



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

IL COLORE DEL VENTO: IL FENOMENO
DELLA SINESTESIA TRA LUCE E COLORE.

Relatore
Prof
Emilio Balzano

Candidata
Parente Sofia
Matricola
208005709

Anno Accademico 2022/2023

*A mio nonno Giocondo,
che non mi respira più
accanto, ma che sento
dentro ogni cosa che
faccio.*

*A mia nonna Anna,
preziosa come le rose del
suo giardino.*

*A te, Renato, amico
dall'animo buono quanto
fragile, che alberghi
costantemente nei miei
pensieri.*

INDICE

| | |
|--|----------|
| Introduzione | 4 |
| 1. Capitolo 1 | |
| 1.1 Il cervello e l'apprendimento | 9 |
| 1.1.1 Accenni storici sulla neurologia | 9 |
| 1.1.2 Come apprendiamo | 11 |
| 1.1.3 L'apprendimento nei bambini | 15 |
| 1.1.4 L'apprendimento nel contesto scolastico | 21 |
| 1.2 Le neuroscienze dell'immaginazione | 24 |
| 1.2.1 L'immaginazione a scuola | 26 |
| 1.3 La percezione come processo cognitivo | 29 |
| 1.3.1 Storia e analisi della percezione | 28 |
| 1.3.2 Dalla percezione alla sensazione | 33 |
| 1.4 Il funzionamento della percezione | 35 |
| 1.4.1 Caratteristiche della percezione infantile | 39 |
| 1.5 Le leggi della percezione visiva | 40 |
| 1.5.1 Differenza tra vista e visione | 42 |
| 1.5.2 Le illusioni | 43 |
| 1.5.3 La percezione dei colori | 47 |
| 2 Capitolo 2: <i>La sinestesia</i> | |
| 2.1 Cos'è la sinestesia: diffusione e basi genetiche | 52 |
| 2.2 Modelli neurali della sinestesia | 55 |
| 2.3 Integrazione multisensoriale | 59 |
| 2.4 Le varie forme di sinestesia | 62 |

| | |
|--|------------|
| 3 Capitolo 3: Sperimentazione | |
| 3.1 Microcontesto | 68 |
| 3.2 Traguardi e Metodologie | 69 |
| 3.3 <i>Primo incontro</i> : Di che colore è il vento? | 74 |
| 3.4 <i>Secondo incontro</i> : L'importanza della vista | 81 |
| 3.5 <i>Terzo incontro</i> : L'occhio scatolone. "Vedere è ricevere" | 87 |
| 3.6 <i>Quarto incontro</i> : "Maestra, questa è magia!" Le illusioni ottiche | 93 |
| 3.7 <i>Quinto incontro</i> : La luce | 101 |
| 3.8 <i>Sesto incontro</i> : Riflessione | 110 |
| 3.9 <i>Settimo incontro</i> : Riflessioni multiple e caleidoscopio | 114 |
| 3.10 <i>Ottavo incontro</i> : Rifrazione | 123 |
| 3.11 <i>Nono incontro</i> : "Il buio è una luce nera" | 136 |
| 3.12 <i>Decimo incontro</i> : "C'è ombra dove la luce non vede" | 139 |
| 3.13 <i>Undicesimo incontro</i> : Il sole e la misura del tempo | 150 |
| 3.14 <i>Dodicesimo incontro</i> : Il colore | 156 |
| 3.15 <i>Tredicesimo incontro</i> : Sintesi additiva e sintesi sottrattiva | 169 |
| 3.16 <i>Quattordicesimo incontro</i> : La sinestesia | 176 |
| 4 Valutazione e Conclusioni | 178 |
| 5 Bibliografia e Sitografia | 182 |

INTRODUZIONE

*“La pedagogia è come la
medicina: un’arte, che però si
basa, o dovrebbe basarsi, su
precise conoscenze scientifiche.”*

-Jean Piaget, Cos’è la pedagogia (1949)

Il presente lavoro di tesi si propone di esaminare un percorso laboratoriale attuato in una classe V della scuola primaria seguendo un’impronta fortemente esperienziale. Trattasi di un percorso che afferisce all’insegnamento di “Elementi di Fisica” sostenuto durante il penultimo anno di Università dal professore Emilio Balzano. È stato proprio grazie al corso formativo tenuto dal professore, al contributo dei suoi assistenti e agli altri corsi seguiti durante il mio percorso universitario, che ho compreso quanto sia efficace, ai fini dell’apprendimento, progettare una didattica che dia la concreta possibilità di esplorare e interpretare i fenomeni facendo riferimento a tutte le conoscenze e competenze possedute, utili per costruirne di nuove, non imputabili esclusivamente ad un unico ambito disciplinare.

Appare sempre più ovvio quanto l’educazione scientifica, intesa come “organizzazione di conoscenze e dei modi di pensare i fatti della realtà¹”, deve assumere maggiore centralità nella progettazione e nella pratica didattica, affinché gli studenti siano maggiormente capaci di gestire operativamente la complessità e la variabilità del mondo circostante, piuttosto che subirla. Pertanto, è solo attraverso l’osservazione dei fenomeni, la formulazione di ipotesi e l’esperimento, che l’insegnamento si trasforma da teorico a pratico, rendendo lo studente attore e fautore del proprio processo di apprendimento. Per favorire l’interesse nei confronti degli studi scientifici, si ritiene indispensabile ristabilire la convinzione che la scienza non è una disciplina riservata a pochi, ma al contrario, che è possibile trovare un modo per far sì che ci sia per tutti l’occasione di ottenere dei buoni risultati in questo campo. L’obiettivo non solo

¹ *Esperienze di luce di M. Arcà, M. Ferrarini, N. Garuti, D. Guerzoni, P. Guidoni, M. Magni.*

dell'insegnamento delle scienze, ma anche di tutto il sistema educativo e scolastico, è quello di promuovere una cultura dell'integrazione, in cui ogni sapere può essere arricchito dalle varie visioni apportate dalle singole discipline che lo comprendono. Nasce così l'esigenza di assumere una prospettiva complessa, in cui le implicazioni di singole variazioni e singole azioni rivestono ruoli fondamentali nella comprensione di un oggetto del sapere. Compito della scuola, infatti, è *“insegnare a ricomporre i grandi oggetti della conoscenza in una prospettiva complessa, volta a superare la frammentazione delle discipline e a integrarle in nuovi quadri d'insieme”*, come si legge nelle Indicazioni Nazionali².

Le conoscenze pregresse e le esperienze personali acquisiscono una grande rilevanza nel contesto scolastico, andando a costruire nuovi orizzonti di senso per tutti gli attori coinvolti nel processo di apprendimento. In questo modo, nella scuola potrà svilupparsi *“l'idea di un essere umano integrale, capace di concentrare nella singolarità del microcosmo personale i molteplici aspetti del macrocosmo umano”*³.

Tuttavia, dal momento che spesso neanche l'insegnante, fonte primaria per l'alunno da cui attingere sapere, ha ben chiaro l'argomento trattato e non si impegna ad ampliare le spiegazioni per timore di addentrarsi in un terreno in cui non si sente perfettamente a suo agio, di conseguenza anche l'alunno potrebbe avere difficoltà a orientarsi tra i concetti della disciplina, invece di esserne incuriosito. Dunque, è proprio questo il punto cruciale da cui partire per stabilire una modalità diversa per strutturare la formazione dei docenti.

Tutto questo, e non solo, è stato trattato durante gli incontri di Formazione e Autoformazione Nazionale tenuti dal Gruppo di Ricerca in Didattica delle scienze e della matematica dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, con la partecipazione dei docenti degli Istituti Comprensivi di Bra (CN). In particolare, durante il corso ho avuto modo di partecipare allo scambio di esperienze e di idee per la realizzazione di attività di ricerca-azione che favoriscono riflessioni condivise e sperimentazioni di attività a scuola,

² *Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione. Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca. Settembre 2012, pag.8.*

³ *Ibidem, pag.8.*

integrando e condividendo contenuti, strategie e il fare scuola nei diversi contesti in cui ci si ritrova. Gli incontri mi hanno permesso di comprendere quanto un approccio laboratoriale, per quanto impegnativo, sia tra le metodologie più concrete ai fini di un efficace risultato di apprendimento e quanto sia importante la preparazione di un insegnante in merito. I futuri insegnanti dovrebbero essere messi nelle condizioni di superare vecchi modelli di insegnamento che si basano prettamente sulla trasmissione passiva dei concetti.

