



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
SUOR ORSOLA  
BENINCASA

DIPARTIMENTO DI  
SCIENZE FORMATIVE, PSICOLOGICHE E DELLA  
COMUNICAZIONE

CORSO DI LAUREA

SCIENZE DELLA FORMAZIONE PRIMARIA

TESI DI LAUREA  
IN  
ELEMENTI DI FISICA

CORPO E MENTE NELLO SPAZIO:  
UN PERCORSO DIDATTICO TRA ASTRONOMIA,  
GEOMETRIA E FENOMENI FISICI

Relatore

Prof.  
Emilio Balzano

Candidata Francesca  
Mazzeo

Matricola 208005403

*A mia madre, la mia luce;  
colei che mi ha insegnato a lottare  
e non arrendermi difronte agli imprevisti della vita.*

*A mia sorella Caterina,  
la mia guida, il mio modello di vita.*

*A te che più di chiunque altro avresti voluto esserci,*

*Nonno Giuseppe.*

## INDICE

<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>5</b>
<b>1 SPERIMENTAZIONE E RICERCA EDUCATIVA</b> .....	<b>9</b>
<b>1.1 Una riflessione pedagogica: insegnare</b> .....	<b>9</b>
<b>1.2 Educazione scientifica e formazione degli insegnanti</b> .....	<b>10</b>
<b>1.3 L'osservazione</b> .....	<b>15</b>
1.3.1 <i>La (non) neutralità dell'osservazione</i> .....	16
1.3.2 <i>L'osservazione formativa</i> .....	18
<b>1.4 La valutazione</b> .....	<b>19</b>
1.4.1 <i>Modi e strumenti per valutare</i> .....	22
<b>2 LA LUCE</b> .....	<b>24</b>
<b>2.1 Le origini della natura fisica della luce</b> .....	<b>25</b>
<b>2.2 La natura fisica della luce</b> .....	<b>28</b>
2.2.1 <i>Onde Elettromagnetiche</i> .....	29
2.2.2 <i>La velocità della luce</i> .....	30
2.2.3 <i>Fronte d'onda e raggi ottici</i> .....	32
<b>2.3 L'ottica: studi sulla propagazione della luce</b> .....	<b>34</b>
2.3.1 <i>La propagazione della luce nei mezzi materiali</i> .....	38
<b>3 UN PERCORSO INTERDISCIPLINARE</b> .....	<b>41</b>
<b>3.1 Pensiero spaziale, geometria e fenomeni fisici</b> .....	<b>42</b>
3.1.1 <i>La geometria euclidea</i> .....	44
3.1.2 <i>L'applicazione geometrica delle ombre</i> .....	46
<b>3.2 Cenni di geografia astronomica e geometria solare</b> .....	<b>48</b>
3.2.1 <i>Le ombre generate dal movimento solare</i> .....	50

3.3	<i>Astronomia, geografia e geometria</i>	53
3.4	<i>Progetto Globo Local: il mappamondo parallelo</i>	56
<b>4</b>	<b>LA SPERIMENTAZIONE</b>	<b>60</b>
4.1	<i>La classe interessata</i>	60
4.1.1	<i>I traguardi per lo sviluppo delle competenze e degli obiettivi</i>	61
4.1.2	<i>Le metodologie</i>	62
4.1.3	<i>Mediatori didattici e disposizione degli spazi e dell'ambiente di apprendimento</i>	62
4.2	<b>Attuazione</b>	<b>63</b>
4.2.1	<i>Cosa, come e dove osserviamo</i>	64
4.2.2	<i>Vicino-Lontano</i>	67
4.2.3	<i>Il mio sguardo tra angoli e traiettorie</i>	73
4.2.4	<i>Le ombre</i>	80
4.2.5	<i>Le ombre solari</i>	86
4.2.6	<i>Raggio divergenti e raggi paralleli</i>	94
4.2.7	<i>Lo gnomone: il "percorso" del sole</i>	98
4.2.8	<i>Il mappamondo parallelo</i>	107
<b>5</b>	<b>IN UNA OTTICA DI FORMAZIONE CONTINUA</b>	<b>115</b>
5.1	<b>Intervista a Oreste Brondo</b>	<b>117</b>
	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>125</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>131</b>
	<b>SITOGRAFIA</b>	<b>133</b>

## INTRODUZIONE

Il presente lavoro nasce dalla voglia, prima come discente e poi come docente, di apprendere.

Durante questi anni ho constatato che l'apprendimento è sempre un avventurarsi in qualcosa di nuovo, e si tratta di un processo che necessariamente passa anche attraverso le discontinuità: apprendere è crescere, è oltrepassare ciò che ci sta davanti, per poi scoprirci possessori di un nuovo sapere. A scuola, tutti devono sperimentare che, quando si cade, ci si deve rialzare, perché senza rischio o imprevisto non c'è crescita, né cambiamento. Tuttavia, è certamente evidente che, se ci si avventura, è sulla base della fiducia che ciascuno ha in sé stesso, fiducia che viene alimentata anche e soprattutto dall'insegnante: *solo quando l'azione del docente si apre al mondo del discente e ne moltiplica le motivazioni, ne favorisce la voracità del sapere, quando, cioè, riesce a "trasmettere" in lui il piacere e il desiderio di apprendere, allora l'insegnante è maestro*<sup>1</sup>. Il maestro è sì colui che spiega, organizza, progetta, riflette, ma è anche colui che aiuta l'alunno a conoscersi, a rendere esplicite le proprie emozioni e convinzioni, che lo aiuta, cioè, ad affermarsi come un io unico, autentico, irripetibile, un soggetto a cui lasciare sempre l'ultima parola su sé stesso, sul proprio percorso di formazione e sulla propria vita.

Nella mia scelta procedurale di fondamentale importanza, è stato il percorso universitario svolto nelle discipline scientifiche, quali: Elementi di Fisica e il laboratorio scientifico annesso, tenuti rispettivamente dai docenti Emilio Balzano, mio relatore, e Giancarlo Artiano. Entrambi i professori ci hanno fatto riflettere e vivere un insegnamento della fisica tramite modalità che implicano l'apprendere attraverso l'esperire.

L'ipotesi sulla quale si basa questo lavoro di sperimentazione, è che i riferimenti di vita comune e un uso "forte" della didattica laboratoriale, possono agevolare, nei bambini della scuola primaria, il trasferimento dalla *conoscenza comune* alla *conoscenza scientifica*. È proprio all'interno di questa cornice che ho provato a progettare una proposta didattica che, pur presentando elementi innovatori, non si distaccasse dalla programmazione di classe, anzi, vi si inserisse come un suo naturale segmento.

---

<sup>1</sup> C. La Neve, *Manuale di didattica generale*, Editrice La Scuola, Brescia, 2011

Quindi, partendo dalla ricognizione dei loro reali bisogni, l'idea da sviluppare è nata con l'obiettivo di far crescere nel bambino la consapevolezza dell'agire e del pensare, stimolando lo sviluppo di abilità mentali al fine di renderlo "competente" anche al di fuori del contesto scolastico e maturando condizioni positive per accrescere la capacità di trovare soluzioni creative ai problemi.

Il progetto Cielo, messo in atto per l'intero istituto, si fonda sull'astronomia e sui fenomeni ad essa correlati.

Tale progetto è stato il punto di partenza per lo sviluppo della mia idea.

"Cielo" mi ha permesso, non solo, di presentare ai bambini attività utili a consolidare idee e temi già trattati in precedenza, attraverso metodologie differenti; ma anche di progettare un percorso didattico attraverso il quale i bambini potessero sviluppare la capacità di osservare e dare una spiegazione a quei fenomeni che, apparentemente (nell'immaginario dei bambini), sono riconducibili alla "magia".

Ho quindi voluto proporre una sfida a me stessa: dimostrare che attraverso la fisica, e più in generale con un approccio scientifico, si può conoscere il mondo; si possono costruire schemi che ci aiutano ad esplorarlo, si può costruire un'immagine positiva di sé, e si può elevare il livello dello sviluppo mentale.

Un bambino che ragiona, ipotizza, esplora, misura, classifica, confronta, è un bambino che costruisce una triplice relazione: relazione con sé stesso; relazione con gli altri; relazione con il mondo che lo circonda, un mondo di cui conosce poco e che sembra ancora "troppo grande".

Per tutte queste ragioni, unite al mio interesse per la ricerca nel campo della didattica, ho provato ad elaborare una progettazione che smantellasse l'idea della fisica come disciplina lontana dall'esperienza concreta del bambino.

Prima di addentrarmi nell'esposizione dei riferimenti teorici, che mi hanno accompagnata nella progettazione e successiva attuazione della fase sperimentale, mi sono posta un quesito: "Perché la fisica, disciplina veicolata durante le ore di scienze, viene spesso accantonata dagli insegnanti?"

Tale domanda è stata il punto di partenza per la stesura del primo capitolo, nel quale ho analizzato il rapporto che intercorre tra l'educazione scientifica e la formazione iniziale dei docenti.

È fondamentale considerare che la fisica è una scienza, ed in quanto tale, presenta stessa valenza formativa delle altre discipline scientifiche. Quindi, non bisogna relegarla alla mera concezione di disciplina, ma utilizzarla al fine di comprendere i fenomeni che ci circondano.

In premessa alla sperimentazione didattica poi, nel secondo capitolo della presente tesi ho sviluppato, dal punto di vista teorico, i seguenti argomenti: la natura fisica della luce e la sua propagazione.

Continuando, nel terzo capitolo invece, partendo dal presupposto che i bambini della scuola primaria non studiano la fisica come una materia a sé stante, ho voluto dimostrare che tale aspetto è allo stesso tempo un grande punto di forza della materia e consente di concepirla come una disciplina estremamente flessibile permettendo la creazione di percorsi interdisciplinari.

Nel quarto ed ultimo capitolo del presente elaborato ho affrontato infine la fase sperimentale, destinata ad alunni di una classe quarta della scuola primaria dell'Istituto Comprensivo Paritario "Ascoltando i Bambini" sito in Massa di Somma.

Per condurre la mia sperimentazione, ho trovato vantaggioso adottare il diario di ricerca, un mezzo comune utilizzato durante i periodi di tirocinio nelle istituzioni scolastiche, in cui ho annotato le mie impressioni personali, i miei stati d'animo e quelli dei bambini durante la fase di attuazione. Tutto è stato integrato da una trascrizione delle registrazioni delle conversazioni più rilevanti avute con i bambini, e dai lavori più significativi prodotti dagli stessi.

In aggiunta ho riportato anche la mia esperienza formativa al di fuori del contesto universitario *in un'ottica di formazione continua e permanente*.

L'elaborato ha dunque il fine di riassumere gli elementi chiave di quella conoscenza che mi ha condotto a presentare l'odierno lavoro, con cui ho provato ad esprimere le mie competenze non limitate esclusivamente alla conoscenza teorica, ma anche alla capacità di metterle in pratica con i bambini, con l'obiettivo di renderle parte integrante del loro sapere in senso ampio.

Concludo con l'affermare che, per me, essere insegnante vuol dire crescere ancora e ancora: perché come per i bambini ogni giorno, e per ogni cosa fatta e imparata in classe, vi è una scoperta vera, di quelle che fanno "diventare grandi", allo stesso modo,

all'insegnante, vedere le cose dal loro punto di vista, permette di scoprire un nuovo mondo crescendo sempre di più.



# 1 SPERIMENTAZIONE E RICERCA EDUCATIVA

## 1.1 *Una riflessione pedagogica: insegnare*

La prima riflessione è di natura pedagogica, il cui focus è sul ruolo dell'insegnante nella relazione didattico-educativa. Affinché il bambino apprenda, l'insegnante non solo deve avere le adeguate conoscenze, ma deve anche sapere come proporle ai propri alunni, in quanto, il docente, al fine di favorire l'apprendimento, necessita di conoscere e gestire adeguatamente gli strumenti che egli ha nelle proprie mani.

Infatti, non si è solo detentori di un sapere ma si insegna con la consapevolezza che ci si relaziona con alunni che hanno delle proprie conoscenze, abilità e competenze sulle quali bisogna costruire il nuovo sapere.

Al fine di non svilire la conoscenza come atto puramente meccanico, la sua "trasmissione" deve essere un atto personale realmente creativo, sia per chi comunica sia per chi riceve.

All'azione didattica corrisponde una risposta da parte dell'allievo che viene coinvolto nell'apprendimento del sapere.

In ambito scientifico, ciò che l'insegnamento dovrebbe generare è una comprensione della conoscenza stessa, da ciò si può evincere che il compito dell'insegnante non è più quello di produrre apprendimento, ma quello, ancor più importante, di favorirlo.

Di conseguenza la comunicazione dei saperi non deve compiersi in maniera unidirezionale, vale a dire dall'insegnante all'alunno, piuttosto quest'ultimo deve rivelare i suoi schemi di conoscenza in modo tale che il docente possa essere un buon mediatore tra il sapere scientifico e il sapere comune<sup>2</sup> di ciascun alunno.

La trasmissione del sapere, intesa in senso ampio e non come mera trasmissione di conoscenze, deve divenire un dialogo tra i soggetti coinvolti.

Quindi nella sua azione didattica, l'insegnante deve fare in modo che il bambino possa esplicitare le proprie rappresentazioni mentali e favorire il confronto tra gli alunni programmando dei lavori di gruppo, in un ambiente organizzato, strutturato ma mai oppressivo, in cui l'incontro diviene occasione di arricchimento.

---

<sup>2</sup> Come ci ricorda Maria Luisa Villa, il sapere comune è un "sapere come", il sapere scientifico è un "sapere perché". *La scienza sa di non sapere. Per questo funziona.* Guerini e Associati, 2016

Concludo con il dire che l'apprendimento è sicuramente un processo attivo individuale ma perché questo possa avvenire è importante che sia condiviso e vissuto socialmente.

## ***1.2 Educazione scientifica e formazione degli insegnanti***

L'insegnamento delle scienze nella scuola primaria rappresenta una sfida cruciale in cui si gioca la possibilità di trasmettere alle nuove generazioni una cultura in cui la scienza è una componente fondamentale, non secondaria.

Quale direzione, progettuale e pratica, bisogna seguire per ri-educare gli insegnanti alla scienza?

L'autonomia scolastica, approvata in Italia tramite due riforme fra il 1997 e il 1999, ha generato innumerevoli aspettative tra l'opinione pubblica, in quanto sul piano amministrativo e giuridico, ha fornito maggiore flessibilità all'operato degli insegnanti, all'organizzazione interna di tutti gli istituti scolastici e alla determinazione del curriculum. Da questo periodo in poi, si diffonde la concezione secondo cui la realizzazione di un'istruzione scolastica di massa e qualità sia connessa al passaggio dalla scuola del programma a scuola del curriculum. Quest'ultima ha come obiettivo principale la formazione di tutti i cittadini, mediante la promozione di una maggiore attenzione non solo ai saperi, ma anche alle metodologie, agli strumenti, ai luoghi di apprendimento e alle modalità utilizzate per relazionarsi. In tale contesto, si afferma sempre più la teoria psicopedagogica del costruttivismo che evidenzia l'importanza di adottare delle metodologie di insegnamento-apprendimento basate su processi sociali di costruzione della conoscenza, che necessitano di una modificazione radicale del ruolo dell'insegnante, non più considerato soltanto un trasmettitore di nozioni, bensì un vero e proprio regista nel complesso processo di costruzione della conoscenza.

In quest'ottica la ricerca didattica, negli ultimi anni, si è focalizzata sulla preparazione degli insegnanti e sulla promozione di modelli volti al miglioramento della loro specifica formazione. Svitati studi indagano, in maniera approfondita, la relazione tra la formazione degli insegnanti e la costituzione, da parte degli allievi, di un bagaglio ben strutturato di abilità e competenze<sup>3</sup>. Mediante i risultati ottenuti da queste ricerche sono

---

<sup>3</sup> Hattie J. *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Related to Achievement*, Routledge, New York, NY, 2009.

stati individuati quattro elementi che sembrano avere una forte risonanza sul rendimento degli studenti<sup>4</sup>, ovvero:

- la valutazione formativa;
- la gestione della classe;
- le strategie di insegnamento ed un curriculum pensato con attenzione in riferimento ad ogni singola disciplina, contenente indicazioni sull'utilizzo di materiale didattico, già sperimentato e validato.

I quattro fattori devono costituire le basi per un corso di progettazione che abbia come obiettivo la formazione iniziale degli insegnanti.

I futuri docenti devono acquisire quelle competenze consone a condurre le lezioni, i laboratori e qualsiasi altra attività che l'istituto scolastico di appartenenza propone loro.

Dalla meta-analisi condotta da Dunstet e collaboratori<sup>5</sup> si osserva che le attività che hanno una maggiore influenza, non solo per le competenze in campo scientifico, sono quelle che necessitano di:

- un periodo di insegnamento di almeno dieci settimane;
- un coaching che fornisca continui feedback;
- l'analisi dei contesti all'interno dei quali vengono promosse l'interazione tra pari e la discussione condotta in maniera critica.

Nel contesto italiano, l'interazione con la scuola e le attività di formazione dei futuri insegnanti, si concretizza nel tirocinio e nei lavori di tesi sperimentali. Secondo i docenti Emilio Balzano e Giancarlo Artiano (2022)<sup>6</sup>, l'interazione in questione diviene produttiva se inquadrata in attività di sperimentazione e di ricerca-azione, dove gioca un ruolo fondamentale il rapporto che si crea con il territorio e coloro i quali supportano l'educazione scientifica anche nei contesti informali<sup>7</sup>.

---

<sup>4</sup> Cleaver S., Detrich R. and States J., Overview of Teacher Preparation, the Wing Institute, Oakland, CA, 2020.

<sup>5</sup> Dunst C. J., Hamby D. W., Howse R. B., Wilkie H., and Annas K., "Research synthesis of meta-analyses of preservice teacher preparation practices in higher education", Higher Educ. Stud., 10, 2020

<sup>6</sup> Balzano E., Artiano G. *La sperimentazione nella didattica della fisica a Scienze della formazione primaria*, 2022.

<sup>7</sup> Annunziata A., Artiano G. and Balzano E. *Educazione scientifica nella scuola primaria. La sperimentazione e la cooperazione nella formazione iniziale e in servizio degli insegnanti*, Atti del Convegno Scientifico SIRD, 9, 2021

Diverse ricerche sulla formazione scientifica degli insegnanti della scuola dell'infanzia e di quella primaria, si concentrano sulle aspettative di coloro che si apprestano a diventare insegnanti e sulle percezioni riguardo il proprio futuro professionale.

A tal proposito, Russell e Martin<sup>8</sup>, sostengono che le esperienze di apprendimento vissute in precedenza da parte dei futuri insegnanti, rivestono particolare importanza; ecco perché risulta necessaria la promozione della formazione, dell'autonomia, della responsabilità, e dello sviluppo di un pensiero critico che renda possibile la riflessione sulle conoscenze di base<sup>9</sup> e su quello che diverrà il metodo di insegnamento, al fine di superare i vecchi modelli, che hanno reso la trasmissione concettuale passiva il loro fulcro. Affinché l'obiettivo possa essere raggiunto, gli insegnanti del domani dovrebbero partecipare attivamente al processo di apprendimento, affrontando i contenuti scientifici mediante un continuo processo di metacognizione<sup>10</sup>.

Nella formazione degli insegnanti risultano fondamentali due elementi imprescindibili:

- lo sviluppo dell'apprendimento professionale<sup>11</sup> ossia l'acquisizione, durante il percorso di studi, di una reale concezione e consapevolezza di quello che sarà il proprio lavoro, attraverso la partecipazione ad attività di ricerca<sup>12</sup>;
- la cooperazione tra i ricercatori e gli insegnanti all'interno dei programmi di ricerca.

Tuttavia, i corsi di preparazione non prevedono, in generale, percorsi didattici da sperimentare per l'insegnamento delle scienze, difatti, secondo Appleton<sup>13</sup>, a causa di ciò, molti insegnanti della scuola primaria scelgono di non approfondire argomenti scientifici o di escluderli dal curriculum poiché risultano consapevoli di non possederne una buona conoscenza. Di conseguenza, se non del tutto evitate, le materie scientifiche vengono

---

<sup>8</sup> Russell T. and Martin A. K., "Learning to teach science", in Handbook of Research on Science Education, edited by Lederman N. G. and Abell S. K., Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, N. J., 2007, pp. 1151–1178,

<sup>9</sup> Schon D. A. Educating the Reflective Practitioner, Jossey-Bass, San Francisco, 1987.

<sup>10</sup> Loughran J. "Developing Understandings of Practices", in Handbook of Research on Science Education, Vol.II, edited by Lederman N. G. and Abell S. K. (Routledge, Abingdon) 2014, pp. 811–909.

<sup>11</sup> Balzano E., Cuomo F., Minichini C., and Serpico M., "Communities of practice and continuous teacher professional development. Findings from eight case studies", Proceedings of the ESERA Annual Conference 2013, Part 14, Vol.85(2015)

<sup>12</sup> Roth K., "Science teachers as researchers", in Handbook of Research on Science Education, edited by Lederman N. G. and Abell S. K. (Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, N. J.)2007, pp. 1203–1260.

<sup>13</sup> Appleton K., "Elementary science teaching", in Handbook of Research on Science Education, Lederman N. G. and Abell S. K. (Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, N. J.) 2007, pp. 493–535.

trattate solo attraverso libri di testo e schede prescrittive, escludendo completamente la pratica sperimentale e la discussione critica<sup>14</sup>.

La risoluzione della problematica non risiede nell'estensione dei programmi di preparazione, tramite l'introduzione di maggiori contenuti scientifici, bensì nella trasmissione ai futuri insegnanti dell'idea secondo cui la conoscenza scientifica, non deve essere intesa solo come una raccolta statica e passiva dei fatti e delle formule che non hanno un legame con la realtà, ma come lo strumento mediante il quale diviene possibile connettere e associare le informazioni già presenti in memoria, con quelle nuove. In questo modo, si presta maggiore attenzione sia ai risultati ottenuti, ma anche ai meccanismi attraverso cui la conoscenza viene acquisita, assimilata e modificata. Questo aspetto critico può essere superato solo attraverso un cambiamento di tipo concettuale, ovvero una revisione dei concetti scientifici, in chiave didattica.

Amabile e collaboratori sostengono che sia necessario sviluppare competenze articolate attraverso il ruolo che l'educazione scientifica può svolgere nello sviluppo del pensiero critico e nella formazione culturale dei cittadini<sup>15</sup>. Tale attenzione dovrebbe essere maggiormente rivolta alla scuola dell'infanzia e a quella primaria, poiché l'operato degli alunni può essere integrato con altre aree disciplinari, come: il linguaggio, le arti, la matematica e il pensiero computazionale. L'integrazione, se ben fatta, contribuisce a costruire ponti significativi tra le diverse aree di contenuto.

L'apprendimento dei bambini può essere definito un processo socio-culturale ed infatti, essi sviluppano le competenze scientifiche attraverso le relazioni familiari ed il gioco; di conseguenza gli adulti di riferimento, ovvero i membri della propria famiglia e gli insegnanti, svolgono ruoli cruciali nel sostenere l'apprendimento delle scienze da parte dei più piccoli, sia per dare un senso alle loro esperienze, sia per sostenere il ragionamento sull'interpretazione dei fenomeni naturali.

La conoscenza di base dei concetti e dei metodi della fisica è un prerequisito necessario affinché i fenomeni scientifici di interesse quotidiano possano essere affrontati. In particolare, il metodo utilizzato dalla fisica per sviluppare modelli e teorie, risulta fondamentale per comprendere concetti ed eseguire operazioni matematiche.<sup>16</sup>

---

<sup>14</sup> Roth, K. Science teachers as researchers. In Handbook of Research on Science Education; Lederman, N.G., Abell, S.K., Eds.; Lawrence Erlbaum Associates: Mahwah, NJ, USA, 2007; pp. 1203–1260.

<sup>15</sup> Amabile, A., Annunziata, A., Artiano, G., Balzano. Experimentation and Research in the Physics Course for the Preparation of Primary School Teachers in Naples. Educ. Sci.2022.

<sup>16</sup> Guidoni, P. On natural thinking. Eur. J. Sci. Educ.1985,7, 133–140.

Nel processo di modellizzazione e nella costruzione progressiva della conoscenza, viene osservata l'importanza della mediazione didattica, che tiene conto di innumerevoli aspetti:

- delle strategie cognitive di base;
- delle potenzialità privilegiate;
- delle risorse adeguate al fine di migliorare e riorganizzare concettualizzazioni via via più articolate.

A tal proposito, all'interno dei corsi proposti da Amabile e collaboratori<sup>17</sup>, per la formazione degli insegnanti di fisica della scuola primaria, viene chiesto ai partecipanti di condividere la continua riflessione circa le proprie modalità di insegnamento didattico. In questo modo, è possibile coinvolgere criticamente i docenti con strategie metacognitive volte a collegare il materiale che imparano al modo in cui lo insegneranno. Questi corsi si basano sul modello cognitivo-pedagogico, sviluppato grazie al lavoro dello stesso gruppo di ricerca, al fine di stabilire un quadro generale per la revisione dei contenuti disciplinari in chiave didattica. Secondo tale prospetto, imparare ad insegnare implica un processo di risonanza tra cognizione individuale e cognizione sociale. Nel modello formativo che gli studiosi propongono, vi è la costituzione di molteplici strategie didattiche da adattare in relazione alle esigenze dei membri, prendendo in considerazione le loro percezioni ed esperienze.

Alla luce di quanto detto fino ad ora, dunque, la situazione attuale necessita di maggiore formazione, che vuol dire principalmente, fare esperienza su di sé, ovvero sperimentare direttamente, prima come adulti, poi sotto le vesti di futuri insegnanti, riflettendo attraverso la comunicazione con gli altri e non solo ascoltando gli esperti.

---

<sup>17</sup> *Ivi*, pag. 10

### ***1.3 L'osservazione***

L'osservazione, uno degli strumenti maggiormente utilizzati dalla ricerca qualitativa, permette di conoscere gli avvenimenti e le dinamiche che si creano all'interno della classe. Attraverso tale metodologia di valutazione, risulta possibile acquisire una maggiore consapevolezza dei comportamenti, delle convinzioni e degli atteggiamenti di insegnanti e studenti e della relazione che si crea tra essi. Generalmente, all'interno del contesto scolastico, in Italia, ma anche in altre nazioni del mondo, si è soliti non permettere ad occhi estranei di accedere all'interno degli istituti, spesso utilizzando come alibi il diritto alla privacy e alla possibilità di seguire qual si voglia modello di insegnamento, lontano dallo sguardo esterno ed invadente. Tuttavia, paradossalmente nelle situazioni scolastiche problematiche, spesso, gli insegnanti avrebbero necessità di sapere come un collega tratterebbe la medesima situazione, traendo, così, profitto dall'osservazione delle condotte altrui, non necessariamente più esperte. Il metodo dell'osservazione diretta è stato utilizzato sia dagli etologi per descrivere, in modo analitico, il comportamento degli animali all'interno del loro habitat naturale, sia dagli etnografi, per conoscere gli usi e i costumi delle popolazioni poco conosciute. In entrambi i casi, si può affermare che l'osservazione è "sul campo", ovvero condotta in condizioni che non sono artificialmente predisposte. L'approccio etnografico coglie la complessità e diversità di una data situazione attraverso la registrazione del flusso naturale, dei processi e degli atteggiamenti, a partire da una prospettiva interna e cercando di disturbare il meno possibile. In breve, l'approccio etnografico non si concentra principalmente sulla ricerca di prove per spiegare la relazione di causa-effetto tra gli eventi osservati, ma si concentra invece sulla comprensione di ciò che accade in un contesto specifico, tenendo in considerazione gli elementi caratteristici dell'ambiente, valorizzandoli, poiché essi forniscono punti di vista differenti, utili in seguito alla vera e propria interpretazione. Una valutazione basata sull'osservazione su più punti di vista, è utile in quanto aiuta ad arricchire il quadro e a validarne l'interpretazione, attraverso la loro correlazione.

Questo metodo, differisce dall'osservazione in condizioni costruite ad hoc, ovvero all'interno di un laboratorio. Van Lier<sup>18</sup> fu il primo studioso ad utilizzare le modalità di

---

<sup>18</sup> Van Lier, L. *The Classroom and the Language Learner*, London, Longman, 1988.

ricerca etnografiche, nella ricerca educativa. Egli, infatti, sosteneva che la conoscenza attuale di cosa succede in classe è troppo limitata; risulta quindi necessario promuovere tale conoscenza, raccogliendo direttamente dei dati all'interno delle classi, interpretandoli proprio lì stesso, nel luogo in cui sono stati raccolti, tramite l'uso di strumenti idonei.

### *1.3.1 La (non) neutralità dell'osservazione*

Frequentemente il verbo “osservare” viene associato al suo simile “guardare”, con il quale ne condivide l'intenzionalità. I due concetti, tuttavia si differenziano, in quanto l'osservazione include il “serbare”, registrare quanto visto. Attraverso l'osservazione, infatti, gli esseri umani hanno la possibilità di mettere a fuoco ciò che si ritiene davvero significativo e rilevante per raggiungere un dato obiettivo; essere in grado di osservare significa acquisire la capacità di guardare intenzionalmente, in modo tale da poter conservare i dati sui quali riflettere anche in seguito. A tal proposito, dunque, risulta necessario descrivere e nominare ciò che si osserva in maniera dettagliata, evitando di generalizzare e giungere a conclusioni, ed interpretazioni affrettate. Tuttavia, gli studiosi si sono, però, chiesti se l'osservazione può essere sempre considerata oggettiva, soprattutto quando gli individui posseggono delle solide convinzioni. Questa tematica, infatti, nel corso degli anni ha infervorito l'opinione scientifica, tanto da essere conosciuta sotto il nome di “paradosso dell'osservatore”: la descrizione, come può essere considerata affidabile se ciò che viene osservato potrebbe essere condizionato dall'osservatore stesso? Riguardo la soggettività dell'osservazione, gli studiosi hanno opinioni contrastanti: da un lato, essa è percepita come un rischio da evitare, in quanto potenzialmente fonte di errore, dall'altro viene considerata una vera e propria risorsa, un ulteriore elemento conoscitivo utile a raggiungere la comprensione di un evento o di un comportamento. Al fine di evitare il rischio bisogna eliminare le variabili relative alla distorsione dell'osservazione, legate alla soggettività di chi la conduce. In altri ambiti del sapere, invece, quali ad esempio la psicoanalisi, le inferenze soggettive vengono considerate una ricchezza. In altre parole, vi è l'intrecciarsi di due percorsi differenti: da una parte la neutralità “a tutti i costi” (posto che sia raggiungibile), dall'altra il connubio tra i dati e il modo di percepirli, visione che considera il vissuto emozionale dell'osservatore, purché tenuto sotto controllo. Tuttavia, i fattori influenti della soggettività rimangono un'importante sfida, poiché anche quando si adottano procedure osservative rigorose e controllate, permane il



rischio di distorsioni. L'osservatore, a questo punto, dovrebbe sviluppare la dote dell'obiettività ed una perfetta aderenza alla realtà, concettualizzazione forse parecchio difficile da tradurre nella pratica, in special modo quando ad essere protagonista dell'osservazione è l'uomo: nei suoi atteggiamenti, nelle emozioni, e nelle relazioni che instaura con il prossimo.

