hanno preso in esame le caratteristiche varianti e invarianti delle trasformazioni affini: il rapporto tra le aree è costante dato il numero uguale di rettangoli presenti sia nella figura reale che nella trasformata; inoltre, cambiando l'inclinazione del rettangolo rispetto alla luce del Sole, esso varierà nelle dimensioni rimandando, però, sempre un parallelogramma.



“Al Sole nelle ombre variano: i lati la forma e gli angoli; il rapporto tra le aree è costante; il punto medio è costante. Con la luce artificiale nelle ombre variano i lati, la forma, gli angoli e il parallelismo; il rapporto tra le aree non è costante; i punti medi non sono costanti”.

Figura 81 Estratto dal cartellone finale di un gruppo.

In questo caso, gli alunni hanno realizzato una mappa concettuale che mette in luce le differenze tra le trasformazioni affini e proiettive. Quando i bambini dicono “*il punto medio è costante*”, intendono spiegare che “*al punto medio di un segmento, corrisponde il punto medio del segmento trasformato*”.

Al termine di queste attività posso dire che gli alunni hanno raggiunto gli obiettivi posti per questa prima fase del progetto. Sono rimasta stupita dai risultati ottenuti da alcuni bambini che, nonostante le difficoltà riscontrate in questi anni dalle docenti di classe nell'apprendimento e nella concentrazione, si sono impegnati, hanno partecipato attivamente alle diverse attività facendo considerazioni, riflessioni importanti al fine della risoluzione del problema posto.

4.2.4 Attività 4: La propagazione della luce e la riflessione

Il percorso didattico inizia con la presentazione ai bambini del tema che si intendeva affrontare nel corso di tutti gli incontri: la luce; e del metodo di lavoro che si intende seguire: esperienze individuali, osservazioni libere e discussione con gli altri.

Al centro della LIM²¹⁸ è stato disegnato un ovale vuoto, nel quale poi è stata scritta la parola “luce”; tutti gli alunni hanno avuto la possibilità di esprimere con immediatezza e libertà le idee e i concetti che questo termine ha suscitato nella loro mente, con il solo vincolo di mantenersi aderenti al problema e di non criticare le opinioni degli altri. M, ad esempio ha identificato la luce con “*una fonte luminosa*”; N con “*una fonte di energia*”; G, invece, ha detto che: “*la luce può essere sia naturale che artificiale*”.

Dopo aver riprodotto uno schema alla lavagna con le risposte degli alunni, ci si è imbattuti in un dibattito su tale argomento, stimolato attraverso alcune domande: “*Come si fa a vedere le cose?*”; “*Perché vediamo le cose?*”; “*A cosa serve la luce?*”

A queste domande fa seguito una discussione cui partecipano tutti i bambini esplicitando le loro idee e conoscenze sulla luce. I bambini, per alzata di mano prendevano parola: “*noi vediamo grazie agli occhi*”; “*vediamo perché c’è luce*”; “*perché la luce viene diffusa ovunque*”; “*la luce è bianca ma si scompone nei sette colori dell’arcobaleno*”. A questo punto proietto sulla LIM un’immagine su cui provare a discutere collettivamente.

G: *La luce si espande per diffusione*”;

S: *“la luce dalla lampadina colpisce gli oggetti e noi li vediamo*”;

L: *“la luce può essere chiamata sorgente primaria*”;

²¹⁸ Lavagna Interattiva Multimediale

Mz: “la luce parte dalla sorgente primaria e arriva sugli oggetti e quindi noi vediamo”;
G: “la luce parte dalla sorgente primaria e arriva sugli oggetti, viene diffusa fino ai nostri occhi e noi vediamo”.



Figura 82 Immagine mostrata agli alunni durante la discussione iniziale, per far comprendere loro perché vediamo.

Per sperimentare quanto detto ho chiuso le persiane dell’aula ed ho posto sulla cattedra un oggetto: gli alunni hanno dovuto spiegarmi quanto vedevano. Aprendo poco alla volta le persiane gli alunni hanno notato che più luce entrava nell’aula più si rendevano visibili i particolari dell’oggetto preso in esame. Durante la discussione N. ha precisato: “però la luce delle volte oltrepassa gli oggetti”. R: “sì, se sono opachi la luce non passa, se sono trasparenti passa del tutto e se sono traslucidi passa poco”.



Figura 83 La propagazione rettilinea della luce. Ponendo del borotalco sul fascio di luce, esso diventa visibile.

A questo punto, volendo introdurre l'argomento sugli specchi, ho chiesto ai bambini di giocare con una pallina. L'obiettivo era quello di colpire la parete facendo in modo che la pallina, dopo aver colpito il muro, toccasse la bottiglia. Lanciando, infatti, la pallina perpendicolarmente alla parete si osserva che essa, dopo un urto, ritorna ripercorrendo lo stesso cammino dell'andata.



Figura 84 A. cerca di lanciare la pallina perpendicolarmente alla parete.

Se, invece, la si lancia in direzione inclinata si osserva che la pallina torna indietro percorrendo un percorso diverso, inclinato rispetto all'andata. L'analogia con la riflessione della luce è evidente.



Figura 85 L. lancia la pallina contro la parete cercando di colpire la bottiglia.

Durante lo svolgimento dell'attività ho chiesto ai bambini cosa osservavano: *“la palla per colpire la bottiglia deve prima colpire il muro e poi deve toccare la bottiglia”*; *“la palla forma un angolo”*; *“la palla forma una V”*.

Successivamente, ponendoci come obiettivo quello di dimostrare che il raggio incidente, quello riflesso e la normale allo specchio giacciono sullo stesso piano, ho diviso i bambini in gruppi da tre ed ho distribuito loro un foglio bianco, una torcia ed uno specchietto. L'obiettivo era quello di disegnare sul foglio il fascio di luce visibile.

Durante l'attività ho, inoltre, chiesto agli alunni di disegnare la “normale” nel punto di incidenza e di rappresentare all'interno del fascio disegnato la propagazione rettilinea della luce attraverso una linea. Tale linea può essere rappresentata con la lettera “V”.

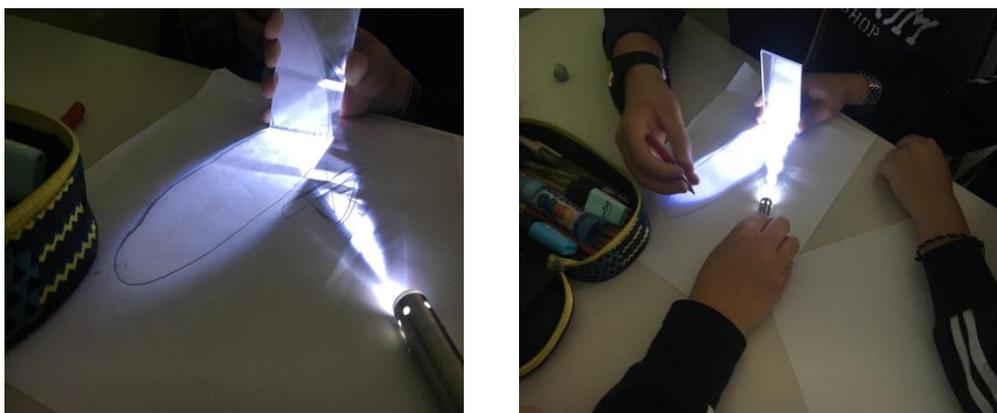


Figura 86 Gli alunni fanno riflettere la luce contro lo specchio e disegnano il fascio di luce diffusa da un foglio bianco.

Terminata l'attività ho chiesto ai bambini di sedersi sul pavimento in circle time. Ho appoggiato sul pavimento un foglio bianco e, perpendicolarmente ad esso, ho mantenuto fisso uno specchietto dopodiché ho puntato il laser su di esso. Un bambino ha disegnato il raggio incidente, quello riflesso e la normale al punto di incidenza. Abbiamo cambiato più volte l'angolo di incidenza e con un goniometro abbiamo misurato e verificato che

quest'ultimo, indipendentemente dall'inclinazione del laser, è sempre uguale all'angolo riflesso. I bambini, a turno, hanno preso parola ed hanno spiegato quanto osservavano.



Figura 87 Gli alunni in circle time, osservano e riflettono sulla riflessione del laser.

Durante lo svolgimento dell'attività un bambino, come mostrato nella Figura 87, ha preso una torcia e l'ha puntata contro lo specchio per vedere cosa succedeva, al che ha osservato: *“maestra si è formata tipo un ellisse”*.

Durante l'attività gli alunni hanno affermato: *“maestra con il laser si vede meglio la linea rossa”*; *“maestra se cambio l'inclinazione del laser anche il raggio riflesso cambia”*.

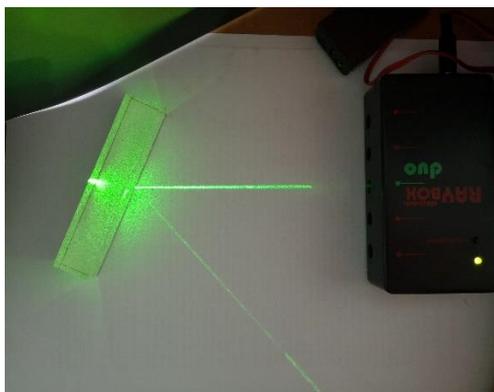


Figura 88 il laser quando colpisce lo specchio viene riflesso, subendo una deviazione. Ai bambini viene presentata "la normale" attraverso una linea perpendicolare allo specchio. Essa divide l'angolo in due angoli uguali.

Tra le osservazioni fatte dagli alunni riporto le seguenti: *“lo specchio riflette la luce”*; *“se puntiamo la torcia contro lo specchio la luce è come se si spezza e cambia direzione”*; *“se ci specchiamo vediamo la nostra immagine nello specchio”*; *“la luce è dritta, poi colpisce lo specchio, viene riflessa e cambia direzione, però la linea resta sempre dritta”*.

Inoltre, abbiamo visto come la normale divide l'angolo formato dalla luce in due angoli uguali. *S: “la normale è la bisettrice perché divide gli angoli in due parti uguali”*.

Successivamente ho mostrato loro uno specchio grande e l'ho posizionato in modo che tutti potessero guardarlo. Ho chiamato un bambino e gli ho chiesto di specchiarsi.



Figura 89 Nell'immagine a sinistra, M. si specchia e descrive quanto osserva. Nell'immagine a destra, An. imita quanto fa M. come se fosse uno specchio.

Uno studente si è posto di fronte allo specchio; ho chiesto alla classe e allo studente stesso di descrivere ciò che vedevano e di ricostruire l'immagine virtuale con una trasformazione nello spazio: *“si vede l'immagine di M. allo specchio”*.