Per riuscire in questo obiettivo dovrebbero partecipare attivamente al processo di apprendimento e affrontare i contenuti scientifici attraverso un continuo processo di metacognizione e di “warm cognition”⁴, filone di ricerca scientifica che spiega come le nozioni vengono interiorizzate insieme alle emozioni che, a loro volta, influiscono concretamente sui processi cognitivi. Infatti, **se un bambino apprende con gioia, apprende meglio** e se percepisce l’insegnante come un suo alleato, resterà traccia dell’emozione positiva provata.

Bisognerebbe dare un risalto speciale allo sviluppo del pensiero critico, al sostegno dell’autonomia e della responsabilità, alla riflessione sulle loro conoscenze di base e sul metodo di apprendimento adeguato alle esigenze personali, tenendo in considerazione che il nostro vero obiettivo, in quanto docenti, è guidare, essere il ponte tramite il quale i nostri alunni possano aprire gli occhi sul mondo.

Anche noi tesiste dell’Università Suor Orsola Benincasa, future docenti, siamo state coinvolte dal corso di autoformazione e formazione, durante il quale siamo state guidate al fine di acquisire uno stile di lavoro che fosse maggiormente cooperativo e per poter crescere umanamente, professionalmente, migliorando il concetto di “fare scuola” e, di conseguenza, la società.

Lo scambio di esperienze di insegnamento avvenuto durante il corso ha offerto il vantaggio di formare un bagaglio collettivo ampio, ricco di possibilità a cui ho potuto attingere durante le attività di sperimentazione.

Grazie al percorso universitario intrapreso e alle attività svolte durante il tirocinio, le quali hanno rappresentato una base fondamentale per l’osservazione e la comprensione dell’organizzazione delle attività che si svolgevano nelle

⁴ *Riflessione di ricerca della psicologa Daniela Lucangeli.*

sezioni e nelle classi, sono entrata a far parte del complesso sistema scolastico. Ho avuto l'opportunità di progettare e attuare interventi didattici, coerenti con le esigenze del contesto e ciò mi ha permesso di affrontare, con un po' più di sicurezza, il percorso di sperimentazione intrapreso.

Il lavoro di tesi sperimentale qui trattato nasce dal desiderio di sviluppare un tema a me molto caro: quello della sinestesia. L'idea di una ricerca che si basi sull'esperienza sinestetica prende le mosse da una curiosità personale verso quei richiami percettivi che quotidianamente sperimentiamo, che vanno oltre il mondo della visione e, soprattutto, si basa sull'esperienza sensoriale che fin da bambina accompagna le mie giornate: la sinestesia spazio-temporale mi permette di “sentire” a colori il tempo che passa, il quale si materializza colorando la mia mente. Da bambina non riuscivo a spiegarmi questa percezione dell'esterno, non aveva un nome e nessuno sapeva dirmi di più: era un modo di vedere che gli altri forse non avevano e che mi faceva sentire diversa. Ad oggi, invece, grazie anche alle ricerche approfondite per la stesura della seguente tesi, posso dire di avere più risposte nei riguardi di questo fenomeno e sento forte l'esigenza di spiegarlo ai più piccoli e dare loro la possibilità di avere un confronto, perché è questa stessa opportunità che avrei desiderato avere quando avevo la loro età.

Tenendo sempre in considerazione la complessità dell'argomento, ho scelto di iniziare il percorso analizzando i concetti di percezione e di visione, per poi soffermarmi sulla vista e sulla sua importanza, sul fenomeno della luce e del colore, fittamente inseriti nella trama della nostra vita quotidiana, ma straordinariamente misteriosi e sorprendenti. Il percorso si conclude, infine, analizzando con gli alunni il fenomeno della sinestesia. Ho scelto di trattare questo argomento durante il primo ed ultimo incontro, dopo aver parlato ampiamente di percezione e di visione, per fare in modo che il concetto non rimanesse astratto. Ai fini di comprendere meglio questi argomenti, mi sembra opportuno e doveroso proporre, prima della descrizione della sperimentazione attuata in classe, accenni teorici che spiegano il modo in cui l'essere umano è in grado di percepire il mondo circostante e ciò che è alla base del funzionamento percettivo: è questo l'obiettivo proposto all'interno del primo capitolo di questa

tesi, ovvero, quello di far comprendere a chi la legge, le nozioni che mi hanno permesso di realizzare non solo il medesimo elaborato, ma anche di essere maggiormente in grado di confrontarmi con gli alunni.

1. CAPITOLO 1

1.1 Il cervello e l'apprendimento

1.1.1 Accenni storici sulla neurologia

*“Nell’anima di ognuno c’è
questa facoltà, insieme a un
organo che rende possibile la
conoscenza.”*

PLATONE- *La Repubblica*
360 a.C.

Il termine “cervello” compare per la prima volta in un papiro egiziano del XVII secolo a.C., insieme ad altre informazioni mediche. Eppure, ciò che sembra interessante sottolineare è che, secondo la medicina egiziana e greco-romana, la parte anatomica di maggiore importanza non era il cervello, ma il cuore: il cuore era il centro di controllo del corpo e delle funzioni psichiche, dei sentimenti, delle emozioni, mentre ci si riferiva all’encefalo come ad una grande massa gelatinosa e niente di più. Il primo medico a sostenere l’ipotesi della localizzazione delle funzioni psichiche nel cervello fu Alcmeone di Crotona, nel VI secolo a.C.

Così, nell’antica Grecia, si contrapposero due teorie:

- La teoria *cerebrocentrica* di Ippocrate (460-370 a.C.), riprendeva il punto di vista di Alcmeone e sosteneva che il cervello era l’unica sede delle sensazioni e del pensiero. Secondo questa teoria, tutto proveniva dal cervello: gioie, dolori, piaceri, pianti, follia e delirio e sempre il cervello consentiva di pensare, comprendere, ascoltare, distinguere le cose brutte dalle cose belle, le buone da quelle cattive⁵.
- La teoria *cardiocentrica* fu sostenuta da Aristotele (384-322 a.C.) e, di contro, sosteneva che il cuore era la principale sede delle funzioni mentali. Nel cuore risiedeva l’anima unitaria e le sue facoltà, mentre il cervello aveva il compito di provvedere all’annullamento delle passioni⁶.

⁵ <https://www.bioeticanews.it/neuroscienze-dalle-origini-alla-contemporaneita/>

⁶ *Ibidem*

È nel corso dell'Ottocento che si verifica una vera e propria rivoluzione, durante la quale si impostano nuove ricerche che serviranno negli anni per l'elaborazione delle più recenti teorie morfologiche e fisiologiche. Tuttavia, bisogna tener in considerazione che agli inizi dell'Ottocento la maggior parte delle ipotesi apparivano per lo più vaghe ed incerte, prive di base sperimentale, in quanto ancora non si era riusciti ad individuare con certezza a quale parte dell'encefalo fosse collegata l'attività psichica nel suo complesso e non vi era stata alcuna determinazione scientifica della sede o dell'organo della mente. Difatti, lo schema di funzionamento del sistema nervoso era ancora quello prospettato da Renè Descartes, ovvero quello di “un apparato che presiede alle funzioni sensitive e motorie⁷” e si riteneva che gli stimoli provenienti dal mondo esterno raggiungessero un centro cerebrale, chiamato *sensorium commune*, attraverso un fluido nervoso di natura imprecisata, passando per i nervi e il midollo. All'interno del centro cerebrale, poi, si credeva che gli stimoli si aggregassero dando vita alla percezione sensoriale.

Inoltre, fino al '900, i concetti di anima, mente e coscienza rimasero estranei all'ambito scientifico, restando proprietà esclusiva della psicoanalisi, della filosofia, della psicologia, dell'etica e della religione. Quando le neuroscienze s'impadroniscono di questi concetti, tutto inizia a cambiare: siamo agli albori degli anni Ottanta e tutto ciò è possibile grazie alle grandiose metodiche di *brain imaging* (visualizzazione del cervello), della genetica e della biologia molecolare⁸.

Da questo momento in poi, la nuova scienza del cervello diviene una disciplina autonoma, rifiutando l'impostazione di stampo psicoanalitica e filosofica: in questo senso mente e cervello non sono più considerate due realtà distinte, bensì identiche e interconnesse.