Per osservare in classe con un approccio etnografico occorre comprendere senza pregiudizio e distanza, confrontandosi con gli altri. Esistono tre possibili modalità di distanziamento insite nell'osservazione:

- attivazione di un secondo canale: un primo modo per distanziarsi è la “defamiliarizzazione”, che consiste nell'uscire dalla propria confort-zone, controllando e tenendo sotto scacco le proprie convinzioni. Tuttavia, tale modalità risulta tutto tranne che semplice, necessitando di sforzi immaginativi. Per osservare una situazione con occhi nuovi, può essere utile giocare al “fare come se...”, giocare ad essere un alieno che guarda qualcosa che non conosce; in tal modo ci si dispone ad osservare come gli antropologi o gli etnologi, operando su due livelli: stando dentro e restando fuori.
- uso di strumenti di registrazione: tali strumenti permettono di salvaguardare, registrare ed oggettivare i dati dell'osservazione, perché osservabili nuovamente in differita. Il loro utilizzo permette, inoltre di formulare una conoscenza nuova della situazione: l'osservazione costringe, infatti, a nominare eventi e comportamenti, donando un senso a ciò che si osserva.
- pluralità di prospettive e punti di vista: poiché le convinzioni e gli schemi mentali portano a registrare ciò che ci si aspetta o si desidera vedere, risulta fondamentale la triangolazione delle prospettive degli studenti, degli insegnanti e dell'osservatore, che permette di costituire un quadro ben più dettagliato, soprattutto durante l'interpretazione dei dati.

In tal senso è utile intervistare le persone implicate, cosicché potranno offrire gli aspetti e le caratteristiche predominanti della loro prospettiva.

### *1.3.2 L'osservazione formativa*

L'osservazione formativa ha come obiettivo associare la formazione all'osservazione, intesa come l'utilizzo di strumenti necessari affinché si possano acquisire nuove abilità osservative, attraverso l'auto-osservazione, ovvero la riflessione durante l'esperienza stessa. Gli strumenti in questione risultano particolarmente utili perché in grado di indurre la formulazione di domande e la conseguente ricerca di risposte adeguate, evidenziando le possibili problematiche in campo e il modo in cui queste vengono gestite dagli attori. Gli strumenti, inoltre, offrono la possibilità di ottenere dei dati, permettendo di cogliere gli aspetti osservabili in maniera esplicita, e di osservare, così, le "evidenze" utili al fine di procedere all'interpretazione. A tal proposito, tuttavia, bisogna aver chiaro cosa si vuole osservare, in modo da identificare gli strumenti più idonei in base a ciò che si intende fare, è inoltre importante valutare quando utilizzare categorie ampie, come ad esempio durante un'osservazione generale, e quando invece impiegare griglie analitiche per osservare in modo dettagliato aspetti specifici, come comportamenti particolari. Gli strumenti che favoriscono un'osservazione diretta sono molteplici e possono essere poco o molto strutturati. Tra quelli poco strutturati, vi sono:

- note sul campo;
- profilo di lezione: all'interno dell'ambiente scolastico, i profili di lezioni risultano particolarmente utili per definire il quadro generale di una specifica attività, correlando le attività degli insegnanti a quelle degli alunni e ad alcune variabili di contesto, come: tempo, spazio, e risorse didattiche utilizzate. Poter riguardare questi quadri al termine della lezione e riflettere sul tempo impiegato per ogni singola attività, permette di rendersi conto di quanto la percezione dell'insegnante circa l'andamento del lavoro sia imprecisa e rispecchi solo in parte gli obiettivi prefissati; se l'insegnante dispone del proprio profilo, e di uno costruito dall'osservatore, il confronto tra i due può fornire spunti di riflessione ancora più interessanti;
- diario di bordo;
- cronaca diretta: essa può riguardare l'intera lezione o un aspetto specifico individuato precedentemente. All'interno di questa l'osservatore registra gli eventi mentre questi accadono e si caratterizza da una sezione commenti, utile

soprattutto nei primi periodi per aiutare l'osservatore a discriminare la realtà da eventuali osservazioni personali, attraverso l'utilizzo di schede apposite per registrare episodi relativi a uno specifico alunno;

- schede su episodi specifici: con ciò è possibile documentare in dettaglio i dati osservati insieme a elementi contestuali e interpretativi che favoriscano una comprensione più approfondita.

#### **1.4 La valutazione**

*“Valutare significa dare valore ai risultati di ciascuno e di tutti, scoprire quanto è importante l'aiuto degli altri nel lavoro comune, quanto ognuno di noi ci mette di suo nelle cose da costruire insieme. Valutare non significa dare o pretendere voti che offendono la nostra intelligenza e il nostro lavoro”<sup>19</sup>.*”

La valutazione degli apprendimenti non può prescindere dall'attuazione dei processi di insegnamento-apprendimento e dalla riflessione che i docenti compiono sul loro operato. Essa, dunque, consiste in alcune pratiche di osservazione, raccolta dei dati e confronto, che promuovono lo sviluppo professionale. Nel contesto scolastico italiano il discorso sulla valutazione si focalizza principalmente su due aspetti:

- sull'utilizzo dei risultati ottenuti dalle ricerche condotte in ambito internazionale, non sempre coerente;
- sull'esigenza, da parte dell'Istituto Internazionale, di sviluppare dei test per la valutazione.

Tuttavia, tale discorso dovrebbe costituirsi a partire dallo sviluppo di nuove e sempre più adeguate iniziative per la valutazione del sistema scolastico, riflettendo su quali obiettivi prefiggersi, e su quali strumenti e metodologie utilizzare per raggiungerli. In sintesi, non bisogna far corrispondere in maniera del tutto lineare, la qualità dell'istituzione scolastica con i dati ottenuti dalle prove standardizzate, piuttosto risulta necessario che la valutazione si concentri sugli accadimenti della classe, tenendo in considerazione le variabili del contesto e la possibilità di agire direttamente su di esse. Del resto, come afferma la stessa legge sull'autonomia scolastica, l'etica del rendere conto, deve essere

---

<sup>19</sup> Mario Ambel, 2015.

alla base di ogni valutazione, realizzandosi come controllo interno, anziché come esterno<sup>20</sup>; però, al contempo, serve un'operazione di appropriazione, che aiuti ogni soggetto coinvolto ad emanciparsi<sup>21</sup>. Perché ciò accada, bisogna promuovere degli spazi di discussione all'interno della scuola incentrati sulle modalità usate attualmente per valutare ed una riflessione sugli strumenti che sia attenta al processo e non solo al risultato ottenuto, passando da un modello trasmissivo, ad uno costruttivista.

È necessario, a questo punto, fare un distinguo fra le modalità di valutazione maggiormente accreditate: la valutazione sommativa e la valutazione formativa.

La prima risulta essere puramente statistica, generalmente ottenuta alla fine del percorso, mostrando dati quantitativi. Questa ha come obiettivo sintetizzare i risultati di uno specifico periodo, mediante l'uso di prove "oggettive" che misurano quanto appreso.

Si ricorre ad una valutazione sommativa con l'obiettivo di ottenere dei dati da confrontare. Le principali caratteristiche di questo tipo di valutazione sono le seguenti:

- prove somministrate in un'unica sessione;
- valutazione individuale delle prestazioni;
- attenzione esclusivamente sui punti di debolezza degli studenti, errori o lacune;
- interrompe il processo di apprendimento;
- può indurre ad insegnare mediante test.

Per quanto concerne la valutazione formativa, essa viaggia di pari passo con l'apprendimento, divenendo, inoltre, anche valutazione dell'insegnamento. "Diversamente dalla valutazione sommativa, che è statica e può addirittura provocare demotivazione nel caso di insuccesso, la valutazione formativa è dinamica, autentica e qualitativa"<sup>22</sup>; è definibile autentica poiché si svolge in un contesto di apprendimento significativo; dinamica, in quanto avviene mentre si impara; qualitativa, perché necessita dell'osservazione di indicatori qualitativi di progresso e individua i punti di forza e di debolezza dei singoli alunni, nonché dettagli fondamentali che fungono da feedback in grado di stimolare la motivazione e potenziare l'autostima. Le suddette procedure valutative coinvolgono l'alunno in un dialogo sulle metodologie utili al fine di apprendere in maniera adeguata, divenendo non solo uno strumento di potenziamento cognitivo, ma

---

<sup>20</sup> Castoldi M. Valutazione dell'insegnamento e sviluppo professionale", Scuola e Città, 2001.

<sup>21</sup> Elliott J. "La ricerca azione: un quadro di riferimento per l'autovalutazione nelle scuole "in Pozzo G. e Zappi L., La ricerca azione. Metodiche, strumenti, dati, Bollati Boringhieri, Torino, 1993.

<sup>22</sup> Comoglio M. La valutazione autentica, Orientamenti Pedagogici, 2000, 49 (1)

anche di autovalutazione sia per gli allievi, che per gli insegnanti, i quali, in tal modo, avranno la possibilità di rivedere le proprie pratiche educative e didattiche<sup>23</sup>. In sintesi, la valutazione formativa:

- è intrinseca all'apprendimento e all'insegnamento;
- si focalizza sui singoli studenti e sui loro punti di forza;
- tiene conto anche delle competenze personali, delle disposizioni ad apprendere (abilità metacognitive) e della capacità di lavorare con gli altri (capacità relazionali);
- si basa sull'analisi dei dati di processo, che includono i prodotti degli allievi e le osservazioni dell'insegnante, raccolti durante un determinato periodo di tempo, e sulla loro interpretazione;
- pone l'accento sui punti di forza individuali;
- crea un dialogo tra l'alunno e l'insegnante, al fine di migliorare le prestazioni cognitive e la conoscenza di sé, delle capacità e dei punti da implementare.

Alla luce di quanto detto fino ad ora, dunque, è chiaro che la valutazione formativa abbia un'influenza maggiormente positiva sull'apprendimento degli studenti, rispetto una logica di valutazione delegata soprattutto a prove standardizzate, che può indurre ad alcuni rischi. Le prove standardizzate, infatti, risultano particolarmente attraenti all'occhio dei molti, in quanto illudono di poter controllare l'apprendimento, ignorando le variabili di contesto e portando, così, ad un'interpretazione meccanica dei risultati ottenuti. Questi test, inoltre, a causa del loro formato chiuso, non sono in grado di valutare le traiettorie evolutive degli alunni, le abilità comunicative e sociali, la capacità di autogestione e lavoro di gruppo e le competenze personali. Le scale standardizzate possono indurre al “washback effect”, nel momento in cui, l'insegnante, impiega molto tempo utile all'apprendimento, per spiegare allo studente le modalità di svolgimento delle prove<sup>24</sup>.

---

<sup>23</sup> Mariani L., Pozzo G. Stili, strategie e strumenti nell'apprendimento linguistico, La Nuova Italia, Firenze, 2022.

<sup>24</sup> Pozzo G. Valutare mentre si apprende; fare ricerca mentre si valuta, dossier 2, 2008, insegnare.

#### *1.4.1 Modi e strumenti per valutare*

Risulta fondamentale, quindi, per i motivi sopra descritti, mantenere la valutazione ben salda nelle mani dell'insegnante, in una prospettiva formativa, grazie alla quale è possibile promuovere un dialogo con gli studenti e capace di sviluppare il pensiero critico, incentrato sui feedback continui tra gli attori in campo (Bruner, 1997)<sup>25</sup>. Per mantenere il “potere”, nell'accezione del verbo, “poter fare”, occorre svolgere le proprie valutazioni mediante l'osservazione sistematica delle componenti cognitive, affettive e relazionali. Quest'ultima, non solo migliora la comprensione del contesto in cui si opera, ma fornisce anche la possibilità di servirsi di molteplici strumenti di documentazione dei processi. Un percorso di formazione incentrato sulla promozione della pratica valutativa dovrebbe includere:

- uno sguardo al passato, che consenta di comprendere che la professione dell'insegnante è costernata da problematiche differenti; non esiste dunque la perfezione, piuttosto vi sono innumerevoli tentativi di mantenere l'equilibrio tra tensioni opposte, adattandosi continuamente ai singoli studenti, alle dinamiche della classe e sviluppando tecniche, modalità, strumenti;
- uno sguardo al presente, affinché, all'interno della classe, si possano riconoscere le caratteristiche cognitive e personali di ogni studente, ma anche per imparare a conoscere meglio il proprio stile di insegnamento, sviluppando così una maggiore consapevolezza della problematicità delle diverse situazioni;
- uno sguardo al futuro serve in quanto l'osservazione sistematica presta attenzione ai singoli, nonché al clima di lavoro, al tipo di comunicazione, verbale e non verbale, e al setting, promuovendo, così, una programmazione basata su uno sguardo nuovo e aperto all'imprevisto (Peticari, 1996)<sup>26</sup>.

Una valutazione funzionale ed una didattica costruttivista e operativa richiede l'impiego di strumenti diversi, sia da parte degli allievi che degli insegnanti; tra questi, gli studenti

---

<sup>25</sup> Bruner J. La cultura dell'educazione, Feltrinelli, Milano, 1997.

<sup>26</sup> Peticari P. Attesi imprevisi, Bollati Boringhieri, Torino, 1996.

possono utilizzare: gli schemi, i disegni, gli appunti durante la lezione, le rielaborazioni, la sintesi e i feedback alla fine.

Gli insegnanti, invece, possono servirsi di:

- note sul campo: utili per tenere conto di quanto fatto fino a quel momento;
- diario di bordo: per raccogliere non solo dati di processo (il comportamento dei bambini: come lavora rispetto al contesto, le capacità di problem-solving), ma anche per riflettere sui propri atteggiamenti;
- la registrazione e trascrizione: frequentemente utilizzato per poter ripercorrere l'attività quando questa è già stata svolta: analizzare una lezione mediante la trascrizione, è necessaria affinché si possa guardare valutare l'evento con un certo distacco.

Alla luce di quanto detto fino ad ora, dunque, valutare significa recuperare gli indizi che aiutano a comprendere in quale fase dell'apprendimento sono giunti i singoli bambini, attraverso l'osservazione di alcuni elementi fondamentali: i loro diversi ritmi, le fasi del silenzio, le difficoltà davanti a un compito difficile, le preferenze per compiti ripetitivi o di problem solving, con l'obiettivo di programmare il da farsi, in relazione alle diverse esigenze, non considerando la classe in un'ottica di totalità, ma tenendo in considerazione l'individualità del singolo, da trattare in maniera differenziata (Mariani-Pozzo, 2002)<sup>27</sup>.

“La ricerca dovrebbe essere volta alla individuazione di modi di valutare nel pieno rispetto della soggettività e della intersoggettività, cosicché l'alunno che apprende, possa rimanere a contatto con il sé, riuscendo ad identificarsi con le proprie motivazioni e con i compagni” (Pontecorvo et al., 1991; 1995)<sup>28,29</sup>.

Quando l'insegnante accetta la dimensione dell'intersoggettività, dunque, rende i propri studenti soggetti attivi dell'apprendimento, poiché in grado, grazie a tale modalità, di partecipare responsabilmente alle scelte di classe e ad utilizzare lo spazio di dialogo per riflettere con i compagni su quanto trattato.

---

<sup>27</sup> Mariani L. e Pozzo G. Stili, strategie e strumenti nell'apprendimento linguistico, La Nuova Italia, 2002, Firenze.

<sup>28</sup> Pontecorvo C., Ajello A.M., Zucchermaglio C. Discutendo si impara. La Nuova Italia Scientifica, Roma, 1991.

<sup>29</sup> Pontecorvo C., Ajello A.M., Zucchermaglio C. I contesti sociali dell'apprendimento, Edizioni LED, Milano, 1995.

## 2 LA LUCE

### *Premessa*

Cosa significa vedere? La visione è un fenomeno complesso che non riguarda solo la fisica, per la propagazione dei raggi luminosi, ma anche altre scienze come la fisiologia e la psicologia; questa complessità è il motivo per cui nell'antichità le teorie sulla visione fossero quasi delle filosofie dove tutti questi aspetti venivano mescolati insieme, in cui la luce restava "in ombra".

Le diverse concezioni riguardanti il fenomeno della visione nell'antichità classica possono essere sintetizzate in due scuole di pensiero distinte.

La prima, definita emissionista, considerava la visione come un fluido emesso dagli occhi che procede in linea retta. Importanti sostenitori di questa teoria furono Erone Alessandrino ed Euclide.

Risulta affascinante notare che, nonostante la teoria emissionista sia considerata erronea ai nostri giorni, l'applicazione dei metodi geometrici ad essa consentì a Euclide di formulare i principi dell'ottica geometrica, i quali mantengono ancora oggi la loro validità e sono ad esempio usati per studiare il comportamento di lenti o specchi.

La sopracitata teoria consentì poi ad Erone di elaborare l'odierna, seppur in origine meno precisa, legge della riflessione, la quale afferma che *"l'angolo di incidenza è uguale all'angolo di riflessione, dimostrando che questo è il percorso più breve che il raggio visuale può percorrere riflettendosi in uno specchio"*<sup>30</sup>. Con tale argomentazione, Erone anticipò il concetto del "minimo cammino" introdotto da Pierre de Fermat solo nel diciassettesimo secolo.

La seconda scuola di pensiero, definita immissionista, invece, considerava la visione come un fluido che si propaga dagli oggetti verso gli occhi sotto forma di idoli o simulacri. Nessuna di queste teorie però spiegava, ad esempio, il motivo per cui non siamo in grado di vedere al buio.

Fu solo nell'undicesimo secolo che il filosofo persiano Alhazen cominciò a sviluppare un'idea chiara della relazione tra luce e visione: secondo lo studioso, infatti, alcuni oggetti emettono luce, altri la diffondono in ogni direzione, consentendo all'occhio di assorbire e riflettere i raggi luminosi; il buio, quindi, non è altro che assenza di luce.

---

<sup>30</sup> R. Pratesi- Museo Galileo, *La Luce*; Indire 2013 pp 1



## ***2.1 Le origini della natura fisica della luce***

Innumerevoli studiosi, nel corso dei millenni, sono rimasti affascinati dalla natura di tale fenomeno, fino a quando agli inizi del XX secolo, si capì che la luce può essere definita sia un'onda che un corpuscolo.

Le teorie greche trattarono la tematica della luce, riferendosi alle interpretazioni metafisiche che si possono avere tramite l'esperienza sensibile.

Pitagora, invece, attribuì la visione della luce al processo di percezione tattile, affermando che i raggi luminosi, che vengono emanati dall'occhio, toccano i corpi, eccitando la vista stessa. Gli atomisti, guidati da Democrito, ipotizzarono che i corpi luminosi fossero costituiti da atomi, che attraverso gli occhi, davano luogo alla visione. Platone, invece parlò di "effluvi rettilinei" che venivano generati dall'organo della vista e dai corpi stessi. Una concettualizzazione del tutto contrapposta alla precedente è quella formulata da Aristotele, secondo il quale, la luce non poteva essere considerata come una sostanza corporea, bensì come la modificazione del diafano, un mezzo considerato "quinto elemento", presente in ogni luogo ed attivato dall'etere, dal corpo e dal fuoco.

Il periodo compreso tra il 1500 ed il 1800 si caratterizzò da particolare interesse nei confronti della luce, soprattutto nel contesto italiano. Tali studi rappresentano il principio dell'era moderna, dato che ne hanno posto le fondamenta.

Benedetti (1585) ipotizzò che la luce si propagasse attraverso il vuoto; Galileo Galilei, invece, elaborò un'ipotesi alquanto ingegnosa, considerata l'epoca; egli affermò che la luce derivava dal fuoco e che fosse la forma più rarefatta della materia, donando forma a tutte le cose materiali ed influenzando contemporaneamente il moto dei pianeti.

Cartesio, invece, tentò di spiegare il modo in cui la luce si trasmette, rintracciando le leggi della rifrazione, seppur senza prove scientifiche tra le mani.

Altri studi sistematici furono avviati, poi, tra la fine del '600 ed il '700 da vari scienziati, tra cui l'olandese Christiaan Huygens e l'inglese Isaac Newton.

Il primo, basandosi sui principi aristotelici, sosteneva che la luce non fosse altro che il movimento dell'etere, causato dall'agitazione dagli atomi di un corpo luminoso; tuttavia, tale moto risultava locale, ciò che si spostava era l'onda, che, in tal modo, provocava la vibrazione delle particelle. Secondo Huygens, il movimento successivo, però, avveniva istantaneamente, ipotesi confermata O. Romer, il quale prese come esempi gli anticipi e i ritardi delle eclissi di uno dei satelliti più interni di Giove.

Se la natura della luce era, almeno in parte, ondulatoria, doveva esistere un mezzo capace di trasferire il moto oscillatorio da una particella all'altra. Si pensò, allora, che esistesse una speciale sostanza, l'etere, di cui tutto l'Universo era pervaso; tuttavia, non era percepibile, tanto che il moto della Terra e delle stelle non venivano influenzati dalla sua esistenza.

Newton, invece, facendo passare un raggio di luce attraverso un prisma di vetro, ed osservando l'immagine riflessa su uno schermo, capì che la luce bianca si costituisce dall'insieme di uno spettro di colori: egli aveva così osservato il fenomeno conosciuto ad oggi come "dispersione della luce". Lo scienziato in questione pensava che la luce fosse formata da innumerevoli corpuscoli che fuoriuscivano dagli oggetti sotto forma di raggi e colpivano l'occhio, sviluppando, in tal modo, la percezione dei colori e delle forme. In particolare, il violetto ed il rosso per essere percepiti necessitavano dei corpuscoli più grandi e da quelli più piccoli; gli altri colori, invece, erano costituiti dai corpuscoli dalle dimensioni intermedie. Tale teoria, denominata "corpuscolare", fu inserita all'interno del suo celebre trattato, riuscendo a spiegare diversi fenomeni: la riflessione di un raggio sullo specchio; la rifrazione che si riferisce alla deviazione che un raggio di luce subisce al passaggio da una superficie all'altra; lo studioso, tuttavia, mediante questa teorizzazione non riuscì a fornire spiegazioni convincenti ad altri due fenomeni: la diffrazione che si ha quando la luce passa per uno spazio molto piccolo; l'interferenza, ovvero la possibilità di unire la luce alla luce, ottenendo il buio.

Al fine di sopperire a tali difficoltà, alcuni ricercatori iniziarono a supporre, piuttosto, che la luce fosse un'onda, similmente al suono; il primo tra i sostenitori della teoria ondulatoria, fu Christiaan Huygens. A conferma di tale ipotesi, un'onda, a differenza dei corpuscoli, può essere diffratta; basti pensare alle onde del mare che cambiano il loro percorso e la loro forma quando incontrano, ad esempio, l'apertura di un molo.

Tuttavia, neanche questa teoria riuscì a fornire una spiegazione ad altri fenomeni e, così, Newton, in seguito affermò che i corpuscoli luminosi, sopra descritti, dovessero accompagnarsi ad un'onda. Tale ipotesi anticipò la concezione temporanea secondo cui la luce possiede carattere duale, essendo caratterizzata da un insieme corpuscolare e ondulatorio.

Intorno al 1850 la teoria ondulatoria si presenta come un insieme di credenze e di evidenze scientifiche, alla cui base sussiste l'interpretazione elastica del fenomeno delle vibrazioni

luminose, considerate non più longitudinali, come quelle sonore, bensì trasversali, ovvero da onde elettromagnetiche, di cui ne fu portavoce J. C Maxwell, grazie ai risultati ottenuti da una sua lunga ricerca, svolta nel periodo compreso tra il 1861 ed il 1873. La teoria elettromagnetica della luce, ovvero l'elettromagnetismo, fu in seguito confermata sperimentalmente da H. Hertz.

Nella teoria di Maxwell, precedentemente citata, l'etere veniva considerato un mezzo nell'Universo, al cui veniva attribuito una quiete assoluta, assumendo per tale caratteristica, un ruolo analogo a quello delle stelle fisse nella meccanica newtoniana.

Tuttavia, le concezioni tradizionali furono stravolte e modificate, intorno al 1905, dalla teoria della relatività di Albert Einstein. In particolare, per quanto concerne la propagazione della luce, egli, non parlando più di etere, in accordo con il primo e fondamentale postulato della sua teoria, affermò che le leggi della fisica, in particolare quelle dell'elettromagnetismo, dovevano avere la stessa forma in tutti i sistemi di riferimento inerziali; il secondo principio, quello della costanza della velocità della luce postula, invece, che la velocità della luce nel vuoto e, in generale, delle onde elettromagnetiche, rappresenta una costante indipendente dal moto della sorgente e dell'osservatore.

Nella seconda metà dell'Ottocento, accanto ai problemi relativi alla propagazione della luce, furono oggetto di innumerevoli ricerche tematiche quali l'emissione e l'assorbimento dell'energia. Tali studi convertono sostanzialmente nella concezione quantistica dell'energia radiante, elaborata da M. Planck nel 1900.

Ricollegandosi a tale concezione e accentuandone il motivo corpuscolare, Einstein ipotizza la struttura granulare della luce, costituita da quanti di luce, definiti da G.N Lewis, nel 1936, fotoni che si muovono con modalità rettilinea.

Tale concettualizzazione, chiamata teoria quantistica, ripropone, così, l'antica contrapposizione tra teorie ondulatorie e corpuscolari.

Difatti la concezione "corpuscolare" di Einstein, nonostante spieghi le modalità dei fenomeni di emissione e di assorbimento, non si presta, come già spiegato in precedenza, nel fornire una spiegazione ai fenomeni d'interferenza, meglio compresi nell'ambito delle teorie ondulatorie.

Le due teorie, così, si conciliano all'interno del contesto della meccanica quantistica, poiché, entrambe, divengono aspetti complementari di un'unica teoria, completandosi.

In questo quadro, la teoria quantistica fornisce la probabilità statistica che un fotone possa trovarsi in una specifica posizione, parlando di “onde di probabilità”.

In sintesi, quindi, la luce, presenta caratteristiche ondulatorie e corpuscolari a seconda del fenomeno che si osserva; è possibile affermare, dunque, che un fotone è una ‘qualsiasi particella’ di massa nulla, ma che il campo elettromagnetico a esso associato, possiede carattere di onda, a conferma delle antiche intuizioni di Galileo e di Newton.

La fisica moderna integra entrambe le teorie attraverso il principio di dualità onda-particella, offrendo una visione più completa del fenomeno luminoso.

## 2.2 *La natura fisica della luce*

Il termine luce, dal latino “lux, lucis” e dal greco “leikòs” (bianco, brillante), si riferisce ad un fenomeno fisico complesso, in particolare alla porzione di spettro elettromagnetico visibile all’occhio umano, approssimativamente compreso tra i 400 e i 700 nanometri di lunghezza d’onda.

Al fine di discutere esaurientemente dell’argomento è opportuno definire il concetto di sorgenti luminose. *In ottica, le sorgenti luminose o sorgenti ottiche, sono corpi che emettono radiazioni luminose visibili e, estensivamente, anche nell’infrarosso e nell’ultra violetto vicini*<sup>31</sup>. Queste si distinguono in primarie, che brillano di luce propria (prima fra tutte il Sole); e secondarie, che brillano di luce riflessa e/o diffusa.

L’energia emessa da una sorgente luminosa, di qualsiasi natura, viene trasportata nello spazio mediante onde elettromagnetiche, definibili concettualmente mediante due vettori, il campo elettrico **E** ed il campo magnetico **B**. Il primo tipo di campo è generato nello spazio dalla presenza di una carica elettrica o da un campo magnetico che varia nel tempo. Il secondo tipo di campo, invece, si forma nello spazio a causa del movimento di una carica elettrica o di un campo elettrico che varia nel tempo. Insieme, questi due tipi di campo costituiscono il campo elettromagnetico. Come precedentemente spiegato, le interazioni tra campi elettrici e magnetici erano già conosciute all’inizio del XIX secolo, ma è a Maxwell che si deve il merito di aver formulato nel 1873 una teoria che unifica tutti i fenomeni elettromagnetici attraverso un sistema di quattro equazioni. Queste equazioni dimostrano che le accelerazioni prodotte dalle cariche elettriche in movimento generano campi elettrici e magnetici, strettamente collegati tra loro, che si propagano

---

<sup>31</sup> Da: sorgente, in Treccani.it – Enciclopedia online, Roma, istituto dell’enciclopedia italiana

nello spazio sotto forma di onde elettromagnetiche. La frequenza di queste onde è uguale alla frequenza di oscillazione delle cariche elettriche.

### 2.2.1 Onde Elettromagnetiche

Un'onda è una perturbazione che si propaga nello spazio, trasportando energia ma senza che vi sia trasporto di materia, a differenza delle onde meccaniche, che necessitano di un mezzo materiale per propagarsi, l'onda elettromagnetica, generatasi dalla variazione di campo magnetico e di campo elettrico è in grado di propagarsi nel vuoto. Secondo la teoria del campo elettromagnetico in un'onda elettromagnetica armonica i vettori campo elettrico e campo magnetico, indicati rispettivamente con le lettere **E** e **B**, oscillano con andamento sinusoidale su piani mutuamente ortogonali. La direzione di propagazione dell'onda è ortogonale al piano individuato dai vettori, ciò significa che le onde elettromagnetiche sono trasversali. (Fig.1)

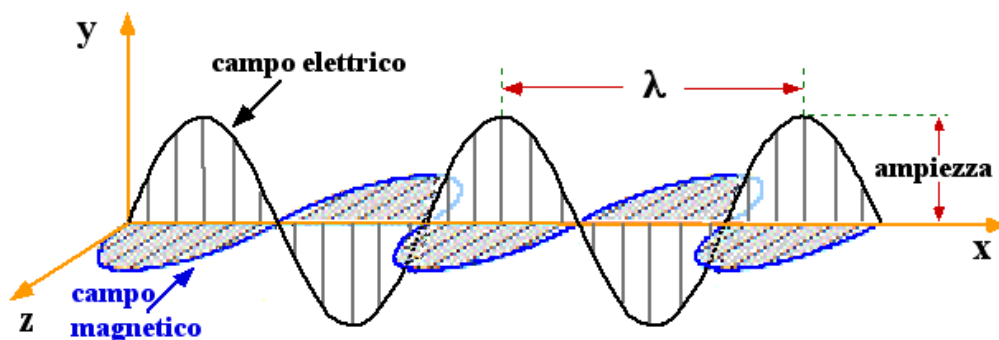


Figura 1- rappresentazione cartesiana della propagazione dell'onda elettromagnetica costituita dai vettori campo elettrico e campo magnetico.

In qualsiasi punto dello spazio in cui si propagano le onde elettromagnetiche, i vettori del campo elettrico e magnetico oscillano in modo sincronizzato, con un'ampiezza che varia da un massimo positivo a zero, da zero a un massimo negativo, nel corso di un periodo di tempo **T**. Se un'onda elettromagnetica si propaga all'interno di un determinato mezzo con una velocità **v**, nel corso di un intervallo di tempo **t**, la perturbazione associata all'onda si sposterà di una distanza pari a **vt**. (Fig. 2)

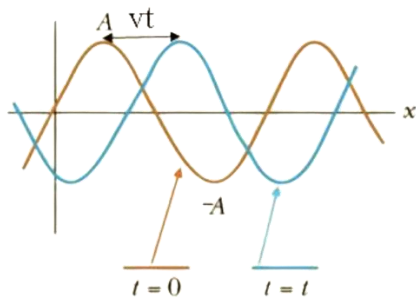


Figura 2- spostamento della perturbazione.