Per aiutarli, ho chiesto ad M., di toccarsi un neo che aveva sul collo a questo punto i bambini hanno notato che M. toccava il neo con la mano destra, ma la sua immagine proiettata nello specchio “lo toccava” con la mano sinistra.

I bambini hanno commentato: *“lo specchio imita quello che facciamo noi”*; *“lo specchio capovolge da destra verso sinistra”*.

Dal punto di vista dello studente le immagini destra-sinistra sembrano invertite ma, lavorando con due studenti “gemelli”, risulta chiaro che lo studente-immagine appare ruotato di 180° rispetto ad un asse verticale che lo attraversa ed appare altresì traslato (all’indietro dello specchio) di una distanza doppia rispetto allo specchio. Quando ci guardiamo allo specchio piano possiamo vedere la nostra immagine che ha tre proprietà: l’immagine è dritta; ha le nostre stesse dimensioni; è collocata dietro lo specchio a distanza da esso uguale a quella fra noi e lo specchio.

Per far sperimentare ciò, ho diviso gli alunni in cinque gruppi da quattro persone ed ho distribuito loro degli specchietti con i quali hanno giocato utilizzandoli come asse di simmetria.



Figura 90 Lo specchio come asse di simmetria.

Le considerazioni fatte dai bambini durante le attività sono: *“maestra lo specchio funziona come un’asse di simmetria perché divide le parole a metà”*; *“maestra, anche se scrivo tutta la lettera e metto lo specchio al centro della lettera funziona lo stesso, perché*

la parte dietro lo specchio non si vede ma appare nello specchio perché viene riflessa l'altra parte”.

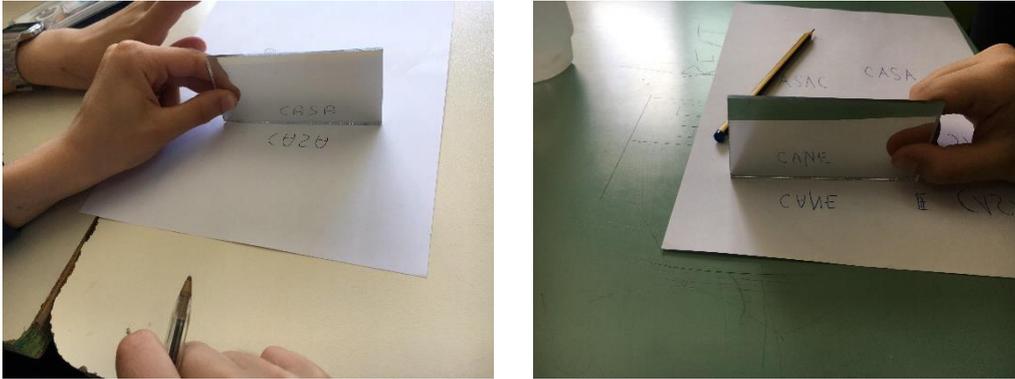


Figura 91 I bambini cercano di capire come funziona lo specchio scrivendo alcune parole.

Successivamente ho proposto agli alunni di scrivere sul foglio alcune parole, come ad esempio “CANE” e “CASA”, e di leggerle per poi scrivere su di un foglio bianco quanto vedevano. La lettera “C” resta inalterata; la lettera “A” si capovolge; le lettere “S” e “N” vengono ribaltate da destra verso sinistra. Per non cadere in alcun errore di interpretazione, ho proposto loro un'altra parola, “CHiodo”, e ho chiesto loro di leggerla allo specchio.

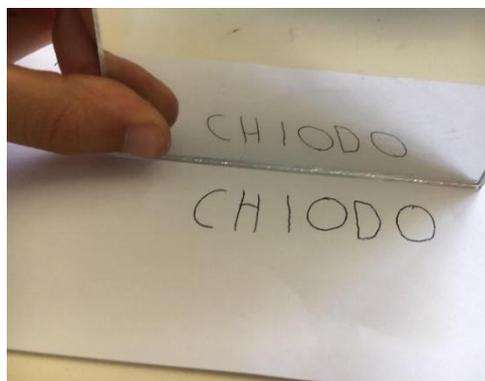


Figura 92 La parola CHiodo è simmetrica rispetto allo specchio.

Osservando la Figura 87 è possibile notare che questa parola, a differenza delle altre, risulta diritta anche nell'immagine dello specchio.

I bambini sono rimasti davvero sbalorditi dal fatto che questa parola non cambiasse la sua forma. Ma., ad esempio, ha esclamato: *“Maestra, ma la parola chiodo resta uguale”*. In seguito, G: *“Maestra è come se la parola viene capovolta”*; S: *“Maestra forse ho capito, la parola ruota di 180° intorno alla base dello specchio”*.

Come hanno rilevato i ragazzi durante l'attività, lo specchio è come se fosse un invisibile asse di simmetria (orizzontale nel nostro caso) e che, a differenza di lettere come la “S” e la “N”, tutte le lettere della parola “chiodo” sono simmetriche rispetto all'asse orizzontale per cui riusciamo a leggere la parola sia sul foglio di carta che nello specchio. Per cui, utilizzando nuovamente lo specchio grande, ho richiesto ai bambini cosa succedeva alla nostra immagine nello specchio. Così, durante le osservazioni hanno rilevato che: *“il nostro corpo ruota intorno all'asse di simmetria, e si sposta verso dietro, mantenendo la distanza che abbiamo dallo specchio”*. A tale spostamento è stato dato un nome: la traslazione. Al termine della giornata, durante la discussione delle attività svolte, ho mostrato loro un'immagine.

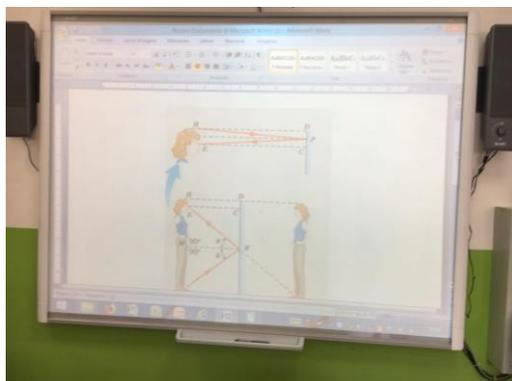


Figura 93 Immagine per spiegare agli alunni quanto deve essere grande uno specchio per poter vedere la propria immagine riflessa per intero.

Dapprima ho chiesto loro quanto grande dovrebbe essere lo specchio per vedere interamente la nostra immagine riflessa. Successivamente, ho spiegato loro l'immagine proiettata.

4.2.5 Attività 5: Gli specchi e gli assi di simmetria

Volendo riprendere quanto fatto il giorno precedente appena sono entrata in aula abbiamo fatto una breve discussione su quanto svolto la volta precedente.

Successivamente ho mostrato agli alunni alcuni specchi di grandi dimensioni ed abbiamo giocato con essi creando delle vere e proprie illusioni ottiche.

Ho disposto uno specchio orizzontalmente e perpendicolarmente al suolo e dietro di esso ho posizionato una sedia sulla quale si è seduto un alunno mettendo una gamba nascosta dietro allo specchio, e l'altra avanti a quest'ultimo.



Figura 94 Giochi di illusione ottica: un bambino, seduto su una sedia, nasconde dietro lo specchio una gamba, e muove l'altra. L'illusione è che sembra che il bambino stia muovendo entrambe le gambe.

La gamba posta avanti all'oggetto riflettente deve essere mossa avanti e indietro verso lo specchio: gli alunni hanno notato che si è venuta a formare una gamba virtuale che si “avvicina o allontana” dallo specchio in base al movimento della gamba reale. *“Maestra anche se la gamba è nascosta sembrano che si muovono due gambe”*; *“sembra che Ma. vola”*.

Successivamente ho posto lo specchio in verticale ed ho chiesto ad un bambino di porsi lateralmente e di nascondere dietro di esso metà del suo corpo: la metà volto visibile veniva così riflessa nello specchio facendoci illudere di vedere l'intero volto o corpo.

“Wow, è come se il corpo fosse tutto intero”; *“non sembra che una parte del corpo è nascosta”*; *“se muove sia la mano che il piede sembra che vola come un uccello”*; *“maestra succede questo perché metà del corpo viene riflessa, giusto?”*

Da queste attività i bambini hanno avuto un primo approccio anche con quelle che in geometria vengono chiamate “simmetrie assiali”.



Figura 95 Lo specchio come asse di simmetria.

Dopo aver giocato con il corpo e con gli specchi ho diviso gli alunni in vari gruppi e ho proposto loro un'altra attività. Per svolgere questa attività è stato necessario unire due specchi in modo tale da formare un angolo.

Quando un oggetto viene messo tra due specchi piani la sua luce rimbalza avanti e indietro riflettendosi da uno specchio all'altro prima di raggiungere gli occhi.

Ogni volta che la luce si riflette su uno degli specchi si forma un'immagine dell'oggetto.

Il numero delle immagini dipende dall'angolo formato dagli specchi perché, riducendo l'ampiezza dell'angolo, la luce rimbalza tra gli specchi più frequentemente e le immagini visibili sono più numerose. Per far acquisire tali conoscenze ho distribuito un foglio sui cui angoli ho disegnato quarti di figure. Il compito è stato quello di inserire i quarti di figure tra i due specchi e descrivere quanto era stato osservato.

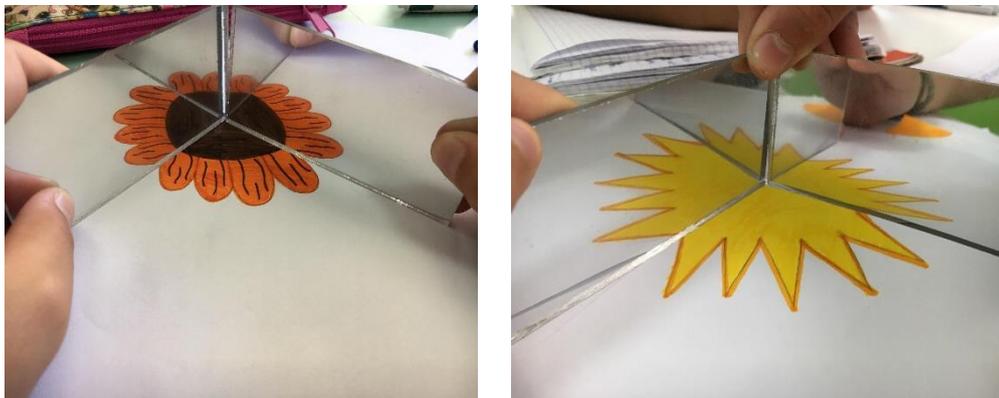


Figura 96 Da un quarto di immagine si forma un'intera immagine.