Se in generale l'obiettivo delle neuroscienze cognitive è quello di comprendere l'organizzazione generale del cervello dal punto di vista funzionale e strutturale, negli ultimi tempi si è cercato di andare oltre: si vogliono comprendere anche le

⁷ https://www.treccani.it/enciclopedia/l-ottocento-biologia-neurofisiologia-e-neuroistologia_%28Storia-della-Scienza%29/

⁸ *Cervello, mente e coscienza | Neuroscienze.net*

ripercussioni che ciò ha sul nostro comportamento, sui nostri pensieri e sulle nostre emozioni.

1.2 Come apprendiamo:

Da qualche anno le neuroscienze hanno fatto chiarezza sui processi attraverso i quali il cervello acquisisce le conoscenze e, come dicevo, grazie alle tecniche di *neuroimaging* sempre più evolute, oggi è possibile osservare l'attivazione di varie aree del cervello nel momento in cui si esegue una determinata azione, ricostruendo i meccanismi con cui le informazioni si imprime nella mente, favorendo l'apprendimento.

Alla base di ogni capacità cognitive vi sono i neuroni: oggi sappiamo che il cervello conta cento miliardi di neuroni dalle proprietà prodigiose. La loro magia si riflette nel modo in cui essi comunicano l'uno con l'altro, tramite le connessioni tra sinapsi, connessioni talmente numerose che, qualora fossero allineati, formerebbero un percorso lungo più di tre milioni di chilometri⁹.

“Il passaggio di informazione tra i singoli neuroni è il risultato della propagazione di segnali elettrici.” Il primo a sostenerlo, a metà dell'Ottocento, fu il fisiologo tedesco Hermann Von Helmholtz. Si tratta di connessioni che si instaurano a livelli differenti, ovvero che si stabiliscono anche fra vari sistemi, aree e specificità funzionali. Le cellule nervose contrariamente alle cellule che compongono gli altri tessuti, possiedono, oltre al corpo cellulare, dei prolungamenti che formano la base anatomica per comunicare all'interno del sistema nervoso; parlo dei numerosissimi dendriti, grazie ai quali ogni neurone riceve informazioni da altri neuroni; mentre, mediante il suo unico assone, il neurone invia l'informazione ai neuroni successivi.

È principalmente questa interconnessione complessa e dinamica che può far rendere conto della straordinaria capacità funzionale del cervello umano.

- ⁹ Eric R. Kandel. *La mente alterata. Cosa dicono di noi le anomalie del cervello*. Raffaello Cortina Editore, 2018.

Parliamo del sistema più complesso con cui l'intelligenza umana ha a che fare, senza contare ancora tutto ciò di cui questo organo è capace, interagendo con il corpo, l'ambiente e gli altri individui.

Nonostante i grandiosi risultati ottenuti negli anni dalle neuroscienze, ancora oggi possiamo dirci lontani dal poter fornire un'immagine complessiva del funzionamento del nostro cervello e dell'insieme dei meccanismi che presiedono al suo funzionamento; basti pensare a tutte le cose complesse che il nostro cervello ci permette di fare: deglutire, camminare, contare, correre, per non parlare del pensiero e delle percezioni... e potrei proseguire all'infinito. Detto ciò, appare intuitiva la complessità di quest'organo. Ancora oggi molte delle sue parti sono punti interrogativi, non solo per quanto attiene al modo di operare, ma anche per quanto riguarda il loro scopo.

Ma quanto è affascinante il modo in cui il cervello impara dagli stimoli esterni e risponde ad essi? È qualcosa che non riusciamo ancora a spiegarci, ma riusciamo a vederne i risultati osservando, per esempio, un bambino piccolo che interagisce con il mondo.

La storia scientifica della ricerca sull'apprendimento deve molto al *behaviorismo* e, in particolare, al lavoro di Pavlov (1927) sul cosiddetto "apprendimento associativo". Abituando i suoi cani a porre in relazione un determinato stimolo assolutamente neutro con un evento piacevole o sgradevole, Pavlov scoprì il meccanismo generale che regola l'apprendimento degli esseri viventi: in questo modo l'animale in questione, elaborando le proprie esperienze, impara a prevedere il futuro e a comportarsi di conseguenza. La funzione dei neuroni dopaminergici è quella di guidare il nostro apprendimento, migliorando, così, il sistema di previsioni sulle cose del mondo. Questo meccanismo di previsione si basa sull'attribuzione di un valore ai diversi segnali che provengono dall'organismo: in questo modo si va' a costruire una mappa di valori che sono il risultato delle nostre esperienze, dei nostri errori e delle successive correzioni.

“Ogni volta che impariamo qualcosa il nostro cervello cambia”, così Michael Merzenich apre la sua ricerca sulla neuroplasticità¹⁰.

Trattasi di un principio di portata rivoluzionaria, specialmente se guardiamo al contesto educativo e scolastico, la neuroplasticità ci dimostra che il concetto che l'intelligenza sia legata all'idea di staticità, oggi è di gran lunga superato e, anzi, appare sempre più un costrutto ampiamente dinamico e malleabile.

Da sempre uno dei più grandi pregiudizi che permea tra le classi è l'idea che, se gli studenti non ottengono risultati soddisfacenti a scuola, le cause siano da ricercare in un deficit dell'intelligenza, piuttosto che in carenze ambientali e del metodo di insegnamento. Oggi, invece, siamo consapevoli che ogni volta che impariamo qualcosa, il nostro cervello può crescere in tre possibili modalità: o forma un nuovo percorso neuronale che si attiva man mano che impariamo qualcosa; o rafforza un percorso già elaborato; oppure forma una connessione tra due percorsi precedentemente preesistenti ma non ancora collegati tra loro. Dunque, sappiamo che l'intelligenza è legata alla capacità dinamica del cervello di creare nuovi legami neuronali e, insieme, di ottimizzarli e renderli efficienti. Ogni volta che un pensiero o un'emozione viene ripetuta si va a rafforzare un percorso neurale e si inizia a creare quello che potremmo definire “un nuovo modo di essere”.

Del resto, riflettendoci, senza questa plasticità del cervello, non potremmo neanche spiegarci i successi che i musicisti e gli atleti raggiungono dopo un intenso allenamento. Ogni cambiamento, seppur minimo, ripetuto abbastanza frequentemente, trasforma il funzionamento del nostro cervello.

Cosa succede, invece, a quelle connessioni che non risultano più essere necessarie?

Per molto tempo si è pensato che alla morte di un neurone non ne sarebbe seguita la nascita di un altro con lo scopo di sostituirlo; tuttavia, grazie alle nuove tecnologie, si è scoperto che non è proprio così. Infatti, quando una sinapsi si forma nel cervello, essa può essere rafforzata o indebolita in base alla frequenza

¹⁰ *“The Gift of Brain Plasticity”- Merzenich, 2013*

con cui viene utilizzata, seguendo il principio di “*use it or lose it*” (usala o perdila), locuzione che affonda le proprie radici nella Neural Reuse Theory¹¹.

Secondo tale teoria è comune che i circuiti neurali, aventi uno specifico scopo, vengano espulsi, riciclati o ridistribuiti durante il processo evolutivo, per poi, successivamente, essere adoperati in altro modo. Il cervello appare dunque come un sistema continuamente riorganizzato, dove i neuroni sono reclutati in tempo reale in collaborazioni che non sono mai fisse.

Possiamo pensare al nostro cervello come se fosse un albero: la corteccia cerebrale, costituita dai neuroni, è la chioma, mentre le connessioni tra i neuroni, sono i rami. Ogni “ramo” ha la sua importanza e il suo scopo: ci sono rami che aiutano a controllare i movimenti, rami che ci permettono di ricevere informazioni dall'esterno, ma ci sono anche quei rami che con il tempo andrebbero potati. È ciò che accade anche alle sinapsi del nostro cervello nel momento in cui esse restano inutilizzate. Come ogni albero che si rispetti, anche il nostro cervello ha bisogno di una potatura e questa operazione, che prende il nome di “potatura sinaptica”, risulta essere alla base dell'apprendimento.

Non solo, la capacità del cervello di rinnovarsi aiuta l'individuo a compensare una perdita funzionale dovuta ad un trauma. Se parliamo di un trauma fisico, ad esempio una lesione cerebrale, la neuroplasticità permette la costruzione di nuovi circuiti neurali così da consentire alla parte non danneggiata di prendere il sopravvento su quella deteriorata.