Durante un periodo di tempo  $T$ , in cui la perturbazione in un dato punto dello spazio completa un'intera oscillazione, la perturbazione si sposta di una distanza  $\lambda$ , che rappresenta la lunghezza d'onda dell'onda. Di conseguenza, vale la relazione  $\lambda = vT$ , dove  $v$  è la velocità dell'onda. In un'onda elettromagnetica, sia il campo elettrico che il campo magnetico manifestano un comportamento sinusoidale, ossia una variazione che si ripete ciclicamente nel tempo. Questa variazione periodica avviene sia in un punto fisso nel tempo, dove si osservano le variazioni dei campi nel corso degli istanti successivi, sia in un istante specifico, dove si valutano le variazioni dei campi in diversi punti dello spazio. In sintesi, l'onda elettromagnetica sinusoidale è caratterizzata da: ampiezza, lunghezza d'onda, periodo e frequenza, queste ultime due sono legate tra loro mediante la velocità di propagazione:  $\lambda = vT = \frac{v}{f}$  ;  $v = \frac{\lambda}{T}$ .

In relazione alle caratteristiche precedentemente descritte è necessario sottolineare che la frequenza o il periodo  $T$  sono fissati dalla sorgente mentre la velocità di propagazione è dipesa dalle proprietà fisiche del mezzo in cui si propaga.

Invece, se la velocità dell'onda diminuisce perché attraversa un diverso mezzo, la lunghezza d'onda  $\lambda$  diminuisce di conseguenza.

### 2.2.2 La velocità della luce

Come esposto nel precedente paragrafo l'onda elettromagnetica, e quindi la luce, può propagarsi nel vuoto con una velocità pari a  $c = 300\,000\text{ km/s}$ , quest'ultima non risulta essere costante ma si modifica a seconda del mezzo in cui si propaga. È per questo motivo che la velocità della luce nel vuoto, rappresentata dalla lettera  $c$ , mantiene sempre lo stesso valore, indipendentemente dalla velocità del dispositivo che la emette. Come

conseguenza non è possibile ottenere velocità superiori a  $c$ , neppure facendo partire la luce da un veicolo che si muove a grande velocità.

La luce proveniente dal sole impiega circa otto minuti per arrivare sulla terra.

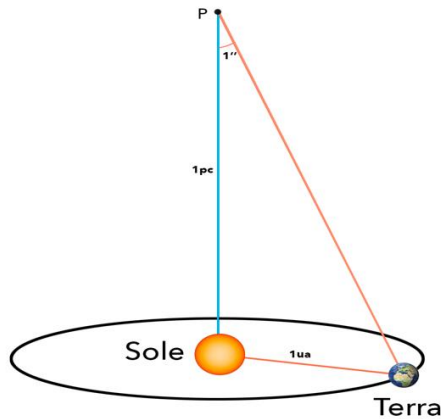


Figura 3- le lettere "ua" fanno riferimento all'unità astronomica ossia la distanza media Terra-Sole, il parsec è la distanza di un punto dal quale un osservatore vedrebbe, perpendicolarmente, il semiasse maggiore dell'orbita terrestre sotto l'angolo di 1''.

In un mezzo diverso dal vuoto, la velocità della luce è inferiore. In molti fenomeni luminosi, è fondamentale conoscere il rapporto tra le due velocità, che viene espresso tramite l'indice di rifrazione  $n$  del mezzo trasparente. Tale indice rappresenta il rapporto tra la velocità della luce nel vuoto e quella nel mezzo considerato:

$$n = \frac{c}{v}$$

Il rapporto tra la velocità della luce nel vuoto e la velocità della luce in un mezzo materiale, noto come indice di rifrazione del mezzo, è sempre maggiore di 1 e rappresenta un numero puro.

Va precisato che la velocità della luce nel vuoto rimane costante, mentre nel passaggio attraverso i materiali varia in funzione della lunghezza d'onda. Nell'ambito dell'ottica, si utilizza l'indice di rifrazione standard per una lunghezza d'onda convenzionale. Conoscendo l'indice di rifrazione di un mezzo, è possibile ricavare la velocità della luce in tale mezzo invertendo la relazione precedente.

$$v = \frac{c}{n}$$

### 2.2.3 Fronte d'onda e raggi ottici

In generale si definisce fronte d'onda il luogo dei punti dello spazio che oscillano in concordanza di fase.

Al fine di comprendere al meglio tale concetto è possibile considerare la radiazione luminosa monocromatica emessa da una sorgente luminosa, di dimensioni talmente ridotte da poter essere considerata un punto. Per quanto detto sulle oscillazioni sinusoidali dei campi elettrico e magnetico, assumiamo che all'istante  $t=0$  i valori di  $\mathbf{E}$  e  $\mathbf{B}$  siano massimi. Dopo un intervallo di tempo pari al periodo  $T$ , l'onda elettromagnetica raggiungerà tutti i punti dello spazio su una sfera di raggio  $\lambda = vT$  se  $v$  è la velocità di propagazione dell'onda nel mezzo. In questi punti i valori di  $\mathbf{E}$  e  $\mathbf{B}$  sono contemporaneamente massimi. Cioè, si dice che i punti su questa superficie sono coincidenti in fase. Dopo l'intervallo di tempo  $2T$ , l'onda raggiungerà punti sferici di raggio  $2\lambda$ , dove i valori di  $\mathbf{E}$  e  $\mathbf{B}$  sono sempre massimi.

La forma del fronte d'onda dipende dal tipo di sorgente: le onde luminosa generate da una sorgente puntiforme hanno fronti d'onda sferici - onde sferiche- (Fig. 5), queste possono assumere anche la forma di fronti d'onda piani - onde piane- (Fig. 6).

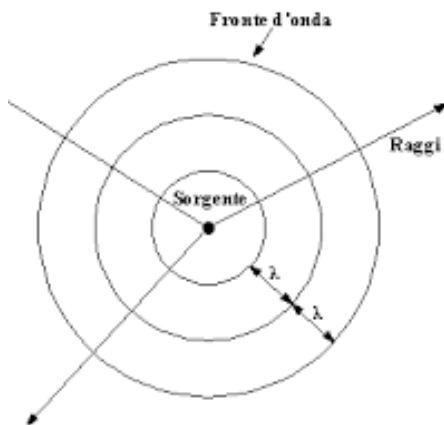


Figura 5- Onda sferica prodotta da una sorgente puntiforme, la propagazione è radiale, come i raggi stessi, i fronti d'onda sono sferici.

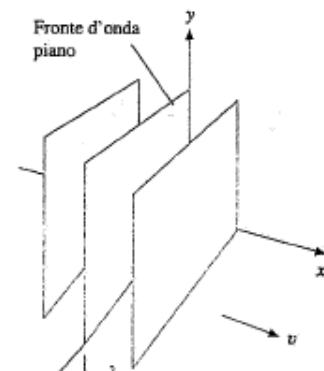


Figura 4- fonte d'onda piano, la propagazione avviene lungo una unica direzione, i raggi sono paralleli, i fronti d'onda piani, l'ampiezza dell'onda rimane costante allontanandosi dalla sorgente.



Infatti, è bene ricordare che a grande distanza dalla sorgente l'onda sferica, in porzioni piccole di spazio, può essere approssimata da un'onda piana. È il caso del fronte d'onda della radiazione elettromagnetica generata dal Sole, quest'ultimo data la distanza, pari a circa 150 milioni di chilometri, “genera” onde piane.

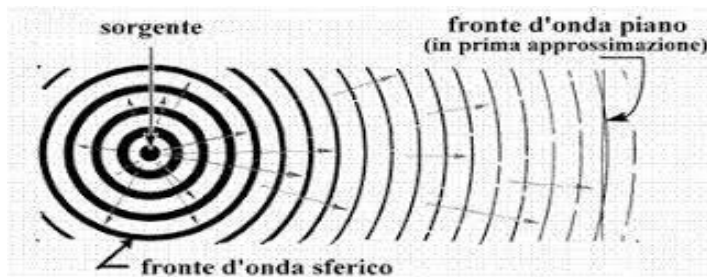


Figura 6- approssimazione del fronte d'onda.

Lo studio della propagazione della luce può essere affrontato utilizzando la teoria ondulatoria, che analizza il comportamento e la progressione dei fronti d'onda. Questo approccio è fondamentale per comprendere fenomeni tipici delle onde come la diffrazione e l'interferenza. Tuttavia, in molti casi è possibile utilizzare un approccio più semplice introducendo il concetto di raggio ottico, ovvero una linea immaginaria che indica la direzione di propagazione della luce.

Se consideriamo un fronte d'onda sferico, i raggi ottici coincidono con i raggi geometrici delle superfici sferiche. Questo significa che i raggi ottici si estendono radialmente dal centro della sfera e sono perpendicolari alle superfici sferiche. Questo caso si verifica quando l'onda si propaga da una sorgente puntiforme in un mezzo omogeneo.

D'altra parte, se le onde sono piane, i raggi ottici sono perpendicolari ai piani d'onda e quindi paralleli tra loro. Questo si verifica quando l'onda si propaga da una sorgente estesa o attraverso un'apertura molto grande.

È importante notare che la perpendicolarità tra i raggi ottici e i fronti d'onda è un principio generale che si applica a entrambi i casi. Indipendentemente dalla forma del fronte d'onda, i raggi ottici sono sempre perpendicolari ai fronti d'onda. Questo significa che la direzione di propagazione dell'onda è ortogonale al fronte d'onda in ogni punto.

In un mezzo omogeneo, in cui l'indice di rifrazione è costante, la radiazione si propaga in linea retta e i raggi ottici sono sempre rettilinei. Ciò significa che i raggi ottici mantengono la loro direzione nel mezzo omogeneo e non subiscono deviazioni o curve.

Tuttavia, se l'indice di rifrazione varia da un mezzo all'altro, ad esempio quando l'onda passa da un mezzo all'altro con diversi indici di rifrazione, il raggio ottico cambia direzione a causa del fenomeno della rifrazione. Nonostante la deviazione, il raggio ottico rimane sempre rettilineo e perpendicolare ai fronti d'onda nei due mezzi. Questo è noto come legge di Snell della rifrazione e rappresenta un'importante caratteristica dell'ottica geometrica.

È importante sottolineare che il concetto di raggio ottico non rappresenta una realtà fisica, ma è una costruzione geometrica utile per seguire il percorso della luce.

### **2.3 *L'ottica: studi sulla propagazione della luce***

*L'ottica è una branca dell'elettromagnetismo che si occupa dello studio delle proprietà della luce e delle interazioni tra questa e la materia*<sup>32</sup>. Attraverso l'analisi dei fenomeni ottici, l'ottica mira sia a comprenderli a livello teorico che a sperimentarli in modo da sviluppare ulteriormente la propria conoscenza e modellizzazione dei fenomeni stessi. In particolare, l'ottica si concentra sulla fotometria, ossia la descrizione quantitativa della luce, e sulla spiegazione dei vari fenomeni ottici che si possono osservare in natura.

In ottica, un tipico problema consiste nel determinare il campo elettromagnetico in ogni punto dello spazio e in differenti momenti nel tempo, partendo dal suo valore iniziale in un dato istante e tenendo conto della posizione e della natura degli ostacoli presenti nell'area di interesse. Questo tipo di problema risulta spesso complesso e richiede l'applicazione delle equazioni di Maxwell, anche se a seconda dei fenomeni studiati possono essere utilizzate teorie approssimate.

In particolare, l'ottica classica può essere suddivisa tradizionalmente in due sezioni:

- l'ottica fisica, si occupa dello studio dei fenomeni per i quali non sono sufficienti le ipotesi semplificate dell'ottica geometrica, ma è invece necessario considerare la descrizione ondulatoria della radiazione elettromagnetica. Questi fenomeni includono l'interferenza, la diffrazione e la polarizzazione della luce. L'ottica

---

<sup>32</sup> <https://it.wikipedia.org/wiki/Ottica>

- ondulatoria è quindi fondamentale per comprendere e descrivere tali fenomeni, che non possono essere spiegati soltanto attraverso le leggi della geometria ottica;
- l'ottica geometrica si occupa di definire le leggi della riflessione e della rifrazione della luce, assumendo che la propagazione avvenga in linea retta all'interno di un mezzo omogeneo. Questa ipotesi è valida quando la luce attraversa regioni che presentano fenditure o restrizioni la cui dimensione  $d$  è molto maggiore della lunghezza d'onda. L'ottica geometrica si concentra quindi sullo studio del comportamento di dispositivi ottici come specchi, diottri e lenti, che permettono di manipolare il percorso della luce attraverso principi.

L'ottica geometrica si basa sul concetto di raggio luminoso, che rappresenta l'asse di un cono di luce di apertura infinitesima e quindi come una linea perpendicolare ai fronti d'onda. La nozione di raggio luminoso rientra nell'esperienza comune di ogni essere umano sin dall'infanzia: quando un fascio di luce al mattino penetra nella stanza buia mediante le finestre socchiuse, è possibile osservare che i raggi luminosi attraversano l'ambiente; allo stesso modo, quando in seguito ad un temporale, la luce del Sole penetra fra le nuvole, qualsiasi persona può vedere distintamente come i raggi solari attraversano il cielo sottostante.

Ma ci si è mai chiesti cosa sia un raggio luminoso? I raggi non sono altro che rette perpendicolari a un fronte d'onda, orientate nel verso in cui l'onda si propaga.

In sintesi, essi possono essere definiti come dei fasci di luce molto sottile, rappresentabili tramite una retta orientata.

Come già chiarito nei paragrafi precedenti, nel vuoto la luce si muove con velocità:

$$c = 2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Nell'aria la velocità è minore e differisce da quella nel vuoto di sole 3 parti su 1000. Per entrambe queste velocità si usa spesso il valore approssimato:

$$3,00 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

La luce percorre trecentomila chilometri al secondo. Questa velocità è la massima possibile ed è sempre la stessa in tutti i sistemi di riferimento. Immaginiamo di allontanarci da una stella alla velocità di 30 000 km/s. La velocità della luce emessa dalla stella, misurata dall'astronave, non è 270 000 km/s, ma sempre 300 000 km/s.

La velocità di propagazione della luce nel vuoto è maggiore rispetto alla sua propagazione nei mezzi trasparenti. Il rapporto tra la velocità  $c$  della luce nel vuoto e la velocità  $v$  nel mezzo trasparente si chiama indice di rifrazione assoluto del mezzo:

$$n = c/v$$

Dato che la velocità della luce nei mezzi trasparenti  $v$  è più piccola della velocità della luce nel vuoto  $c$ ,  $n$  è sempre maggiore di 1. Per l'acqua, per esempio,  $n$  è uguale a 1,33. Ciò significa che la velocità della luce nell'acqua è uguale a  $2,26 \cdot 10^8$ .

Questo principio di propagazione rettilinea si può notare in diversi fenomeni che incontriamo nella vita quotidiana, come ad esempio quando un oggetto opaco (come una mano) intercetta un cono di luce proveniente da una sorgente puntiforme. In tal caso, si può osservare l'ombra netta dell'oggetto, la cui forma si può ottenere tracciando i raggi rettilinei che partono dalla sorgente puntiforme e che toccano i punti estremi dell'oggetto.

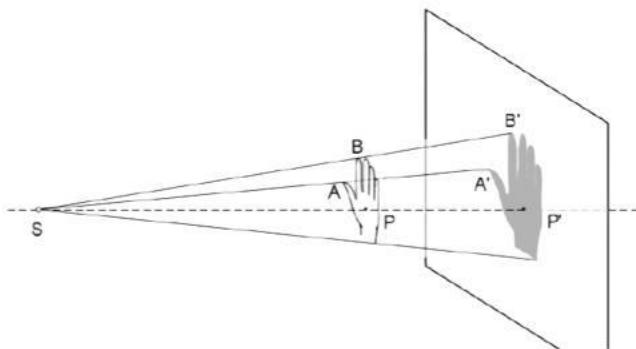


Figura 7- rappresentazione iconografica della formazione netta dell'ombra dell'oggetto.

Quando la sorgente di luce è estesa, i coni di luce che si originano dagli estremi della sorgente e che vengono intercettati dall'oggetto, formano una zona di parzialmente oscurata attorno all'ombra, detta penombra. Nei punti dell'ombra, la sorgente non è visibile, mentre nei punti all'interno della penombra, la sorgente è parzialmente visibile.

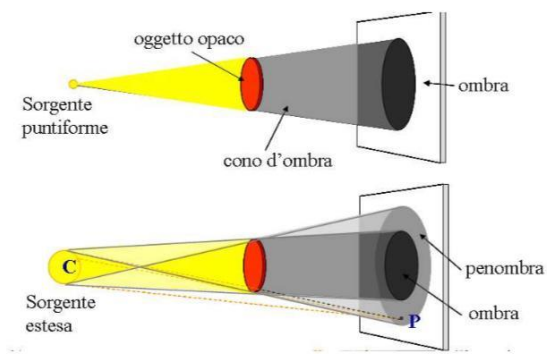


Figura 8- rappresentazione iconografica della formazione delle ombre in cui differisce la sorgente: puntiforme o estesa.

Tra i fenomeni della formazione delle ombre, i più percepibili visivamente, nell'antichità oggetto di meraviglia, sono le eclissi, che avvengono quando la Terra, il Sole e la Luna si trovano allineati.

In particolare, l'eclissi di Sole si verifica quando la Luna si allinea fra il Sole e la Terra, intercettando i raggi solari in modo da oscurare il Sole, tutto (eclissi totale) o in parte (eclissi parziale), in determinate regioni del nostro pianeta.

Nell'eclissi di Luna, invece, è proprio lei a venire oscurata (tutta o in parte); ciò avviene quando la Terra, trovandosi fra il satellite ed il Sole, intercetta i raggi solari diretti verso la Luna, che, in tal modo, non viene più illuminata.

In particolare, durante un'eclissi solare le zone della superficie terrestre che si trovano all'interno del cono d'ombra formato dalla Luna subiscono un'eclissi totale, mentre quelle che si trovano nella zona di penombra subiscono un'eclissi parziale.

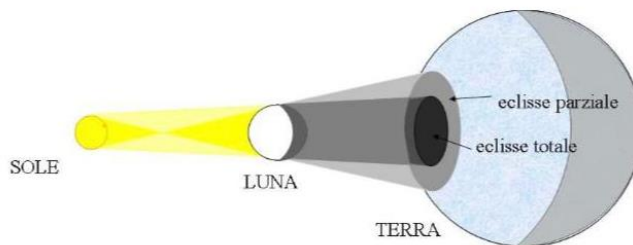
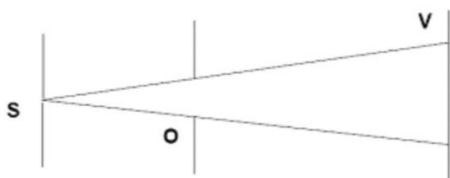


Figura 9- Rappresentazione iconografica del fenomeno dell'eclissi solare.

La propagazione in linea retta della luce è un fenomeno chiaramente osservabile anche quando essa attraversa aperture di dimensioni considerevoli rispetto alla sua lunghezza

d'onda. Un esempio è rappresentato dalla *figura 10* che mostra come la luce emessa da una sorgente puntiforme generi una zona luminosa ben definita su uno schermo V, passando attraverso uno schermo forato circolare O. Questa zona luminosa corrisponde alla sezione del cono avente la sorgente come vertice e delimitato dal contorno del foro.



*Figura 10- propagazione rettilinea della luce attraverso fori di grandi dimensioni rispetto la lunghezza d'onda*

La propagazione rettilinea dei raggi luminosi, inoltre, fornisce una semplice spiegazione del funzionamento della camera oscura<sup>33</sup>, uno strumento ottico molto antico che costituisce parte essenziale delle macchine fotografiche e delle telecamere, per questo così denominate.

Già noto ad Aristotele, studiato dal grande scienziato arabo Alhazen nell'XI secolo e descritto poi in dettaglio da Leonardo, questo strumento fu usato nei secoli scorsi da molti pittori, al fine di ottenere prospettive realistiche<sup>34</sup>.

### *2.3.1 La propagazione della luce nei mezzi materiali*

Nel momento in cui la luce entra nell'atmosfera vi è il passaggio dalla sua propagazione nel vuoto al mezzo materiale di riferimento.

La propagazione della luce in un mezzo diverso dal vuoto comporta una diminuzione dell'intensità luminosa, noto come fenomeno di attenuazione della luce. Questo può essere causato da un parziale assorbimento di energia da parte del mezzo o dalla deviazione di una parte della luce dalla sua direzione di propagazione, noto come

---

<sup>33</sup> Nello specifico, per camera oscura, inizialmente, s'intendeva una stanza buia, costituita da una parete dotata di un piccolo foro, per la cui, chi stava al suo interno vedeva sulla parete opposta al foro l'immagine capovolta di ciò che si trovava all'esterno.

In seguito, a partire dal Rinascimento, si diffuse l'impiego di camere oscure portatili, caratterizzate da una scatola con un foro in una parete ed una parete opposta costituita da un foglio di carta pergamena o di vetro smerigliato, sul quale si poteva osservare l'immagine.

<sup>34</sup> [https://online.scuola.zanichelli.it/amaldi-files/Cap\\_17/Cap17\\_Onde\\_e\\_InduzElettromagn\\_Amaldi.pdf](https://online.scuola.zanichelli.it/amaldi-files/Cap_17/Cap17_Onde_e_InduzElettromagn_Amaldi.pdf).

attenuazione per diffusione. I mezzi che lasciano passare le onde luminose senza perdere informazioni ottiche sono definiti trasparenti.

Quando la luce passa attraverso due mezzi con diverso indice di rifrazione, possono verificarsi diversi processi sulla superficie di separazione, in base alla struttura chimica dei mezzi, alla loro levigatezza e alla forma geometrica della superficie. È possibile introdurre il concetto di cammino ottico per comprendere ciò che accade alla luce quando incontra una superficie di separazione tra due mezzi.

Nei paragrafi precedenti si è già esposto il concetto per il quale la luce passa da un mezzo trasparente ad un altro avente indice di rifrazione differente, si è già inoltre visto che la sua frequenza e il periodo restano costanti mentre cambiano velocità e lunghezza d'onda. La relazione tra le varie componenti è la seguente:

$$v = \frac{c}{n}$$

$$\lambda = vT = \frac{cT}{n} = \frac{\lambda_0}{n}$$

$$\lambda_0 = cT \text{ lunghezza d'onda nel vuoto}$$

Prendendo in considerazione due punti  $P$  e  $P'$  di un mezzo materiale di indice di rifrazione  $n$ , distanti tra loro  $l$ , il tempo impiegato dalla luce per percorrere la distanza data è formulabile come  $t = \frac{l}{v} = \frac{nl}{c}$  da cui si ricava che  $nl = ct$ .

Il cammino ottico  $l_0$  rappresenta il tempo necessario per la luce per percorrere una determinata distanza. Il concetto di cammino ottico si riferisce alla distanza che la luce avrebbe percorsa nel vuoto nello stesso intervallo di tempo. In altre parole, il cammino ottico tiene conto degli effetti della rifrazione dovuti alla propagazione della luce in un mezzo materiale. Ciò significa che il cammino ottico rimane costante per una data traiettoria della luce, anche se la luce attraversa più mezzi aventi indici di rifrazione differenti.

Al fine di stabilire il percorso della luce in presenza di più mezzi materiali è possibile servirsi del Principio di Fermat, il quale afferma che la luce segue il percorso che richiede il minimo tempo per andare da un punto ad un altro attraverso un qualsiasi insieme di mezzi.

Quindi, per determinare il percorso effettivamente percorso dalla luce tra due punti A e B, dobbiamo calcolare il cammino ottico di tutti i possibili percorsi tra i due punti e

trovare quello che richiede il minimo tempo. In questo modo, otterremo il percorso ottico effettivamente percorso dal raggio di luce.

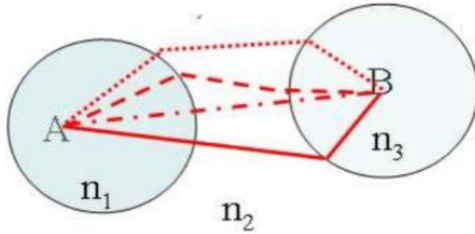


Figura 11- rappresentazione figurale del principio di Fermat.



### 3 UN PERCORSO INTERDISCIPLINARE

#### *Premessa*

La fisica è la scienza che studia la natura e le leggi che la governano, utilizzando metodi sperimentali, matematici e teorici. Tuttavia, la fisica non è una disciplina isolata e ha forti connessioni con svariate aree di conoscenza, tra cui la geografia, la geometria, l'astronomia e molte altre ancora. Inoltre, le scoperte della fisica spesso hanno ripercussioni su altre tematiche, quali la tecnologia, l'energia, l'ambiente e la società nel suo complesso.

L'interdisciplinarietà della fisica è quindi un tema di grande importanza, poiché rappresenta un approccio innovativo e trasversale per rispondere alle sfide del mondo contemporaneo.

Questo capitolo si concentrerà quindi sull'analisi delle interazioni tra la fisica e le altre discipline, evidenziando le opportunità e le sfide dell'approccio interdisciplinare. In particolare, si esploreranno le applicazioni della fisica in diversi ambiti evidenziando le sinergie e le sfide delle collaborazioni tra ricercatori di diverse discipline.

È fondamentale, quindi, premettere che l'astronomia fisica e la geografia sono strettamente correlate e si influenzano a vicenda in molti modi. La conoscenza dell'astronomia fisica è fondamentale per comprendere molti fenomeni geografici e per migliorare la nostra capacità di prevedere e gestire eventi naturali. Inoltre, l'applicazione dell'astronomia fisica in geografia ha permesso lo sviluppo di nuove tecnologie e strumenti di osservazione che ci permettono di studiare la Terra e l'universo in modo sempre più dettagliato.

In futuro, l'astronomia fisica e la geografia continueranno a collaborare in modo sempre più stretto, grazie alla disponibilità di nuovi dati e informazioni, alla crescente capacità di elaborare informazioni e alla continua evoluzione delle tecnologie. Ciò permetterà di approfondire la conoscenza dei fenomeni naturali, di comprendere meglio il funzionamento del nostro pianeta e dell'universo, e di sviluppare soluzioni innovative per affrontare i problemi globali, come i cambiamenti climatici e la gestione delle risorse naturali.

In sintesi, il presente capitolo della tesi si propone di indagare l'interdisciplinarietà della fisica, evidenziando il ruolo centrale di quest'ultima nella comprensione e nella risoluzione delle sfide interdisciplinari della società contemporanea.

### **3.1 Pensiero spaziale, geometria e fenomeni fisici**

Nel corso della vita il primo spazio con cui il bambino entra in contatto è il proprio corpo, dopo che ha imparato a conoscerlo impara a valutarne abilità motorie in relazione all'ambiente, di conseguenza *usa il proprio corpo come mezzo per conoscere lo spazio che lo circonda*<sup>35</sup>.

Successivamente nel bambino inizia a crearsi un sistema di rappresentazioni interne che sono necessarie per l'orientamento e che gli permettono di "usufruire" di un sistema egocentrico, al fine di gestire la propria posizione nello spazio, e un sistema allocentrico, per i punti di riferimento<sup>36</sup>.

Questo complesso gruppo di competenze sulle quali si basa l'apprendimento, e non solo, prendono il nome più specificamente di abilità visuo-spaziali, che negli ultimi anni sono state oggetto di studio visto il loro stretto rapporto con lo sviluppo cognitivo. La definizione più completa presente in letteratura è quella di Benton (1985)<sup>37</sup>; riguarda la capacità di accogliere e agire sulle rappresentazioni mentali sulla base di coordinate spaziali. Essendo in funzione di quest'ultime, questi tipi di abilità sono implicate nella stima della spazialità tra soggetto e oggetto, nella relazione tra i diversi oggetti e nell'orientamento degli stimoli. Come ci suggeriscono gli studiosi Cornoldi e Vecchi (2003) i processi implicati nelle abilità visuo-spaziali sono diversi, tra i quali ritroviamo: esplorazione visuo-spaziale, percezione spaziale e pensiero spaziale.

Il primo processo racchiude in sé una relazione tra sistema visivo e attentivo; al fine di effettuare una valutazione dell'ambiente circostante, regola gli input che provengono dall'esterno; quindi, seleziona le informazioni e localizza lo stimolo (Chaves,2012)<sup>38</sup>.

---

<sup>35</sup> Zanatta, A., Pizzeghello, G., Gasparotto, C., & Battistin, C. (2020). Corpo e mente nello spazio: le abilità visuo-spaziali. Il TNPEE - Erikson, 2(2), 3-26.

<sup>36</sup> *Ibidem*

<sup>37</sup> Benton, A. L. (1985). Psychological testing for brain damage. Baltimora: Williams and Wilkins.

<sup>38</sup> Chaves, S. (2012). The link between visual exploration and neuronal activity: A multimodal study combining eye tracking, functional magnetic resonance imaging and transcranial magnetic stimulation. NeuroImage, 59.

Invece, la percezione spaziale riguarda le relazioni ed i rapporti spaziali (De Lucia 2008)<sup>39</sup>. Infine, il pensiero spaziale consente di operare sulle rappresentazioni interne, per cui rotazioni e cambiamenti di prospettiva nell'ambiente.

Le abilità visuo-spaziali sono l'insieme dei processi che permettono l'interazione armonica tra individuo e spazio che lo circonda, per tale ragione è possibile affermare che esse costituiscono il presupposto principale di ogni azione. Quando un bambino si trova a interagire con il mondo esterno, entrano in gioco queste abilità che gli permettono di ricavare delle rappresentazioni mentali e strategie di codifica dello spazio.<sup>40</sup>

Diversi studi sperimentali hanno dimostrato, quanto queste siano cruciali nell'apprendimento scolastico; in particolare tali abilità sono implicate nella matematica, per svolgere compiti come l'elaborazione delle quantità o la manipolazione di figure geometriche, ad esempio a sei mesi di vita un neonato sa discriminare visivamente le quantità ed è un'abilità che precede l'uso delle dita nel conteggio (Spelke 2003)<sup>41</sup>.

In sintesi, favorire queste capacità risulta fondamentale per lo sviluppo del ragionamento spazio-temporale e della matematica, in particolare della geometria.

Ciò che la ricerca ha dimostrato, quindi, è che i bambini hanno la capacità innata di codificare informazioni spaziali su oggetti, forme, distanze, posizioni e relazioni spaziali, contrariamente a quanto affermato da Piaget. Infatti, già in età prescolare i bambini sono in grado di percepire somiglianze tra oggetti tridimensionali e fotografie degli stessi, riconoscere aspetti invarianti di una forma mostrata da diverse angolazioni e ruotare mentalmente forme nel piano dell'immagine. Queste abilità spaziali fondamentali per la geometria, come la rotazione mentale, ossia la capacità di visualizzare e manipolare il movimento degli oggetti bidimensionali e tridimensionali; e la visualizzazione spaziale, che consiste nell'immagazzinare nella propria memoria una forme a e trovare forme in figure più complesse o far coincidere orientamenti, si potenziano grazie all'uso di sistemi simbolici come il linguaggio grafico. Già in tenera età, i bambini possono utilizzare questo linguaggio per sviluppare diverse rappresentazioni dello spazio, come mappe e diagrammi, e per spostare e trasformare mentalmente gli oggetti nello spazio.

---

<sup>39</sup> De Lucia, P. (2008). Critical roles for distance, task, and motion in space perception: initial conceptual framework and practical implications. *Human Factors*, 50.

<sup>40</sup> *Ivi pp.* 39

<sup>41</sup> Spelke, E. S. (2003). What makes us smart? Core knowledge and natural language. *Language in mind: Advances in the study of language and thought*, 277.

Grazie alla geometria e al pensiero spaziale, quindi, i bambini sviluppano competenze che risultano fondamentali per lo studio della fisica e delle scienze in generale.

In definitiva, il pensiero spaziale, la geometria e i fenomeni fisici sono strettamente collegati tra loro. La geometria è alla base della descrizione matematica dei fenomeni fisici e richiede una conoscenza approfondita del pensiero spaziale. Allo stesso tempo, lo studio dei fenomeni fisici può aiutare a sviluppare il pensiero spaziale e a comprendere le proprietà geometriche dello spazio. La comprensione di queste relazioni è fondamentale per lo sviluppo di una conoscenza approfondita della fisica e delle sue applicazioni.