S: “Wow maestra, ma le figure sono intere”; L: “Maestra nello specchio si vedono altre tre figure”; “da un quarto di figura si formano quattro quarti di figura, quindi nello specchio ci sono tre quarti di immagine”.

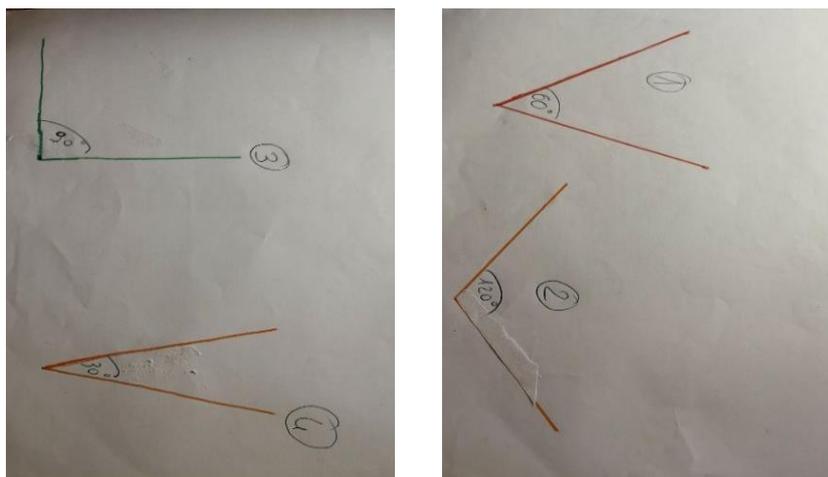


Figura 97 Angoli utilizzati nelle diverse attività: i bambini hanno misurato la loro ampiezza con un goniometro.

Successivamente ho distribuito loro alcuni fogli con su raffigurati alcuni angoli, di 120° , 90° , 60° e 30° , e gli ho chiesto di misurare la loro ampiezza. Dopo aver misurato i vari angoli con un goniometro ho distribuito ad ogni gruppo delle figure geometriche da me precedentemente realizzate: un rettangolo, un quadrato, un triangolo equilatero, un triangolo isoscele rettangolo (quindi con angolo di 90°), un triangolo isoscele con un angolo di 45° , un triangolo isoscele con un angolo da 30° e un triangolo isoscele con un angolo da 120° . Tali figure sono state costruite in modo tale da incastrarsi perfettamente negli specchi.

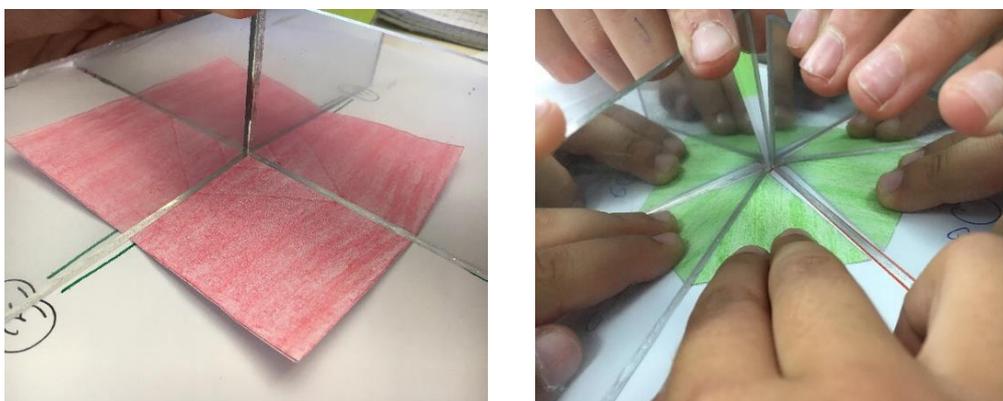


Figura 98 Inserendo un quadrato tra due specchi posti a 90° questo rifletterà nello specchio formando 3 immagini virtuali; ponendo un triangolo equilatero tra due specchi posti a 60° si formeranno 5 immagini virtuali.

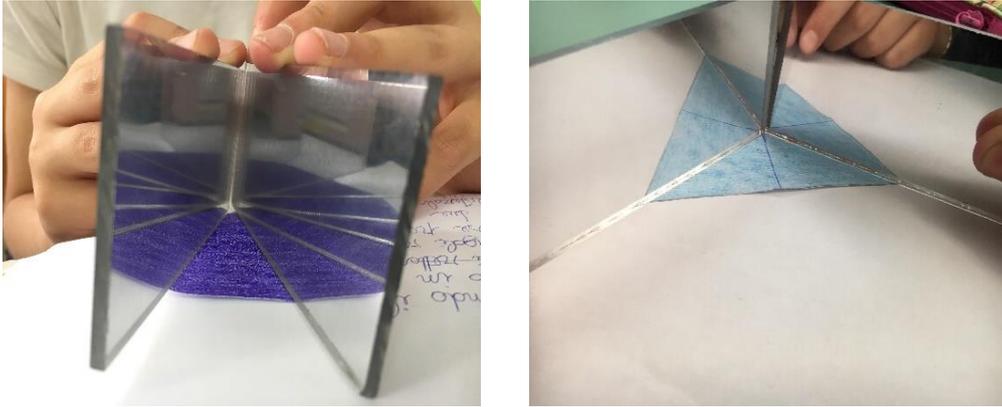


Figura 99 Lo specchio, in base all'ampiezza dell'angolo, riflette un determinato numero di immagini, nell'immagine a sinistra lo specchio è posto a 30° e forma 11 immagini virtuali; nell'immagine a destra, lo specchio è ampio 120° e forma due immagini virtuali.

L.: “Maestra se inserisco il quadrato tra i due specchi nell’angolo di 90° si forma un quadrato grande diviso in quattro quadrati”; S.: “Se inserisco il triangolo isoscele nello specchio di 60° si vede un esagono diviso in sei triangoli equilateri”; V.: “maestra ho messo il triangolo azzurro nell’angolo di 120° e si forma un triangolo diviso in tre triangoli uguali; La.: “ho inserito il triangolo viola nello specchio ampio 30° e si sono formate dodici immagini di triangoli”; F.: “maestra con il triangolo viola si forma un dodecagono”.

Durante l’attività ho posto una domanda ai ragazzi: *“secondo voi, posso ricavare gli assi di simmetria delle figure che si formano?”.*

Per rispondere a tale domanda, ogni gruppo ha lavorato indipendentemente per trovare una soluzione al problema posto.

Infatti, ogni raggruppamento ha dato una risposta diversa. C’è chi ha semplicemente disegnato l’altezza dei triangoli (corrispondenti agli assi di simmetria della figura stessa), chi, invece, l’ha piegato a metà lungo l’asse di simmetria e li ha inseriti “nell’angolo” minore.

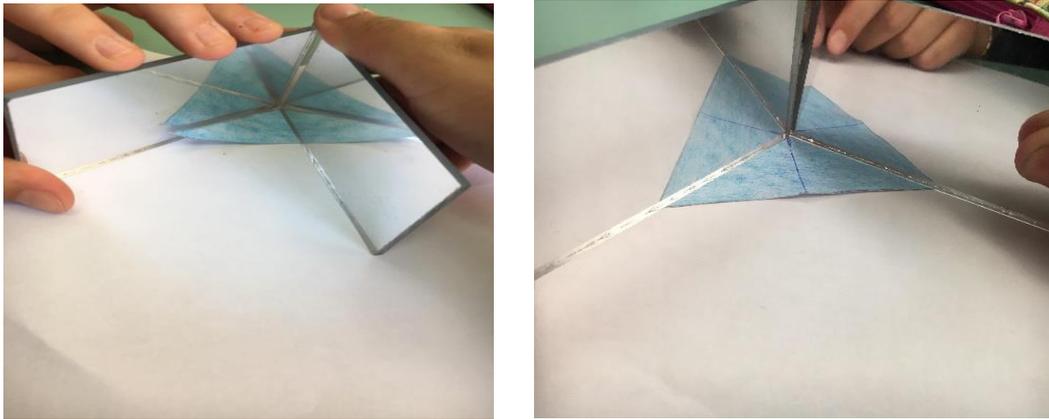


Figura 100 Diversi modi per trovare gli assi di simmetria: a sinistra la figura è stata piegata lungo il proprio asse di simmetria e posta tra gli specchi; a destra gli alunni hanno disegnato con una penna l'asse di simmetria del triangolo.

Tutte queste nuove figure che si compongono nella macchina degli specchi (dai poligoni regolari ai disegni inventati completamente dai bambini) possiedono già intrinsecamente un qualunque tipo di simmetria.

“Maestra io ho provato a disegnare l'altezza del triangolo perché quello è un asse di simmetria, ed è stato riflesso nello specchio e quindi possiamo vedere anche gli altri assi di simmetria”; M.: *“Maestra noi per trovare gli assi di simmetria abbiamo piegato la figura a metà e abbiamo rimpicciolito l'ampiezza dello specchio, si è formata la stessa figura però ora si vedono anche tutti gli assi di simmetria”*.

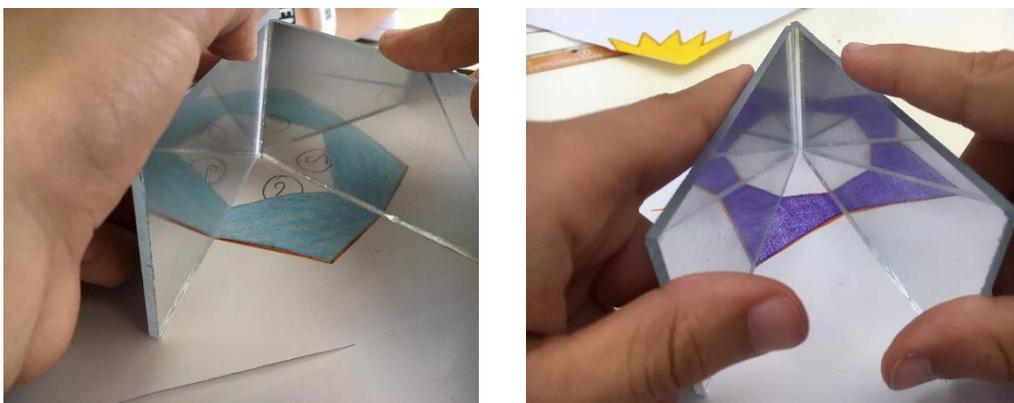


Figura 101 I bambini si sono divertiti a formare diverse forme.

Durante l'attività i bambini si sono divertiti a formare figure diverse con gli specchi (Figura96).

Al termine dell'attività abbiamo discusso su quanto osservato. Grazie a tale discussione, alle immagini scattate durante le attività nonché grazie alle verbalizzazioni ed ai disegni svolti in ogni fase, gli alunni hanno potuto rilevare che al diminuire dell'angolo le immagini aumentano.