Ma cosa succede se il trauma non è fisico bensì psicologico? Sono diverse le ricerche scientifiche che hanno dimostrato quanto i traumi vissuti dalle persone nel corso della loro vita riportano “segni” anche a livello cerebrale. Questo perché, dal momento in cui un soggetto vive un'esperienza traumatica, il proprio cervello cambia, generando una costante attivazione del sistema d'allarme. Fortunatamente, come già detto, il nostro cervello è plastico e può cambiare in base all'esperienza. La neuroplasticità, in questo senso, permette a questi

¹¹ Anderson, 2004; Marusak et al., 2016.

soggetti di uscire dal labirinto della paura. Inoltre, tramite diversi studi si è scoperto che lo stress cronico può compromettere l'apprendimento e la memoria ed è persino associato al restringimento di alcune strutture cerebrali negli esseri umani¹², per fortuna questi studi hanno anche dimostrato che tale restringimento è reversibile: la rimozione dei fattori di stress potrebbe facilitare l'apprendimento.

Recenti scoperte dell'evoluzione e della cultura umana hanno ipotizzato l'esistenza di un meccanismo più specifico: la **Teoria del riciclaggio neuronale**. Secondo questa teoria le funzioni frutto di "invenzioni culturali" invadono i circuiti cerebrali meno recenti dal punto di vista evolutivo ed ereditano molti dei loro vincoli strutturali¹³. Quando impariamo a leggere, a riconoscere le lettere e le loro combinazioni nelle parole, quando le parole vengono associate a suoni e significati, stiamo mettendo in atto questo tipo di meccanismo. Arrivati a questo punto, siamo portati a chiederci: alla base dell'apprendimento cosa è innato, e cosa, invece, dipende dall'esperienza?

1.2.1 L'apprendimento dei bambini

La controversia tra ciò che è innato e ciò che è acquisito imperversa da millenni. Nel corso della storia, studi nei confronti della conoscenza hanno portato a formulare diverse teorie che sembrano confermare l'idea che l'individuo sia il prodotto della sua storia biologica e genetica. D'altro canto, altrettanti dati e riflessioni sembrerebbero avvalorare la tesi opposta. Il dibattito sulle origini innate delle rappresentazioni e dei processi mentali, per secoli, ha occupato un posto centrale anche nella riflessione filosofica.

Tra queste, la dottrina platonica delle idee innate è la più illustre, tanto da divenire la base di slancio delle moderne teorie innatiste.

¹² *Conrad, 2010*

¹³ *"Cultural Recycling of Cortical Maps" - Dehaene e Cohen, 2007.*

Seguendo l'esempio di Platone, il nostro cervello non è come una bottiglia vuota che aspetta di essere riempita e non è, quindi, sprovvisto di conoscenza. Il filosofo greco, andando contro a ciò che molti suoi contemporanei sostenevano, come Aristotele, per fare un esempio, credeva che fin dalla nascita ognuno di noi possedesse due strutture imponenti: “la potenza del sapere” e “l'organo che rende possibile la conoscenza”¹⁴.

In parte, anche il matematico Bayes sosteneva quanto detto da Platone, anche se in modo differente. Seguendo la teoria di Bayes, infatti, il cervello, come uno scienziato, raccoglie i dati statistici del mondo esterno e utilizza le credenze, che egli definisce “stime di probabilità”, ai fini di elaborare le informazioni sensoriali e decidere quali azioni intraprendere. Secondo questa teoria ognuno di noi viene al mondo dotato a priori di un vasto insieme di combinazioni di pensieri potenziali: “ogni bambino contiene già, in potenza, tutte le lingue del mondo, tutti gli oggetti, tutti i volti ed anche tutte le parole, tutti i fatti, tutte gli eventi di cui potrà ricordarsi.”¹⁵

Le ricerche degli ultimi trent'anni hanno consentito di mettere a punto dei modelli rivoluzionari e di trovare alternative convincenti a tendenze innatiste, a lungo opzioni dominanti per generazioni di studiosi. Faccio riferimento, in particolar modo, all'orientamento neurocostruttivista sostenuto da Annette Karmiloff-Smith. In totale contrapposizione alle tendenze cui ho accennato, l'idea di Karmiloff-Smith è che le “vie” del neurosviluppo non possono essere determinate dalle condizioni di partenza, in quanto risultano essere estremamente variabili; piuttosto, esse costituiscono un continuum, in cui le esperienze e le loro conseguenze sono autentici principi costruttivi del sistema nervoso centrale. Karmiloff-Smith ha definito questa posizione in termini di una terza via, alternativa sia alla concezione “dominio-specifica” di molteplici funzioni del cervello, che alla posizione empirista radicale. Nello specifico, la prima concezione citata, asserisce l'esistenza di aree o circuiti preimpostati per la loro specifica funzione, mentre, la posizione empirista radicale paragona il cervello ad una tabula rasa riempita dall'esperienza, le cui funzioni sarebbero

¹⁴ *Imparare- Il talento del cervello, la sfida delle macchine. S. Dehaene*

¹⁵ *Ibidem*

tutte “dominio-generalì”. La sua proposta è invece quella di un approccio “dominio-rilevante”, il quale sostiene che “*il cervello del bambino sia fornito di tendenze che sono rilevanti, ma inizialmente non specifiche, rispetto al processamento di determinati tipi di input*”¹⁶.

Mettendo da parte il dibattito tra innatismo e acquisizione, ancora oggi ricco di controversie, sembra doveroso affrontare in modo maggiormente dettagliato il concetto di apprendimento nelle prime fasi di sviluppo del bambino.

A partire dalle primissime fasi di sviluppo del nostro sistema nervoso centrale, dunque, il ruolo dell’ambiente diventa essenziale, tanto che negli ultimi anni è stata posta molta attenzione al concetto di *enriched environment* (ambiente arricchito).

Come precedentemente affermato, se è vero che i neuroni sono in collegamento tra loro tramite impulsi elettrici in gran parte geneticamente predeterminati, è vero anche che gli stimoli dell’ambiente sono decisivi nel selezionare le risposte fra tutte quelle previste dal patrimonio genetico, fino a condurre una riorganizzazione delle mappe neurologiche.

A tal proposito, anche lo psicologo e pedagogista tedesco Lev Vygotskij, il quale ha dato uno dei maggiori contributi alla comprensione dei processi di apprendimento, ha osservato come lo sviluppo dell’intelligenza avvenga attraverso l’interazione tra individuo e ambiente circostante e non per effetto di dinamiche esclusivamente interne. Egli considerava l’apprendimento come un cambiamento pervasivo, che prende il nome di “potenziamento della zona di sviluppo prossimale” e che si trova esattamente tra ciò che l’alunno sa fare e ciò che ancora non sa fare. Infatti, lo sviluppo dei circuiti cerebrali è legato sia a fattori genetici, sia alle esperienze vissute da ogni individuo.

La mente del bambino apprende con estrema facilità e rapidità ed è per questo che Maria Montessori, educatrice, medico, neuropsichiatra e scienziata italiana, la definisce “mente assorbente”, riferendosi alla capacità di assorbire, anche in maniera inconscia, gli elementi presenti nei primi ambienti di vita. Tale capacità consente al bambino di assimilare le modalità di comportamento, le norme e

12 *Il pensiero evolutivo dal costruttivismo al neurocostruttivismo - Annette Karmiloff-Smith*

persino il linguaggio senza impiegare nessuno sforzo, ma soltanto attraverso le sue esperienze.

A proposito del linguaggio, Dehaene, neuroscienziato cognitivo, insieme a sua moglie e attraverso l'utilizzo della risonanza magnetica funzionale condotta su bambini di due mesi, hanno potuto notare che, quando un bambino così piccolo sente frasi nella sua lingua nativa, attiva già le stesse regioni cerebrali che si attivano in età adulta¹⁷. Questa scoperta riuscì a debellare le stime che fino a poco tempo prima alcuni ricercatori avevano raggiunto: credevano che le aree sensoriali alla nascita fossero prive di un'organizzazione, tanto da creare una confusione dei sensi. Secondo questi ricercatori, durante le prime settimane di vita, il cervello del bambino mescola udito, visione e tatto, e gli ci vuole del tempo per imparare a separare queste modalità sensoriali¹⁸. Oggi, grazie agli studi sopracitati condotti da Dehaene, sappiamo che questa teoria è sbagliata; difatti, "fin dalla nascita, l'udito attiva le aree uditive, la visione le aree visive, il tatto le aree tattili, senza che vi sia bisogno di impararlo¹⁹". Sappiamo, quindi, che la rapida acquisizione del linguaggio, contrariamente all'incapacità di parola di tutti gli altri primati, è senza dubbio dovuta alla presenza di regioni specializzate alla determinazione di regolarità statistiche a tutti i livelli.