### *3.1.1 La geometria euclidea*

Il modo in cui la geometria viene insegnata è stato ampiamente influenzato dalle teorie di Piaget e Inhelder (1979), che, nel loro libro "La rappresentazione dello spazio nel bambino", distinguono tra spazio "percettivo" - ovvero quello che il bambino percepisce attraverso l'attività sensoriale e motoria - e spazio "rappresentativo", ovvero quello che il bambino è in grado di rappresentare mediante l'uso del linguaggio. Secondo queste teorie, l'apprendimento della geometria passa attraverso una sequenza di tre fasi, che coinvolgono relazioni topologiche, proiettive e infine euclidee, e si completa intorno all'età di dodici anni. Nel 1986, i coniugi van Hiele<sup>42</sup> svilupparono una teoria evuzionistica dell'apprendimento e dell'insegnamento della geometria, distinguendo tra geometria intesa come concettualizzazione dello spazio e geometria come teoria formale. Da qui deriva la necessità di individuare un percorso di apprendimento e insegnamento della geometria che tenga conto dello sviluppo progressivo delle competenze degli studenti.

A tal proposito, al fine di essere esaustiva in merito, risulta necessario chiarire il concetto di geometria, quest'ultima è una branca della matematica che studia le proprietà e le relazioni degli oggetti geometrici, come linee, superfici e solidi. La geometria euclidea è una disciplina che si basa sull'osservazione delle regolarità delle forme, delle simmetrie e dell'organizzazione dello spazio naturale e artificiale. Fin dagli Elementi di Euclide, lo studio della geometria si fonda sul metodo ipotetico-deduttivo, ovvero la costruzione di una struttura logica unitaria basata su poche ipotesi iniziali, sulla costruzione progressiva

---

<sup>42</sup> van Hiele, P.M. (1986). Structure and insight. A theory of Mathematics Education, Academic Press: Orlando: Academic Press.

di nuove figure e sulla deduzione di teoremi che stabiliscono le proprietà di tali figure. Tale struttura logico-deduttiva permette di acquisire metodo di ragionamento e senso critico, abilità estremamente importanti nell'insegnamento scientifico e per lo sviluppo di competenze logiche, linguistiche e argomentative.

Purtroppo, la geometria euclidea è spesso ridotta a un piacere per pochi "eletti", che per molti altri non è nient'altro che un terrificante insieme di "dimostrazioni" autoreferenziali e completamente scollegate dalla realtà. Tuttavia, secondo Lucio Russo<sup>43</sup>, un aspetto importante del lavoro di Euclide *"risiede nel rapporto chiaro ed esplicito tra la teoria geometrica e la pratica del disegno con riga e compasso... i concetti teorici così generati mantengono naturalmente un chiaro rapporto con gli oggetti concreti da cui sono stati astratti, ma non possono essere confusi con loro"*.

Pensiamo che sarebbe importante coinvolgere gli studenti nei processi di costruzione dei modelli, partendo proprio dalla geometria di Euclide e dalla storia dello sviluppo della geometria a partire dalla testimonianza di Erodoto, dai contributi di Talete, Pitagora, Euclide, fino alle riflessioni di Poincaré. In questo modo, sarebbe possibile far riflettere gli studenti sul rapporto tra intuizione (legata all'esperienza e al ragionamento spaziale) e sistema formale, ovviamente trattato in modo adeguato in relazione all'età e al contesto di insegnamento.

Nonostante Poincaré e Hilbert<sup>44</sup> concepissero la geometria come una disciplina sempre più astratta in cui contano la correttezza del ragionamento e la coerenza di un sistema formale, riteniamo che coinvolgere gli studenti anche sugli aspetti che riguardano l'evoluzione del pensiero e dei metodi della matematica nel corso dei secoli potrebbe aiutare a creare un ponte tra discipline diverse, con la storia e la filosofia. In accordo con il punto di vista di Russo, coinvolgere gli studenti sul rapporto tra teoria-modello e realtà in matematica e in fisica potrebbe essere particolarmente efficace.

Esistono diverse tipologie di geometria, tra cui la geometria euclidea, affine e proiettiva. La geometria euclidea è quella studiata da Euclide nel suo celebre testo "Gli Elementi". Questa geometria si basa sui postulati di Euclide, che includono la possibilità di tracciare una retta attraverso due punti e di estendere una linea finita indefinitamente. La geometria euclidea assume la validità del quinto postulato di Euclide, noto anche come il postulato

---

<sup>43</sup> Russo, R., Pirro, G., Saliccia, M. (2017) Euclide: il I libro degli Elementi, Carocci Editore.

<sup>44</sup> A. Amabile, E. Balzano, P. Piccialli, R. Figari, G. Artiano. Dal pensiero spaziale alla geometria e alla fisica Periodico di Matematica (IV) Vol. R (n) mese anno, pp 7

delle parallele. Secondo questo postulato, date due rette parallele e una terza retta che le interseca, gli angoli opposti alla terza retta sono uguali. La geometria euclidea è quindi basata sull'idea di spazio euclideo, che assume l'esistenza di una distanza euclidea tra due punti, che soddisfa le proprietà della simmetria, transitività e disuguaglianza triangolare. La geometria affine è una generalizzazione della geometria euclidea che non richiede l'assunzione del quinto postulato di Euclide. In altre parole, si basa sull'idea di spazio affine, che assume l'esistenza di una trasformazione lineare che preserva le proprietà di parallelismo e di rapporto di distanza tra i punti. Questo permette di definire concetti come la retta affine, il piano affine e lo spazio affine, che non richiedono l'assunzione del quinto postulato di Euclide.

La geometria proiettiva è invece una generalizzazione ancora più ampia della geometria euclidea e affine, che si basa sull'idea di spazio proiettivo. In questo spazio, l'idea di distanza euclidea non ha più senso, ma è possibile definire concetti come la retta proiettiva, il piano proiettivo e lo spazio proiettivo. La geometria proiettiva si occupa in particolare dello studio delle trasformazioni proiettive, che sono le trasformazioni che preservano le proprietà di incidenza tra i punti, ovvero l'appartenenza a una retta o a un piano.

La geometria euclidea, affine e proiettiva si differenziano per le loro ipotesi e i loro assiomi fondamentali. La geometria euclidea si basa sul quinto postulato di Euclide, la geometria affine si basa sulla trasformazione lineare che preserva le proprietà di parallelismo e rapporto di distanza tra i punti, mentre la geometria proiettiva si basa sull'idea di spazio proiettivo e sulle trasformazioni proiettive che preservano le proprietà di incidenza tra i punti. Tutte queste geometrie sono fondamentali per lo studio della matematica e della fisica.

### *3.1.2 L'applicazione geometrica delle ombre*

Da tempi antichi, la relazione tra fenomeni luminosi e geometria è stata oggetto di studio. Euclide stesso ha sviluppato una teoria della visione diretta ipotetico-deduttiva nell'Ottica. La propagazione rettilinea della luce e la formazione delle ombre offrono l'opportunità di coinvolgere gli studenti nella costruzione e nello studio di modelli geometrici, utilizzando concetti trasversali per riconoscere proprietà invarianti nelle trasformazioni.

Le trasformazioni geometriche sono corrispondenze biunivoche tra i punti di un piano o di uno spazio e si possono classificare in base agli invarianti in trasformazioni topologiche, proiettive, affini, simili e isometriche. È interessante notare che ciascuno dei suddetti insiemi di trasformazioni può essere correlato a vaste aree di fenomenologia fisica, come l'elasticità, l'ottica e il moto di corpi rigidi. Con l'operazione di composizione, ciascun insieme assume la struttura di gruppo, e la caratterizzazione del gruppo ha importanti implicazioni nella costruzione dei modelli matematici e delle teorie che descrivono le fenomenologie fisiche.

Seguendo la visione unitaria di Klein espressa nel celebre Programma di Erlangen del 1872<sup>45</sup>, le diverse geometrie si distinguono sulla base del gruppo di trasformazioni e degli invarianti corrispondenti. In questa visione, le proprietà geometriche delle figure non sono determinate dalla forma della figura, ma dalle trasformazioni che possono agire su di essa, e la geometria diventa lo studio delle proprietà invarianti rispetto a un ben definito gruppo di trasformazioni.

Le trasformazioni topologiche e proiettive possono essere analizzate mediante la ricerca degli invarianti con esperienze che ne enfatizzano gli aspetti qualitativi. Per le trasformazioni affini, è possibile lavorare con le equazioni di diverse trasformazioni che appaiono facilmente comprensibili nella gestione del piano cartesiano, e si possono operare composizioni significative, come ad esempio contrazioni/dilatazioni lungo i due assi coordinati.

La geometria proiettiva è una branca della matematica che studia le proprietà degli oggetti e delle figure geometriche attraverso la proiezione su un piano. In particolare, si occupa della proiezione centrale, ovvero la proiezione di un oggetto o di una figura su un piano passante per un punto detto centro di proiezione. Le proprietà della geometria proiettiva sono invarianti rispetto a trasformazioni proiettive, ovvero trasformazioni che mantengono le proprietà della proiezione centrale.

Le ombre solari sono un esempio di proiezione centrale, in cui i raggi solari che illuminano un oggetto producono l'ombra dell'oggetto su una superficie pianeggiante. La forma dell'ombra dipende dalla posizione del sole, dalla forma dell'oggetto e dalla posizione della superficie su cui cade l'ombra. Le ombre solari possono essere utilizzate

---

<sup>45</sup> *Ivi*, pp 42

per determinare la forma e le dimensioni di oggetti che altrimenti sarebbero difficili da misurare direttamente.

Per tali ragioni è possibile affermare che la geometria proiettiva e le ombre solari sono strettamente correlate, in quanto quest'ultime possono essere analizzate attraverso le proprietà della proiezione centrale. Ad esempio, la posizione dell'ombra di un oggetto dipende dalla posizione del centro di proiezione, che nel caso delle ombre solari è il sole. Un esempio concreto dell'applicazione della geometria proiettiva alle ombre solari è dato dalle meridiane solari. Una meridiana solare è una linea che si ottiene proiettando l'ombra di un oggetto su una superficie piana in diversi momenti della giornata, mantenendo costante la posizione dell'oggetto e variando la posizione del sole. La meridiana solare è quindi la proiezione delle linee che congiungono i punti dell'oggetto che sono sulla direttrice del sole in diversi momenti della giornata; può essere utilizzata per determinare la posizione del sole nel cielo, l'ora solare e la longitudine del luogo.

### ***3.2 Cenni di geografia astronomica e geometria solare***

Prima di analizzare il rapporto di interconnessione tra le ombre e il “movimento solare” è opportuno, se non necessario, esplicitare come la geografia astronomica e la geometria solare siano strettamente correlate.

Immaginiamo un osservatore sulla Terra e una sfera celeste concentrica rispetto alla Terra. In un dato momento, l'osservatore si trova in una posizione sulla volta celeste identificata dallo "zenit", il punto in cui la linea perpendicolare alla superficie terrestre passante per l'osservatore incontra la sfera celeste. Il punto opposto allo zenit sulla sfera celeste è noto come "nadir". L'orizzonte dell'osservatore è la circonferenza dove la sfera celeste incontra il piano che passa attraverso il centro della Terra e che è ortogonale alla linea che unisce il centro con lo zenit.

L'angolo zenitale ( $\theta_z$ ) rappresenta l'angolo formato dalla direzione dello zenit, ovvero la verticale in un punto specifico, con la linea che congiunge l'osservatore al Sole. Questo angolo può assumere valori compresi tra  $0^\circ$  e  $90^\circ$  e varia in base alla posizione dell'osservatore sulla Terra.



La posizione del Sole rispetto a un punto sulla Terra è determinata dall'altezza solare ( $\alpha$ ), che rappresenta l'angolo formato tra la linea orizzontale e la linea che congiunge il punto di osservazione al Sole. Inoltre, l'angolo azimutale ( $\gamma$ ) descrive la direzione orizzontale del Sole rispetto a un punto di riferimento, come il nord geografico.

Questi parametri, l'altezza solare e l'angolo azimutale, sono fondamentali per determinare la posizione del Sole nel cielo in un dato momento e in un determinato luogo sulla Terra. Essi influenzano l'illuminazione solare, l'ombreggiatura e l'intensità della radiazione solare in una determinata area geografica. L'altezza solare è l'angolo formato dalla direzione dei raggi solari (quelli che arrivano sulla Terra) con il piano orizzontale (l'orizzonte), mentre l'angolo azimutale è l'angolo formato dalla proiezione dei raggi solari sul piano orizzontale rispetto alla direzione sud.

L'altezza solare e l'angolo azimutale dipendono dalla declinazione,  $\delta$ , dalla latitudine  $\varphi$  e dall'angolo orario  $\omega$ , che rappresenta la distanza angolare tra il Sole e la sua posizione a mezzogiorno lungo la sua traiettoria apparente sulla volta celeste.

In assenza di rifrazione atmosferica, per una data posizione geografica sulla Terra, la posizione del Sole in ogni istante dell'anno può essere ottenuta da relazioni trigonometriche che legano l'altezza solare, la latitudine e l'ora solare.

In termini fisici, la radiazione solare che raggiunge la superficie terrestre deve prima attraversare l'atmosfera, composta principalmente da gas. Circa il 35% della radiazione solare che arriva dallo spazio viene assorbito dalla Terra, incluso l'atmosfera stessa. La quantità di energia riflessa da una superficie viene definita "albedo". L'albedo della Terra nel suo complesso è di circa il 35-40%, principalmente a causa della riflessione delle nubi e delle particelle in sospensione nell'aria, ma anche grazie a superfici come l'acqua, la neve e la sabbia.

Una parte della radiazione solare che attraversa l'atmosfera terrestre viene diffusa in tutte le direzioni a causa dell'interazione con le molecole dell'aria e le particelle in sospensione. Ciò significa che la radiazione solare arriva sulla superficie terrestre da molte direzioni diverse. Dopo che le nubi e le particelle in sospensione hanno riflesso e rifratto circa un terzo dell'energia incidente, un ulteriore 10-15% viene assorbito dal vapore acqueo, dall'anidride carbonica e dall'ozono presenti nell'atmosfera.

Per determinare l'effettiva quantità di radiazione solare che raggiunge la superficie terrestre, è importante considerare lo spessore dell'atmosfera attraversata dalla radiazione.

Durante le ore diurne, quando il sole è perpendicolare alla superficie terrestre, la radiazione attraversa uno strato più sottile rispetto alle ore pre-serali, quando deve attraversare uno strato più spesso. Ciò significa che l'energia solare viene trattenuta dall'atmosfera prima di raggiungere la superficie terrestre.

Questo è il motivo per cui la luce del sole è più intensa durante il giorno rispetto alle ore pre-serali e serali. Inoltre, questo fenomeno spiega perché è possibile guardare il sole durante le ore pre-serali e serali, ma non durante le ore diurne.

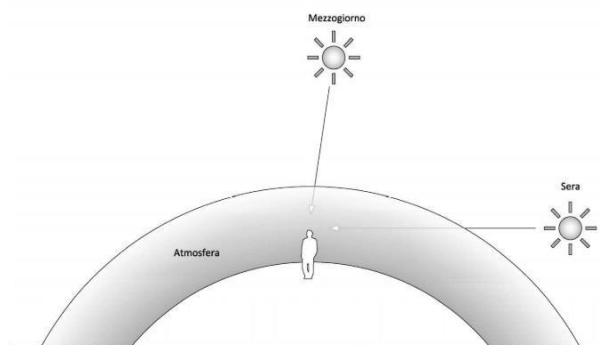


Figura 12- Rappresentazione dell'impatto della densità atmosferica sulle radiazioni solari

### 3.2.1 Le ombre generate dal movimento solare

Il movimento solare si riferisce al movimento relativo del Sole rispetto alla Terra, che è considerata come il punto di riferimento delle traiettorie solari nella volta celeste. È importante comprendere come i raggi solari incidano sulla superficie terrestre e sugli oggetti su di essa presenti. Per questo paragrafo, ci concentreremo sulla caratteristica vettoriale dei raggi solari, anziché sulla loro energia, utilizzando le regole della geometria proiettiva e della teoria delle ombre.

Immaginiamo una fonte di luce puntiforme che proietti i suoi raggi su una figura piana orizzontale e parallela al suolo. Secondo la geometria proiettiva, l'ombra della figura sarà rappresentata sul piano con proporzioni simili all'oggetto proiettato. Tuttavia, questa corrispondenza non è univoca. Infatti, considerando il cono proiettivo dei raggi che vanno dalla sorgente luminosa all'ombra sul piano, è possibile notare che l'ombra è quella di tutte le figure piane che si intersecano con il cono proiettivo, indipendentemente dall'inclinazione rispetto al piano orizzontale (*fig. 14*).

Il movimento solare è il movimento relativo del Sole rispetto alla Terra, che utilizza la geometria proiettiva e la teoria delle ombre per rappresentare le ombre dei raggi solari su

oggetti sulla superficie terrestre. La corrispondenza tra l'oggetto e la sua ombra non è univoca, ma offre diverse opzioni per creare un piano d'ombra preciso.

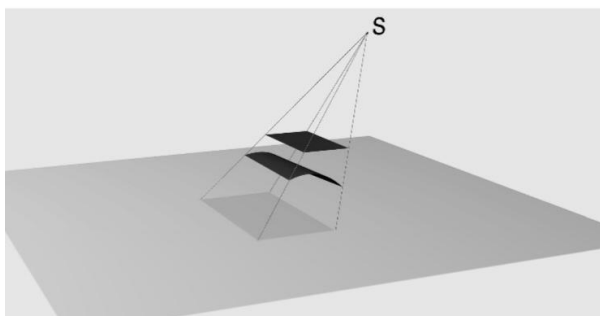


Figura 13- Sorgente luminosa puntiforme e differenti superfici intercettate.

Inoltre, se la fonte luminosa è un punto lontano all'infinito, i raggi del fascio luminoso avranno la particolare caratteristica di essere tutti paralleli tra loro (noti anche come stella di rette impropria nella geometria proiettiva). (Fig. 14)

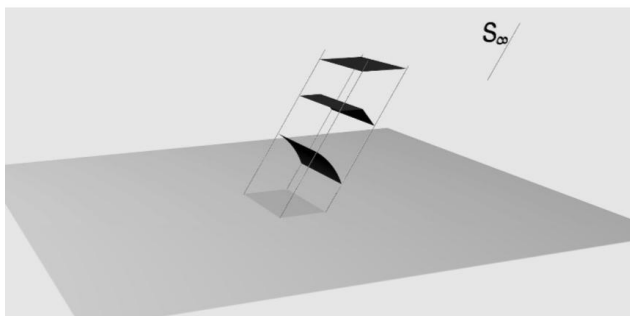


Figura 14-Sorgente luminosa infinitamente lontana e differenti superfici intercettanti.

In questo caso, una superficie geometrica appartenente ad un piano parallelo al quadro viene proiettata su di esso in una figura uguale e congruente. Tuttavia, come nel caso di una sorgente puntiforme, non c'è biunivocità tra l'oggetto nello spazio e l'immagine proiettata sul piano del riferimento, poiché l'immagine è il risultato della proiezione di qualsiasi oggetto contenuto all'interno del fascio di raggi incidenti sulla frontiera della porzione non in ombra dell'oggetto nello spazio.

Per semplicità, consideriamo una superficie piana comunque orientata nello spazio e una direzione dei raggi solari. L'ombra proiettata sul quadro dipende da due fattori che possono variare, determinando una modifica del risultato della proiezione.

L'inclinazione della direzione solare rispetto al piano può variare (fig. 15). Questa inclinazione può teoricamente assumere valori compresi tra  $0^\circ$  e  $180^\circ$ , ma in pratica si assume che l'intervallo di inclinazioni utilizzabili sia tra  $0^\circ$  e  $90^\circ$ , poiché i raggi solari sono paralleli al piano del riferimento sia a  $0^\circ$  che a  $180^\circ$ . Tuttavia, le inclinazioni

effettivamente utilizzate dipendono dalla latitudine del sito oggetto dell'analisi e di solito sono comprese tra  $0^\circ$  e  $90^\circ$ .

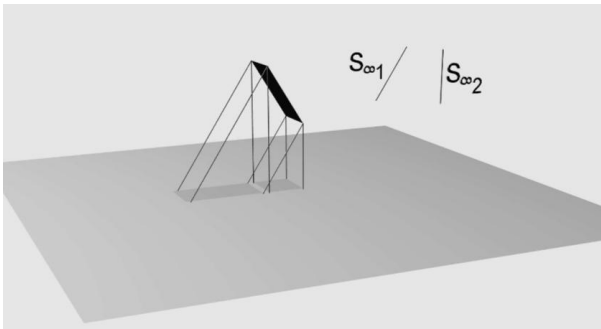


Figura 15- influenza della differente inclinazione dei raggi solari

In secondo luogo, la direzione della proiezione della direzione solare sul quadro può variare, a parità di inclinazione del fascio di raggi proiettanti (*fig. 16*). Questo può assumere valori teorici di angoli in un intervallo compreso tra  $0^\circ$  e  $360^\circ$ , ma nella pratica gli angoli utilizzati sono compresi circa in un mezzo di angolo giro, di cui  $45^\circ$  gradi in senso orario a partire dalla direzione del Sud e  $45^\circ$  nel verso opposto. Questo perché la traiettoria solare si discosta dalla direzione del Sud per gli angoli massimi rappresentativi dell'angolo di alba e dell'angolo di tramonto del Sole.

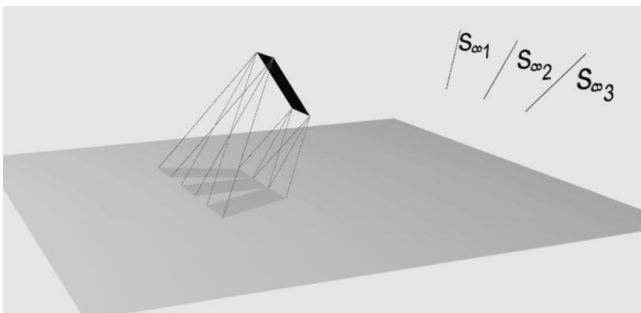


Figura 16-influenza della direzione assunta dai raggi rispetto alla superficie intercettata.

### 3.3 *Astronomia, geografia e geometria*

L'astronomia rappresenta quella disciplina che si occupa dell'osservazione e della spiegazione degli eventi celesti che si verificano nello spazio. Tale, in particolare, studia le origini e l'evoluzione, ma anche le proprietà chimiche, fisiche e temporali dei corpi che costituiscono l'universo<sup>46</sup>. Sin dall'antichità, l'uomo appare profondamente interessato ai moti del Sole, della Luna e delle stelle nella volta celeste, poiché legati al ciclo diurno e stagionale caratterizzante la vita umana. La prima astronomia utilizzata prevalentemente durante le funzioni religiose, fu quella mesopotamica, elaborata in particolare dai Babilonesi, dagli Assiri e dai Caldei. In questo stesso periodo fu stabilita la corrispondenza tra il moto del Sole e delle costellazioni dello Zodiaco ed attraverso attente osservazioni dei corpi celesti, fu possibile determinare un calendario, costruire orologi e fornire degli strumenti utili per orientarsi durante la navigazione. In seguito, anche Aristotele, nel suo trattato *De Coelo*, descrive l'Universo affermando che questo sia costituito da innumerevoli sfere concentriche, con al centro, immobile, la Terra che sorregge le stelle fisse e, allo stesso tempo ruota, compiendo un giro di 24 ore. Tale concezione costituì la base di tutte le cosmologie successive fino alla rivoluzione copernicana. Per comprendere le particolarità del moto dei pianeti e della Luna, infatti, il modello Aristotelico fu, nel corso degli anni, corretto ed arricchito di nuove teorie soprattutto nel periodo alessandrino, in particolare da Claudio Tolomeo (II d.C.), il quale affermò che i pianeti sono sorretti e guidati da sfere secondarie più piccole, che ruotano senza sfiorare le sfere primarie, generando, così, un epiciclo non uniforme. L'opera principale di Tolomeo, l'*Almagesto*, fu studiata dagli Arabi, attraverso i quali arrivò anche in Spagna nel tredicesimo secolo. L'astronomia medievale, tuttavia, fu sostanzialmente limitata all'astrologia. Verso il XVI secolo, grazie al perfezionamento degli strumenti di osservazione e delle tecniche di calcolo, iniziò a svilupparsi la ricerca oggettiva e sperimentale, condotta indipendentemente dalla tradizione culturale e religiosa; fu proprio durante questo periodo che, Galileo Galilei, attraverso l'uso del cannocchiale, elaborò nuove concezioni, in contraddizione con le teorie della cosmologia aristotelica.

Nonostante ciò, l'idea che segnò davvero l'inizio dell'astronomia moderna, fu quella di N. Copernico, l'astronomo che abbandonò la concezione cosmocentrica della Terra a

---

<sup>46</sup> <https://it.wikipedia.org/wiki/Astronomia>.

favore di una teorizzazione secondo cui, il Sole, è al centro dell'Universo, circondato da tutti gli altri corpi celesti che ruotano attorno a esso, segnando, in tal modo, l'inizio di una vera e propria rivoluzione scientifica.

In seguito, si cercò anche di comprendere quale fosse la connessione tra la forza di gravità, sperimentata quotidianamente sulla Terra, e il moto dei pianeti. Ciò fu possibile solo quando, Isaac Newton, postulò i fondamenti teorici della meccanica, grazie ai quali tutti i fenomeni gravitazionali, furono ricondotti ad un'unica legge, quella della "gravitazione universale". Nacque così una nuova scienza, la meccanica celeste, della cui si occupò principalmente il francese S. Laplace.

Il problema cruciale da risolvere nell'ambito astronomico, tuttavia, risulta la valutazione della distanza di ogni corpo celeste, al fine di risalire poi, dalla luminosità apparente, a quella assoluta, stimando quindi le altre grandezze intrinseche, in particolare la potenza radiativa e le dimensioni. In assenza di quanto descritto precedentemente, la ricerca astronomica rimane una descrizione morfologica, non accessibile alla comprensione. Le distanze astronomiche, infatti, sono correntemente misurate in anni luce, prendendo come unità lo spazio percorso dalla luce in un anno, cioè circa 10.000 miliardi di km. Per le stelle, le prime determinazioni di distanza furono compiute intorno al 1837-39, grazie al metodo della parallasse, che consisteva nel misurare lo spostamento angolare subito da una stella vicina, rispetto alle altre più lontane, nel giro di 6 mesi e per effetto del moto della Terra attorno al Sole. Ciò è possibile, tuttavia, solo per sorgenti che non distano più di circa 30 anni luce; per distanze più grandi, occorre usare altri metodi, tra questi, il più importante fa riferimento ad una classe particolare di stelle, le "Cefeidi", la cui luminosità varia periodicamente. Nel 1912, H. Leavitt osservò la relazione tra luminosità apparente e periodo con cui questa varia nel tempo per le Cefeidi della Piccola nube di Magellano<sup>47</sup>. L'interesse mostrato nelle epoche passate nei confronti dell'astronomia, viene tutt'oggi promosso a partire dal contesto scolastico, ed in particolare dalla scuola elementare, periodo durante cui ai bambini viene insegnato come funziona una meridiana. Quest'ultima, definita anche "orologio solare" o "quadrante solare", rappresenta uno strumento di misurazione del tempo, basato sul rilevamento della posizione del Sole<sup>48</sup>. Generalmente, i concetti di astronomia, vengono trattati a partire da semplici

---

<sup>47</sup> <https://www.treccani.it/enciclopedia/astronomia>.

<sup>48</sup> <https://it.wikipedia.org/wiki/Meridiana>.

concettualizzazioni riguardanti il sole e le sue posizioni nel corso della giornata: i bambini, dunque, inizialmente apprendono che il sole sorge ad est, muovendosi in cielo da est verso ovest, dove, in fine, tramonta. Dalla sua posizione, quindi, è possibile ricavare l'ora della giornata<sup>49</sup>. Si passa, poi, a concetti più complessi riguardanti i moti terrestri. La terra, infatti, come tutti gli altri pianeti del sistema solare, compie due movimenti differenti, i seguenti:

- il moto di rotazione: essa gira su sé stessa, in senso antiorario. Per compiere questo movimento, la Terra impiega 24 ore che hanno come conseguenza l'alternarsi del giorno e della notte. I raggi luminosi arrivano sulla terra e colpiscono la parte della superficie che è rivolta verso il Sole, determinando il giorno. La parte che non è colpita, invece, resta in ombra, determinando la notte. La terra, ruotando attorno al proprio asse, fa in modo che, gradualmente, la parte illuminata si trovi nella zona in ombra (il tramonto del Sole) e che la parte in ombra si trovi esposta ai raggi del Sole (alba).
- il moto di rivoluzione: oltre a ruotare su sé stessa, la Terra si muove intorno al Sole su un'orbita ellittica, di forma ovale. Questo avviene in 365 giorni e 6 ore, ovvero nel corso di quello che l'essere umano definisce anno. Le sei ore vengono sommate e recuperate ogni 4 anni nell'anno bisestile, che ha un giorno in più, il 29 febbraio. Il moto di rivoluzione e l'inclinazione dell'asse terrestre, determinano l'alternarsi delle stagioni e una diversa durata del dì e della notte nei vari momenti dell'anno. L' asse della Terra si presenta leggermente inclinato e poiché esso mantiene sempre questa posizione, mentre la Terra gira attorno al Sole, questo fa in modo che l'emisfero nord e l'emisfero sud, non ricevano la luce e il calore del Sole in modo uguale.

Al fine di promuovere lo studio dell'astronomia, a partire dalla primavera del 2000, diversi Enti e Scuole, da tempo impegnate in progetti ed esperienze di insegnamento relativi all' Astronomia, si riunirono dando forma al progetto "Cielo!"; tale, in continuo aggiornamento, segue gli studenti dalle elementari alle medie, per supportarli nella costituzione dei concetti e delle capacità di base utili per il futuro. I principali obiettivi del Progetto sono tutt'oggi:

---

<sup>49</sup> [Come funziona una meridiana \(scuola elementare\) - Wikiversità \(wikiversity.org\)](#)

- sviluppare una serie di Moduli che supportano l'insegnamento delle Scienze Fisico-Astronomiche;
- avvicinare gli studenti all'ambiente, alla Natura, aiutandoli a comprendere il metodo scientifico;
- imparare ad osservare, mediante la modellizzazione dei fenomeni più semplici, e l'apprendimento delle poche leggi che fungono da regolatori dei fenomeni, fondamentali per la formazione del cittadino e lo sviluppo di nuove conoscenze.

In particolare, la prima versione di “Cielo!” fu sperimentata nelle Scuole che parteciparono al progetto, durante l'anno accademico 2000/2001; ogni unità didattica fu sperimentata in almeno due classi parallele appartenenti a scuole differenti. La sperimentazione, conclusa nel maggio 2001, ha fornito degli spunti di riflessione utili per gli insegnanti, i quali, infatti, nel corso degli anni, hanno prodotto l'attuale versione, da considerarsi definitiva. Tale progetto, tralascia l'approccio tradizionale e quello eccessivamente sensazionalistico, per il quale vengono insegnate parti della materia (ad es. “Evoluzione delle stelle e dei buchi neri”) a studenti che non hanno le basi per poter comprendere a pieno tali tematiche, partendo, invece, dai concetti più semplici, necessari per la comprensione della materia, guidando gli studenti in un percorso di osservazione e misurazione, caratterizzato da moduli didattici, a loro volta suddivisi in unità (Unità di Lavoro nella terminologia adottata da Set). Al progetto hanno partecipato bambini appartenenti alla fascia d'età compresa tra i 5 e 13 anni. Per ogni Unità Didattica furono suggeriti dei tempi di esecuzione, che rispettavano quelli effettivamente necessari allo svolgimento delle attività proposte, a patto che non vi fossero delle ulteriori integrazioni informative durante il percorso; in tal caso, i tempi si allungavano ed ogni insegnante aveva il compito di osservare il tempo addizionale impiegato.