Durante la discussione S. ha osservato: *“maestra io ho notato che quando mettiamo una figura nell'angolo di 30° si formano 12 immagini, mentre se mettiamo una figura in un angolo di 120° se ne formano tre”*; *“più è grande l'angolo meno immagini si formano”*.

Inoltre, abbiamo discusso anche sul perché si formano diverse immagini e An ha osservato: *“la luce va da una parte all'altra dello specchio”*; Ma ha detto: *“la luce riflette da una parte all'altra dello specchio e forma tante immagini”*. Durante le diverse attività svolte gli alunni hanno verbalizzato e descritto quanto osservavano.

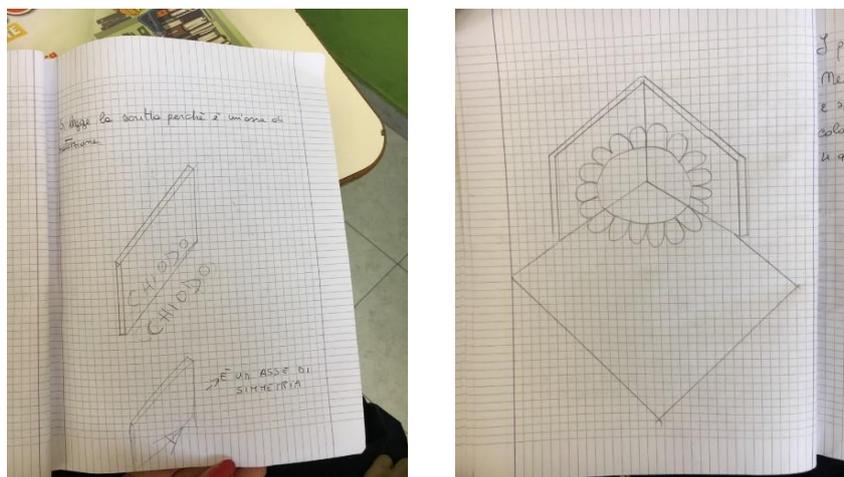


Figura 102 Verbalizzazione delle attività.

Dalla Figura 100 possiamo notare come gli alunni cercano di rappresentare le attività con gli specchi attraverso i disegni più che con le parole. Nella figura a sinistra, ad esempio,

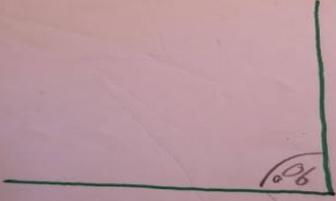
l'alunno per descrivere quanto accadeva nelle attività ha indicato con una freccia la base dello specchio, e scrivendo al suo fianco "è un asse di simmetria". Nella figura a destra, invece, l'alunno si limita a rappresentare graficamente quanto vede riflesso negli specchi. Pertanto, il disegno svolto non è corretto, in quanto le immagini non sono tre, bensì quattro.

SE PIEGHIAMO IL QUADRATO SULLA SUA ASSE-DIAGONALE E POI LO RIAPRIAMO, PONIAMO UNO SPECCHIETTO SOPRA IL SUO ASSE E UN ALTRO SPECCHIETTO SU UN LATO, POSSIAMO NOTARE CHE SE GUARDIAMO NEGLI SPECCHIETTI NOTIAMO TUTTE LE ASSI DI SIMMETRIA DEL QUADRATO

(A)

Se pieghiamo il quadrato sulla sua asse diagonale e poi lo riapriamo, poniamo uno specchietto sopra il suo asse e un altro specchietto su un lato, possiamo notare che se guardiamo negli specchietti notiamo tutte le assi di simmetria del quadrato.

Vedo 3 quadrati in $+1=4$
Vedo che gli assi di simmetria



(B)

Vedo 3 quadrati in $+1=4$

SE PONIAMO UN TRIANGOLO ACUTANGOLO SU UN ANGOLO ACUTO E PONIAMO GLI SPECCHIETTI AI LATI OSSERVIAMO DAGLI SPECCHIETTI CHE CI SONO 12 TRIANGOLI ACUTANGOLI.



(C)

Se poniamo un triangolo acutangolo su un angolo acuto e poniamo gli specchietti ai lati, osserviamo dagli specchietti che ci sono 12 triangoli acutangoli.

Figura 103 Tre estratti dalle verbalizzazioni delle attività.

Attraverso la verbalizzazione della Figur 98A, gli alunni di un gruppo hanno voluto mettere in luce una delle possibili modalità per trovare tutti gli assi di simmetria di una figura con l'utilizzo degli specchi. In questo caso gli alunni hanno ridotto l'angolo compreso tra i due specchi e al suo interno hanno inserito la figura piegata lungo il suo asse di simmetria (Figura 92).

Analizzando quanto detto nella Figura B possiamo notare il diverso modo di esprimersi del bambino. Egli, infatti, nel verbalizzare, a differenza dei compagni, specifica anche se in modo non esplicito che negli specchi le immagini riflesse sono 3, mentre 1 è l'immagine reale che si vede (3+1). A ciò, aggiunge “ = 4■”, per indicare che in totale egli vede quattro quadrati, utilizzando al posto del termine specifico della figura, il suo simbolo.

Inoltre, invece, nella Figura 95 C il bambino indica, utilizzando termini appropriati, il numero dei triangoli che vede non differenziando, come aveva fatto il compagno (Figura 95B), i triangoli virtuali da quello reale.

4.2.6 Attività 6: La rifrazione

Prima di introdurre le proprietà sulla rifrazione ho proiettato sulla LIM le foto scattate nel corso delle attività svolte in precedenza per ripetere quanto appreso e acquisirlo al meglio.

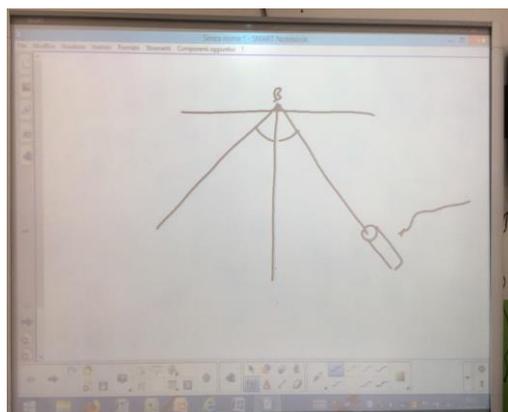


Figura 104 La riflessione

S.: “Maestra la luce colpisce lo specchio e viene riflessa formando una V, infatti la luce viene deviata”; F.: “L’angolo che si forma viene diviso in due parti uguali dalla normale”. Allora ho ripresentato loro lo specchio ed ho chiesto ad un bambino di specchiarsi e di spiegare quanto osservava: “vedo me stesso ruotato e traslato verso dietro”. Successivamente ho posto lo specchio sulla cattedra e ho iniziato a curvarlo, formando così lo specchio concavo e convesso. Durante l’osservazione i bambini hanno notato che in base alla forma dello specchio le immagini apparivano diversamente. L.: “Le immagini si fanno più magre”; Ma.: “le immagini si allungano”; V.: “le immagini si stringono”; R.: “le immagini si rimpiccioliscono”.



Figura 105 Gli alunni osservano le deformazioni dovute ad uno specchio.

L: “sembriamo più grandi”; Mz: “maestra sono più grassa così” Ma: “le immagini sono deformate”.



Figura 106 Gli alunni osservano e discutono sulle deformazioni dello specchio.

Successivamente ho diviso i ragazzi in gruppi da tre ed ho distribuito ad ogni gruppo barattoli di forma diversa attraverso cui osservare gli oggetti e i compagni.

Prima di iniziare a vedere attraverso i vari contenitori, i ragazzi hanno cercato di scomporre le figure solide in figure piane note ai bambini.



Figura 107 I ragazzi cercano di scomporre le figure solide in figure piane.

Successivamente, hanno osservato le parti del viso attraverso i due contenitori: non ci sono cambiamenti *“G. è normale”*; *“l’occhio ha la stessa forma”*; *“io vedo bene L.”*.



Figura 108 I ragazzi osservano le parti del corpo attraverso barattoli vuoti.

In un secondo momento, ho riempito i barattoli, ed ho chiesto loro di ripetere l’osservazione. Durante tale attività i bambini hanno affermato: *“l’occhio è allungato”*; *“le immagini sono deformate”*; *“sembra che ingrandisce”*; *“se guardo attraverso lo spigolo del barattolo a forma esagonale, la figura non è più una sola, ma si triplica”*; *“gli occhiali sono più grandi della faccia”*.



Figura 109 I barattoli con superficie curva riempiti d’acqua sono delle lenti.

Inoltre, L. durante la discussione ha precisato: *“Maestra la parte senza l’acqua non è deformata, solo quella con l’acqua deforma”*.



Figura 110 Osservazione delle parti del corpo attraverso un cubo di plastica trasparente.

Gli oggetti proposti funzionano da lenti d’ingrandimento perché hanno una caratteristica: la superficie curva. Se infatti si osserva attraverso un contenitore con la superficie piana, non vi sono cambiamenti, le immagini restano uguali. Dopo tale osservazione i ragazzi hanno notato che le immagini non venivano deformate. *“La bocca resta uguale”*; *“il viso e gli oggetti non vengono deformati, perché i barattoli dove avveniva la deformazione erano curvi, invece sia in questo che in quello esagonale la forma resta la stessa”*.

La rifrazione, cioè il fenomeno per cui la luce nel passare da un materiale ad un altro, ad es. dall’aria all’acqua, ha effetti particolari quando la superficie di separazione tra due sostanze trasparenti è curva. Accade che i raggi che attraversano questo tipo di oggetto si concentrano in un solo punto, chiamato fuoco. Per questo le lenti di ingrandimento riescono a svolgere la loro funzione.

Per comprendere al meglio il fenomeno della rifrazione ho invitato i ragazzi a mettere dietro al barattolo un pastello, prima verticalmente e poi orizzontalmente.

In base alla posizione del pastello esso sembra spezzarsi o incurvarsi.



Figura 111: Per il fenomeno della rifrazione il pastello, posto perpendicolarmente al piano di appoggio e dietro al barattolo, sembra spezzato.

“Se mettiamo il pastello dietro al barattolo verticalmente, sembra che è spezzato”; L:

“Mettendo il pennarello dietro il bicchiere sembra che si spezza e che la parte spezzata si sposta verso destra”.

S: “Se mettiamo il pastello orizzontalmente rispetto a bicchiere, forma delle curve”.



Figura 112 Il pastello, per il fenomeno della rifrazione sembra incurvarsi.

Questa illusione ottica è dovuta al fenomeno di rifrazione.