Com'è noto l'infanzia svolge un ruolo fondamentale nella vita di ogni essere umano in quanto tutto ciò che accade in questo periodo della sua vita è indelebile, permanente, e, anche se (e ciò può sembrare contraddittorio) di questi primi sei anni della nostra vita quasi non abbiamo memoria, essi lasciano invece dei segni incancellabili nella nostra mente. Questo accade grazie alla caratteristica fondamentale del cervello, di cui ho parlato nel paragrafo precedente: la plasticità cerebrale. Tutte le esperienze avvenute durante il periodo dell'infanzia modificano il cervello plastico in maniera permanente e non esiste la possibilità di ritornare allo stato di partenza²⁰.

¹⁷ *Imaging cerebrale del linguaggio del bambino: Dehaene-Lambertz et al. (2006).*

¹⁸ *Visione empirica dell'apprendimento nel bambino: vedi per esempio Elman et al. (1996); Quartz, Sejnowski (1997).*

¹⁹ *Imparare- Il talento del cervello, la sfida delle macchine. S. Dehaene. Pag 91.*

²⁰ *"Maria Montessori e le neuroscienze. Cervello, mente, educazione" - Regni e Fogassi, 2019*

Inoltre, è possibile individuare dei chiari periodi dello sviluppo in cui il bambino è più sensibile all'acquisizione di determinati caratteri e si dedica, quindi, ad attività che rendono possibile l'apprendimento di abilità non ancora acquisite. Una volta che il carattere è stato sviluppato, la sensibilità svanisce.

Per Montessori questi periodi, che definisce come “periodi sensitivi”, rappresentano delle occasioni per acquisire nuove abilità e accompagnano il bambino fino a sei anni di età. Questa suddivisione temporanea è però solo indicativa in quanto la velocità e il ritmo dello sviluppo rimangono legate alla storia individuale. (Il bambino è un essere unico e irripetibile.)

Anche Jean Piaget, psicologo, pedagogista, biologo e filosofo svizzero, si addentrò in questi discorsi. Ad egli si deve la creazione di una delle più grandi teorie sullo sviluppo mentale del bambino. In particolare, dimostrò che la differenza tra adulto e bambino è di tipo qualitativo, sostenendo che “*il bambino non è un adulto in miniatura ma un individuo dotato di struttura propria*”²¹.

Inoltre, affermò che il concetto di intelligenza e, quindi, la capacità cognitiva di ogni bambino, è strettamente correlata all'idea di “adattamento ambientale”²². Piaget dimostrò che la capacità di comprensione del bambino dipendesse interamente dalla interconnessione pratica tra il soggetto e l'oggetto: il soggetto influisce sull'oggetto ed è in grado di trasformarlo.

A differenza del cervello di un adulto, quello del bambino, ancora “immaturo”, produce un numero eccessivo di sinapsi e i dendriti dei neuroni si moltiplicano in grande velocità. Durante la prima infanzia, la densità delle sinapsi aumenta fino a raggiungere il doppio di quella di un adulto, per poi, diminuire lentamente²³. In ogni area cerebrale possiamo immaginare la presenza

²¹ <https://www.homolaicus.com/teorici/piaget/piaget.htm>

²² “*La teoria di Piaget sullo sviluppomentale del bambino - Homolaicus*”

²³ *L'infanzia del cervello umano- G Dehaene-Lambertz, Spelke (2015).*

di una sovrapproduzione delle sinapsi o dei rami dendritici che hanno dato prova della loro utilità; al contrario, la loro eliminazione graduale.

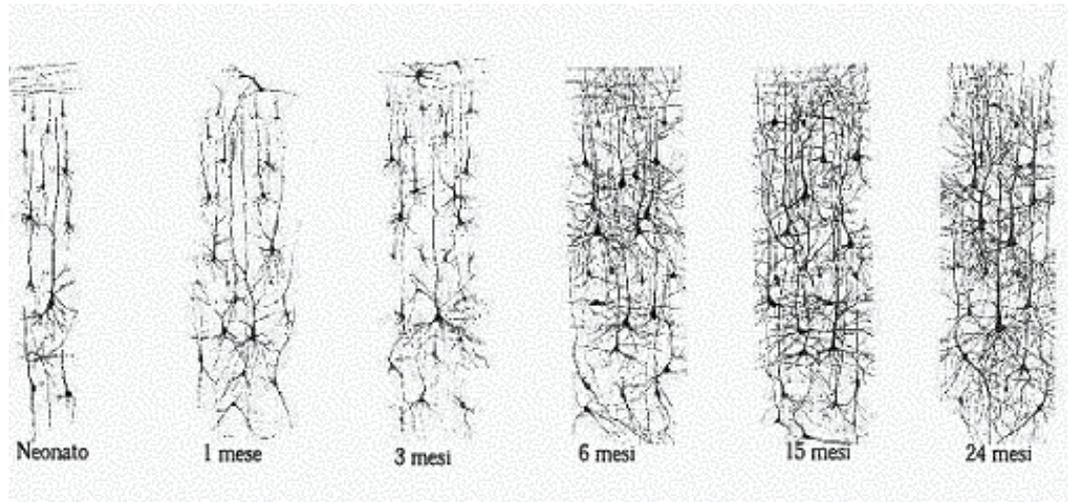


Figura 1: Come possiamo vedere, le connessioni sinaptiche diventano sempre più numerose con l'avanzamento dello sviluppo evolutivo del bambino.

Da bambini elaboriamo inconsciamente i dati statistici di ciò che ci circonda, adeguandoci alle informazioni in entrata fino a quando, verso il dodicesimo mese, qualcosa diviene permanente nel nostro cervello.

Alla luce di quanto detto, l'apprendimento può essere definito come una modificazione del comportamento, nel senso che il sistema nervoso è in grado di supportare molte variazioni rispetto ad un comportamento atteso. Questa modificazione sarebbe però completamente inutile se non venisse mantenuta, ed è per questo che la memoria segue sempre l'apprendimento. I due processi, memoria e apprendimento, sono, appunto, inscindibili²⁴.

*“Neurons that fire together wire together”*²⁵. Con questa frase, tradotta (non in modo letterale) come “co-attivarsi significa connettersi”, lo psicologo Donald Hebb, descriveva il rafforzamento delle connessioni neurali quando due neuroni si attivano contemporaneamente. Hebb, inoltre, pensava che i processi sinaptici rendessero possibile l'apprendimento: riteneva che il ripetersi di scariche concomitanti delle sinapsi coinvolte nell'elaborazione della risposta ad uno stimolo, potesse provocare un cambiamento fisiologico permanente. Questo

²⁴ Maria Montessori e le neuroscienze. Regni e Fogassi, 2019

²⁵ Hebb, 1949.

però non si verifica per tutto: molti eventi, infatti, hanno una potenza emotiva tale per cui non servono ripetizioni per far sì che il cervello le apprenda e le memorizzi. Il cervello, dunque, non registra in modo indiscriminato qualsiasi cosa succeda nelle nostre vite, ma solo quegli episodi che considera più importanti.

1.1.4 L'apprendimento nel contesto scolastico:

Sebbene quasi tutte le connessioni neurali siano caratterizzate dalla suddetta plasticità, esistono altri fattori in grado di promuovere o inibire il cambiamento neurale. Sappiamo, per esempio, che è sicuramente più facile imparare qualcosa se prestiamo attenzione, se siamo interessati all'argomento o se siamo motivati. A tal proposito diversi scienziati hanno identificato una serie di neurotrasmettitori che vengono rilasciati in contesti che coinvolgono motivazione e attenzione; in generale, il neurotrasmettitore della dopamina è associato alla ricompensa o, addirittura, all'anticipazione della ricompensa, mentre il neurotrasmettitore dell'acetilcolina viene rilasciato in situazioni di novità o sorpresa²⁶. È evidente, dunque, che la presenza di entrambi questi neurotrasmettitori migliora la plasticità sinaptica; infatti, sulla base di diversi studi condotti in laboratorio, alcuni neuroscienziati hanno previsto che quando gli alunni sono motivati e attenti in classe durante la lezione, i loro cervelli rilasciano dopamina e acetilcolina, preparandoli alla plasticità e all'apprendimento²⁷.

Riprendendo quanto affermato nella conclusione del paragrafo precedente, non possiamo parlare di apprendimento senza considerare anche la memoria. Questo fenomeno interessa da molto tempo le neuroscienze cognitive, ed è anche un campo di interesse degli insegnanti, soprattutto perché tutta la valutazione

²⁶ Everitt e Robbins, 1997; Schultz e Dickinson, 2000.