#### ***3.4 Progetto Globo Local: il mappamondo parallelo***

I bambini, attraverso l'esperienza, costruiscono alcune convinzioni solide in relazione al mondo fisico, biologico e sociale. Spesso, tuttavia, tali idee sono così radicate, da persistere fino all'età adulta. In particolare, in ambito astronomico, per i più piccoli risulta particolarmente difficile abbandonare e/o modificare la concezione iniziale di un pianeta Terra immobile e piatto, al fine di abbracciare la nozione scientifica secondo cui la Terra ruota attorno al proprio asse ed in contemporanea attorno al Sole. A tal proposito, può



accadere che, nel tentativo di accogliere la conoscenza scientifica trasmessa dalla scuola e allo stesso tempo, non volendo abbandonare le proprie credenze, il bambino provi ad integrare in un unico concetto informazioni tra loro contrastanti, dando luogo a delle vere e proprie misconcezioni (Vosniadou et Brewer)<sup>50</sup>. Prima di acquisire la nozione scientifica, i bambini formulano rappresentazioni della terra differenti:

- Terra piatta: luogo in cui vivono gli esseri umani;
- Terra sferica: spazio condiviso con gli altri;
- Terra cava: questa è divisa nell'emisfero inferiore ed in quello superiore costituito da cielo;
- Terra sferica: tale, tuttavia, appare appiattita nella parte superiore, porzione in cui vivono gli uomini.

I saperi relativi alla sfericità della Terra sono ulteriormente correlati anche con le immagini veicolate dall'insegnamento, determinando, così, il tipo di modello mentale che verrà utilizzato dal bambino per orientarsi sul pianeta, anche nell'età adulta. Lanciano (1996) in una vasta ricerca sulle concezioni degli insegnanti, cercò di comprendere quale modello mentale fosse utilizzato spontaneamente dall'individuo per orientarsi. L'utilizzo del mappamondo parallelo si pone come modalità didattica volta ad offrire ai bambini uno strumento che li supporti nella comprensione di concetti complessi che non possono essere acquisiti attraverso l'esperienza diretta, come la forma della Terra e la nozione di gravità. Facile da reperire e da utilizzare in ogni scuola, il mappamondo parallelo si orienta nello spazio allo stesso modo della Terra, con la Stella Polare in direzione dell'asse di tale globo. Questo è stato sviluppato dagli antichi romani, tuttavia è tornato di uso comune intorno agli anni Ottanta. Una volta posizionato, lo strumento facilita e promuove nei bambini la comprensione di concetti alquanto complessi, come il ciclo giorno-notte e l'alternanza delle stagioni (Lanciano, 2009). Insomma, esso rappresenta un rimpicciolimento della terra sistemato nella sua stessa posizione, rispetto al sole e alle altre stelle. L'uso di questo strumento consente ai bambini di osservare lo stesso fenomeno sia dalla loro prospettiva, cioè dalla superficie terrestre, sia da una prospettiva esterna alla Terra; inoltre, fornisce loro innumerevoli possibilità:

---

<sup>50</sup> Vosniadou, S., Brewer, W. F. Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24(4), 535–585, 1992.

- osservare il Sole nel cielo e contemporaneamente comprendere attraverso il mappamondo, in quali luoghi, nello stesso momento, è notte;
- percepire i cambiamenti stagionali;
- registrare le diverse altezze del Sole nel cielo nel corso dell'anno;
- osservare dove il sole “batte” in un certo mese dell'anno.

Un mappamondo “normale” è simile alla Terra da un punto di vista geometrico, un mappamondo parallelo, invece, è omotetico al nostro pianeta, poiché il suo asse è parallelo a quello del mondo che passa per i poli e per il centro. A tal proposito, il piano orizzontale risulta parallelo al piano tangente.

Questa tipologia di mappamondo è stata utilizzata a livello internazionale, tuttavia, è proprio in Spagna che ha conosciuto differenti e nuove applicazioni. Lo studioso Esteban, per evidenziare la quantità di informazioni che se ne potrebbero trarre, lo definisce “bola magica”, ovvero la sfera magica. Camino Nestor, invece, si è occupato di posizionarne diversi nella provincia di Esquel in Patagonia, nel sud dell'Argentina; le foto ottenute da questo mappamondo sono davvero importanti per capire come si percepisce la Terra dall'altra parte del mondo. Per costruire questo strumento è innanzitutto necessario smontare un mappamondo di uso comune con un diametro di circa 22 centimetri; la sfera viene inserita all'interno di un paletto circolare, posizionato su un supporto verticale, fissato, a sua volta, su un base messa a terra e su cui verrà appoggiata la bussola. La base, dunque, deve essere abbastanza grande al fine di bilanciare il peso della sfera e del paletto che passa per i poli. Il supporto verticale, precedentemente citato, è corredato di un goniometro.

Posizionando uno stecchino sulla sua superficie, tutto ciò che avviene alla luce e alle ombre, rappresenta una fedele riproduzione di ciò che accade nella realtà, poiché il sole agisce sul mappamondo esattamente come accade sul pianeta Terra. Grazie ad un mappamondo parallelo è possibile guardare in diretta ciò che accade sulla sfera della terra, ovvero: dove il sole sta sorgendo o tramontando, dove è giorno e dove notte. Il mappamondo parallelo è stato sviluppato a partire dal suo illustro progenitore, la sfera di Metelica, uno strumento di marmo bianco risalente al II secolo a. C. Quest'ultima, rinvenuta a Macerata, nei pressi di Matelica, si caratterizza da alcuni cerchi ben visibili:

- l'equatore;
- tre cerchi concentrici;

- un arco che passa per il loro centro, tagliandoli.

Tale strumento funziona solo nel momento in cui si immagina di posizionarlo in modo che il meridiano della sfera vada a coincidere con il meridiano del luogo, ed il Polo Nord sia allineato con la stella polare, in posizione parallela alla Terra<sup>51</sup>. Nel mondo è stato possibile rintracciare delle antichissime sfere molto simili al mappamondo parallelo:

- in Spagna, precisamente a Barcellona, si trova una sfera di marmo grigio molto simile, posta vicino all'ingresso del Giardino Zoologico. Al suo interno, sono segnate le 24 ore.
- a Praga, nel parco Stramovka, vi è una risalente al 1698. Tale è orientata similmente al mappamondo parallelo per la latitudine di Praga ed il terminatore indica le ore.

Nell'antica Grecia, invece, lo strumento più utilizzato, costituito generalmente da legno, era il "Globo Celeste". Questa tipologia, molto simile allo strumento protagonista del suddetto paragrafo, poteva ruotare sul suo asse, riproducendo il ciclo diurno, e permettendo di osservare:

- le posizioni dei paralleli e dei poli;
- gli spostamenti del sole;
- la variazione dei giorni caratteristici del solstizio;
- la variazione del cerchio delle stelle circumpolari in relazione alla latitudine della Terra.

All'inizio del 1900, invece, all'interno del Parco dell'ONU, a Ginevra, fu posizionato un globo di bronzo con le costellazioni, una sfera cava, la cui struttura viene sorretta dal meridiano, dall'orizzonte e dall'asse polare. Essa, probabilmente, rappresenta l'ultima rappresentazione del cielo in cui è raffigurata la costellazione di Antinoo, l'amante dell'Imperatore Adriano, il quale gli dedicò una costellazione nuova.

---

<sup>51</sup> Baldini D., Carusi A. Una sfera misteriosa", in Archeo n.80, 1991.

## 4 LA SPERIMENTAZIONE

### *Premessa*

La premessa della mia sperimentazione parte da una citazione che mi ha accompagnata durante l'intera progettazione e successiva attuazione del mio percorso di tesi in Elementi di Fisica: *siamo quindi finiti nel cielo per "uscire" dallo spazio del libro e del quaderno*<sup>52</sup>.

Il fine ultimo della fisica, come delle altre materie scientifiche, è quello di coinvolgere attivamente gli alunni nel processo di insegnamento-apprendimento, determinando il risveglio di curiosità e interesse nei confronti dei fenomeni che li circondano.

Ho quindi voluto proporre una sfida a me stessa: dimostrare che attraverso la fisica, e più in generale con un approccio scientifico, si può conoscere il mondo; si possono costruire schemi che ci aiutano ad esplorarlo, si può costruire un'immagine positiva di sé, e si può elevare il livello dello sviluppo mentale.

Alla base della mia attuazione vi è la contezza che *l'agire e il pensare, o meglio l'agire pensato*,<sup>53</sup> è la modalità di azione, di apprendimento e didattica da prediligere.

Il laboratorio, all'interno della tesi, non si configura come luogo, ma come modo di apprendere e di conoscere, anche se troppo spesso dimenticato e sopraffatto da un eccessivo tentativo di frammentazione del sapere. Esplorando i principi fondamentali di una buona azione didattica, si conferma qui il metodo scientifico come ispirazione per un apprendimento profondo e maturo delle scienze e come motore per lo sviluppo del senso critico, la cui evoluzione ed affinamento viene considerata uno degli obiettivi primari della scuola nella società odierna.

### **4.1 La classe interessata**

Per tutte queste ragioni, unite al mio interesse per la ricerca nel campo della didattica, ho provato ad elaborare una progettazione che smantellasse l'idea della fisica come disciplina lontana dall'esperienza concreta del bambino, mediante un percorso didattico sulla propagazione naturale della luce prestando attenzione alle relazioni che tale argomento ha con la geometria e l'astronomia diurna.

---

<sup>52</sup> Nicoletta Lanciano, *Riflessioni Sistemiche*-N° 24

<sup>53</sup> Brondo. O e Chirico. G 2019 *Insegnare la fisica nella scuola primaria. Il laboratorio e il metodo scientifico*- Carocci Editore, Roma

La sperimentazione è avvenuta nel corso dell'anno accademico 2022/2023 presso l'Istituto comprensivo Paritario "Ascoltando i Bambini" sito in Massa di Somma, un paesino alle pendici del Vesuvio.

Le attività, che hanno visto coinvolta la classe quarta, sono state da me fotografate e registrate, al fine di riportare le osservazioni e il comportamento dei bambini durante ogni intervento.

#### *4.1.1 I traguardi per lo sviluppo delle competenze e degli obiettivi*

I traguardi per lo sviluppo delle competenze, riconducibili alle Indicazioni Nazionali per il curricolo<sup>54</sup>, sono volti a far sì che l'alunno:

- 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;
- sviluppa atteggiamenti di curiosità e modi di guardare il mondo che lo stimolano a cercare spiegazioni di quello che vede;
- espone in forma chiara ciò che ha sperimentato, utilizzando un linguaggio appropriato;
- individua aspetti quantitativi e qualitativi dei fenomeni, produce rappresentazioni grafiche e schemi di livello adeguato;
- individua nei fenomeni somiglianze e differenze, fa misurazioni, registra dati significativi, identifica relazioni spazio/temporali.

Sempre in riferimento alle Indicazioni Nazionali per il curricolo<sup>55</sup>, gli obiettivi di tale progettazione e successiva attuazione sono:

- descrivere ed interpretare fenomeni della vita quotidiana;
- 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;

---

<sup>54</sup> Ministero dell'istruzione e dell'università di ricerca, *Indicazioni Nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione*, settembre 2012.

<sup>55</sup> *Ibidem*.

- saper collaborare e lavorare in gruppo;
- rispettare le regole di convivenza sociale.

#### 4.1.2 *Le metodologie*

Nel mio progetto educativo-didattico, ho cercato di utilizzare metodi diversi tutti orientati ad una forma di didattica attiva, cioè che preveda la partecipazione diretta dello studente. Prima di tutto, la progettualità si è poggiata su una forma di didattica laboratoriale, finalizzata alla ricerca e sperimentazione: con il lavoro nel “laboratorio”, inteso non solo come ambiente, ma come “forma”, cioè come modo di interagire con la realtà per comprendere e modificarla, il bambino domina il senso dell’apprendimento, perché produce e lavora concretamente e facendo conosce attraverso l’azione.

Le attività proposte si presteranno infatti a un utilizzo concreto di materiali e oggetti: i bambini toccano con mano, comprendono le loro proprietà e caratteristiche, pensano ai loro usi. Strettamente legato alla didattica laboratoriale, è la metodologia didattica del Cooperative Learning che si fonda sul lavoro di gruppo col fine di raggiungere obiettivi comuni e di migliorare reciprocamente il loro apprendimento.

Un’altra metodologia attiva efficace per facilitare l’espressione dei bambini è la conversazione collettiva, che sarà attuata durante lo svolgimento di tutte le fasi; la conversazione collettiva si configura come un ragionamento per tutti: permette la partecipazione ed attraverso la condivisione di idee, avvia un processo di rielaborazione delle stesse favorendo l’apprendimento.

La scelta di queste metodologie ha per obiettivo la personalizzazione e la plurarizzazione dell’offerta formativa.

#### 4.1.3 *Mediatori didattici e disposizione degli spazi e dell’ambiente di apprendimento*

Nel progetto sopra descritto, si tenterà di utilizzare i diversi mediatori in modo incrociato, cioè più mediatori in relazione allo stesso argomento, così da consentire operazioni diversificate di apprendimento.

In particolare, i mediatori attivi (come ad esempio l’esperimento scientifico) hanno lo scopo di incentivare la motivazione dei bambini, facendo ricorso all’esperienza diretta (*learning-by-doing*); quelli iconici favoriscono i bambini dotati di una spiccata intelligenza visuo-spaziale; quelli analogici (giochi ed esercitazioni) si rifanno alle

possibilità di apprendimento insite nel gioco; infine, quelli simbolici (narrazione della storia, rielaborazioni verbali dei bambini), che richiedono feed-back continui, richiami e numerosi esempi esplicativi.

In merito agli spazi e alla predisposizione dell'ambiente di apprendimento, essi rappresentano elementi imprescindibili della qualità pedagogica del setting e per questo devono essere oggetto di pianificazione e attenta verifica.

Data l'interconnessione con l'astronomia diurna il cortile è stato luogo privilegiato per l'attuazione, lo spazio ampio è stato occupato interamente dai bambini sia nei momenti in cui non era prevista una ripartizione, sia quando sono stati divisi in piccoli gruppi (da due o da quattro).

## **4.2 Attuazione**

L'insegnamento delle scienze nella scuola primaria è un momento importante per la costruzione di una base solida di conoscenze scientifiche nei bambini. Una parte essenziale di questa formazione riguarda la sperimentazione, ovvero la capacità di eseguire esperimenti per verificare le ipotesi scientifiche.

La sperimentazione ha un ruolo fondamentale nell'apprendimento delle scienze poiché permette ai bambini di osservare e di interagire con gli oggetti e i fenomeni naturali che li circondano. Attraverso la sperimentazione, i bambini possono imparare a formulare domande, a fare osservazioni e a tirare conclusioni basate sull'evidenza.

Inoltre, la sperimentazione permette ai bambini di sviluppare importanti abilità cognitive come la risoluzione dei problemi, la creatività, la capacità di pensare in modo critico e la capacità di analizzare i dati. Inoltre, la sperimentazione aiuta i bambini ad apprendere in modo più attivo e coinvolgente, rendendo l'apprendimento più divertente e stimolante.

Ci sono molti modi per includere la sperimentazione nella didattica delle scienze nella scuola primaria: questa attuazione ne è la prova, mediante materiali di uso comune e ampi spazi è possibile mettere in pratica laboratoriale, intesa come *modus operandi* e non come luogo fisico.

Inoltre, risulta essere un ottimo modo per incentivare la partecipazione dei bambini in attività di gruppo e per promuovere l'apprendimento collaborativo. Ad esempio, i bambini possono lavorare in gruppi per eseguire esperimenti e poi presentare i loro risultati alla classe, in modo da confrontarsi e discutere le varie ipotesi formulate.

In conclusione, l'insegnamento delle scienze nella scuola primaria deve prevedere la sperimentazione come elemento centrale del processo di apprendimento. La sperimentazione aiuta i bambini a sviluppare abilità cognitive importanti, rende l'apprendimento più coinvolgente e stimolante, e permette ai bambini di interagire con il mondo naturale che li circonda in modo attivo e partecipativo.

#### *4.2.1 Cosa, come e dove osserviamo*

Il punto di vista è l'occhio dell'essere sul mondo; indica il luogo da cui parte l'osservazione e l'identità dell'osservatore, ossia di colui che dà contenuto e significato a quello che osserva, costruendosi una propria opinione. Ne consegue che ogni cosa frutto dell'osservazione prende significato dall'interpretazione dell'osservatore e dalla sua distanza.

Nella parte iniziale si cerca di inquadrare il concetto di "osservazione", sottolineando la differenza tra "osservare" e "guardare", delineando la figura del "buon osservatore". Successivamente il focus si è spostato sul comprendere quali fossero le condizioni necessarie affinché l'osservazione possa prendere forma.

Da qui in avanti tutte le attività che ho proposto alla classe saranno precedute da conservazioni spontanee e guidate, in cui l'insegnante rimane il "regista".

Gli alunni vengono impegnati ad attivare una rete di ascolti reciproci, ad accogliere e confrontarsi con opinioni diverse, ad elaborare valutazioni che vanno ad arricchire le loro comprensioni.

La didattica così impostata modifica i risultati dei percorsi cognitivi dell'alunno, il quale perviene alla possibilità di sapere e di saper fare, ossia diventa consapevole del proprio apprendimento e della propria operatività, aperto al futuro.

#### *Prima Fase*

La discussione si apre con una domanda stimolo ossia chiedo loro quale fosse la differenza tra osservare e guardare.

“guardare significa vedere qualcosa senza toccarlo, osservare vedi le caratteristiche”

“osservare è quando vedi ogni minimo dettaglio”

Al termine della discussione sui concetti citati, cerco di comprendere nella loro percezione quale fosse il fondamento della nostra visione.



Chiedo loro se l'osservare fosse un'azione che dipende esclusivamente dal soggetto o se entrano in gioco altre variabili che non dipendono da noi.

P: "Se hai gli occhi chiusi non posso vedere"

*"Quindi dipende solo dal soggetto?"*

E: "No maestra, se tipo G mi sta davanti io non posso vedere a te"

F: "Se c'è un muro davanti non posso vedere attraverso"

Il primo spunto di riflessione che emerge è la necessità di non avere ostacoli tra l'osservatore e l'oggetto osservato. Gli ostacoli per essere tali devono essere dotati di uno spessore e opacità, ossia corpi che non possono essere attraversati dalla luce (come nell'esempio del muro proposto da F.)

La discussione procede e le idee dei bambini sembrano uscire fuori come acqua da una fontana.

R: "Se hai gli occhiali neri non ci vedi"

C: "Ma io non ho mai visto degli occhiali tutti neri"

L: "Maestra intende quelli da sole, perché se sono da sole vedi più scuro"

A questo punto chiedo loro quale sia la funzione degli occhiali da sole.

P: "Riflettono il sole"

S: "Non riflettono il sole, bloccano il sole"

L: "Diminuiscono la luce"

Il secondo spunto di riflessione che emerge è la necessità di una fonte luminosa, ossia se l'oggetto è illuminato oppure no.

D: "Se sto in una camera e spengo la luce non vedo"

L: "Anche se hai la luce negli occhi non vedi"

Dai loro contributi affiora che di fondamentale importanza risulta essere anche la posizione della fonte luminosa.

A questo punto introduco un nuovo spunto di riflessione chiedendo loro: *"quindi se io vado al mare (posto illuminato) e non ci sono ostacoli d'avanti (perché il luogo è incontaminato) osservo ciò che ho davanti, posso vedere tutto il mondo?"*

R: "No maestra"

Chiedo di argomentare la risposta, avendo io rispettato tutte le condizioni da loro poste al fine di osservare senza problemi.

C: "Puoi vedere fino ad un certo punto"

R: “Puoi vedere fino all’orizzonte, cioè fino a dove il cielo e il mare si scontrano”

P: “E come quando stai a mare ed è quasi sera, il sole sembra che se ne va perché scompare ma in realtà continua il suo percorso ma noi non possiamo vederlo”

S: “Maestra in realtà noi vediamo che se ne va ma è la terra che sta girando”

Non avendo ancora introdotto i moti della terra ed il concetto di “moto apparente del sole” decido di non alimentare il dibattito su questo argomento (che verrà poi trattato successivamente) e di continuare a ragionare sul concetto di orizzonte.

Decido di portarli all’esterno e chiedo loro se l’orizzonte di cui mi hanno parlato fosse visibile anche nel nostro cortile o se fosse diverso.

L: “maestra ma è diverso, qua non vedo le stesse cose del mare”

*“come mai?”*

L:” perché qua ci stanno i palazzi, le case”

F: “qua s’incontrano prima cielo e terra”.

Dalla discussione/ lezione dialogata in aula sono emersi alcuni concetti, che cerchiamo di riassumere, quali:

- la necessità di una sorgente luminosa e quindi di oggetti che vengono illuminati, dell’occhio come elemento indispensabile dell’osservatore;
- la posizione degli oggetti tra di loro, cioè come devono essere posti affinché possiamo vederli;
- il concetto di orizzonte, cioè la linea oltre la quale gli oggetti possono essere visti.

### *Seconda Fase*

Nella seconda fase abbiamo cercato di verificare se i concetti emersi dal ragionamento collettivo avvenuto in aula avessero delle fondamenta, dimostrandole tramite delle micro attività.

- *Prima attività* provare a vedere a luci spente piano piano inserendo delle sorgenti;
- *Seconda attività* il concetto di orizzonte.

### *Prima attività*

In un primo momento i bambini sono entrati in un’altra aula, dove avevo precedentemente posizionati i banchi vicino le pareti (in modo da non incontrare ostacoli nel momento in cui sarebbe stata oscurata), successivamente ho chiesto loro di disporsi in cerchio seduti ed ho chiesto di chiudere gli occhi.

Solo dopo essermi assicurata che nessun bambino stesse sbirciando ho posizionato un'oggetto al centro del cerchio ed ho spento le luci. Nonostante l'aula non fosse completamente oscurata l'oggetto non era riconoscibile ed i bambini hanno iniziato ad allungare le mani al fine di recuperarlo.

Dopo poco sento dire: "L'ho trovato!" con voce entusiasta.

"Che oggetto è?" chiedo, e dopo averlo manipolato un po' il bambino non riesce a dare una risposta.

A questo punto gli porgo una torcia e solo dopo aver cercato per un po' il pulsante riesce ad accenderla, C. vede questo piccolo cristallo fatto di plastica rigida.

S: "Maestra, io non riesco a vederlo" questo perché si trovava di fronte alla fonte luminosa rendendole difficile la visione.

Si sposta così dietro a C. e sulla sua scia tanti altri compagni la seguono.



*Figura 17- Il bambino accende la torcia per vedere l'oggetto, i compagni si mettono dietro di lui per osservare anch'essi l'elemento nascosto nel buio dopo essersi accorti che con la luce in viso non riuscivano a vederlo.*

#### 4.2.2 Vicino-Lontano

Il fine ultimo è analizzare la relazione tra le dimensioni apparenti di un oggetto e la sua distanza.

L'attività svolta nella classe quarta, in forma laboratoriale, mostra come le abilità visuo-spaziali, che fanno parte delle competenze non verbali, risultano essere una capacità innata dei soggetti; queste sono coinvolte nei processi di elaborazione ed integrazione

delle informazioni visive e spaziali. Di conseguenza, consentono una corretta interazione con il mondo circostante.

Quando osserviamo il cielo lo immaginiamo proiettato su una sfera, la sfera celeste. In realtà questo non è un fenomeno vero ma si tratta di un'interpretazione fornita dal nostro cervello. Questo succede perché il nostro punto di osservazione è situato sulla Terra che, grosso modo, presenta una forma sferica. Ad ingannare il nostro cervello contribuisce anche l'enorme distanza che ci separa dalle stelle, in particolare la nostra visione binoculare del mondo perde, nell'osservazione del cielo, la capacità di intuire la distanza di ciò che si sta osservando. Questa "illusione ottica" ci ha consentito di riportare sulla sfera celeste un sistema di coordinate simile a quello esistente per la superficie della Terra, questo sistema di coordinate è quindi costituito da una componente radiale (la distanza) e due componenti angolari (longitudine e latitudine celeste).

Nella parte iniziale dell'attività, in aula, ho chiesto ai bambini come facessi a capire se un oggetto è lontano o vicino, come spunto iniziale di riflessione.

B.: "Maestra, un oggetto è vicino quando lo posso raggiungere"

D.: "Infatti, se è troppo lontano non lo posso mai toccare"

L.: "Tipo il banco, è vicino"

E.: "Non è vero, il tuo banco (riferendosi al banco del compagno) è lontano, il mio è più vicino"

Partendo da questa affermazione ho chiesto loro se la lavagna fosse vicina o lontana.

V.: "Maestra dipende"

*"Da cosa?"*

C.: "Tipo da te è vicina, da me è meno vicina ma non è lontanissima"

V.: "E' più vicina a te che a me" (riferendosi alla mia posizione rispetto alla lavagna).

Arriviamo quindi alla conclusione che la vicinanza o lontananza di un oggetto da un soggetto, dipende dalla posizione di quest'ultimo.

Successivamente, facendo posizionare tutti i bambini alla fine dell'aula, è stato chiesto loro di osservare due oggetti presenti sulla cattedra (i due oggetti in questione sono due lattine di coca cola, quindi presentano stesse dimensioni) e di provare a dire quale fosse più vicino e quale più lontano.

Se.: “Ma è facilissimo, quello che sta dietro è più lontano”

A.: “E’ più lontano quello più piccolo”

G.: “Secondo me quello dietro è più piccolo perché è più lontano”

Io: “Cosa intendi dire, spiegami meglio”

G.: “Maestra che è vero che quella dietro è più lontana però non è più piccola”

S.: “E’ come quando guardi le persone che sono giù in strada quando ti affacci al balcone, sembrano tante formichine”

D.: “Oppure come quando guardi un palazzo da lontano e poi man mano che ti avvicini con la macchina diventa gigante”

Notando che hanno già spontaneamente introdotto il concetto di vicino-lontano e la sua relazione con la grandezza dell’oggetto, decido di portarli nel cortile per farli sperimentare con il corpo tale affermazione.

A questo punto chiedo loro di osservare un oggetto lontano dalla posizione che occupano e successivamente di indicarlo con un dito.

*“Vedo che alcuni di voi per indicare meglio l’oggetto chiudono un occhio, perché?”*

E.: “Perché è lontano”

*“E quindi se chiudi un occhio ti sembra più vicino?”*

P.: “No, è sempre lontano però mi sembra di poterlo raggiungere”

A questo punto, continuando il lavoro con i bambini all’esterno, ossia nel cortile e li dispongo tutti quanti sulla stessa linea abbastanza distanti dal muro, sul quale vi sono disegnate delle figure

Chiedo loro di chiudere un occhio e di “catturare tra due dita” (pollice ed indice) l’immagine che hanno davanti.



*Figura 18- I bambini posizionati uno di fianco all'altro "catturano" tra le dita la figura rappresentata sul muro, mantenendo costante la chiusura di un occhio.*

Se: "Ma è piccolissima"

A questo punto dico loro di fare un passo (più o meno uguale) ogni volta che dico un numero, mantenendo però la mira fissa sulla figura.

Al segnale di stop chiedo cosa fosse successo alle loro dita.



*Figura 19- I bambini avanzando verso l'immagine allargano le dita al fine di mantenere fissa la posizione della rappresentazione presente sul muro.*



Figura 20- I bambini avanzano nuovamente verso l'immagine rappresentata sul muro, mantenendo fisso l'obiettivo,

R.: “Da così (indicando l'apertura iniziale delle dita) sono diventate così (apertura raggiunta dopo i passi)”

L.: “Si sono ingrandite”

G.: “Prima erano strette, vicinissime, ora sono più lontane”

“Perché?”

B.: “Perché ci siamo allargati”

“Cosa intendi?”

B.: “Che ci siamo avvicinati”

P.: “Più lontani siamo più l'oggetto ci sembra piccolo”

Con una riflessione congiunta i bambini arrivano a dire che il sole, ci appare piccolo perché risulta essere molto lontano dalla terra e che i suoi raggi per illuminarci fanno “tantissima strada”.

#### *Fase due*

Notando il forte interesse degli alunni decido di ampliare l'argomentazione mostrando la relazione che si instaura tra distanze e dimensioni apparenti.

In primo luogo, ho diviso gli alunni in piccoli gruppi di lavoro, fornendo un metro e una moneta.

Inizialmente ho chiesto a due componenti del gruppo di porsi ad una distanza pari a mezzo metro e successivamente di cercare di nascondere la testa del compagno con la moneta fornita in precedenza.

A questo punto un altro compagno ha avuto il compito di misurare la distanza tra colui che manteneva la moneta e la moneta stessa.

Successivamente li ho invitati a raddoppiare la distanza tra i due alunni (che in precedenza si trovavano ad una distanza fissa di mezzo metro) e di ripetere nuovamente l'esperimento.



*Figura 21- Le bambine intente nel nascondere la testa del compagno con la moneta modificando la distanza degli oggetti e tra di loro*



*Figura 22- Allo stesso modo i bambini provano a replicare la richiesta fatta, ossia nascondere la testa del compagno con la moneta modificando la distanza degli oggetti e tra di loro.*



*Cosa si nota?*

Dalle misure, considerando la possibilità di errore nella misurazione a causa della sensibilità dello strumento, è emerso che era necessario raddoppiare la distanza tra il soggetto e la moneta per far coincidere di nuovo le dimensioni apparenti della testa del compagno con quelle della moneta.

E: “E’ aumentata la distanza che misura B.”

B: “Perché E. prima era più vicina ed ora più lontana”

In sintesi, distanze e dimensioni apparenti sono inversamente proporzionali, cioè al crescere della distanza le dimensioni apparenti diminuiscono.

A questo punto chiedo loro, se secondo loro questa relazione ci permettesse di spiegare anche come vediamo gli astri in cielo.

La risposta che mi ha maggiormente incuriosita è quella di L: *“Maestra, ad esempio la luna e il sole, quando sono presenti entrambi in cielo sembrano della stessa grandezza, in realtà il sole è molto più grande della luna ma essendo più lontano ci appare più piccolo di ciò che è”*.

Giunti a tale conclusione dico loro che un fenomeno simile si può osservare con l’eclissi solare, ossia quando la Luna si interpone fra la Terra e il sole e copre il disco luminoso interamente o in parte; ciò avviene perché il diametro apparente dei due raggi è pressoché uguale.

#### *4.2.3 Il mio sguardo tra angoli e traiettorie*

Questa attività è stata fatta nella classe quarta dopo aver affrontato in precedenza il concetto di angolo; quest’ultimo risulta essere ampiamente interiorizzato e quindi gli spunti di riflessione vengono direttamente dai bambini.

L’attività è stata svolta all’esterno, precisamente nel grande cortile della scuola.

Per prima cosa ho chiesto loro: *“Secondo voi perché ci troviamo qui fuori per trattare gli angoli?”*.

Dopo un’iniziale frase di incoraggiamento, L. facendosi coraggio ha detto: *“Perché gli angoli non sono solo una cosa geometrica che vediamo sul libro”*.