I raggi di luce che partono dalla matita posta dietro al cilindro pieno trasparente vengono deviati lungo la superficie creando l'illusione ottica. I nostri occhi e il nostro cervello non sono consapevoli di ciò e vedono la matita diversa da com'è in realtà.

Infine, ponendo due pastelli di colore diverso, possiamo notare che le loro punte si scambiano di colore. *“Il pastello verde ha la punta rossa, e il pastello rosso ha la punta verde”*; *“I pastelli si spezzano e le punte cambiano la posizione”*.

Per comprendere meglio il fenomeno della rifrazione, ho proposto agli alunni un esperimento in grande gruppo per il quale sarà necessario: un laser, un recipiente trasparente abbastanza grande, acqua, una siringa senza ago ed un po' di latte.



Figura 113 Per il fenomeno della rifrazione, i due pastelli sembrano scambiarsi le punte

Ho puntato il laser nell'acqua, e ho fatto osservare il raggio di luce prima in aria (visualizzato con il borotalco) e poi in acqua. Inoltre, ho richiamato l'attenzione degli alunni sul “puntino” del laser che appariva sul soffitto. In tal modo gli alunni hanno visto il raggio incidente, il raggio riflesso e quello rifratto.

Pertanto, variando l'inclinazione del laser, variano allo stesso modo anche gli angoli di riflessione e di rifrazione.



Figura 114 La luce rossa della torcia proviene dall'alto, in parte si riflette sulla superficie dell'acqua in parte attraversa l'acqua, incontra una lente sulla base del bicchiere e forma la macchia rossa sul tavolo.

In un secondo momento, per mostrare loro la deviazione che subisce la luce quando passa da due mezzi con indice di rifrazione differente, in questo caso aria e acqua, con una siringa senza ago ho gettato nel bicchiere qualche goccia di latte e ho ripuntato il laser su di esso. Se il fascio prima non era visibile, ora si può notare la propagazione rettilinea della stessa nel liquido, ma allo stesso tempo anche la sua deviazione nel passaggio da un mezzo all'altro.



Figura 115 Aggiungendo delle gocce di latte, si vede il fascio di luce del laser e il suo cambio di direzione. Nella foto a destra notiamo che una parte di luce del laser viene riflessa sul soffitto.

Durante questa esperienza gli alunni hanno esclamato: *“la luce del laser non sta solo nel bicchiere ma anche sul soffitto”*; *“l'acqua funziona anche come uno specchio”*; *“io vedo*

solo un puntino, non vedo; “quando viene rifratto la luce viene deviata e si piega”; “il latte, come il borotalco, è un ostacolo e quindi fa vedere il fascio del laser”.

Durante la discussione ho mostrato agli alunni un'immagine sulla rifrazione ed ho chiesto loro di provare a spiegarla. In tal modo gli alunni, in una fase successiva alla sperimentazione, hanno definito le proprietà esaminate.

V.: “La luce è passata tra due corpi di diversa densità e si spezza”.

G.: “La luce del laser passa per due corpi con diversa densità e quindi viene deviata e sembra che si spezza”.

L.: “si però una parte di luce viene anche riflessa”;

Ma: “la luce quando passa dall'aria all'acqua viene sia riflessa che rifratta. Infatti, il puntino del laser sta sia sul soffitto sia nel bicchiere. Quando entra nell'acqua la luce viene deviata e quindi sembra che si spezza”.

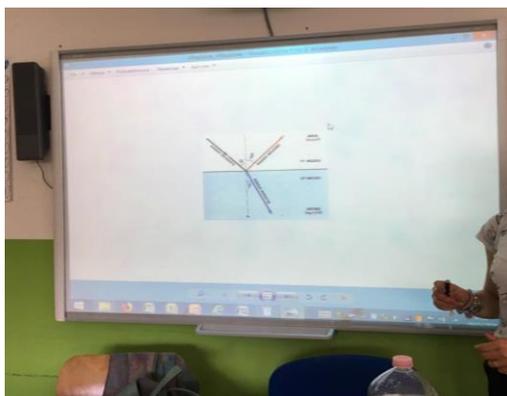


Figura 116 Descriviamo l'immagine e ricaviamo, anche attraverso le esperienze fatte, le proprietà della rifrazione.

Dalla discussione e dagli esperimenti svolti i bambini hanno dedotto che la rifrazione è la deviazione subita dalla luce quando passa da un mezzo ad un altro con indice di rifrazione differente. Peraltro, la luce non viene solo rifratta ma in parte anche riflessa e

gli angoli di rifrazione e di riflessione variano a seconda dell'angolo di incidenza della luce.

4.2.7 Attività 7: Le lenti

L'attività didattica inizia con la ripetizione di quanto svolto durante le precedenti lezioni, mostrando agli alunni le foto scattate nelle varie attività.

Successivamente ho diviso i ragazzi in vari gruppi da tre ciascuno ed ho distribuito ad ognuno di loro un foglio trasparente ed un foglio con alcuni disegni. Inizialmente ho posto sul foglio trasparente una goccia d'acqua ed ho chiesto ai ragazzi di osservare i disegni attraverso essa e di verbalizzare quanto osservavano.

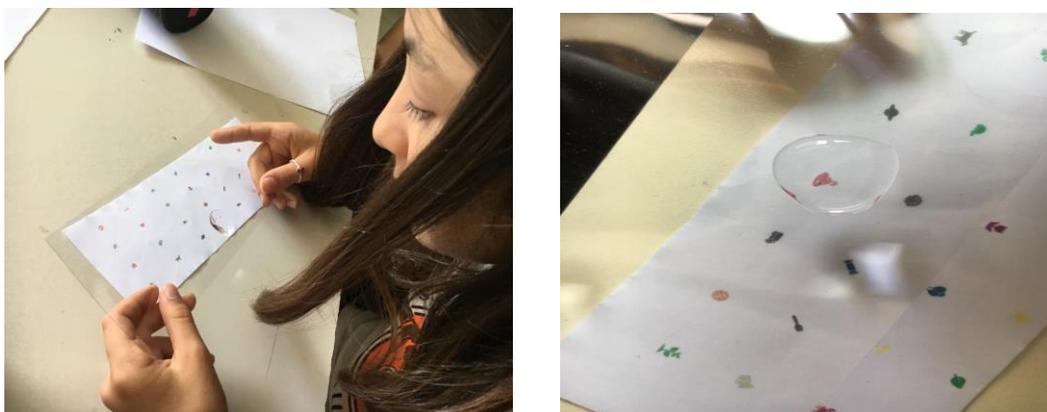


Figura 117 I ragazzi osservano attraverso una goccia d'acqua le figure.

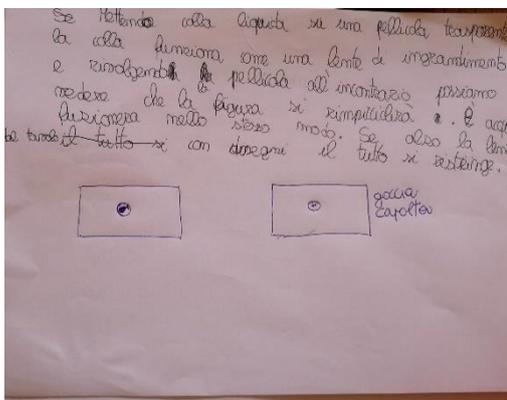
“Se guardo i disegni attraverso la goccia, le immagini diventano più grandi”; “la goccia si comporta come una lente di ingrandimento”; “se allontanano la goccia la figura diventa più piccola”; “maestra guarda, la goccia ha cambiato forma e le immagini sembrano distorte”.



Figura 118 Gli alunni osservano le immagini attraverso le gocce di silicone. Nella foto a destra, una bambina ha toccato la goccia ed ha notato che non funzionava più come una lente: le immagini erano solo deformate.

Successivamente, ho dato a ciascun bambino una goccia di colla liquida trasparente, ed ho chiesto loro di osservare le immagini attraverso di essa.

Le osservazioni fatte dagli alunni durante l'attività sono state: *“anche la colla sembra una lente di ingrandimento”*; *“le immagini sembrano più grandi”*; *“maestra ho toccato la colla, ma ora non ingrandisce più, le immagini sono distorte”*. Successivamente ho chiesto loro di girare la goccia e di descrivere quanto osservavano: *“se giro la goccia al contrario le immagini si rimpiccioliscono”*. Durante le attività i ragazzi hanno verbalizzato e disegnato quanto hanno rilevato dalle diverse attività.



Se mettiamo colla liquida su una pellicola trasparente, la colla funziona come una lente di ingrandimento e rivolgendo la pellicola al contrario possiamo vedere che la figura si rimpicciolirà. L'acqua funziona allo stesso modo. Se alzo la lente dal tavolo le figure si restringono.

Figura 119 Verbalizzazione dell'attività.

Durante la rappresentazione dell'attività, come notiamo dalla Figura 119, i bambini hanno specificato verbalmente la posizione in cui è stata messa la goccia: *“goccia capovolta”*.

In un secondo momento ho distribuito ad ogni gruppo una lente di ingrandimento. Inizialmente ogni bambino poteva analizzare, toccare, e osservare liberamente attraverso la lente di ingrandimento, in seguito abbiamo invece discusso su quanto osservato.

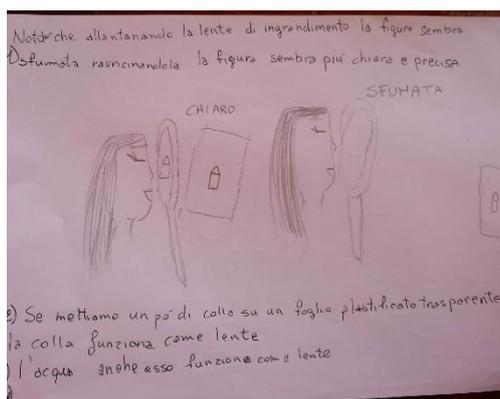
Gli alunni durante le osservazioni hanno affermato: *“la lente di ingrandimento ha due curve sui lati”*; *“la lente è convessa”*; *“se guardo attraverso la lente di ingrandimento mettendo l'occhio molto lontano dalla lente le immagini non sono molto chiare”*.



Figura 120: La lente di ingrandimento a sinistra è posta lontano dal foglio: le immagini sembrano sbiadite; la lente di ingrandimento a destra è posta vicino ai disegni: essi appaiono ingranditi.

Inoltre, Mz durante l'osservazione ha notato che: *“per vedere bene l'occhio non deve stare nè troppo vicino nè troppo lontano dalla lente di ingrandimento”*; *“se avvicino la lente di ingrandimento all'immagine la vedo più grande. Se l'allontano, invece, si rimpicciolisce”*.

Ciò viene riportato anche nella rappresentazione presente nella Figura 121.



Notiamo che allontanando la lente di ingrandimento la figura sembra sfumata, avvicinandola sembra più precisa. La colla funziona come lente. Anche l'acqua funziona come lente.