²⁷ "The synaptic plasticity and memory hypothesis: encoding, storage and persistence." - Conner et al., 2003; Takeuchi et al., 2014.

formale in ambito educativo si basa sul recupero delle informazioni corrette dalla memoria. Ripassare per le verifiche, infatti, è il tormento della maggior parte degli studenti.

Secondo quanto detto prima, relativamente al modello di Hebb, i ricordi sono fissati nel cervello mediante circuiti di neuroni con sinapsi rinforzate. Nel momento in cui un evento viene giudicato abbastanza sorprendente dai sistemi emotivi, questo viene registrato e immagazzinato in memoria. Il magazzino mnemonico è, inoltre, potenzialmente infinito, ma non servirebbe memorizzare se non si potesse recuperare ciò che è stato registrato.

Come vengono, però, registrati in memoria gli eventi?

Dagli studi condotti nel 2001 sui ratti da parte di Richard G. Morris, neuroscienziato di Edimburgo, emerge che l'ippocampo ha un ruolo fondamentale per la formazione dei ricordi. L'ippocampo, area cerebrale coinvolta nei processi di memoria, è connesso alla corteccia circostante. Tale connessione permette all'ippocampo di codificare nella memoria le proprietà relazionali e creare un modello delle caratteristiche percettive e comportamentali importanti del compito da ricordare. Questo consente agli insegnanti di comprendere come le risposte degli alunni in classe dipendano dai loro apprendimenti precedenti. Ciò che però appare importante è tenere sempre in considerazione le differenze individuali: gli alunni con prestazioni scolastiche poco soddisfacenti, infatti, sembrano avere una minore capacità di ricordare a livello relazionale e questo succede perché la maggior parte degli sforzi mentali dell'alunno viene focalizzata al livello locale del compito in questione, a discapito invece del livello più globale di esso. In questo modo viene a determinarsi un circolo vizioso in cui le abilità di base non si automatizzano e non sono facilmente sottoposti ad autocorrezione. Gli studenti migliori invece sembrano avere una minore compartimentazione a priori della memoria e danno l'impressione di ricorrere maggiormente alla metafora e all'analogia. Appare, dunque, evidente che dovremmo incoraggiare il pensiero metaforico, allo scopo di promuovere la codifica della memoria relazionale²⁸.

²⁸ Da un articolo accademico del professore britannico John G. Geake, 2009

Nel consolidamento della memoria avvengono dei veri e propri cambiamenti anatomici: i neuroni esprimono nuovi geni, modificano la forza delle loro connessioni e a volte ne formano di nuove. Tali trasformazioni costituiscono il substrato della memoria e la base dell'apprendimento. Successivamente a questa modificazione, il ricordo rimarrà dormiente, inconscio, fino a quando non ci sarà un indizio affinché il cervello riesca a ricreare uno schema di attività vicino a quello di partenza e inizi a ricordare. Secondo questa teoria, dunque, un ricordo non è altro che il ripetersi della sequenza di scariche neurali associate all'esperienza passata. Detto ciò, sappiamo che la memoria non è qualcosa che coinvolge una singola regione del cervello, ma è ovunque, in quanto ogni circuito è in grado di modificarsi in risposta a una registrazione frequente di un'attività a livello dell'area neurale²⁹.

I cambiamenti maggiormente significativi caratterizzanti i metodi di ricerca e il campo teorico delle neuroscienze consentono di rendere i risultati delle ricerche condotti sul cervello applicabili ai problemi concreti e agli interrogativi dominanti l'ambito educativo. Sicuramente appare necessario supportare i bambini tenendo conto dei loro profili neuropsicologici per lo sviluppo di competenze che risultano efficaci e al tempo stesso flessibili. Un'educazione flessibile è importantissima dal momento che non esistono, non sono mai esistiti e mai esisteranno due cervelli identici e questo concetto permette all'insegnante di evidenziare l'unicità di ogni bambino.

Alla luce di quanto detto finora, per gli alunni potrebbe essere utile un curriculum a spirale che permettesse di realizzare meglio il principio del rinforzamento hebbiano, a discapito di un curriculum lineare, con la presentazione di concetti simili in contesti nuovi e sempre più complessi. Un curriculum a spirale corrisponde meglio alla dinamicità della memoria, nella quale i singoli ricordi cambiano nel corso del tempo, con l'esperienza e il ripetersi delle rievocazioni.

²⁹ *“Il ritratto di un ricordo.” – S. Daheane*

1.2 Le neuroscienze dell'immaginazione

*“Imagination is a form of **daydreaming**, and you can surely train children to be able to imagine.” – Pie Corbett*

Come è possibile che siamo capaci di visualizzare nella nostra mente immagini mai viste prima?

Immaginate, per un secondo, una papera che insegna francese, una gara di ping-pong in orbita, un delfino che tiene in equilibrio un ananas. Molto probabilmente non avete mai visto nulla di tutto questo, eppure siete in grado immaginarlo all'istante, come se fosse semplicissimo, perché siete abituati a farlo. Per quanto semplice possa sembrare, ciò che alla base dell'immaginazione è un processo complesso che richiede una coordinazione sofisticata nel cervello. Parlo di “coordinazione” perché, quando guardiamo un oggetto, i neuroni della corteccia posteriore codificano varie caratteristiche di esso (il colore, la lunghezza, lo spessore...) e collegano, poi, tutte queste caratteristiche per formare quello che è noto come “insieme neuronale”. Per creare delle nuove immagini, bizzarre e, quindi, mai viste prima, il cervello prende parti familiari e li assembla in nuovi modi, come si fa per un collage di foto.

La teoria della sintesi mentale permette di spiegare come riusciamo a fare questo. In particolare, se i gruppi neuronali specifici per l'immagine del delfino e per l'ananas vengono attivati contemporaneamente, possiamo percepire i due oggetti in un'unica immagine.

Secondo questa teoria, sono i neuroni della corteccia prefrontale, la quale è coinvolta in tutte le funzioni cognitive complesse, che, collegati alla corteccia posteriore da estensioni cellulari lunghe e sottili chiamate “fibre neurali”, inviano segnali elettrici a gruppi multipli della corteccia posteriore, come un burattinaio che tira i fili di una marionetta. Quando, poi, i diversi gruppi neuronali vengono attivati nello stesso momento, allora si crea l'immagine composita, come se questa fosse stata già affettivamente vista.

Affinché la sintesi mentale funzioni, i segnali dovrebbero arrivare a entrambi i gruppi neuronali allo stesso tempo. Però dobbiamo sapere che alcuni neuroni sono molto più lontani dalla corteccia prefrontale rispetto ad altri; quindi, se i segnali viaggiassero lungo entrambe le fibre alla stessa velocità, arriverebbero fuori sincrono. La lunghezza delle connessioni non può essere modificata, ma il cervello, specialmente durante l'infanzia, può cambiare la velocità di conduzione grazie alla mielina, sostanza che avvolge le fibre neuronali. La mielina, infatti, è un isolante che accelera i segnali elettrici che comprimono le fibre e, quelle che hanno maggiore mielina, possono inviare segnali cento volte più velocemente di altre fibre che invece hanno meno strati di mielina.

Oggi, alcuni scienziati pensano che questa differenza nella mielinizzazione potrebbe essere la chiave per il tempo di conduzione uniforme nel cervello, e di conseguenza, per la nostra capacità di sintesi mentale. Molta di questa mielinizzazione avviene nell'infanzia, quindi fin dalla tenera età, la nostra immaginazione può avere molto a che fare con la costruzione del cervello le cui connessioni accuratamente mielinizzate possono creare sinfonie creative per tutta la vita³⁰.

I neuroscienziati hanno sempre affermato che il cervello si divide in due emisferi: quello destro, il quale orchestra i processi creativi, e quello sinistro, che si occupa di organizzare i pensieri di logica. Tuttavia, molti psicologi cognitivi, tra questi ricordiamo S. Kauffman, affermano che i processi creativi e immaginativi hanno sede in diverse aree cerebrali e non in una specifica regione. La neuroscienza dell'immaginazione, dunque, evidenzia il suo funzionamento che si realizza mediante un'unione di reti neurali dislocate in tutto il cervello.