A questo punto ho chiesto ulteriori spiegazioni: *“Cosa intendi dire?”*

L. non riuscendosi a spiegare chiede ai suoi compagni un supporto, Se. risponde: “Gli angoli li possiamo vedere sempre”.

Io ribatto incuriosita: “*E come?*”.

Si innesca un dibattito tra tutti gli alunni.

Se.: “Tu immagini una forma e lo vedi”.

R.: indicando le gradinate della scuola: “Guarda maestra, questo è un angolo retto”

C.: “Sì, la scalinata è un angolo retto”.

A questo punto L. cercando di spiegare la sua iniziale affermazione dice: “Maestra ma io intendevo che ci sono angoli non toccabili”.

*“Ma come si formano questi angoli che non tocco?”.*

S.: portando le dita alle tempie e strizzando gli occhi dice: “Così”.

N.: “Con la mente”.

D: “Con il pensiero”.

G: “Con gli occhi”.

A questo punto, notando il forte interesse, decido di entrare nel vivo dell’attività.

Chiedo loro di posizionarsi, in modo casuale, in un qualsiasi punto della terrazza, purché l’uno lontano dall’altro.

La curiosità tra i bambini cresce, ed iniziano a guardarsi intorno ma soprattutto a cercare lo sguardo dei compagni in lontananza.

A questo punto chiedo loro di scegliere due compagni e di guardarli, solo in un secondo momento di stendere le braccia in direzione di coloro che avevano scelto.

Prima di far ulteriori domande, decido di continuare l’attività in modo da dare loro modo di riflettere su ciò che sta accadendo.

Li invito a muoversi e camminare, in modo casuale, occupando tutto lo spazio.

Spiego loro che al segnale di stop si sarebbero dovuti fermare ed avrebbero dovuto scegliere altri due compagni da osservare. Iniziano così a camminare e dopo poco, guidati da me si fermano ripetendo nuovamente l’azione di indicare con le braccia distese coloro che stavano osservando.



*Figura 23- i bambini si muovono riempiendo lo spazio del cortile*



*Figura 24- i bambini indicano i due soggetti protagonisti del loro sguardo*

L'attività è stata ripetuta più volte: in alcuni casi modificando sia la loro posizione spaziale, sia i soggetti da osservare; in altri casi modificando solamente una delle due variabili.



*Figura 25- I bambini procedono modificando l'indirizzarsi del proprio sguardo*



*Figura 26- L'ampiezza delle braccia si modifica al modificarsi dei soggetti osservati, da notare il bambino nel lato sx che divarica totalmente le braccia.*

Dopo varie ripetizioni L. urla “Formano un angolo!”.

A questo punto chiedo di tornare nuovamente tutti in cerchio e chiedo: “*Cosa avete notato?*”

B: “Maestra, che più sceglievo persone lontane più dovevo aprire le braccia”.

R: “Io ad un certo punto le ho tenute tutte spalancate”, mentre lo dice mima il gesto aprendo completamente le braccia.

G: “Maestra, invece a me ad un certo punto si sono unite le braccia”

A questo punto, per aiutarli, pongo loro una domanda: “Ma tutte queste caratteristiche mi ricordano qualcosa che conosco, a voi no?”.

L., che già in precedenza aveva intuito che si trattasse di un angolo, risponde: “Si maestra, abbiamo fatto degli angoli.”

Se: “In realtà non li abbiamo fatti, li abbiamo solo immaginati”.

M: “Maestra ma quindi questi angoli c’erano non c’erano?”.

Per non dare la risposta immediata, invito loro a ragionare sulle caratteristiche dell’angolo per vedere se fossero tutte presenti.

Dalla discussione emerge che:

Le loro braccia rappresentavano le semirette che contengono lo spazio che delimita l’angolo;

L’apertura delle loro braccia rappresentava l’ampiezza;

E che l’origine delle due semirette fossero proprio loro.

M.: “Maestra, quindi noi siamo il vertice?”

E.: “Sì, perché le braccia sono attaccate al corpo”.

A questo punto cerco di introdurre un altro spunto di riflessione, chiedendo loro cosa indicassero le braccia.

G.: “Le persone che guardavo”

Al termine, congiuntamente, arriviamo alla conclusione che non è il nostro corpo ad essere il vertice, bensì il nostro sguardo.

B: “Maestra, ma allora se l’angolo parte dal nostro sguardo come faccio a misurarlo?”

E.: “Non posso misurarlo”

A questo punto chiedo loro, se potessimo utilizzare qualcosa per avere una misurazione più precisa.

L.: “Potremmo usare l’angolo gigante”.



*Figura 27- “L’angolo gigante” è uno strumento, costruito in classe in precedenza, che hanno utilizzato per comprendere al meglio il concetto di angolo durante le lezioni in aula.*

Successivamente divido i bambini in gruppi da due, fornendo ad ogni un gruppo uno strumento ed un goniometro, all’interno della coppia uno dovrà indicare i due oggetti utilizzando le braccia, mentre l’altro componente dovrà utilizzare lo strumento.

Questa volta gli chiedo di non guardare i compagni, bensì due oggetti presenti nello spazio.



*Figura 28- divisi in coppia sperimentano due metodologie di misurazione angolare.*



Figura 29- divisi in coppia sperimentano due metodologie di misurazione angolare.

E.: “Maestra, con l’angolo gigante posso misurare”

B.: “Io con le braccia non riesco ad usare il goniometro”

Durante questa parte dell’attività noto che alcuni bambini chiudono un occhio, allora chiedo loro come mai facciano ciò.

G.: “Se chiudo un occhio prendo meglio la mira”

P.: “Si maestra, come facemmo l’altra volta per catturare le immagini”, si riferisce all’attività precedente.

Successivamente passano alla misurazione dell’angolo, utilizzando il goniometro.

L.: “Il mio angolo è di  $70^\circ$ , allora anche quello di F. sarà la stessa misura perché stiamo guardando gli stessi oggetti”

S.: “Il mio misura  $120^\circ$ , perché gli oggetti sono più lontani”

Da questa affermazione, do avvio ad una riflessione collettiva, chiedo cosa in realtà stessero misurando.

Se.: “Maestra ma che domande, stiamo misurando gli angoli”

*“Se stiamo misurando gli angoli, ma perché sono tutti diversi?”*

R.: “Perché abbiamo scelto cose diverse”

C.: “Perché alcuni oggetti sono più vicini tra di loro ed alcuni più lontani”

Su questo concetto chiedo ulteriori spiegazioni, finché durante i vari interventi un bambino non introduce il concetto di distanza.

Terminata l'attività all'aperto, li porto nuovamente in classe, i bambini entusiasti si interrogano su come chiamare questo nuovo modo di misurare la distanza, che si discosta dai metri precedentemente utilizzati per misurare la distanza in termini di lunghezza.

L.: "Potremmo chiamarla distanza dell'angolo"

P.: "Oppure distanza lontana, perché la usiamo per misurare la distanza di due cose lontane da noi".

A questo punto introduco il concetto di distanza angolare, spiego loro che la distanza angolare è l'angolo tra due oggetti puntiformi visti da un osservatore; questa viene utilizzata in tutte le scienze naturali, come l'astronomia e la geofisica.

Poiché la distanza angolare è concettualmente identica ad un angolo, viene misurata nella stessa unità di misura, ossia i gradi, utilizzando come strumento il goniometro.

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 che è possibile misurare la distanza di oggetti lontani, come gli astri, mediante una nuova unità di misura.

#### 4.2.4 *Le ombre*

Durante questa attività, svolta nella classe quarta primaria, ho trattato il tema delle ombre; il punto di partenza è stato proprio il concetto di ombra, dando la possibilità ai bambini di esprimersi a riguardo.

Solo in un secondo momento la "teoria" è divenuta pratica; gli alunni sono entrati in contatto con la propria ombra.

In primo luogo, ho introdotto ai bambini l'argomento che avremmo trattato, partendo da una domanda "*cos'è, secondo voi l'ombra? E perché si forma?*"

B.: "L'ombra per me è un riflesso che si vede al buio".

F.: "secondo me si vede al sole".

G.: "è la nostra immagine nera un po' allungata".

C.: "dipende".

Io: "*da cosa dipende secondo te?*".



C.: “dipende dalla posizione del sole verso di noi”.

D.: “per me si forma quando un oggetto è sottoposto a della luce più spessa della grandezza dell’oggetto, allora si crea un specie di riflesso nero dietro all’oggetto, che viene chiamata ombra”.

Ci.: “è uno specchio che ci segue ovunque”

Io: “*quindi non ci possiamo mai separare? Ci segue proprio ovunque?*”.

Ci.: “tranne se siamo all’ombra”.

Fu.: “per me maestra è uno specchio scuro che sta a terra e sui muri”.

E.: “è una luce”.

G.: “non è una luce perché la luce è bianca, senno l’ombra sarebbe bianca invece che nera”.

Fu. “maestra, secondo me l’oggetto copre la luce del sole e quindi e come se fosse notte però solamente sotto l’oggetto”.

D.: “non arriva la luce del sole”.

B.: “se ci sta il sole, prende la forma del nostro corpo e ce lo fa vedere a terra”.

A.: “è una cosa che cambia sempre posizione”.

L.: “perché è il sole che cambia sempre posizione”.

R.: “in realtà noi giriamo lui resta sempre fermo”.

V.: “sì, ma l’ombra è composta tutta dal sole, se il sole tramonta non c’è più; invece, se il sole sorge l’ombra c’è di nuovo”.

A.: “infatti se vai a fare la spesa di pomeriggio, se sei fortunato quando esci, puoi vedere l’ombra del carrello”.

D.: “però se poi vai dentro il supermercato non la vedi più l’ombra”.

Seppur non possedendo tutte le conoscenze relative all’argomento, i bambini hanno in sé l’idea che luce ed ombra siano due concetti strettamente connessi seppur opposti.

Attraverso le seguenti attività o cerato di ampliare ed approfondire tali conoscenze, anche se in modo non completo: le seguenti sperimentazioni sono finalizzate a comprendere che l’ombra si forma quando la luce non riesce ad attraversare completamente un oggetto, ed in secondo luogo che essa non è bidimensionale bensì tridimensionale cioè occupa una spazio che possiamo definire come *zona d’ombra*. Per via della propagazione rettilinea

della luce, le ombre si modificando per forma direzione e intensità a seconda della posizione della sorgente.

Con questa premessa sono arrivata alla conclusione che i bambini non si pongano, o meglio dire pongono al loro interlocutore, domande su come si propaga la luce prodotta da una sorgente luminosa. Descrivono l'illuminazione degli ambienti a partire dalla fonte luminosa principale, ossia il Sole, come luce diffusa nella quale l'oggetto o la persona sono immersi.

Al fine di aiutare i bambini a riflettere sia sul fatto che la luce si propaghi, che sul fatto che si propaghi proprio in linea retta, ho condotto questa attività prima in una stanza oscurata con una sorgente luminosa e successivamente con la luce solare.

All'interno dell'aula ho posizionato un grosso telo bianco, traslucido, ossia attraversabile in parte dalla luce artificiale, e due grandi torce.

Dopo un periodo iniziale, durante il quale i bambini sono entrati in contatto con gli oggetti, manipolandoli liberamente, ho chiesto loro di dividersi in gruppi ognuno dei quali composto da due persone.



*Figura 30- la bambina manipola la torcia e ne sperimenta l'uso*



*Figura 31- I bambini mentre giocano con gli oggetti forniti, uniscono le torce per oscurare l'aula ma notano che alcuni raggi di luce fuoriescono.*

Appena vedo che hanno preso sicurezza con i materiali distribuiti, invito i bambini, un gruppo alla volta a posizionarsi dietro il telo e di muoversi, i bambini sono molto incuriositi ed io chiedo loro di descrivermi che cosa osservano.

In un primo momento non riuscivano a posizionarsi dietro il telo, successivamente sotto la mia guida, i due componenti del gruppo hanno assunto ognuno un diverso ruolo, un bambino manteneva la torcia (*maestra io sono la luce*) ed un altro bambino si poneva dinanzi (*io invece faccio l'ombra*).



*Figura 32- La bambina si pone dinanzi la luce, assumendo il ruolo di ombra, mentre il compagno di sorgente luminosa*

A questo punto chiedo “Ma allora cos’è l’ombra?”

C: “è dove non c’è la luce”

S: “il contrario della luce”

Ca: “è quando c’è una persona davanti la luce”

Per fare un po' di chiarezza mostro il cerchio di luce formato dalla torcia puntato contro il telone e chiedo “Ci sono ombre?”.

N: “No maestra, perché non c’è niente nella luce”

“E se mi metto davanti?”

L: “Sì maestra, l’ombra si forma quando metto un’oggetto nella luce e lei (riferendosi alla luce) resta bloccata dietro e non può passa”.

Soddisfatta della loro intuizione, continuo a farli giocare dietro al telone.



*Figura 33- I bambini sperimentano la loro posizione spaziale rispetto alla posizione della luce notando le modifiche dell’ombra durante i movimenti.*

Lavorando in questo modo i bambini fanno scoperte molto interessanti:

G: “Maestra, quando si avvicina alla torcia” riferendosi alla compagna dietro al telone, “l’ombra diventa più piccola”

L: “Se si avvicina al telo diventa grandissima”

“E cosa succede se la metto sopra”

A: “Maestra l’ombra non si vede più sul telone perché rimane sotto”

Dopo svariati scambi di gruppo ed alternanza dei ruoli S. inizia a spostare la sorgente di luce da destra a sinistra, i bambini notano che anche l’ombra si sposta.

F: “Maestra l’ombra si sposta ma lui sta fermo” (riferendosi al compagno che si trova tra il telo e la sorgente luminosa)

D: “Perché si sposta la luce!”

Se: “No, la luce sta sempre sul telo”

L: “La luce sono io che ho in mano la torcia, poi arriva fino al telo”

I bambini sembrano dare per scontato che la luce viaggi dritta; quindi, chiedo loro quindi “cosa cos’è la luce?”

L: “E’ come un filo che parte da me e arriva fino al telone se non ci fosse niente davanti arriverebbe fino in giardino”

Per capire meglio chiedo loro di indicarmi il percorso che fa la luce.



*Figura 34- Il bambino mi indica il percorso che secondo lui fa la luce*

Siccome voglio che i bambini arrivino da soli alla conclusione che la luce non è formata da un solo raggio, ma da tanti raggi, che colpiscono la superficie chiedo ad ognuno di loro di provare ad essere quel punto e di farmi vedere il percorso che fa la luce.

Ognuno si posiziona in un punto diverso della torcia e arriva camminando sino al muro bianco, non avendo coperto interamente la zona d'ombra si aggiungono sempre più bambini. A questo punto chiedo loro cosa stesse succedendo.



*Figura 35- I bambini cercano di seguire tutti i possibili percorsi del fascio luminoso*

B: “Maestra è impossibile fare tutti i percorsi della luce”

Così dicendo, siamo congiuntamente arrivati alla conclusione che tra tutti i percorsi che loro facevano potevano inserirsene di altri, e ciò stava a significare che i raggi di luce che partono da una sorgente sono infiniti.

#### *4.2.5 Le ombre solari*

Al centro di questa della parte all'esterno vi è l'osservazione della posizione del Sole nel cielo e gli effetti di questi moti sulle ombre e il loro spostamento durante la giornata introducendo all'osservazione della posizione del Sole.

Dapprima si esaminano gli effetti, ovvero le ombre di vari corpi ed il loro spostamento durante la giornata; in particolare si cerca di far comprendere come l'ombra proiettata da

un oggetto sia strettamente dipendente da questo, non un'entità indipendente. Solo, in seguito, si passa alla causa, alla posizione apparente del Sole ed al suo mutare nel tempo. È bene chiarire che questa attività è stata suddivisa in più parti, durante alcune giornate la fonte luminosa, nonché il sole, ha dato spazio a numerose nuvole portando via la possibilità di continuare.

L'attività è stata svolta interamente all'esterno, ovvero nel cortile della scuola, in un primo momento ho chiesto loro di dividersi in gruppi da due, ognuno dei quali aveva a disposizione un gessetto, e di disegnare l'ombra di un compagno.



*Figura 36- I bambini disegnano l'ombra del compagno con un gessetto, divertendosi a rappresentarsi in particolari posizioni.*



*Figura 37- I bambini cambiano il loro ruolo e disegnano l'ombra del compagno.*

Li osservo attentamente durante l'attività, senza dare indicazioni sul da farsi in un secondo momento.

Dopo poco sento dire:

G: "Maestra la mia ombra è molto più lunga di me"

"Di quanto più lunga?" dico.

G: "Sembra quasi il doppio"

A questo punto consiglio loro di prendere i metri per verificare tale osservazione, la divisione in gruppi che avevo precedentemente creato si è così diviso, catapultandosi tutti quanti a vedere.

Decidiamo congiuntamente di far posizionare G. in un altro posto, questa volta però misurando sia lui che la rispettiva ombra.

Tale ragionamento non fa altro che confutare la presenza innata nel bambino delle abilità visuo-spaziali, competenze implicate nella modalità visiva, e quindi non verbale, di pensiero, che gli consentono di individuare e stimare i rapporti spaziali che intercorrono tra l'individuo e gli oggetti stessi, tra gli oggetti stessi e di percepire l'orientamento degli stimoli visivi in cui si imbattono.



*Figura 38- I bambini segnano spontaneamente segnano l'orario della misurazione.*





*Figura 39- I bambini disegnano nuovamente la sagoma dell'ombra.*

Successivamente, con il mio ausilio, hanno misurato l'altezza del compagno e in un secondo momento quella dell'ombra, confrontando le due quantità ottenute.



*Figura 40- i bambini con due metri attaccati prendono la misura del compagno*

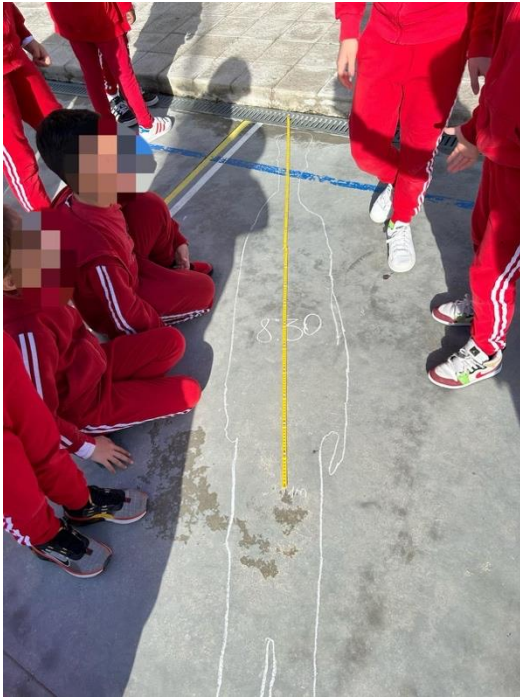


Figura 41- I bambini misurano l'ombra del compagno.



Figura 42- I bambini confrontano l'altezza del compagno e l'altezza dell'ombra.

G: "Maestra hai visto l'avevo detto che era il doppio, ho sbagliato poco"

Dopo questa affermazione il sole ci abbandona, e decidiamo così di confrontarci sulle osservazioni e su ciò che sarebbe potuto accadere all'ombra da lì a poco.

C: “Potrebbe diventare un gigante”

S: “Sì, finirebbe sul muretto” (riferendosi al gradino di fronte l’ombra)

Trascorsa l’ora i bambini entrano in classe con l’altra docente di classe, intrepidi dell’avvenire.

Alle ore dieci noto che il sole sta nuovamente spuntando che vado a chiamare la classe in modo da continuare le misurazioni.

Per ridisegnare l’ombra in momenti diversi della giornata consiglio ai bambini di posizionarsi, con i propri piedi, nei “piedi” dell’ombra. Inoltre, è importante che durante l’attività venga utilizzata sempre la stessa posizione per notare effettivamente la variazione della lunghezza dell’ombra.



Figura 43- I bambini prendono nuovamente la sagoma dell’ombra dello stesso compagno misurando la nuova altezza ottenuta.

“Cosa è successo?” dico.

F: “Maestra ma si è rimpicciolita!”

L: “Sì, da 2,86 metri è passata a 1,48 metri”

C: “Ma si è anche spostata, G. è sempre nella stessa posizione ma l’ombra non è solo più corta”

“Secondo voi perché si è spostata l’ombra se lui è sempre nella stessa posizione” dico  
A: “Perché il sole sorge ad Est, quindi, prima era lì” (puntando il dito verso est “e sta andando verso ovest per tramontare”

I bambini non sanno ancora che il Sole sorge esattamente nel punto cardinale Est soltanto nei due giorni degli equinozi, per tale ragione continuiamo nel nostro ragionamento.

“E che mi dite dell’altezza dell’ombra? Perché è cambiata” chiedo incuriosita di sentire le loro risposte.

N: “Perché il sole non si è solo spostato è pure più alto”

Io: “Molto interessante, spiegami meglio cosa vuoi dire”

N: “Maestra, come quando abbiamo giocato con le torce più la spostavo sulla testa del mio amico più l’ombra finiva sotto i piedi, il sole sta facendo la stessa cosa sta per andare sulla testa di G.”

P: “E’ vero, pensa tra quattro ore come sarà la sua ombra, così” allargando le mani di pochi centimetri per intendere piccola.

Mentre attendiamo lo scorrere del tempo per misurare l’ombra nuovamente i bambini giocano a ricorrere le proprie ombre con quelle dei compagni.

Dopo un’ora intrepidi facciamo una nuova misurazione, come previsto da loro l’ombra si era rimpicciolita ancora.

Questa volta i bambini restano sorpresi da una grande scoperta:

L: “Maestra hanno raggiunto la stessa altezza.”

L’affermazione sembra apparentemente facile, infatti, in funzione dell’angolo che la luce solare compie con il terreno e considerando la latitudine del luogo scelto, al raggiungimento del quarantacinquesimo grado la base dell’ombra e l’altezza sono uguali.



*Figura 44- I bambini dopo aver raffigurato i contorni dell'ombra con il gesso ed averla misurata, notano che l'altezza dell'ombra coincide con quella del bambino utilizzato come "gnomone".*

L'attività è stata successivamente interrotta per la scarsa presenza di luce e ripresa solamente dopo un mese, questo ha provocato una riorganizzazione della progettazione delle attività proposte, dalla cui riformulazione sono poi nati nuovi spunti di riflessione riportati nei paragrafi successivi.

#### 4.2.6 *Raggio divergenti e raggi paralleli*

L'attività nasce con l'intento di dimostrare che la forma dell'ombra dipende sì da quella dell'oggetto che la genera ma anche da altri fattori, come da quanto l'oggetto è distante dalla fonte di luce. Tale parte risulta quindi essere una proposta di approfondimento, oltre che di ampliamento, del lavoro delineato nell'unità precedente. Dopo un'attenta progettazione la scelta di inserirla a questo punto nasce dall'idea di radicare nei bambini il concetto di propagazione rettilinea della luce, per poi proseguire con un'attività specificamente dedicata al moto apparente del Sole, sorgente luminosa per eccellenza, mettendolo in relazione ai cambiamenti delle ombre di oggetti fissi che sono associati alle diverse posizioni del Sole durante il giorno.

In un primo momento ho portato la classe nel cortile assolato ed ho chiesto loro di giocare con le proprie ombre (attività che già in precedenza aveva suscitato nei bambini grande gioia) e di osservarle attentamente durante i loro spostamenti.

Dopo un breve periodo di tempo chiedo l'oro: *“Cosa avete notato?”*

G: *“Maestra oltre al fatto che ci seguissero ovunque?”* ridendo di gusto

C: *“Sì, adesso lo sappiamo che non sono loro che ci seguono, ma che noi blocchiamo la luce perché non ci può attraversare, in qualsiasi posto ci spostiamo”*

M: *“Maestra, io ho notato che le nostre ombre andavano tutte nella stessa direzione”*

L: *“Sì, maestra anche io, infatti quando correvamo vicini non andavano mai l'una sull'altra”*

*“Cosa significa che non andavano mai l'una sull'altra?”*

L: *“Maestra di ricordi quando abbiamo fatto le rette usando le braccia?”*

*“Certo”*

L: *“Abbiamo visto che se mettevamo le mani alla stessa distanza, i gomiti alla stessa distanza e le spalle alla stessa distanza, potevamo avere anche le braccia più lunghe del mondo ma non si sarebbero mai incontrate”*

*“Quindi avete messo le ombre alla stessa distanza mentre giocavate?”*

P: *“no, l'hanno fatte da sole”*

A: *“In realtà le ombre da sole non esistono hanno bisogno del sole e di noi che non facciamo passare i raggi del sole, e se noi non abbiamo fatto niente allora dipende solo dal sole”*



*Figura 45- I bambini giocano con le proprie ombre e le osservano arrivando alla conclusione che non solo vanno tutte nella stessa direzione ma che sono parallele tra di loro.*

Non avendo ancora loro introdotto il termine “parallele” decido di continuare l’attività guidandoli, al fine di giungere ad una maggiore formalizzazione del fenomeno.

*“Proviamo a vedere cosa succede questa volta senza correre, ma rimanendo fermi, cosa potremmo fare?”*

D: “Maestra partiamo tutti dalla stessa linea”

F: “Si facciamo un punto di partenza, prendiamo lo scotch (nastro adesivo) e facciamo lo start”

A questo punto porto loro del nastro adesivo e un metro, non do indicazioni sulla suddivisione dei gruppi in modo che lavorino congiuntamente.

Noto subito che si suddividono i compiti e parte dei bambini si mettono più distanti per verificare il nastro adesivo viene posizionato nel modo corretto.

B: “Va bene così, è dritto?” chiede ai compagni- supervisori

L: “La parte di sopra un po' più a destra”

S: “Così è perfetto”

N: “Mettiamone altre così vediamo anche quanto sono lunghe le ombre” dice ai compagni.

L: “Quanto le mettiamo distanti?”

N: “Facciamo 20 centimetri, li contiamo velocemente”

I bambini creano una serie di segmenti paralleli, posti ad una distanza pari a 20 centimetri e solo successivamente scelgono tre bambini (in base all'altezza) che si sarebbero posizionati sullo “start” così chiamato da loro, ossia il punto dove avrebbero dovuto posizionare i piedi.



Figura 46- I bambini dopo aver creato il loro metodo di misurazione e di riferimento si posizionano sulla linea di inizio, verificando le ipotesi precedentemente fatte.

L: “Maestra avevamo ragione noi! Le ombre sono parallele”

P: “Dobbiamo dire a tutti della nostra scoperta”

*“Ma quindi perché le ombre sono parallele? Prima avete detto che non dipende da noi, e nemmeno dall'ombra perché da sola non può esistere”*

A: “Sì, infatti, dipende dai raggi del sole, quindi, sono loro ad essere paralleli, noi li compriamo e lo vediamo attraverso le nostre ombre”

A questo punto decido di dare loro un nuovo spunto di riflessione innescando una serie di ragionamenti:

*“Io però ho un dubbio, secondo voi anche tutte le ombre sono parallele, anche quelle che si formano in classe con la luce artificiale?”*



Dopo innumerevoli previsioni da parte dei bambini, decidiamo congiuntamente di andare a verificare.

Ci rechiamo in aula, e dopo averla oscurata per quanto possibile, i bambini posizionano tre matite sul banco nella stessa posizioni, le quali nel loro immaginario avrebbero dovuto rappresentare i compagni della “scoperta” precedente.

Durante questa seconda parte dell’attività notiamo che la torcia, da me fornita, inizia a dare problemi per tale ragione propongo loro di utilizzare la torcia del telefono, per tale ragione non ho potuto documentare l’accaduto mediante foto, ma le raffigurazioni grafiche dei bambini sono state di grande aiuto comprovare le osservazioni svolte.

N: “Maestra ma si incrociano, non sono parallele”

L: “Proviamo ad allontanare un po' la luce, così è troppo vicina”

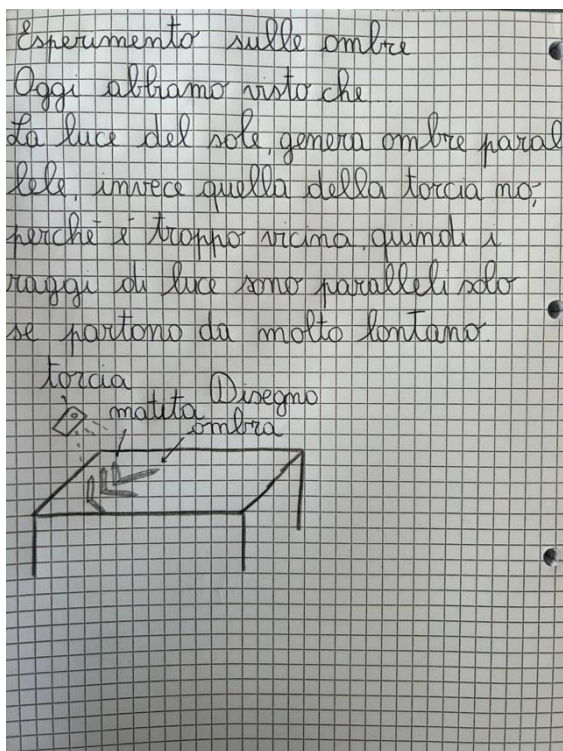
S: “Si incontrano ancora, più lontano”

Ad un certo punto però si allontanano così tanto che l’ombra fa fatica a vedersi.

B: “Sembrano un pochini parallele, ma si vede poco”

G: “Quindi ci vorrebbe una luce lontanissima per cercare di addirizzarle”

Iniziamo quindi a confrontarci sull’accaduto e chiedo loro di documentarlo sul quaderno in modo da avere traccia della nostra scoperta.



*“Esperimento sulle ombre.*

*Oggi abbiamo visto che...*

*La luce del sole genera ombre  
parallele, invece quella della torcia  
no, perché è troppo vicina; quindi,*

I bambini hanno partecipato attivamente, ciò ha permesso loro di interiorizzare le conoscenze acquisite mediante l'osservazione.

#### 4.2.7 *Lo gnomone: il "percorso" del sole*

Al fine di approfondire la conoscenza del fenomeno delle ombre del sole è opportuno giungere a rilevazioni più strutturate e precise (per quanto possibile), che consentano lo studio delle "regole" delle ombre nel corso della giornata.

Durante questa attività abbiamo lavorato, mediante l'osservazione del sole e misurazione dei movimenti del sole, sulla messa a fuoco della relazione tra questi fenomeni e la matematica (nel senso ampio del termine) che ci può servire per interpretarli.

Già durante lo svolgimento dell'attività precedente era sorto un dubbio collettivo "*Maestra, come facciamo a misurare lo spazio che passa tra le ore con l'ombra?*".

Per sopperire a tale necessità avevamo tracciato una linea tra le varie ombre indicando il tempo trascorso (*Fig. 44*).

I bambini si erano però resi conto che vi fosse l'impossibilità di adempiere a tale compito in modo preciso a causa della forma dell'ombra del loro corpo, quest'ultimo risultava avere uno spessore tale da rendere difficile la misurazione. In sintesi, avevano intuito che il loro corpo non è uno gnomone scientificamente preciso.

Con l'intento di sviluppare il loro pensiero critico, ho chiesto se fosse possibile scegliere un oggetto con uno spessore minore del corpo. Le idee sono state molteplici, discusse poi tra di loro, ne riporto alcune:

"Maestra, potremmo usare una bottiglia"

"ma anche quella avrebbe sarebbe troppo larga"

"Ho un'ide usiamo una penna"

"Ma quando il sole diventa più alto la sua ombra diventa una formica" vuole far intendere che un oggetto "corto" genera un ombra ancora più corta rendendo poi difficile la misurazione;

"Potremmo usare una scopa, leviamo la parte di sopra"

Erano giunti ad un compromesso, utilizzare il bastone di una scopa.