Figura 121 Verbalizzazione e rappresentazione dell'attività.

Come già osservato da Mt. la lente di ingrandimento mette a fuoco l'immagine e la ingrandisce solo se essa è posta alla giusta distanza dall'occhio. Per far comprendere al meglio tale fenomeno, ho proposto un'attività. Ho preso una torcia e una lente di ingrandimento. Ho posto la lente di ingrandimento davanti al fascio di luce della torcia in modo che questo attraversasse la lente di ingrandimento proiettandosi sulla parete. La distanza tra la torcia e la lente è la *distanza focale*, la distanza tra la lente e lo schermo determina l'ingrandimento e il rimpicciolimento.



Figura 122 I bambini prendono la torcia e la lente e provano a trovare la distanza focale.

I bambini hanno scoperto che bisogna posizionare bene gli strumenti per ottenere un risultato, difatti hanno disposto prima la torcia (sorgente luminosa) e poi la lente.

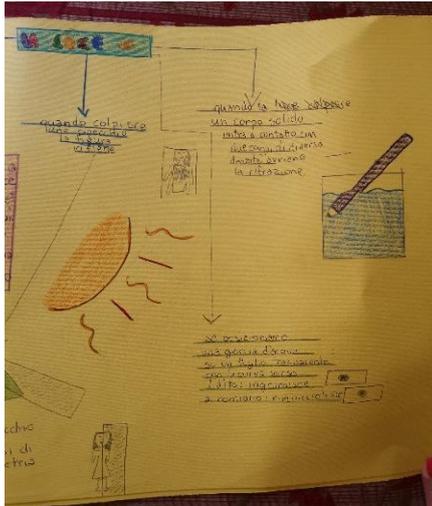


Figura 123 I ragazzi osservano l'attività da svolgere

Avvicinando ed allontanando la torcia e la lente dalla parete l'immagine proiettata viene ingrandita o rimpicciolita: *“Il quadrato si riesce a vedere bene solo se la pila si trova alla giusta distanza dalla lente”*; *“Se ci avviciniamo alla parete, il quadrato si fa più piccolo, se ci allontaniamo diventa più grande”*.

4.2.8 Attività 8: Il cartellone conclusivo

Per verificare quanto gli alunni hanno appreso ed acquisito durante questo percorso didattico, ho deciso di dividerli in gruppi da quattro ragazzi ciascuno e di dare loro un cartellone sul quale creare una mappa concettuale con tutto quello che avevano appreso. Ogni gruppo era libero di realizzarlo come desiderava.



La luce quando colpisce uno specchio la figura si riflette. Lo specchio è un asse di simmetria. Se posizioniamo una goccia d'acqua su un foglio trasparente con la curva verso l'alto: ingrandisce; al contrario: rimpicciolisce. Quando un corpo solido entra in contatto con due corpi di diversa densità avviene la rifrazione.

(A)

Nella Figura 124 A, ho riportato solo un estratto del lavoro svolto dai bambini.



La rifrazione: Se la luce attraversa due corpi trasparenti di diversa densità, torna indietro deviando leggermente direzione. **La riflessione:** Se la luce colpisce una superficie liscia e lucida (specchio), avviene la riflessione. **La diffusione:** Se la luce colpisce una superficie ruvida, torna indietro e si diffonde in tante direzioni: è così che i nostri occhi percepiscono la luce.

(B)

Figura 124 I due cartelloni rappresentano i lavori finali di due gruppi.

Osservando la Figura 124 (B) possiamo notare che il lavoro, a parere mio, è ben svolto dagli alunni: hanno saputo sintetizzare le diverse attività utilizzando un linguaggio appropriato alla loro età. Per ogni argomento trattato hanno fatto il relativo disegno per rendere più chiaro ciò che intendevano. Pertanto, hanno analizzato i fenomeni di

rifrazione, di riflessione, di diffusione della luce, e, inoltre, hanno sviluppato esempi sulla propagazione rettilinea della luce e sulle lenti di ingrandimento. Nella Figura 124 A è possibile notare come gli alunni hanno cercato di descrivere i fenomeni osservati raccontando le esperienze svolte in classe, senza però dare una vera e propria definizione all'argomento trattato. Hanno, infatti, spiegato l'effetto della rifrazione attraverso l'esempio della matita: inserendo la matita in un bicchiere d'acqua essa appare spezzata, o anche il funzionamento delle lenti di ingrandimento attraverso l'attività svolta con le gocce di acqua (Figura 118). Pertanto, a differenza del cartellone 124 B, gli alunni hanno utilizzato un linguaggio meno appropriato per descrivere i fenomeni osservati, come ad esempio *“quando un corpo solido entra in contatto con due corpi di diversa densità”*, più precisamente a risultare inappropriato è il termine “corpo”, da sostituire con “luce” nel primo caso e con “mezzi” nel secondo e terzo caso.

4.3 Interviste agli insegnanti

Il punto di vista degli insegnanti coinvolti nelle sperimentazioni è di fondamentale importanza per la valutazione dell'efficacia dell'intervento e per raccogliere indicazioni sulla diffusione e la condivisione di ciò che è stato realizzato. Nel seguito sono riportate due interviste, la prima alla maestra coinvolta nella sperimentazione all'I.C di Piano di Sorrento, che ho realizzato, la seconda ad una maestra-ricercatrice dell'I.C. Madonna Assunta di Bagnoli (Napoli) coinvolta da anni in attività che coinvolgono insegnanti della sua scuola e ricercatori in didattica della matematica e della fisica

4.3.1 Intervista alla maestra Serafina Miniero

Al termine del percorso didattico, per avere un riscontro anche con la docente che mi ha affiancata nelle attività, ho deciso di farle un'intervista, per poter valutare le metodologie messe in atto ed allo stesso tempo cogliere i punti di criticità del percorso stesso al fine di migliorarlo.

- Cosa ne pensate del progetto svolto?

Sono davvero entusiasta del percorso svolto. In prima persona sono riuscita ad imparare tanto nonostante i miei anni di servizio. Le attività svolte sono state davvero interessanti e motivanti per gli alunni. Ho particolarmente apprezzato i giochi sugli specchi. Scoprire cosa sono gli assi di simmetria attraverso giochi così accattivanti potrebbe essere una buona strategia da utilizzare. Se devo dire la verità queste attività sono state anche un momento di verifica per me, per rendermi conto delle conoscenze acquisite dagli alunni nel corso dell'anno scolastico.

- Quali sono stati, secondo lei, i punti di forza del percorso?

A parer mio il punto di forza di tale percorso è la metodologia del learning by doing accompagnato sempre dal problem solving.

- Quali i punti di criticità?

Non ho riscontrato particolari punti di criticità. Ritengo la metodologia utilizzata pienamente valida. Forse avrei ridotto il numero degli incontri.

- La metodologia utilizzata la ritiene valida ai fini del processo di insegnamento-apprendimento?

Si, pienamente. Come ho già affermato prima, ritengo il learning by doing e in particolar modo il problem solving delle metodologie fondamentali ed indispensabili per la crescita sia personale che intellettuale degli alunni. Il porre i bambini di fronte a problemi di vario tipo e motivarli nella ricerca di possibili soluzioni li aiuta a ragionare, a confrontarsi con i pari ed a cercare la soluzione migliore al problema analizzato.

- Ritiene tale metodologia estendibile ad altre discipline?

Assolutamente sì. L'imparare facendo e la discussione di gruppo dovrebbero essere dei pilastri nell'insegnamento di tutte le discipline.

- Nei momenti successivi alle attività, quali sono state le impressioni degli alunni?

Gli alunni hanno chiesto sempre di te. Dopo le attività spiegavano alle docenti quanto sperimentato e scoperto con entusiasmo.

- Pensa che abbia avuto effetti positivi nell'apprendimento degli argomenti trattati?

Assolutamente sì. I bambini si sono divertiti ma allo stesso tempo hanno approfondito alcuni argomenti studiati nel corso dell'anno scolastico ed imparato tante cose nuove.

Sono rimasta particolarmente sorpresa dall'interesse e l'impegno dimostrato da An., A., C., che nonostante le loro difficoltà nell'apprendimento e nel porre attenzione, hanno lavorato molto bene e con entusiasmo, facendo anche molti interventi soddisfacenti.

- Cosa ne pensa della cooperazione ai fini didattici dell'apprendimento?

La cooperazione è davvero importante nel processo di insegnamento-apprendimento. Gli alunni devono imparare a collaborare con i propri compagni, ad aiutare chi ne ha bisogno ed a chiedere aiuto nel caso di necessità. È importante che imparino a collaborare, confrontarsi sempre nel massimo rispetto per portare a termine un lavoro comune.

- Pensa che la discussione sia una valida metodologia per stimolare gli alunni alla riflessione e all'apprendimento?

Si. Durante le mie ore di lezione io cerco sempre di discutere con i miei alunni su qualche tematica. Penso che anche i collegamenti interdisciplinari, come hai fatto tu in questo progetto collegando la matematica, la fisica, la geografia, sia fondamentale per l'apprendimento degli alunni. Imparano a vedere una stessa cosa sotto diversi punti di vista. Durante la discussione i bambini riescono anche a portare a galla le loro conoscenze, le esperienze di vita che li aiutano nella riflessione sui fenomeni analizzati.

- Nella sua opinione, lei ritiene che alla lezione tradizionale, sia preferibile sostituire forme di lezioni maggiormente coinvolgenti?

Tutti dovrebbero utilizzare metodologie più coinvolgenti nella pratica didattica. Soprattutto in una società come questa, gli alunni hanno bisogno di essere continuamente motivati e stimolati, ed è il docente che deve cercare le giuste metodologie capaci di catturare la loro attenzione. Se i bambini giocano apprendono più cose e con più entusiasmo.

4.3.2 Intervista alla maestra Olga Mautone²¹⁹

Da anni, nella Scuola Primaria del nostro Istituto, si è realizzata una collaborazione con gli istituti universitari che si interessano di didattica della fisica e della matematica.

²¹⁹ L'esperienza di Olga Mautone è in parte rappresentata nel documentario "Tempo Pieno" che racchiude oltre quarant'anni di storia di pedagogia attiva, una filosofia alternativa di didattica dal basso. Il documentario è firmato da Lorenzo Cioffi sulla scuola Madonna Assunta di Bagnoli. Se ne consiglia la visione!