Ogni rete, inoltre, ha la propria specificità:

- La rete di attenzione esecutiva, la quale controlla nello stesso momento tutti i processi che sottendono quello immaginativo. È questa una rete di lavoro che ci permette di accedere alla nostra memoria.
- La rete predefinita, chiamata anche “rete immaginativa”, ci permette di

³⁰ *Andrey Vyshedskiy entra nel dettaglio delle neuroscienze dell'immaginazione.*

pensare e immaginare più universi nello stesso momento ed è collegata a più aree del cervello.

- La rete della salienza, la quale è costituita da diverse reti neurali che hanno il compito di raccogliere le informazioni dal mondo circostante, elaborarle, scegliere quelle più significative e, successivamente, portarle in diverse regioni del cervello ed avviare, così, il processo immaginativo.

Durante uno studio condotto dal centro di ricerca sul cervello dall'Università israeliana Bar-Ilan e dall'Istituto di neuroscienze cognitive dell'University College di Londra, poi pubblicato sulla rivista Nature Human Behavior, venne osservata, mediante l'utilizzo della risonanza magnetica funzionale, l'attività cerebrale di quarantuno volontari mentre ricordavano esperienze personali. Tramite l'esperimento, i ricercatori riuscirono ad individuare una scomposizione dell'esperienza in tre parti. Vadim Axelrod, primo autore dello studio, spiegò che quando ricordiamo un evento si attivano nel nostro cervello sistemi cognitivi diversi: uno serve a recuperare l'evento contenuto nel magazzino della memoria, l'altro permette di ricostruire la scena in modo vivido e un terzo serve a contestualizzarla. Tutti questi sistemi, inoltre, agiscono contemporaneamente, creando, così, la percezione di vivere l'evento in quel preciso momento in cui lo stiamo ricordando.

1.2.1 L'immaginazione a scuola

L'immaginazione è una delle tante magie che il nostro cervello è in grado di compiere. Per i bambini, poi, l'immaginazione è tutto! Quando cresciamo, purtroppo, perdiamo la suddetta capacità; tuttavia, i più giovani hanno la possibilità di sperimentare nuovi linguaggi, avendo ancora vivida la facoltà immaginativa.

Anche l'autore, educatore e scrittore inglese, Pie Corbett ci spiega nei suoi libri quanto sia importante portare all'interno del mondo dell'educazione la creatività e l'immaginazione.

Secondo l'autore, infatti, l'immaginazione è la base fondamentale per la creatività e, senza entrambe le capacità, non ci sarebbe la possibilità di inventare nuove cose e non si troverebbero nuove soluzioni ai problemi. Introdurre la creatività nel contesto educativo, dunque, è evidentemente necessario.

Le nuove idee, dice Corbett, possono arrivare occasionalmente da intuizioni improvvise, ma nella maggior parte delle situazioni non è questo che accade: le nostre competenze vengono organizzate e migliorate costantemente per poter riorganizzare le informazioni in modi differenti e nuovi e poter, così, affrontare le nuove situazioni che si presentano. Alla luce di ciò, l'autore è convinto che la creatività possa essere insegnata.

Partendo dall'assunto che non è possibile sviluppare la capacità di immaginare senza che l'immaginazione sia ben nutrita, è necessario riuscire a creare immagini nelle menti dei bambini e, soprattutto, costruire un ambiente adatto alla sperimentazione creativa.

La creazione di questo "ambiente sperimentale" inizia fin da molto piccoli, attraverso il gioco, ma è anche compito dell'insegnante ampliare le possibilità per favorire questo ambiente. Inoltre, un compito importante a favore dell'immaginazione è affidato alla lettura, la quale permette di immergersi in nuovi mondi ed esplorare cose mai viste.

“Grazie alla lettura, infatti, possiamo migliorare le nostre capacità del pensiero astratto, oltre che la capacità di tenere nella nostra mente un'idea, seguirla e svilupparla nel lungo periodo”³¹.

Gli scrittori possiedono un'immaginazione tale da riuscire a “vedere” il futuro. Proseguendo possiamo affermare che la creatività permette di raggiungere cambiamenti positivi anche in altri ambiti: pensiamo, per esempio, a quello scientifico. Molte invenzioni tecnologiche e scientifiche sono state possibili proprio perché gli autori hanno immaginato cosa sarebbe successo anni dopo. Sicuramente in ogni caso la conoscenza è importante, in quanto permette di acquisire nuove informazioni, ma, secondo l'autore, abbiamo anche bisogno della creatività e dell'immaginazione per migliorare la società.

³¹ *Pie Corbett: l'educazione alla creatività e all'immaginazione*

Come affermato, la creatività è dunque necessaria nel contesto educativo, in quanto, considerando l'educazione come un atto rivoluzionario, l'immaginazione diviene lo strumento di leva di questa rivoluzione.

Anche Kenneth Robinson, nel suo libro intitolato *“Immagina che... Come creare un futuro migliore per tutti”*, parla di una rivoluzione didattica che può essere messa in pratica solo se si usa l'immaginazione. In particolare, questo libro rappresenta un grido di battaglia per il potenziale umano, per ciò che, come specie, siamo capaci di fare e di essere se creiamo le giuste condizioni. L'immaginazione ci aiuta a creare costantemente il mondo in cui viviamo, senza limitarci ad esistere in esso, ed è essenziale che la scuola contribuisca a tirar fuori questo potenziale umano intrinseco in ognuno di noi, seguendo un processo maieutico³².

Robinson, tuttavia, sostiene nel suo libro che oggi le scuole continuano spesso ad uccidere questa creatività, per cui bisognerebbe soffermarsi su come l'istruzione dovrebbe cambiare: non solo attraverso le riforme, ma imboccando la strada della rivoluzione; stravolgere i principi fondamentali appartenenti all'ambito culturale dati per scontato, ripensare l'intero percorso educativo abbandonando i concetti di conformità, linearità e omologazione al fine di delineare un apprendimento personalizzato atto a valorizzare il potenziale personale posseduto dal singolo³³.

³² Dal dialogo scritto da Platone, commentatore di Socrate: *l'arte della maieutica è lo strumento più prezioso che gli educatori possiedono per rendere liberi i propri allievi e educarli alla libertà di pensiero. Dal confronto discepolo/Maestro, viene alla luce la verità e la possibilità di esprimere la propria creatività trovando sempre nuovi percorsi di pensiero.*

³³ *“Immagina che... Come creare un futuro migliore per tutti”*, Erickson, 2022

1.3 La percezione come processo cognitivo

1.3.1 Storia e analisi della percezione

«Perché le cose appaiono così come appaiono?»³⁴.

Il concetto di percezione è stato messo a punto per la prima volta in ambito filosofico molto tempo fa. Si ricorda, che tra i primi studiosi che si occuparono della percezione vi è la figura di Hermann von Helmholtz. Egli condusse diverse indagini su tale fenomeno arrivando a formulare la *teoria empiristica*, secondo la quale la percezione della realtà è resa possibile dall'esperienza³⁵. Seguendo questa teoria, quando si parla di percezione si fa riferimento alla consapevolezza che si ha di qualcosa, all'essere coscienti del fatto che esistono altre cose rispetto a noi stessi. Difatti, "percepire" significa proprio raccogliere informazioni che confermano l'esistenza di un mondo esterno. Parliamo di un processo che porta alla formazione di nuove forme di conoscenza derivanti dai dati sensoriali o reali³⁶. In definitiva, detto ciò, è sulla base delle nostre conoscenze precedentemente acquisite che le sensazioni, che giungono al nostro cervello in maniera frammentata e non elaborata, vengono successivamente aggregate e integrate tra loro.

Secondo la teoria di Helmholtz le percezioni che abbiamo non sono altro che delle ipotesi di ciò che potrebbe esserci nel mondo esterno, ipotesi che lui chiama *inferenze inconsce*: grazie all'esperienza la nostra mente compie un ragionamento inconsapevole in base alle percezioni parziali e incomplete, formulando delle supposizioni. Dunque, da un lato i nostri processi mentali hanno un ruolo fondamentale nell'interpretare la realtà, ma dall'altro lato le nostre percezioni non sono sempre certe; mondo percepito e mondo reale non sempre corrispondono.

³⁴ K. Koffka: *Principi di psicologia della Gestalt*, 1935, cap.III.

³⁵ DAVID EAGLEMAN, *In incognito – la vita segreta della mente*, Milano, Mondadori, 2010.

³⁶ *Percezione: storia e significato del termine e principali teorie ...*,
<https://www.stateofmind.it/percezione/>.