A questo punto li porto all'esterno per verificare se effettivamente l'ombra rispecchia le loro aspettative,

L: "E' perfetta, sembra un filo un po' più doppio" riferendosi all'ombra

Il problema successivo è stato *“Maestra, come lo manteniamo fermo in una posizione”*

Mi mostro dubbiosa sulla risposta al fine di far trovare loro una soluzione.

“Attacchiamolo al pavimento con dello scotch (nastro adesivo)”

Ma dopo un piccolo tentativo si sono resi conto che non reggeva il peso.

“Lo posso mantenere io” dice S. posizionandosi alle spalle del bastone

“No, non va bene si vede la tua ombra, da fastidio”.

A questo punto fornisco un piccolo suggerimento, “Se ci mettessimo sul terreno? Sarebbe più semplice?” dico.

A:” Maestra, bell’idea, proviamoci!”

Così ci spostiamo nella parte della terrazza non pavimentata, e i bambini “piantano” il bastone.

P: “Fermi è storto”

“Che intendi per storto” dico

P: “E’ un po’ obliquo rispetto al pavimento”

“Come dovremmo posizionarlo” faccio notare

Si allontanano leggermente per osservare meglio è prontamente una voce dice “Parallelo”.

Erano giunti alla conclusione che il bastone doveva essere parallelo al pavimento, in modo che l’osservazione con il sole non fosse falsata.

Successivamente con l’aiuto del collaboratore scolastico, il quale ci ha aiutato durante l’intero svolgimento dell’attività, fornisco loro dei materiali, utilizzati esclusivamente con il nostro ausilio, sono (Figura 33):

- Martello;
- Chiodi;
- Fogli bianchi;
- Penna;
- Spago;
- Goniometro.

Dagli sguardi dei bambini era possibile capire che alcuni di questi oggetti non li reputavano necessari, ma, ciò nonostante, non ho voluto dare loro ulteriori spiegazioni sul loro eventuale impegno.



*Figura 47- Oggetti da me forniti per la misurazione delle ombre, utilizzati esclusivamente con l'ausilio mio e del collaboratore scolastico.*

Dopo questa lunga fase preparatoria, ampiamente descritta perché propedeutica all'attività, abbiamo iniziato con la vera misurazione.

Trovandoci sul terreno non era possibile utilizzare i gessi, con i quali avevamo svolto l'attività precedente, per tale ragione al fine di insistere anche sulla tridimensionalità dell'ombra, chiedo loro di usufruire dello spago per segnare il punto esatto dell'ombra, dopo aver precedentemente applicato all'estremità del pastone un chiodo (al quale attaccare i fili tramite un nodo).

La prima problematica è sorta dopo poco, i bambini provavano difficoltà nel visualizzare la parte terminale dell'ombra sulle piante, nel pieno rispetto del mio modus operandi, non ho fornito loro una soluzione ma un quesito:

“Forse ci servirebbe un pavimento più chiaro e senza erba ma potremmo fare?”

La soluzione è arrivata dopo poco;

C: “E se mettessimo il foglio per vedere meglio la punta del bastone?”

Così spontaneamente G. si è messo a picchiare con il dito sull'estremità del bastone e

C. con il foglio ha visualizzato la punta del bastone proiettata dall'ombra.



*Figura 48- I bambini osservano e cercano un modo per visualizzare al meglio la punta dell'ombra del bastone.*

Visualizzati tutti gli elementi che ci servivano, con l'aiuto del collaboratore scolastico piantiamo un chiodo proprio nel punto in cui il bastone proiettava l'ombra della punta.

F: “Facciamo presto si sta già spostando”.

Ciò che notavano erano proprio i piccolissimi movimenti apparenti del sole mentre si spostava nel cielo.

A questo punto legano il filo rispettivamente al chiodo sul bastone e al chiodo applicato a terra.



*Figura 49- I bambini legano il filo rispettivamente all'estremità del bastone e al chiodo precedentemente applicato, segnano sul foglio l'ora della misurazione.*

Trascorsa un'ora ripetiamo la stessa procedura modificando il ruolo dei partecipanti all'interno dell'attività.

Come già immaginavano l'ombra non si era solamente spostata, ma era anche diminuita la sua lunghezza.



*Figura 50- I bambini fanno nuovamente la procedura di misurazione, modificando i ruoli che avevano assunto in precedenza*

In seguito, i bambini si recano in classe con l'altra docente al fine di proseguire la giornata scolastica.

Mi preme chiarire per questo tipo di attività non ho avuto la possibilità di tenere la classe con me per l'intero svolgimento della giornata, poiché le ore da occupare sarebbero state numerose, nonostante ciò, questo non ha influenzato la corretta riuscita della sperimentazione né tanto meno ha deconcentrato i bambini sulle possibili discussioni didattiche.

Dopo un'ora, in accordo con la docente di italiano i bambini escono nuovamente per fare la misurazione, invertendo nuovamente i ruoli prima posti.

La procedura era stata interiorizzata e per tale ragione, se non per la parte manuale, i bambini hanno svolto il da farsi da soli.

Questa volta però notato una nuova variabile:

N: "Maestra, l'ombra si è accorciata quindi il filo è più pendente"

Dall'attività precedente aveva già intuito che man mano che il sole si dirigeva sulla "testa" del bambino- unità di misura l'ombra si accorciava, per tale ragione sono subito arrivati alla conclusione che la pendenza del filo ci dicesse la posizione del sole nel cielo.

"Maestra, secondo me se allunghiamo il filo fino al sole vediamo la sua posizione"

Quello che aveva fatto era un'astrazione mentale della situazione, intendeva cioè dimostrare che se avessimo potuto prolungare il filo avremmo incontrato la posizione precisa del sole rispetto alla terra.

A tal proposito presento uno strumento precedentemente da me costruito, *l'ipsometro*<sup>56</sup>, presente nel libro *Strumenti per i giardini del cielo*<sup>57</sup>, questo strumento ha suscitato non poco interesse, in relazione all'attività presente nel sottoparagrafo 1.2.3 *Il mio sguardo tra angoli e traiettorie*, richiamando il concetto di distanza angolare.

---

<sup>56</sup>È uno strumento che serve per misurare l'altezza di oggetti inaccessibili, è generalmente formato da un triangolo isoscele sul quale è posto un tubicino di mira e da un filo di piombo che scende parallelo ad un cateto. Al fine di renderlo familiare allo sguardo dei bambini è stato costruito sotto forma di goniometro semicircolare, sulla cui base è stata posta una cannucchia come tubicino di mira ed una scala di ampiezza di 180°, ed un filo alla cui estremità vi è un bullone di metallo.

<sup>57</sup> Nicoletta Lanciano, *Strumenti per i giardini del cielo*, Roma, Edizioni Junior alla pp. 151



*Figura 51- Misurazione della pendenza del filo, ossia misurazione indiretta dell'altezza del sole in termini di angoli.*



*Figura 52- L'ora della misurazione effettuata e lo strumento utilizzato per definire l'inclinazione del raggio luminoso.*

Il passo successivo è stato quello di chiedere ai bambini di osservare attentamente, di trarre delle conclusioni e di fare possibili previsioni sul fenomeno osservato.

Al puzzle mancava ancora qualche tassello, fino a che non vi è stata un'osservazione che ha particolarmente incuriosito il resto del gruppo:



D: “Maestra, ogni spicchio sembra uguale”

“Potremmo misurarlo per vedere se è vero” dico;

Dopo un’attenta analisi degli oggetti a loro disposizione e svariati ragionamenti dei quali riporto qualche frase:

S: “Se il sole segue un percorso a forma di semicerchio, lo farà anche la sua ombra ma più piccolo”

L: “Sì, quindi dovrebbe fare un percorso che forma un angolo piatto,  $180^\circ$ ”

P: “Misuriamo ogni spicchio e vediamo quanti gradi è!”

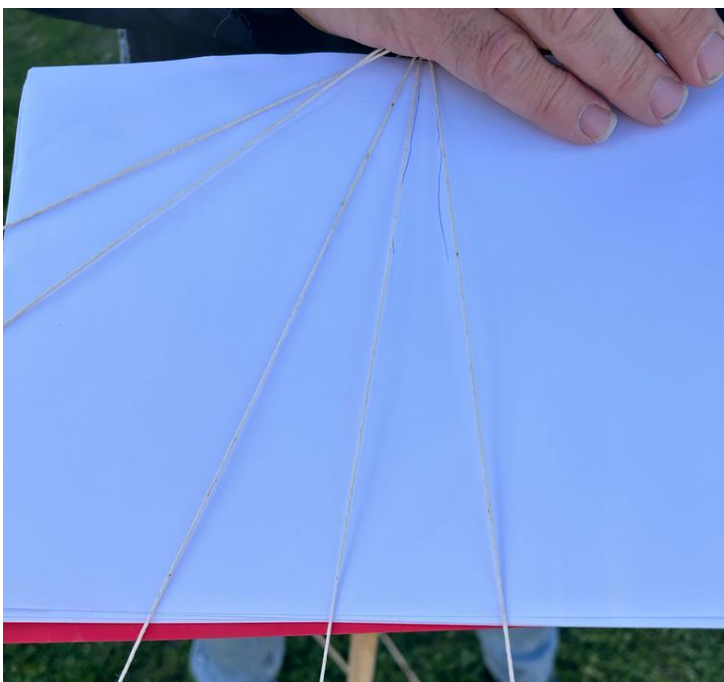


Figura 53- Viene posto un foglio bianco sotto ai fili che rappresentano il trascorrere delle ore al fine di misurare l'angolo che intercorre tra le varie sezioni.

La misurazione viene fatta prima nelle sezioni indicanti un'ora, ripetendola più volte e considerando un leggero margine d'errore dovuto alla *sensibilità*<sup>58</sup> e alla *precisione*<sup>59</sup> degli strumenti di misura.

---

<sup>58</sup> La sensibilità di uno strumento è costituita dalla più piccola grandezza in grado di generare uno spostamento apprezzabile rispetto all'inizio della scala dello strumento, ossia il limite inferiore del campo di misura dello strumento.

<sup>59</sup> La precisione mette in relazione le misure ottenute con l'errore associato definito errore assoluto mediante l'incertezza, più piccola è l'incertezza associata alla misura, migliore sarà la stessa.

Dai risultati emerge che ogni sezione ha un ampiezza pari a  $15^\circ$ , caratterizzanti lo scorrere dell'ora, nelle sezioni più grandi, che indicano un intervallo pari a due ore, l'ampiezza risulta essere il doppio, ossia  $30^\circ$ .

Ciò ha consentito di proporre una previsione della posizione delle successive ombre nel momento in cui il sole non sarebbe stato più visibile. Tale concezione formulata dai bambini non ha preso in considerazione l'inclinazione del filo, ma risulta essere comunque un ottimo spunto di riflessione ampliabile durante i mesi successivi.



Figura 54- La misurazione dell'angolo ottenuto dalle diverse sezioni formatesi pari a  $15^\circ$ .

In conclusione, mi preme sottolineare che le attività fin ora svolte, che possono risultare talvolta isolate, sono traccia di un percorso più ampio che vede il suo culmine nell'ultima, seppur non tale cronologicamente, sperimentazione.

I concetti acquisiti durante ognuna di esse sono propedeutici a quella successiva in un ottica circolare dei saperi, il processo di apprendimento non è quindi lineare ma è necessario che i bambini apprendano attraverso "l'immersione", se così possiamo definirla, nei diversi argomenti, nel tempo e con un alto grado di libertà seppur strutturato.

#### 4.2.8 *Il mappamondo parallelo*

L'astronomia è un argomento motivante e intrigante che può fornire un modo significativo per introdurre idee fisiche di base sul movimento e sulla luce. La ricerca educativa mostra che i modi tradizionali di presentarlo in contesti formali lasciano, o addirittura creano incomprensioni delle idee di base. L'obiettivo che si pone quest'attività risulta essere il file rouge della sperimentazione, oltre a prendere in considerazione gli effetti delle proiezioni della luce derivanti dal movimento della terra intorno al sole, si è cercato anche di unire le osservazioni locali con la visione esterna della terra che ruota attorno ad un asse inclinato con il nord su e il sud giù come rappresentato dai globi commerciali in vendita.

Il mappamondo parallelo, uno strumento con forte valenza educativa, permette di visualizzare come l'illuminazione della terra cambia nel tempo sulla sua superficie, inoltre consente di costruire la relazione tra il percorso locale del sole e il modo in cui i raggi solari raggiungono la posizione dell'osservatore. Pertanto, il globo parallelo è stato utilizzato al fine di superare le difficoltà inerenti a più ambiti e aiutare i bambini a muoversi in modo significativo verso l'interpretazione eliocentrica delle osservazioni locali.

La perplessità che sorge a prima vista è che il mappamondo parallelo sembri suggerire un'interpretazione geocentrica del fenomeno dell'illuminazione della terra, come qualsiasi osservazione terrestre. Tuttavia, l'interpretazione del movimento dell'osservatore e quindi del bambino deve tener conto di due idee di base della fisica: il moto apparente e il quadro di riferimento. Infatti, come sostenuto da Copernico, *“ogni cambiamento di luogo osservato è causato da un movimento dell'oggetto osservato o dell'osservatore o, naturalmente, da uno spostamento ineguale di ciascuno”*<sup>60</sup>.

Data la complessità dell'attività, a differenza delle precedenti, è stato necessario stabilire alcune preconcoscenze, in parte sviluppate durante tutto l'arco della sperimentazione, in parte già interiorizzati negli anni addietro dai bambini.

La fase di costruzione è avvenuta con la classe e l'ausilio del collaboratore scolastico, le azioni svolte sono state accompagnate dalle parole, con un'esauritiva spiegazione del montaggio, senza però dare spiegazioni sull'utilizzo.

---

<sup>60</sup> Copernico N 1543 *De Revolutionibus. Translation and Commentary* ed E. Rosen, Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press

La prima azione per la preparazione dello strumento è stata quella di selezionare un sito esterno illuminato dal sole il più a lungo possibile durante il giorno, per tali ragioni come nell'attività precedente è stato da me scelto il cortile.

Successivamente abbiamo sbloccato il globo tradizionale dal suo stand fisso e posizionato nel sito selezionato in modo tale che:

- il paese dell'osservatore, ossia l'Italia, si trovasse nel punto più alto del Globo;
- l'asse del globo è sul piano del meridiano locale ed è orientato rispettivamente seguendo il nord e il sud geografico, mediante l'utilizzo di una bussola.



*Figura 55- La costruzione del mappamondo parallelo, quest'ultimo è stato orientato seguendo il nord e il sud geografico, inclinandolo in modo tale che l'Italia si trovi nel punto più alto, inclinandolo di circa 40°.*

Una volta che il Globo parallelo è stato orientato ho chiesto ai bambini di osservarlo attentamente per poi parlarne, in modo da ampliare il loro pensiero astratto<sup>61</sup> e le capacità osservative.

---

<sup>61</sup> Secondo la *Psychology Dictionary* il pensiero astratto serve per portare alla mente i diversi aspetti di una situazione, a pensare in modo simbolico e a trarre conclusioni.

C: “Maestra, secondo me fa vedere i raggi del sole da che lato vanno”

S: “Maestra secondo me così il sole illumina la parte che sta sopra e quella di sotto non si vede il sole”

L: “E’ quella che è notte sotto!”

P: “Sopra c’è l’Europa noi, è il giro del sole che sta qui” riferendosi allo gnomone che era stato costruito durante l’attività precedente.

E: “Per esempio qui stanno gli stati uniti, è notte” toccando la parte inferiore del Globo. I bambini sono immediatamente arrivati all’affermazione che la parte illuminata indicasse le zone del Globo nelle quali era giorno mentre la parte in ombra indicava la notte.

Con il trascorrere del tempo emerge una nuova affermazione:

C: “Maestra ma al Polo nord è tutta notte mentre al polo sud è tutto giorno”

“Secondo voi perché” dico.

L: “Perché è inverno”

I bambini stavano facendo un esperienza “diretta” sulla famosa frase letta tante volte sui libri dei sei mesi di giorno e sei mesi di notte.

M: “Sì, perché il mappamondo è inclinato quindi i raggi non sole non riescono ad arrivare”

S: “Quindi d’estate, se non lo togliamo qua sarà illuminato e qua no” riferendosi rispettivamente al polo nord e al polo sud del Globo.

D: “Maestra guarda di qua sta diventando sempre più mattina” indicando l’ovest del Globo

*“Perché sempre più mattina e non sera?”* domando

F: “Maestra perché il sole sta andando verso ovest quindi da questo lato sta sorgendo, mentre dall’altro lato sta tramontando”

L: “Perché il nostro ovest è l’est di un altro bambino”

S: “Prima l’ombra stava qua (indicando la parte più ad ovest dell’Africa) adesso sta più giù”

C: “Perché c’entra come la luce arriva alla terra, se il sole è lì la luce arriva in diagonale qui; quindi, nell’arco della giornata la luce dovrebbe diminuire in tutto il modo”

P: “Ma da un lato del mondo sarà giorno”

C: “Sì, ma in questo mondo sarà tutto notte”

R: “Sì è spostata di nuovo”

A: “Maestra è come se fossimo degli dèi che guardano dall’alto cosa succede sulla terra”

Da questa affermazione arriviamo alla conclusione che non esiste il sopra o il sotto della terra, ossia che ciò che i Globi in commercio con la loro impostazione ci mostrano che il nord sta sopra e il sud sta sotto, in realtà ciò varia dalla posizione in cui ti trovi, è un pensiero fortemente trasmesso; quindi, il mappamondo ogni tanto è utile metterlo al rovescio per mostrare che tutto sommato anche così si può vedere a seconda di dove sei. Questo modello, che corrisponde alla realtà, mostra com’è la terra sotto i nostri piedi, ciò significa che l’inclinazione del mappamondo parallelo varia a seconda del sito in cui viene posizionato.

P: “Maestra se ci trovassimo al polo nord quindi lo dovremmo mettere in verticale!”

*“Infatti la sua creatrice, Nicoletta Lanciano, ha chiamato questo strumento mappamondo parallelo, secondo voi perché?”*

L: “Maestra perché dobbiamo mettere l’Italia sopra a tutto, perché noi siamo qua”

M: “Maestra perché l’Italia deve stare parallela al terreno sotto i nostri piedi”

*“Cosa significa parallela sotto i nostri piedi”*

M: “Che se noi poggiamo un foglio sull’Italia, il foglio non cade e se mettiamo tanti fogli attaccati diventa sempre più lungo ma non si incontra mai con il pavimento”

Ci tengo a sottolineare che già in precedenza la classe quarta aveva acquisito il concetto di parallelismo, questa è stata solo una riconferma frutto di un astrazione mentale molto interessante.

S: “Maestra ho una domanda, ma da che lato gira la terra”

*“Noi il sole dove lo vediamo sorgere?”*

S: “Di là” indicando l’est

*“Quindi secondo te come gira?”*

S: “Ah maestra, quindi in direzione opposta a come noi vediamo il sole”

L’osservazione istantanea del Globo ci ha quindi permesso di identificare i paesi in cui era giorno o notte e dove si stava verificando la transazione della notte al giorno o dal giorno alla notte.

Successivamente, al fine di analizzare più aspetti, anche quelli meno immediati chiedo loro: *“E se immaginassimo quel lungo bastone(gnomone), che abbiamo utilizzato per*

*vedere la posizione del sole mediante l'ombra, sul Globo cosa potremmo vedere?"*  
riferendomi all'attività precedente ancora presente sul suolo.

G: "Maestra dovremmo vedere la stessa cosa perché sempre in Italia siamo"

*"Proviamo"*

Dopo un piccolo dibattito su come posizionare il bastone sullo strumento esce fuori un'idea interessante ossia quella di utilizzare un bastone ma in miniatura, come uno stuzzicadenti.



*Figura 56- I bambini posizionano lo gnomone, ossia lo stuzzicadenti, sull'Italia al fine di rappresentare la stessa situazione dell'attività precedente.*

Con grande stupore i bambini osservano che si presenta situazione analoga tra i due strumenti, ovviamente a parità di ora.

R: "Maestra e se provassimo a spostarlo?"

P: "Sì, potremmo vedere l'altezza del sole negli altri paesi"

D: "Così vediamo anche dove il sole è più alto di tutti"

*"Come facciamo a dire dove il sole è più alto di tutti?"*

D: “Maestra quando l’ombra è più corta allora il sole è più alto”



*Figura 57- Lo gnomone viene spostato per osservare l’altezza del sole nei vari paesi.*



*Figura 58- Lo gnomone viene nuovamente spostato sul globo, confrontando le lunghezze delle ombre ottenute.*



A: “Maestra guarda l’ombra in questo punto quasi non si vede, il sole è altissimo”  
F: “Mettiamone di più”.



*Figura 59- I bambini posizionano più gnomoni al fine di confrontare direttamente le ombre formatesi.*



*Figura 60- I bambini cercano il punto dove “il sole è più basso” in base alla lunghezza dell’ombra proiettata dallo gnomone.*

Le osservazioni sono state numerose ed hanno catturato l'interesse dei bambini, le conoscenze pregresse, la fiducia gradualmente acquisita con lo strumento e gli interessi individuali hanno fortemente influenzato l'approccio all'attività, consentendo una partecipazione attiva alla costruzione dei saperi. Il lavoro proposto a poi permesso loro di concepire l'astronomia come un qualcosa di concreto, osservabile mediante l'esperienza "diretta" e di entrare in contatto con concetti di fisica di base necessari per interpretare la luce e le ombre su una sfera illuminata.

## 5 IN UNA OTTICA DI FORMAZIONE CONTINUA

*La legge 107 del 2015 definisce la formazione del personale della scuola come “obbligatoria, permanente e strategica” e la riconosce come opportunità di effettivo sviluppo e crescita professionale, per una rinnovata credibilità sociale di contributo all’innovazione e alla qualificazione del sistema educativo<sup>62</sup>.*

Parlare oggi di apprendimento e di formazione significa fare i conti con un mondo complesso<sup>63</sup>: è certo che fino a poco tempo fa si poteva parlare di un tempo per apprendere, di un tempo per fare e di un tempo per lavorare, mentre oggi ci troviamo di fronte ad un altro modo di intendere questi diversi momenti.

La formazione, in direzione dell’autoformazione e dell’autoapprendimento, diviene questione centrale, in un ottica di *lifelong learning*, costituendo un nuovo quadro entro cui collocare il bisogno di continuare ad apprendere, di formarsi al fine di affrontare i cambiamenti.

In quest’ottica la formazione di un’insegnante non si ferma all’inizio del suo percorso educativo; al contrario, l’arricchimento professionale e l’aggiornamento sono la base della sua crescita scolastica.

In un mondo in costante e rapido cambiamento, il *lifelong learning*, inteso come formazione permanente, è l’insegna di una scuola che genera sempre nuove opportunità di specializzazione.

Se nell’immaginario comune l’insegnante è, o per lo meno era, colui che doveva concentrarsi sulle diverse materie e trasmettere le sue nozioni agli studenti, oggi ci troviamo di fronte a dinamiche diverse per le quali deve adottare nuovi approcci e nuovi modi di comunicare: la nuova formazione è dunque continua e permanente perché si basa sull’innovazione e sulla sperimentazione. Per tale ragione corsi di aggiornamento di formazione e autoformazione rappresentano l’unica via per svolgere nel migliore dei modi la propria professione.

È fondamentale però sottolineare che la vera fortuna sta “*nell’incontrare formatori che coinvolgono, entusiasmano, guidano e innovano. Questi incontri, allora, consentono non*

---

<sup>62</sup> Ministero dell’istruzione e del Merito, <https://www.miur.gov.it/corsi-di-formazione-per-docenti>.

<sup>63</sup> M. Fedeli, *Come generare valore nella formazione continua. I risultati di una ricerca e proposte metodologiche*, Pensa Multimedia, Lecce, 2008.

*soltanto di colmare vuoti di conoscenza, ma di sentirsi protagonisti del proprio processo di crescita. In questi casi l'insegnamento rappresenta l'oggetto del comune interesse, lo sfondo su cui si muovono formatore e insegnanti.”*<sup>64</sup>

Per le ragioni sopra esposte, durante quest'ultimo anno di Scienze della Formazione Primaria, ho preso parte al *corso nazionale di formazione-autoformazione sulla didattica delle scienze e della matematica nella scuola Primaria e dell'Infanzia* proposto dal docente, nonché mio relatore, Emilio Balzano.

Il corso, organizzato dal Gruppo di Ricerca in Didattica delle scienze e della matematica dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, ha visto la partecipazione di noi laureande, di docenti esperti che ci hanno permesso di entrare nel loro mondo mediante lavori di sperimentazione proposti negli anni e nell'anno corrente nelle loro scuole, ed infine di insegnanti laureati negli ultimi sette anni in Scienze della Formazione Primaria. Ciò ha permesso lo scambio di esperienze e di idee per la realizzazione di attività di ricerca-azione, avviando riflessioni personali e condivise sul fare scuola.

Il corso, oltre a prendere in considerazione i fattori che sembrano avere un forte impatto sull'apprendimento quali la valutazione formativa, la gestione della classe, le strategie di insegnamento e un curriculum ben progettato con indicazioni sull'uso dei materiali didattici, ha consentito una maggiore interazione tra le attività che vengono svolte a scuola e lo scambio di esperienze e di riflessione svolte a distanza. La proposta, pur presentando elementi innovatori, si è inserita nel lavoro di tesi come un suo naturale segmento, consolidando e approfondendo temi già affrontati e ponendosi come obiettivi quelli stabiliti dai documenti nazionali.

In sintesi, le esperienze condivise mi hanno permesso non solo di crescere come docente, ma come persona in una pratica in cui le voci degli insegnanti e di noi che lo saremo non devono semplicemente accostarsi, o peggio ancora prevalere le une sulle altre, ma accostarsi armonicamente e dialogicamente, facendo suonare a tempo non solo le voci, ma anche tutti gli altri strumenti dell'orchestra per la creazione di un testo polifonico.

In aggiunta ho preso parte ad un corso di formazione ed autoformazione proposto dall'istituto paritario nel quale presto servizio, durante il quale condivisione, collaborazione e cooperazione sono state le basi che hanno contraddistinto il nostro agire didattico, un agire pratico e contestualizzato.

---

<sup>64</sup> P. Mazzoli, *Capire si può. Educazione scientifica e matematica*, Carocci, 2005 pp 21-22

Con questo corso di formazione docenti ho avuto la possibilità di assistere ad una trasformazione delle pratiche didattiche, che richiedono di rinunciare al confort del “si è sempre fatto così” per accogliere l’ignoto e aprirsi al nuovo.

Tenuto da Oreste Brondo, insegnante di scuola primaria nonché autore di numerosi libri riguardanti la fisica ed il suo insegnamento nella scuola dell’obbligo, il corso si è incentrato sulla creazione di un percorso didattico che integri fisica, geometria, scienze ma anche mitologia, arte e storia. Con lui ho avuto anche modo di confrontarmi sulla didattica laboratoriale come metodologia attiva per la costruzione di conoscenze.

### **5.1 Intervista a Oreste Brondo**

“Secondo lei qual è il punto di partenza per l’insegnamento delle materie scientifiche?”

*Il punto di partenza è portare le nostre passioni dentro la scuola, ciò consente di essere credibili, in caso contrario i bambini capiscono che la tua richiesta è una richiesta formale: che inizia nel momento in cui tu gli dici cosa devono fare e finisce nel momento della verifica e da lì in poi è il nulla. In poche parole, quello che ha prodotto la scuola nella maggior parte dei casi, cioè un popolo di persone che non sa la matematica, non è curiosa di niente se non di quei sistemi che stanno risucchiando i cervelli dei bambini e degli adulti.*

“Quindi secondo lei la tecnologia può essere dannosa?”

*No, non dico che bisogna eliminare il cellulare ma creare dei rapporti di saggezza. Uno dei nostri ruoli è anche quello di dare delle strutture.*

“In che modo possiamo fornire queste strutture agli alunni?”

*Mediante la didattica laboratoriale.*

*Difatti il laboratorio è un evento fortemente strutturato, nulla è affidato al caso; è una struttura all'interno della quale possono avvenire delle cose che tu non prevedi e cioè improvvisazione.*

“Ma una struttura troppo rigida non limita l’immaginazione dei bambini?”

*Assolutamente no, i bambini in una struttura molto forte, che riconoscono rassicurante, si sentono liberi e riescono a tirare fuori delle cose impreviste. L’altra volta parlai con un mio amico musicista e mi disse che la gente pensa che l’improvvisazione la senti dentro l’anima, prendi il sassofono e cominci a volare, non è così, il brano sul quale tu devi improvvisare te lo devi strutturare, lo devi conoscere fino in fondo, devi dividerlo per categoria armoniche.*

*La fantasia ha bisogno di strutture enormi per riuscire a produrre ad esempio la Divina Commedia, i quadri di Picasso, però non devono essere strutture soffocanti.*

*La funzione dell’insegnante non è imporre ciò che devono fare o dire, ma guidarli nell’elaborazione di un proprio pensiero fornendo gli strumenti necessari.*

“Quali strumenti, secondo lei, dovrebbe fornire l’insegnante?”

*Per risponderti c’è bisogno di fare un passo indietro nel tempo, nel 1600 c’era un pedagogo che si chiamava Comenius che scriveva “la conoscenza deve necessariamente cominciare attraverso i sensi, se è vero che niente è oggetto di comprensione se non è prima stato oggetto di sensazione, perché dunque cominciare l’insegnamento con un’esposizione verbale delle cose e non con un’osservazione reale di queste cose; e solamente quando questa osservazione delle cose sarà stata fatta che la parola potrà intervenire per spiegarla con efficacia” cioè trovare le parole per descrivere un fenomeno vissuto, sperimentato, insomma che c’è, non qualcosa che è stata inculcata. Ancora Pestalozzi “ogni studio scientifico le cui definizioni sono state evocate nell’anima dei fanciulli come un deus ex machina o gli sono state soffiate nelle orecchie come da un suggeritore di teatro, non ha maggior valore dello studio destinato a produrre dei miseri commedianti”.*

“Secondo lei ciò potrebbe essere garantito mediante “l’abbandonando” della didattica frontale per sostituirla interamente con una didattica laboratoriale?”