Questa collaborazione ha fatto sì che, nelle nostre classi, si sono sperimentate nuove strategie di insegnamento/apprendimento nelle discipline matematiche e fisiche, che hanno coinvolto docenti e bambini: dalla sperimentazione su come sviluppare competenze aritmetiche (percorsi sperimentali sulla costruzione del senso del numero, di operazione, di frazione, nei loro diversi significati e nelle diverse applicazioni) all'intreccio tra matematica e fisica e alla costruzione di regole, esplorando diverse fenomenologie, dalla propagazione della luce e del suono, al galleggiamento, alle "molle". Il tempo scuola, un tempo lungo di 40 ore settimanali, ha permesso di dedicare tutto il tempo che è necessario

- *per incontrarsi, dentro e fuori la scuola, con gli esperti ricercatori, matematici e fisici dell'Università Federico II e di Suor Orsola Benincasa,*

- *per discutere, individuare i bisogni di formazione e di ricerca, progettare e "sperimentare", insieme ed in prima persona, possibili itinerari didattici;*

- *per poi realizzarli nell'ambito delle classi i cui docenti hanno partecipato alla fase di programmazione e di ricerca.*

Questo scambio continuo, tra:

- *ciò che le ricerche nell'ambito delle scienze cognitive, le didattiche delle discipline, gli obiettivi che la scuola deve concorrere a raggiungere sul piano delle conoscenze e delle competenze*

- *e le classi "reali" di bambini, i loro bisogni, le loro idee su come funzionano le cose, i loro tempi di apprendimento, di rielaborazione di confronto/scontro tra quello che pensano e quello che vedono accadere, nonché con quello che dicono o riescono a dire, è il presupposto per una vera ricerca sul piano delle sperimentazioni didattiche.*

Non bisogna, in tutto questo, tralasciare le figure degli insegnanti che vi partecipano, con le loro visioni del mondo ed i loro bisogni. Questa collaborazione ha trovato spazio, ragione e successo nella nostra scuola, dove, in parallelo alle sperimentazioni nelle classi, negli anni passati, c'è stata una costante formazione tra i docenti.

I miei ricordi personali vanno molto indietro nel tempo, quando appena entrata nel mondo della scuola come insegnante, ho avuto la fortuna di incontrare al Seminario Didattico della Università Federico II il Prof. Paolo Guidoni. Da quell'incontro ne sono seguiti infiniti con Guidoni e con il suo gruppo di collaboratori, che sono stati, per i docenti di Madonna Assunta, il "motore" di una grande rivoluzione nell'insegnamento delle discipline scientifiche.

È stata così realizzata una vera crescita, personale e professionale, per i docenti ed una riuscita sul piano degli apprendimenti, per i bambini, di grande successo. Questa pratica educativa e didattica, che si è attuata in questi anni, ha significato una "crescita" per tutta la scuola.

Il limite di un'esperienza come questa? Io credo che tutto sia riconducibile alla passione e agli interessi dei docenti dei vari ordini di scuola e dei docenti universitari che si interessano di didattica. C'è bisogno che ci sia un incontro tra le diverse "passioni": passione per l'insegnamento, per la conoscenza, per la relazione tra le persone, l'amore per collaborare, la disponibilità al confronto, la fiducia nelle nuove strategie come la fiducia nel "perdere tempo", il desiderio d'imparare, sempre. È la passione che non deve mancare perché, se non c'è, non ottieni alcun risultato.

Ho sempre incontrato dirigenti che, di fronte alle mie proposte di sperimentazione didattico-scientifica, come quelle che stiamo realizzando in questi ultimi anni, hanno aperto le porte della scuola; ed ho altresì incontrato docenti che, molto motivati e con la

voglia di “osare”, hanno accolto le varie proposte; purtroppo e a volte, ho anche incontrato difficoltà nel coinvolgere docenti poco interessati a mettersi in gioco ed in discussione, poco attenti ai bisogni ed alle motivazioni degli alunni, poco disponibili a lasciare vecchie abitudini e metodi di insegnamento. Spesso il docente non ritiene opportuno sperimentare nuovi percorsi didattici e metodologici, per il timore di non raggiungere quegli obiettivi previsti dalle Indicazioni Nazionali o dai programmi disciplinari; spesso non riesce ad avere fiducia nel “tempo”! Nel tempo che ci vuole perché le cose accadano, le esperienze che si fanno sedimentino, le idee, disordinate all’inizio, prendano forma e ordine, la costruzione delle conoscenze si strutturi.

La relazione tra la nostra scuola e l’università, tra un gruppo di docenti ricercatori della scuola primaria ed i docenti accademici sperimentatori, ha una lunga tradizione, come ho già accennato precedentemente: la storia, partita con un esiguo numero di docenti (se ben ricordo, quattro di noi, ma parlo di anni ben lontani!!) motivati, incuriositi, desiderosi di apprendere, soprattutto nell’ambito della matematica e delle scienze, interessati a questioni inerenti al metodo, al linguaggio e al “fare”, ha coinvolto altri docenti che riconoscevano, in questa pratica educativa, fattori positivi sul piano cognitivo e motivazionale; e non solo. Nelle classi dove si sono realizzate le diverse sperimentazioni, si notava con evidenza un clima collaborativo e costruttivo: accoglienza, affettività, accettazione di tutte le ipotesi, di tutte le idee, sospensione del giudizio e capacità di discutere e confrontarsi, nel desiderio di scoprire, di capire, di costruire insieme conoscenza e cultura. Le classi vivevano, in una dimensione di “laboratorio”, di “esplorazione”, “scoperta”, le attività scolastiche. Le classi, bambini, docenti e ricercatori, crescevano insieme nella relazione educativa nella sua totalità.

Per concludere, vorrei aggiungere che, oggi, sembra piuttosto difficile recuperare quel clima che ci ha caratterizzato per anni, un clima di entusiasmo, libertà, respiro e possibilità (anche di sbagliare!). Perché la scuola, tutta, non solo la nostra, si è burocratizzata eccessivamente: tra dichiarazioni formali di quanto vorresti realizzare, documentazione da produrre, prima, dopo e durante le attività programmate, relazioni in cui devi definire, a priori, gli aspetti metodologici che devono essere coerenti con i contenuti delle discipline e con gli obiettivi da raggiungere, a breve, a medio ed a lungo termine, finendo per dare tutta la tua energia a questo e non più alla tua ricerca!

Io sono contenta di andare in pensione, oggi!!!!

CONCLUSIONI

Al termine di questa esperienza non posso non esprimere l'entusiasmo che mi ha accompagnata nel corso della sperimentazione e continua a persistere in me nello scrivere di quanto ho vissuto ed imparato. Il lavoro di tesi e, in particolar modo, l'attuazione della sperimentazione nella scuola primaria mi ha resa ancor più consapevole di quanto le giuste metodologie possano favorire l'apprendimento degli alunni, aiutandoli nell'acquisizione di quelle competenze necessarie a risolvere ed affrontare i problemi della vita quotidiana.

Purtroppo, oggi giorno molte sono le insegnanti che considerano il laboratorio come un accessorio della pratica didattica, non consapevoli di quanto esso possa essere formativo per gli alunni.

Sarebbe, perciò, necessario cambiare modo di fare ma, soprattutto, di pensare all'insegnamento favorendo una metodologia che si radichi nel metodo di esplorazione e modellizzazione delle esperienze scientifiche e che si ponga come obiettivo quello di sviluppare le capacità riflessive e di indagine degli alunni, attraverso interventi didattici che li pongano in continue situazione di problem solving. A questo proposito, gli Istituti Comprensivi dovrebbero offrire continue occasioni di formazione e di aggiornamento per i docenti, aiutandoli così a sviluppare ed incentivare la propria professionalità. Un'insegnante, infatti, non può basare la propria didattica solo sui saperi disciplinari, bensì necessita di competenze relazionali, organizzative, metodologiche, valutative e tecnologiche che gli permettano di affrontare al meglio le situazioni problematiche nonché gli imprevisti che incontrano nella quotidianità scolastica. In questo senso, ruolo primario assumono gli Istituti Comprensivi, i quali dovrebbero entrare in relazione con

enti esterni, associazioni e con ricercatori, non solo per ampliare la propria offerta formativa, ma anche per aiutare gli stessi docenti a migliorare ed a trovare nuove metodologie volte alla crescita ed allo sviluppo di ogni singolo alunno.

Sono stata davvero fortunata ad avere la possibilità di interagire con l'esperienza dell'Istituto Comprensivo "Madonna Assunta" che, in stretta collaborazione con ricercatori universitari, attua percorsi didattici di ricerca al fine di migliorare il processo di insegnamento apprendimento. Peraltro, grazie al corso di Elementi di Fisica ed alla sperimentazione svolta in classe, ho imparato a guardare l'insegnamento delle materie scientifiche in modo differente, comprendendo ancor di più l'importanza che assume nella crescita di ogni singolo alunno aiutandolo a guardare con occhi critici quanto lo circonda e, al contempo, favorendone l'inclusione sociale.

Particolarmente apprezzate sono state le attività con gli specchi: gli alunni, infatti, si sono divertiti a disegnare e creare figure simmetriche sia attraverso il proprio corpo che attraverso svariati disegni.

Inoltre, l'aver messo in relazione la geometria euclidea e l'ottica geometrica ha permesso loro di guardare vari aspetti della vita quotidiana con occhi differenti. Difatti, la fisica e la geometria sono due discipline strettamente legate tra loro sicché tale legame andrebbe senza dubbio valorizzato anche nella pratica didattica.

Peraltro, nella realizzazione del percorso didattico, la curiosità e l'interesse degli alunni sono stati di fondamentale importanza, tant'è che il coinvolgimento attivo di tutti è stato determinante nel far sì che i bambini si appassionassero alle attività cui volta per volta sono stati sottoposti. Persino coloro che generalmente hanno difficoltà nell'apprendimento e nella concentrazione si sono impegnati attivamente in ogni fase delle attività, partecipando con sorprendenti interventi alla ricerca di possibili spiegazioni

delle problematiche oggetto d'indagine. Non c'è stata attività in cui gli alunni non abbiano esclamato: “maestra perché succede questo?”. Ed è stato davvero sorprendente vedere come, da un semplice punto di domanda sono state tratti numerosi spunti di riflessione, attraverso ipotesi e supposizioni volte a cercare una soluzione ai problemi posti. La loro incessante curiosità, infatti, ha dato vita ad interessanti brain storming ed accesi dibattiti in cui si è cercato di dare risposta ai numerosi interrogativi sollevati. È stato proprio l'osservare e il definire le proprietà dei fenomeni ad entusiasmare gli alunni. Inoltre, particolarmente apprezzata è stata la metodologia del cooperative learning, grazie alla quale i bambini hanno collaborato al fine di scoprire ed analizzare i fenomeni osservati. Quanto svolto ha senza dubbio evidenziato l'importanza del learning by doing e del problem solving quali metodologie fondamentali per facilitare l'apprendimento degli alunni e, soprattutto, per acquisire competenze sempre più dettagliate in campo scientifico. Spero che questo lavoro possa essere utile ad insegnanti che intendono progettare interventi didattici nei quali possa emergere con forza la relazione tra realtà fisica e l'ottica geometrica, aiutandoli a guardare il mondo della didattica delle scienze in modo differente.