*Non intendo sostituire, piuttosto andare fare tante cose che generano curiosità, integrando le due visioni: ad esempio gli scienziati nei secoli hanno incominciato a sospettare che non era che il sole che girava intorno alla terra, questa curiosità ha consentito, mediante sperimentazioni e prove, di confutare tale. Come dice Emma*

*Castelnuovo all'interno del suo libro "Didattica della matematica", "non bisogna mettere il bambino in condizioni di inferiorità, cioè schiacciarlo con una didattica cattedratica, con un insegnamento verbale altrimenti il suo apprendimento sarà passivo. Ma solo dalla sua diretta esperienza, dalla sua attività, dal suo rendersi conto da solo, attraverso i sensi, delle cose e delle operazioni sulle cose, che nascerà il concetto, prima vago e appena abbozzato, e poi sempre più preciso, consistente, chiaro e universale". Quindi non è una negazione del pensiero astratto, ma è come ci arriviamo al pensiero astratto, molto spesso diciamo divisione, la divisione si fa così, senza chiedersi "ma che cos'è veramente la divisione?" non lo sappiamo e di conseguenza la maggior parte dei bambini non ha capito che cos'è veramente. Analizzare e imparare a raccontare quella cosa perché agganciata a un substrato esperienziale notevole cioè, prima di fare, capire in tutti i modi in cui sta nella realtà e poi piano piano razionalizzarlo. Non è possibile pensare di poter fare senza incontrare la realtà.*

*"Come si possono strutturare esperienze didattiche al fine di potenziare il pensiero astratto dei bambini?"*

*Lavorare, e soprattutto lavorare in gruppo, per i bambini è fondamentale perché all'interno di un contesto didattico anche se controllato, anche un guasto, anche un imprevisto diventa un'utile riflessione non sulla fisica necessariamente o sui numeri, ma anche sullo stare insieme e sul condividere le conoscenze, sul condividere le intuizioni, capendo che è come il meccanismo della comunità scientifica.*

*"Durante i lavori in gruppo le è mai capitato che qualche bambino avesse un momento di sconforto, dovuto magari ad una affermazione "errata"?"*

*Assolutamente sì, bisogna prepararli all'errore, alla sconfitta.*

*Come diceva Feynman "non ha importanza quanto sia meraviglioso, quanto siano interessanti le cose che dici, quanto tu sia famoso, se quello che tu dici non è d'accordo con gli esperimenti è sbagliato" e quindi bisogna trovare un'altra strada, bisogna far capire che lo sbaglio non è sinonimo di un cattivo voto, ma che è uno dei possibili errori che noi facciamo per arrivare a qualcosa. Una delle frasi con la quale inizio quasi tutte le giornate è: "il 90% delle cose che Newton ha detto erano sbagliate, è un problema? Il rimanente 10% ha fondato le basi della scienza moderna" ma se lui non avesse fatto il*

*90% degli errori, quel 10% di cose “giuste” non avrebbe potuto esserci. Noi abbiamo la paura dell'errore, l'errore lo stigmatizziamo, l'errore lo sottolineiamo in rosso, i miei bambini quando fanno un errore gli dico: “non cancellatelo, scriveteci errore, cercate di capire perché è un errore, in modo da non ripeterlo”, non sono io che vedo e sottolineo è il bambino che cerca di capire l'errore in cosa consiste, discutiamo l'errore perché solo attraverso una condivisione del senso dell'errore si va verso una visione mai perfetta, mai priva di errori, ma sempre più precisi e calzante e sempre più efficace. Si innesca così un meccanismo di fiducia, mediante il quale, il bambino capisce che l'errore non è un problema ma è un mezzo necessario per arrivare al successo.*

*La scuola spesso è giudicante e di fronte a questa cosa per la maggior parte dei bambini è un'umiliazione.*

“Ritornando al discorso della didattica laboratoriale, come cambia il modo di apprendere nel bambino rispetto alla didattica frontale?”

*La didattica laboratoriale consente una dinamicità dell'apprendimento. È fondamentale chiarire che ogni fenomeno è connesso ad altri fenomeni e che quindi le osservazioni al margine non sono meno importanti del fenomeno stesso, non esiste l'esperimento pulito ma ogni esperimento contiene altri mille esperimenti possibili e altre altrettante strade di ricerca.*

“Mi potrebbe spiegare meglio questo concetto?”

*Per risponderti adeguatamente partirei da un testo di John Dewey, “Democrazia ed Educazione”, un riferimento teorico enorme per tutto quanto il Movimento di Cooperazione Educativa.*

*“Tutti i competenti sono d'accordo nell'affermare che il discernimento delle relazioni è il vero oggetto dell'intelletto, vale a dire il progetto educativo” le relazioni tra le cose, non una cosa in sé: “io so cos'è la terra” non la terra nel contesto in cui si trova.*

*Vale a dire la conoscenza è togliersi da questa staticità “il fallimento avviene col supporre che le relazioni possono essere percepibili senza esperienza” cioè semplicemente stando lì “si suppone che la mente possa afferrare solo col fare loro attenzione e che questa attenzione possa esservi prestata a volontà indipendentemente dalla situazione”. Il bambino che sta lì attento durante una spiegazione crede di aver*



*capito, in realtà in questo modo vede esclusivamente da un punto di vista, quello dell'insegnante, che diviene poi il suo in modo trasmissivo.*

*In questo modo l'educazione genera un mondo pieno di auto referenziali, con punto di vista ristretto rispetto a quello che pensano che sia la conoscenza, questo limite enorme gli impedisce di andare fuori. Assumere questo atteggiamento implica una non esplorazione del mondo e così facendo se ne conosce solo una parte, "da qui proviene il diluvio di semi osservazioni, di idee verbali, di conoscenza non assimilata che affligge il mondo, un'oncia di esperienza è meglio di una tonnellata di teoria semplicemente perché è soltanto nell'esperienza che la teoria può avere un significato vitale e verificabile, un'esperienza, un'umilissima esperienza è capace di generare e sostenere qualsiasi quantità di teoria; ma una teoria all'infuori dall'esperienza non può in definitiva essere afferrata neppure come teoria" non è una teoria parlare "tende a diventare una semplice formula verbale, una serie di frasi fatte adoperate per rendere inutile ed impossibile il pensiero o la teoria genuina"*

*Per colpa della nostra educazione usiamo le parole pensando che siano delle idee, per risolvere problemi, ma questa soluzione diventa in realtà un oscuramento delle percezioni che ci impedisce di vedere le difficoltà.*

*"Come si è arrivati, secondo lei, alla situazione che ci ha appena descritto?"*

*l'Italia con una scuola nozionista ha prodotto un popolo di ignoranti, ed è una cosa contro la quale dobbiamo andare.*

*"Ed allora chi dovrebbe risolvere questo problema? E in che modo?"*

*Dobbiamo essere e dobbiamo generare noi educatori il più possibile situazioni che diano al mondo persone che si pongono domande criticamente, che non accettino il verbo di qualcuno come una verità definita, ma come una questione da studiare, da affrontare e sulla quale discutere. Un bambino che si trova dinanzi a nozioni da imparare è un bambino che si trova davanti ad una teoria del nulla.*

*Per questo motivo posso affermare che durante la nostra professione i bambini devono capire che per noi loro sono al centro di tutto, al centro non ci sono gli insegnanti con le materie, ma loro. Per questo è il lavoro più difficile che esista sulla faccia della terra,*

*perché fare questo lavoro seriamente, e sottolineo seriamente, ti toglie una quantità di energia mostruosa.*

*In una classe è tutto un imprevisto, e tu devi essere in condizione per reagire efficacemente ad una situazione che è in continua mutazione.*

“Secondo lei qual è il modo migliore di agire in classe?”

*Proprio perché tutto è un imprevisto non esistono regole ben definite.*

*Nel mio agire in classe parto dal presupposto che per fare scienza non c'è bisogno di comprare dei sussidiari, basta che ci guardiamo intorno e vediamo che la maggior parte degli esperimenti sono in corso, anche nel nostro corpo, anche nelle cose che noi facciamo, quindi è presente. Per tale ragione preferisco iniziare le lezioni facendo fare ai bambini una passeggiata. In questo modo gli alunni osservano e ragionano perché c'è tutto un mondo fenomeni che si schiudono dinanzi ai loro occhi, sono presenti la maggior parte delle cose da studiare.*

*Quando parlano del metodo scientifico danno sempre lo stesso ordine a volte accade il contrario prima ipotizzi poi osservi, ma l'unica cosa certa è che devi stare con gli occhi aperti e il cervello deve essere collegato agli occhi e alle mani, attraverso le quali sperimenti, è un tutt'uno.*

*Continuerei, probabilmente divagando, con una citazione di Galileo Galilei: “tutto deve essere collegato alla storia, io salgo sulle spalle di Archimede per guardare più lontano”, e Newton sale sulle spalle di Galilei per guardare ancora più lontano. Dico ciò per farti comprendere che oltre ad essere un tutt'uno, come ho chiarito prima, devi essere anche dentro la storia, dentro quello che hanno fatto gli altri, in sintesi come diceva Galilei: “la biblioteca e il laboratorio sono la stessa cosa” fanno parte dello stesso organismo, non sono cose separate, i libri prendono vita perché tu gli dai vita.*

“Come organizza la sua didattica laboratoriale?”

*Io generalmente faccio lavorare in gruppi, come struttura generale del percorso di laboratorio, ogni volta do un esperimento molto preciso da fare con delle regole prefissate e ovviamente all'interno di questa struttura accadrà sicuramente che si scoprono delle cose impreviste.*

*Generalmente assegno lo stesso esperimento ad ogni gruppo, fornendogli il medesimo materiale, chiarisco poi che condizione necessario è quella di prendere nota di tutto ciò che osservano, cercando di dare delle risposte plausibili, cercando di capire cosa succede, insomma fare delle ipotesi.*

*Dopodiché ogni gruppo presenta il risultato delle ricerche, ciò consente un confronto di tutti gli esiti, attraverso una riflessione collettiva.*

*“Qual è il ruolo dell’insegnante durante questa fase?”*

*Il mio compito non è dare risposte, io so quali sono le teorie, ma non mi interessa dirle nell’immediato, dopodiché nel ruolo del maestro c’è il fatto che se c’è qualcuno a un certo punto dice una cosa che si avvicina; quindi, propone uno schema di interpretazione coerente, si cerca di farlo notare anche agli altri chiedendogli, magari, di spiegarsi meglio. Il passo successivo è di lavorare insieme e quindi non come unità gruppali ma in modo congiunto.*

*Durante il laboratorio si è una comunità scientifica, che è qui e ora, ed è interessante costruire nei gruppi un clima nei quali le idee degli altri vengono messe a disposizione e tutti quanti accettano la critica, perché solo così la scienza è andata avanti. L’intesa dei gruppi ha infatti una grande valenza educativa perché i gruppi possono modificare la loro presentazione sulla base di quello che hanno ascoltato; quindi, quello che succede è che il racconto di ogni singolo gruppo riceve nuova luce e si arricchisce attraverso il racconto degli altri; l’idea è questa aprire gli orizzonti, infatti, anche se i gruppi hanno sperimentato la stessa cosa hanno sicuramente visto cose differenti. Ci tengo a sottolineare che è importante che la diversità venga ricondotta a tutto il gruppo classe poiché è fondamentale inforcare un paio di occhiali nuovi, inediti, per vedere la stessa cosa da punti di vista diversi. In sintesi, il cambiamento dal punto di vista è fondamentale. Volevo sottolineare che in un gruppo classe che viene messo in struttura, in una struttura riconoscibile, chiara, si tirano fuori ipotesi con maggiore facilità rispetto a se li metti in ricerca libera, la ricerca non è mai libera, deve essere fortemente strutturata e nel momento in cui lo fai ti fornisce delle chiavi di lettura e delle chiavi di accesso a cose di cui non ti eri mai accorto, alle quali non avevi neanche pensato e che improvvisamente ti appaiono di fronte, quell’immagine di Faraday “osserva attentamente una cosa e si apre un universo”.*

“La ringrazio ancora per aver partecipato a questa intervista e per le informazioni preziose che ha condiviso”

*Grazie a te per avermi dato l'opportunità di affrontare argomenti che troppo spesso non vengono considerati con l'importanza che meritano. È ricorda sempre, per citare Aristotele, "educare la mente senza educare il cuore non è educazione affatto".*

## CONCLUSIONI

Al termine del presente lavoro s'impone una riflessione sull'esperienza realizzata.

Ritrovandomi davanti al foglio bianco, nell'intento di descrivere ciò che ha riguardato questa pratica e quali spunti di ricerca sono stati perseguiti, ho avuto un primo momento di smarrimento che, in seguito, ha lasciato posto alla necessità di fornire un quadro preciso dell'attività svolta.

Prima di entrare nel vivo delle conclusioni, patirei con il dire che di fondamentale importanza, per lo sviluppo dell'elaborato, sono stati gli anni universitari, durante i quali ho avuto modo di approfondire la mia passione e predisposizione per le materie scientifiche.

Attraverso il confronto con i docenti e le mie colleghe vi è stata in me una trasformazione della percezione di tali discipline.

Tuttavia, ho realizzato che non volevo custodire questa scoperta solo per me stessa. Desideravo condividere la mia passione con gli studenti della scuola primaria.

Ho poi compreso che al fine di valorizzare le discipline scientifiche era necessario apportare un cambiamento significativo delle metodologie didattiche tradizionali. Infatti, dopo aver effettuato un'attenta analisi, sono giunta alla conclusione che quest'ultime, troppo spesso, non rispondono alla necessità di stimolare la motivazione e l'interesse degli studenti.

Per tali ragioni, ho quindi dedicato tempo ed energia a esplorare nuovi modi di trasmettere la passione per le scienze ai miei alunni. Ho adottato un approccio più esperienziale, incoraggiando gli studenti a fare domande, ad esplorare, ad effettuare esperimenti e ad analizzare i risultati, con lo scopo di ispirare nei bambini una curiosità innata e di coltivare in loro una mentalità aperta e sperimentale.

A fronte di quanto detto, solo adesso è possibile trarre delle conclusioni rispetto alle domande di ricerca poste inizialmente.

Il quesito presente nell'introduzione, ossia "Perché la fisica, disciplina veicolata durante le ore di scienze, viene spesso accantonata dagli insegnanti?", è stato il punto di partenza per la stesura del primo capitolo.

Da quest'ultimo è emerso che è necessario promuovere la formazione, l'autonomia, la responsabilità e lo sviluppo di un pensiero critico, dei futuri insegnanti, che consenta la

riflessione sulle conoscenze di base e sui metodi di insegnamento, superando i vecchi modelli che si concentravano sulla trasmissione passiva di concetti.

Affinché questo obiettivo venga raggiunto, i maestri del domani, dovrebbero partecipare attivamente al processo di apprendimento, affrontando i contenuti scientifici attraverso una continua metacognizione.

Tuttavia, i corsi di preparazione, generalmente, non includono percorsi didattici sperimentali per l'insegnamento delle scienze. Di conseguenza, molti insegnanti della scuola primaria scelgono di non approfondire gli argomenti scientifici o di escluderli dal curriculum perché non si sentono sufficientemente preparati.

Per tali ragioni, le materie scientifiche vengono spesso trattate solo attraverso libri di testo e schede prescrittive, senza includere la pratica sperimentale e la discussione critica. La soluzione non consiste nell'aumentare i contenuti scientifici nei programmi di preparazione, ma nel trasmettere ai futuri insegnanti l'idea che la conoscenza scientifica non debba essere intesa solo come una raccolta statica e passiva di fatti e formule, senza collegamenti con la realtà.

Invece, dovrebbe essere vista come uno strumento che consenta di connettere e associare le informazioni già presenti in memoria con quelle nuove, ponendo attenzione sia ai risultati ottenuti che ai meccanismi attraverso cui la conoscenza viene acquisita, assimilata e modificata.

Questo aspetto critico richiede una revisione concettuale dei contenuti scientifici in un contesto didattico.

Per realizzare ciò, è fondamentale non solo avere una conoscenza di base dei concetti e dei metodi della fisica, in modo che sia possibile affrontare i fenomeni scientifici di interesse quotidiano, ma anche coinvolgere gli insegnanti in modo critico, con strategie metacognitive volte a collegare il materiale che imparano al modo in cui lo insegneranno. Secondo questa prospettiva, imparare ad insegnare implica un processo di risonanza tra la cognizione individuale e quella sociale, al fine di prendere consapevolezza di diverse strategie didattiche da adattare alle esigenze dei membri, tenendo conto delle loro percezioni ed esperienze.

Alla luce di quanto detto finora, la situazione attuale richiede una maggiore formazione, che significa principalmente sperimentare su sé stessi, sia come adulti che come futuri

insegnanti, riflettendo attraverso la comunicazione con gli altri e non solo ascoltando gli esperti.

Inoltre, mi preme sottolineare che dall'esperienza di confronto e condivisione con il gruppo di tesiste in Elementi di Fisica e il professore Emilio Balzano è emerso che, per affrontare le sfide legate all'insegnamento delle scienze e promuovere un approccio più attivo e coinvolgente, è fondamentale non solo favorire la formazione continua degli insegnanti ma anche incoraggiare la collaborazione tra colleghi e fornire spazi di riflessione e sperimentazione.

Ciò mi ha permesso di comprendere che l'insegnamento non è una pratica da eroi solitari ma un processo collaborativo che richiede l'interazione e lo scambio di idee tra insegnanti, al fine di arricchire le proprie competenze e approcci didattici.

Solo attraverso un impegno condiviso e un processo di apprendimento continuo si potranno superare i vecchi modelli e offrire agli studenti un'educazione scientifica di qualità.

All'interno del presente elaborato, seguendo le metodologie descritte nei capitoli precedenti, ho sviluppato, in accordo con il mio relatore, delle attività sulla ricerca della luce. Prima di procedere con l'esplicazione dell'attuazione è di fondamentale importanza chiarire che è stato necessario ampliare e riflettere sulle mie conoscenze, esperienze e studi. Per costruire una conoscenza scientifica significativa ho iniziato ad osservare e comprendere i comportamenti della luce, poiché, al fine di interpretarli attraverso la lettura di libri, è importante riconoscerli nella realtà.

Una volta arricchita da questa esperienza ho integrato questi aspetti alle attività proposte, con lo scopo di creare situazioni e strumenti adatti a comprendere e insegnare "cosa fa luce"; solo successivamente ho coinvolto i bambini guidandoli nella loro esplorazione.

Da un primo spunto, nato dall'esperienza diretta di un bambino, il lavoro nella classe quarta primaria ha preso forma, concentrandosi sugli aspetti significativi del fenomeno luminoso.

Al fine di comprendere una fenomenologia così complessa, ho sviluppato schemi di interpretazione strutturati attraverso percorsi di apprendimento che, nel tempo, hanno considerato i molteplici aspetti della luce. In primo luogo, ho elaborato un'attività incentrata sul concetto di visione, nello specifico sul "*Cosa, come e dove osserviamo*", durante la quale i bambini hanno dovuto cogliere la relazione necessaria tra l'oggetto

illuminato, l'occhio, la fonte luminosa e lo spazio che intercorre tra questi elementi. Solo successivamente ci siamo soffermati sulle proprietà fisiche della luce, sulle sue interazioni con la materia e sulle proprietà geometriche.

In particolare, queste ultime, presenti in più attività, hanno loro permesso di interiorizzare il concetto di spazio e una geometria basata sul guardare dritto e sul vedere lontano. Osservando hanno definito e organizzato le possibilità di movimento e le caratteristiche dei movimenti, valutando spazi pieni e vuoti, distanze e direzioni ma anche forme e dimensioni. Non a caso nell'attività intitolata *“Il mio sguardo tra angoli e traiettorie”* sono entrati in contatto con nuovo e inedito concetto di angolo, utilizzandolo per misurare distanze, questa rappresentazione mentale inizialmente ha incontrato non poche difficoltà, ma mediante strumenti da loro proposti, sono riusciti a concretizzare il loro pensiero astratto.

I bambini hanno inoltre osservato i percorsi della luce, le sue variazioni e la sua graduale dissolvenza nell'oscurità. Nell'aula con le tende abbassate hanno manipolato le torce esaminando cosa accade quando la luce colpisce o attraversa gli oggetti, generando ombre deformate. In questo modo, sono riusciti a dare una spiegazione alle regole della tridimensionalità mediante la relazione tra sorgente luminosa e oggetti/persona, nonché attraverso la trasformazione delle forme, osservandole da vicino e da lontano, dall'alto e dal basso, emergenti da differenti punti di vista in uno sfondo continuamente riorganizzato.

Durante queste fasi i bambini sono stati coinvolti in attività che hanno loro permesso di esplorare e scoprire le relazioni giocando con il proprio corpo, con gli oggetti e con le fonti di luce.

Mediante l'osservazione dei diversi comportamenti dei bambini e dei dialoghi instaurati, ho avuto la possibilità di comprendere la loro capacità di adattarsi alle diverse situazioni. Infatti, ho potuto rilevare quando un bambino aveva realmente familiarizzato con i fenomeni circostanti attraverso le parole rivolte a un amico, le azioni intraprese e l'atteggiamento manifestato. D'altra parte, questi giochi con le ombre si sono rivelati abbastanza complessi e hanno spesso creato situazioni in cui le convinzioni più consolidate sul comportamento dei fenomeni, venivano messe in crisi grazie a nuovi gesti e percezioni. Ad esempio, nel gioco delle ombre solari, alcuni bambini, inizialmente convinti che l'ombra con lo scorrere del tempo sarebbe diventata sempre più piccola, sino



alla sua scomparsa, sono rimasti sbalorditi nel vedere che prima del tramonto risulta essere più lunga rispetto alle ore centrali.

Attraverso l'uso dello gnomone hanno poi analizzato il movimento apparente del sole, arrivando ad una comprensione più profonda dei cambiamenti di luce durante il giorno, coinvolgendoli nell'esplorazione dei concetti matematici, geometrici e scientifici hanno sviluppato una mentalità investigativa e curiosità verso il mondo circostante.

Ciò che mi ha particolarmente colpita è stato vedere la meraviglia nei loro sguardi quando hanno ipotizzato, nel modo giusto, che gli angoli che si formavano al trascorrere dell'ora (pari a  $15^\circ$ ) rappresentavano lo spostamento angolare del Sole nel cielo.

Il vertice più alto di questa sperimentazione è stata la costruzione e il successivo utilizzo del mappamondo parallelo, il quale mi ha permesso di confrontare, non solo il loro atteggiamento che si è modificato nel corso delle diverse attività, ma anche l'evoluzione della percezione *del corpo e della mente nello spazio*.

Sono fermamente convinta nell'affermare che il percorso messo in atto, caratterizzato dalle forti connessioni con diverse aree di conoscenza tra cui, la geometria, la geografia, l'astronomia ed in fine la fisica, ha permesso ai bambini di sviluppare maggiormente il loro pensiero visuo-spaziale, coinvolgendo diverse abilità cognitive quali:

- la visualizzazione mentale, ossia la capacità di manipolare immagini mentali;
- l'orientamento spaziale, emerso dal l'uso consapevole di relazioni spaziali come sopra/sotto, vicino/lontano;
- la discriminazione spaziale, ovvero la capacità di distinguere e identificare le differenze o le somiglianze tra forme figure o oggetti in base alle loro caratteristiche spaziali;
- la coordinazione visuo-motoria, che si esplicita nel coordinare i movimenti del corpo in base alle informazioni visive dell'ambiente.

In conclusione, le numerose esperienze hanno stimolato positivamente e mantenuto alto il livello d'interesse anche in coloro i quali inizialmente manifestavano maggiori difficoltà, quelli demotivati e disinteressati alle attività scolastiche. Sono stati registrati dei cambiamenti comportamentali; e, come ho potuto verificare, questi alunni hanno partecipato attivamente, intervenendo spesso, formulando risposte e argomentando ipotesi.

Bisogna considerare, inoltre, che il metodo sperimentale ha “obbligato” a porsi domande e a considerare molteplici variabili nell'intento di individuare soluzioni da verificare. Di conseguenza, non di rado, è stata rilevata la difficoltà nell'assumere un punto di vista diverso da quello acquisito in precedenza. Ad esempio, pur verificando quotidianamente che il Sole sorge e tramonta, non si accetta facilmente l'idea che il movimento è relativo all'osservatore e si contempla esclusivamente una concezione eliocentrica, in cui predomina l'immobilità solare.

Tutte le problematiche riscontrate durante l'esperienza sul campo hanno reso necessario adattare la ricerca applicata all'ambiente di riferimento, condizione possibile soltanto attraverso l'oggettivazione, essenziale per adeguare la strategia di lavoro, ricorrere a nuove risorse e reinventare il processo educativo, adattando il metodo e i contenuti della proposta allo specifico contesto socio-culturale.

In questi mesi ho sempre provato a dare il meglio di me, e ho sempre chiesto ai bambini di fare lo stesso: rischiare, provarci, anche sbagliare; come in fondo ho sbagliato io.

Ciò che più mi ha interessato in questi percorsi è stato vedere l'entusiasmo sui volti degli alunni, la voglia di mettersi in gioco e il desiderio di imparare.

*“Essere insegnanti, diventare maestri”*: ho letto questa citazione in uno dei tanti libri di pedagogia che mi sono capitati per le mani. Ad una prima lettura, non ho ben compreso quello che volesse dire, ma, come sempre, sono stati i bambini a spiegarmelo: essere un “maestro” vuol dire lasciare un segno, diventare un punto di riferimento, una guida in un oceano immenso di conoscenze, un compagno su cui poter contare, colui che ti insegna la passione per qualcosa.

Io volevo essere quello: una maestra, la maestra.

## BIBLIOGRAFIA

- A. Amabile, E. Balzano, P. Piccialli, R. Figari, G. Artiano. Dal pensiero spaziale alla geometria e alla fisica *Periodico di Matematica (IV)* Vol. R (n) mese anno, pp 7
- Amabile, A., Annunziata, A., Artiano, G., Balzano. *Experimentation and Research in the Physics Course for the Preparation of Primary School Teachers in Naples*. Educ. Sci.2022.
- Annunziata A., Artiano G. and Balzano E. *Educazione scientifica nella scuola primaria. La sperimentazione e la cooperazione nella formazione iniziale e in servizio degli insegnanti*, Atti del Convegno Scientifico SIRD, 9, 2021
- Appleton K., “Elementary science teaching”, in *Handbook of Research on Science Education*, Lederman N. G. and Abell S. K. (Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, N. J.) 2007, pp. 493–535.
- Baldini D., Carusi A. *Una sfera misteriosa*”, in *Archeo* n.80, 1991.
- Balzano E., Artiano G. *La sperimentazione nella didattica della fisica a Scienze della formazione primaria*, 2022.
- Balzano E., Cuomo F., Minichini C., and Serpico M., “Communities of practice and continuous teacher professional development. Findings from eight case studies”, *Proceedings of the ESERA Annual Conference 2013, Part 14, Vol.85(2015)*
- Benton, A. L. (1985). *Psychological testing for brain damage*. Baltimora: Williams and
- Brondo. O e Chirico. G 2019 *Insegnare la fisica nella scuola primaria. Il laboratorio e il metodo scientifico-* Carocci Editore, Roma
- Bruner J. *La cultura dell’educazione*, Feltrinelli, Milano, 1997.
- C. La Neve, *Manuale di didattica generale*, Editrice La Scuola, Brescia, 2011
- Castoldi M. *Valutazione dell’insegnamento e sviluppo professionale*”, Scuola e Città, 2001.
- Chaves, S. (2012). *The link between visual exploration and neuronal activity: A multimodal study combining eye tracking, functional magnetic resonance imaging and transcranial magnetic stimulation*. *NeuroImage*, 59.
- Cleaver S., Detrich R. and States J., *Overview of Teacher Preparation*, the Wing Institute, Oakland, CA, 2020.
- Comoglio M. *La valutazione autentica*, *Orientamenti Pedagogici*, 2000, 49 (1)

Copernico N 1543 De Revolutionibus. Translation and Commentary ed E. Rosen, Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

De Lucia, P. (2008). Critical roles for distance, task, and motion in space perception: initial conceptual framework and practical implications. *Human Factors*, 50.

Dunst C. J., Hamby D. W., Howse R. B., Wilkie H., and Annas K., “Research synthesis of meta-analyses of preservice teacher preparation practices in higher education”, *Higher Educ.Stud.*,10, 2020

Elliott J. “La ricerca azione: un quadro di riferimento per l’autovalutazione nelle scuole “in Pozzo G. e Zappi L., *La ricerca azione. Metodiche, strumenti, dati*, Bollati Boringhieri, Torino, 1993.

Guidoni, P. On natural thinking. *Eur. J. Sci. Educ.*1985,7, 133–140.

Hattie J. *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Related to Achievement*, Routledge, New York, NY, 2009.

Loughran J. “Developing Understandings of Practices”, in *Handbook of Research on Science Education*, Vol.II, edited by Lederman N. G. and Abell S. K. (Routledge, Abingdon) 2014, pp. 811–909.

M. De Seta - *Dispense di Ottica Geometrica* pp 16-17

M. Fedeli, *Come generare valore nella formazione continua. I risultati di una ricerca e proposte metodologiche*, Pensa Multimedia, Lecce, 2008.

Mariani L. e Pozzo G. *Stili, strategie e strumenti nell’apprendimento linguistico*, La Nuova Italia, 2002, Firenze.

Mariani L., Pozzo G. *Stili, strategie e strumenti nell’apprendimento linguistico*, La Nuova Italia, Firenze, 2022.

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

Nicoletta Lanciano, *Riflessioni Sistemiche-N° 24*

Nicoletta Lanciano, *Strumenti per i giardini del cielo*, Roma, Edizioni Junior alla pp. 151

P. Mazzoli, *Capire si può. Educazione scientifica e matematica*, Carocci, 2005 pp 21-22

Perticari P. *Attesi imprevisti*, Bollati Boringhieri, Torino, 1996.

Pontecorvo C., Ajello A.M., Zucchermaglio C. *Discutendo si impara*. La Nuova Italia

Pontecorvo C., Ajello A.M., Zucchermaglio C. *I contesti sociali dell’apprendimento*, Edizioni LED, Milano, 1995.

- Pozzo G. Valutare mentre si apprende; fare ricerca mentre si valuta, dossier 2, 2008, insegnare.
- Roth K., “Science teachers as researchers”, in Handbook of Research on Science Education, edited by Lederman N. G. and Abell S. K. (Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, N. J.)2007, pp. 1203–1260.
- Roth, K. Science teachers as researchers. In Handbook of Research on Science Education; Lederman, N.G., Abell, S.K., Eds.; Lawrence Erlbaum Associates: Mahwah, NJ, USA, 2007; pp. 1203–1260.
- Russell T. and Martin A. K., “Learning to teach science”, in Handbook of Research on Science Education, edited by Lederman N. G. and Abell S. K., Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, N. J., 2007, pp. 1151–1178.
- Russo, R., Pirro, G., Salciccia, M. (2017) Euclide: il I libro degli Elementi, Carocci Editore.
- Schon D. A. Educating the Reflective Practitioner, Jossey-Bass, San Francisco, 1987.
- Spelke, E. S. (2003). What makes us smart? Core knowledge and natural language. Language in mind: Advances in the study of language and thought, 277.
- van Hiele, P.M. (1986). Structure and insight. A theory of Mathematics Education, Academic Press: Orlando: Academic Press.
- Van Lier, L. The Classroom and the Language Learner, London, Longman, 1988.
- Vosniadou, S., Brewer, W. F. Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. Cognitive Psychology, 24(4), 535–585, 1992.
- Zanatta, A., Pizzeghello, G., Gasparotto, C., & Battistin, C. (2020). Corpo e mente nello spazio: le abilità visuo-spaziali. Il TNPEE - Erikson, 2(2), 3-26.
- R. Pratesi- Museo Galileo, La Luce; Indire 2013 pp 1

## **SITOGRAFIA**

- Come funziona una meridiana (scuola elementare) - Wikiversità (wikiversity.org)  
<https://it.wikipedia.org/wiki/Astronomia>.  
<https://it.wikipedia.org/wiki/Meridiana>.  
<https://it.wikipedia.org/wiki/Ottica>

[https://online.scuola.zanichelli.it/amaldifiles/Cap\\_17/Cap17 Onde e InduzElettromagn  
\\_Aaldi.pdf](https://online.scuola.zanichelli.it/amaldifiles/Cap_17/Cap17_Onde_e_InduzElettromagn_Aaldi.pdf).

<https://www.treccani.it/enciclopedia/astronomia>.

Ministero dell'istruzione e del Merito, [https://www.miur.gov.it/corsi-di-formazione-per-  
docenti](https://www.miur.gov.it/corsi-di-formazione-per-docenti).

Sorgente, in Treccani.it – Enciclopedia online, Roma, istituto dell'enciclopedia italiana