In conclusione, questo percorso ha rappresentato per me una vera opportunità di crescita personale e professionale, e mi ha aiutato a mettere in pratica quanto studiato nel corso del quinquennio universitario (e non solo). Pertanto, mi ha aiutata a guardare il mondo della didattica con occhi diversi, più maturi e consapevoli di chi voglio essere e di quali valori e competenze voglio lasciare ai miei futuri alunni. Spero che al più presto avrò una classe e degli alunni a cui poter mostrare quanto ho imparato, nonché l'amore e la passione verso una educazione scientifica che miri allo sviluppo complessivo dei bambini

BIBLIOGRAFIA

- A.N.F.I.S., *I mediatori didattici in una prospettiva per competenze*, 2017 in, http://www.scuoladiarzachena.it/attachments/article/787/8%20I_Mediatori_didattici_nella_Didattica_per_competenze_NEW_3.pdf.
- Acerbi F. (a cura di), *Euclide Tutte le opere*, Bompiani, 2007.
- Amaldi U., *L'Amaldi 2.0*, cap. 17, Zanichelli editrice, Bologna, 2010.
- Amaldi U., *Suono e luce, induzione e onde elettromagnetiche*, cit., p. 429.
- Cajola C. L. & Ciraci A. M., *Didattica inclusiva. Quali competenze per gli insegnanti*, Armando Editore, 2013.
- Cambi F., *Le pedagogie del Novecento*, Editori Laterza, Firenze, 2008.
- Castelnuovo E., «Geometria intuitiva», Prefazione, giugno 1948.
- Castelnuovo E., *La via della Geometria*, La nuova Italia, Firenze, 1996.
- Cerini G., *Istituti comprensivi di "quarta" generazione*, 2018, in, www.edscuola.it/archivio/riformeonline/istituti_comprensivi_di_quarta.htm.
- Cerini G., *Istituti comprensivi: e adesso?*, 2018, in, www.edscuola.it/archivio/riformeonline/comprensivi.html.
- Cross C. T., Woods T. A., and Schweingruber H., Editors, *Mathematics Learning in Early Childhood: Paths Toward Excellence and Equity*; National Academies Press, Committee on Early Childhood Mathematics; National Research Council.
- Cutnell J. D., Johnson K.W., *Elementi di fisica*, Zanichelli, 2010.
- D'alterio G., *L'autonomia scolastica*, in, http://www.edscuola.it/archivio/ped/autonomia/autonomia_scolastica.pdf.
- Damiano E., *I mediatori didattici. Un sistema d'analisi dell'insegnamento*, IRSSAE Lombardia, Milano, 1989.
- Facoltà di Scienze MM.FF. NN, Progetto LLP-POR Regione Campania, *Educazione scientifica e matematica nella Scuola dell'infanzia*.
- Fiorentini C., *Il curricolo verticale*, 2012, in, <http://www.edscuola.eu/wordpress/?p=12584>.

Fiorentini C., *Immagini della scienza e competenze scientifiche*, CIDI Firenze, www.cidifi.it/immagini_della_scienza.htm.

Frabboni F., *Verso una scuola delle competenze*, in, www.anpmarche.it/bom/bo/allegati/files/230_5frabbon.doc.

Gruppo di Coordinamento e di Supervisione delle Attività di Tirocinio (a cura di), *Lecture consigliate in autoformazione*, *Lecture consigliate in autoformazione T3*.

La Repubblica, *L'innata intuizione euclidea dello spazio*, 2011, in, http://www.lescienze.it/news/2011/05/25/news/1_innata_intuizione_euclidea_dello_spazio-551934/.

Lagreca A., *La narrazione come processo di facilitazione del sapere*, 2017, in, <http://www.edscuola.eu/wordpress/?p=89531>.

Laurillard D., *Insegnamento come scienza della progettazione*, Franco Angeli, Milano, 2014.

Manara R., *Perché Geometria*, Convegno MAPES Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano, 2017, in: docenti.unimc.it/doriana.fabiani/teaching/2017/17773/files/lezione-6-del-27.10.2017-modulo-3/perche-la-geometria-raffaella-manara.

Marzocca F., *Il nuovo approccio scientifico verso la transdisciplinarietà*, Edizioni Mythos, 2014, in, https://cirettransdisciplinarity.org/biblio/biblio_pdf/eBook_Transdisciplinarity.pdf.

Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca, *Autonomia scolastica*, in <http://www.istruzione.it/archivio/web/istruzione/famiglie/autonomia-scolastica.html>.

Ministero della pubblica Istruzione, *Il curriculum nella scuola dell'autonomia*, 2007, in, https://archivio.pubblica.istruzione.it/news/2007/allegati/curricolo_indicazioni.pdf

Ministero della pubblica Istruzione, *Indicazioni nazionali per il curriculum della scuola dell'infanzia e del primo ciclo d'istruzione*, 2012.

Piaget J., seminario Internazionale 1970, reperibile in: Cristiana Simonetti, *Educazione famiglia e territorio: una triade educativa da riscoprire*, 2016 in sibaese.unisalento.it/index.php/mizar/article/download/16490/14185.

Puleo R., Rossetti L., Mori L., Corazza I., *La discussione come metodo di apprendimento*, novembre 2014, in, www.cespbo.it/testi/2015_2/Discussione.pdf, .

Renda E., *La didattica delle scienze nella scuola primaria: il ruolo del laboratorio nello sviluppo della conoscenza scientifica*, 2012, in http://math.unipa.it/~grim/QRDS_2012_Renda.pdf.

Ruffo G., *Fisica: lezioni e problemi*, cap. 14, Zanichelli, 2010.

Russo L., *Lezioni di Storia e didattica delle scienze esatte*, Lezione 1, 2013. Reperibile al link <http://crf.uniroma2.it/wp-content/uploads/2013/02/Lezione1.pdf>.

Russo L., *Lezioni di Storia e didattica delle scienze esatte*, Lezione 2, 2013. Reperibile al link <http://crf.uniroma2.it/wp-content/uploads/2013/02/Lezione2.pdf>.

Sabella N., *Dirigente scolastico e organi collegiali; chi deve fare cosa dopo la Riforma?*, 2017, in, <https://www.orizzontescuola.it/guida/dirigente-scolastico-e-organi-collegiali-chi-deve-fare-cosa-dopo-riforma/>.

Studi e documenti degli Annali della Pubblica Istruzione 83, *Gli istituti comprensivi innovazioni Organizzative e curriculari nel quadro dei processi di cambiamento del sistema scolastico*, Le Monner, 1998.

Summa I., *Autonomia di ricerca, sperimentazione e sviluppo*, in http://www.storiairreer.it/sites/default/files/Irreer_Materiali/2002%2008%20summa%20autonomia%20IE%203-4.pdf.

Umberto Landi, *Gli Istituti comprensivi come luoghi di coesistenza/ convivenza di identità culturali/ professionali diversificate*, in, <http://www.edscuola.it/archivio/didattica/comprensivi.html>.

SITOGRAFIA

<http://icmadonna-assunta.gov.it/>.

<http://www.comprensivocepagatti.gov.it/documenti/Dipartimenti%20as%202014-2015.pdf>.

<http://www.icmattioli.it/wordpress/wp-content/uploads/2017/01/Methodologie-e-strumenti-progettazione-curricolo-verticale-per-competenze-Capperucci.pdf>.

<http://www.math.it/tutorial/trasformazioniGeometriche/trasformazioniGeometriche.pdf>.

RINGRAZIAMENTI

Al termine di questo lavoro ci tengo a ringraziare il professore Emilio Balzano che ha guidato il mio lavoro ed allo stesso tempo ha curato la mia formazione professionale con grande senso di empatia nei miei confronti. È stato sempre pronto a guidarmi ed a sostenermi in tutto il percorso. Ma lo ringrazio ancor di più per i suoi insegnamenti: farò tesoro di ogni parola spesa, ogni consiglio, ogni esperienza vissuta o raccontata, nella speranza che un giorno potrò non solo trasmettere quanto appreso ai miei futuri alunni, ma collaborare con docenti vogliosi di cooperare e mettersi in gioco in nuove esperienze. Il sogno di diventare insegnante non è esistito da sempre, ma colui che in primis è riuscito ad aiutarmi a tirar fuori questa mia passione è stato mio suocero, Emanuele, grazie al quale ho scavato dentro di me ed ho compreso realmente cosa volessi fare nella vita; ed è per questo che non finirò mai di ringraziarlo.

Questi cinque anni universitari non solo mi hanno dato l'opportunità di realizzare il mio sogno, ma mi hanno permesso di conoscere delle persone speciali che più che colleghe sono diventate delle vere amiche: Giusy, Sara, Anna e Arianna. Grazie alla loro allegria ed alla loro simpatia ogni momento condiviso è diventato un ricordo unico che porterò nel cuore.

Immensa gratitudine va alla maestra Beatrice, che con amore e tanta pazienza mi ha aiutata nel mio percorso di crescita non solo professionale ma soprattutto personale.

Non posso non ringraziare Fifi, la mia amica dell'infanzia, colei che mi ha sempre teso la mano, nonostante la lontananza. Abbiamo vissuto momenti indimenticabili ed ora la vita ci ha portato a condividere anche la stessa passione: l'insegnamento. Spero che i nostri sogni possano avverarsi.

Ringrazio Erica, Kikka, Palma e Franci per il sostegno che mi hanno dato in questi anni.

Ringrazio tutti i miei amici ed in particolar modo Cleme e Mary per tutti i momenti condivisi insieme, ma ancor di più per esserci sempre state per me.

Ringrazio la mia famiglia per tutto quello che hanno fatto per me, soprattutto nei momenti di maggiore difficoltà. In particolar modo ci tengo a ringraziare mia sorella, Stefania, la mia ancora di salvezza. La persona sulla quale so di poter sempre contare sia nel bene che nel male. Grazie per tutto quello che hai fatto e che fai per me.

Ringrazio mia mamma e mio fratello per aver gioito con me in ogni momento di successo ed avermi regalato un abbraccio e delle parole di conforto nei momenti di maggiore difficoltà. Non esistono parole per descrivere l'amore che provo nei vostri confronti. In questo giorno così speciale per me, non posso non ricordare i miei due angeli più belli, mio padre e mio nonno. Siente e sarete per sempre nel mio cuore.

E per finire un grazie speciale va a Carlo: colui che ha sempre creduto in me e con pazienza e amore mi ha sostenuto e mi sostiene ancora quotidianamente in tutto quello che faccio. Spero che la vita ci riservi un bel futuro, INSIEME.