Secondo la Gestalt, corrente psicologica nata nella prima metà del Novecento, la quale indagò particolarmente sul funzionamento dei processi percettivi, la mente umana conferisce una forma unitaria dei diversi stimoli. La teoria della Gestalt può essere riassunta con tale frase: **“Tutto è diverso dalla somma delle singoli parti”**, sottolineando l’impossibilità di scindere analiticamente le componenti della percezione. Questo significa che lo stimolo contiene uno specifico significato se guardato nella sua totalità, e questo significato non è altro che ciò che le piccole parti che compongono lo stimolo gli affidano. La somma dei significati delle singole parti dello stimolo, però, non dà come risultato lo stesso significato, ma, come dicevo, è la mente a elaborare il significato unitario. La coscienza è, quindi, un fenomeno unitario che non può essere scomposto. Guardando questa figura possiamo comprendere meglio il concetto di totalità che è alla base della teoria appena esaminata:

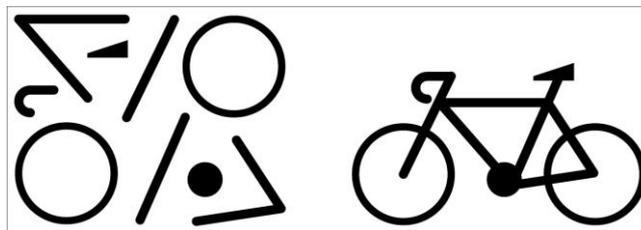


Figura 2: I significati diversi dei singoli elementi e della percezione della loro somma.

I singoli elementi raffigurati nel riquadro di sinistra hanno determinate caratteristiche che appartengono a ciascun elemento, mentre nel riquadro di destra possiamo notare che la somma di quegli stessi elementi, o meglio, la percezione di un loro stimolo unitario, acquista un significato differente che non è riconducibile alla semplice somma delle singole parti.

Numerosi teorici della Gestalt, in modo particolare Max Wertheimer, hanno tracciato linee guida ai fini della nostra percezione visiva, partendo proprio da tale posizione teorica: sto parlando di leggi percettive innate, ossia presenti in ciascun individuo fin dalla nascita.

Tra queste ritroviamo la legge della vicinanza, la quale descrive la propensione a combinare elementi visivamente vicini in un unico stimolo percettivo.

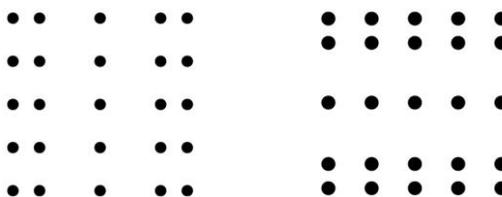


Figura 3: *In questa figura si percepisce la visione di due quadrati, e non la presenza dei singoli puntini neri che li costituiscono.*

La legge della chiusura, invece, descrive la tendenza a combinare elementi tra di loro vicini, mostrandoli come figure chiuse e ignorando la presenza di eventuali interruzioni della loro linea.



Figura 4: *alla vista appare un quadrato e un cerchio e non linee dritte o curve tra loro indipendenti.*

La legge della somiglianza descrive la tendenza a raggruppare in un unico stimolo percettivo elementi visivi simili tra loro.

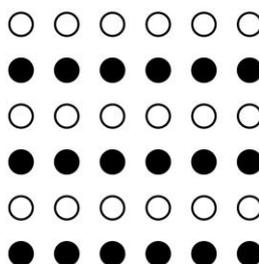


Figura 5: *si osserva una successione di righe orizzontali bianche e nere e non i singoli pallini che le compongono.*

Vediamo, poi, la legge del destino comune, la quale descrive la tendenza a cogliere come parti di un unico stimolo percettivo elementi che si muovono in modo simile tra loro, o in opposizione ad altri.

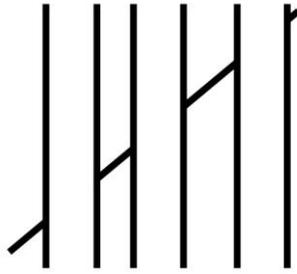


Figura 6: si osservano colonne verticali attraversate da una linea obliqua e non singole linee aventi lunghezze e posizioni diverse.

Interessante è anche la legge dell'esperienza passata. L'esperienza passata, infatti, influenza e modella la nostra percezione dello stimolo visivo e ci porta a collegare elementi che sono o tendono ad essere associati tra di loro.

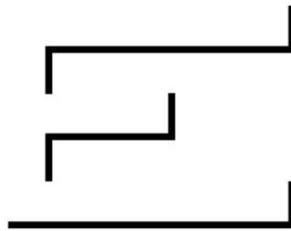


Figura 7: percepiamo la lettera "E" anziché tre linee spezzate.

La legge della buona fortuna, invece, descrive la tendenza ad attribuire a ciò che i nostri occhi vedono, caratteristiche di uniformità e simmetria.

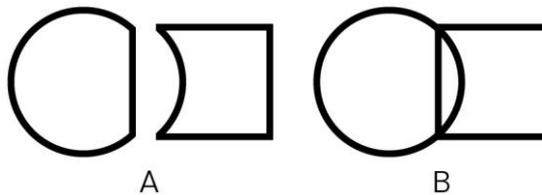


Figura 8: Se alla vista nella figura B, si percepisce l'immagine di un quadrato e un cerchio sovrapposti, nella figura A, si osservano due forme geometriche irregolari.

Le leggi appena descritte dimostrano che la nostra capacità percettiva organizza i dati nella nostra mente, in modo da farci comprendere che cosa stiamo osservando.

Secondo le teorie della percezione diretta, originate dal pensiero di Gibson, le informazioni si possono ricavare dallo stimolo percepito, senza il bisogno di

particolari processi di elaborazione aggiuntivi. Il soggetto, difatti, deve cogliere semplicemente le informazioni percettive che prende dall'ambiente e non rielaborare ciò che vede, né integrarlo ad informazioni già presenti. Gibson definisce questo processo col termine inglese “*affordances*”, che è tradotto in “disponibilità”.

Un'altra teoria è quella di Neisser. Trattasi di una teoria descrittiva degli schemi presenti nella mente che hanno il compito di orientare l'attenzione e consentire l'esplorazione dell'ambiente. Così facendo, l'individuo recepisce l'informazione selezionando le parti più rilevanti degli oggetti necessari a raggiungere scopi individuali³⁷.

In base alle teorie appena elencate, appare evidente che il percepito deve essere necessariamente organizzato perché la mente umana abbia una base di partenza attraverso la quale elaborare gli stimoli provenienti dal mondo esterno. L'attenzione, inoltre, aiuta a selezionare gli stimoli di interesse escludendone altri e questa esclusione si ottiene spesso in base ai bisogni personali, alle motivazioni, alle emozioni esperite e alle conoscenze già acquisite da chi percepisce.

Capita spesso di confondere il concetto di percezione con quello di sensazione, usando i due termini in modo indistinto, come se fossero la stessa cosa. Quello che però si ignora è che i due concetti sottendono processi molto differenti.

1.3.2 Dalla sensazione alla percezione

Difficile è dire dove i sensi finiscano e dove poi inizi la percezione. Come già affermato, i due concetti sono interconnessi. Gli stimoli che ci circondano sono di varia natura: come le onde elettromagnetiche provengono da ogni parte, anche l'aria respirata è messa in continua vibrazione e sono andati perfezionandosi durante il processo di evoluzione genetica. Ciascuno stimolo, però, necessita di un proprio mezzo di rilevamento.

³⁷ *State of mind, 2016. Percezione e psicologia.*

Per sensazione si intende quel processo psichico e immediato che consiste nella stimolazione degli organi di senso, i quali, a loro volta, sono in grado di concedere all'uomo le primissime informazioni della realtà esterna e interna ad esso. Quanto affermato fa riferimento all'esperienza soggettiva associata a uno stimolo fisico la cui informazione necessita di essere registrata e codificata.

Ogni senso, inoltre, fa capo a un proprio insieme di recettori, ovvero delle strutture specializzate che rispondono a un tipo specifico di stimolo fisico mediante modificazioni elettriche. Quest'ultime danno vita ad una serie di impulsi nervosi e ad un insieme di neuroni sensoriali, che veicolano gli impulsi permettendogli di raggiungere il sistema nervoso centrale. Sebbene per alcuni sensi i recettori consistono semplicemente nelle terminazioni delle fibre nervose dei neuroni sensoriali, in altri casi essi sono rappresentati da cellule specializzate le cui fibre creano sinapsi lungo i neuroni sensoriali. Inoltre, i recettori di alcuni sensi si raggruppano all'interno di un organo di senso specifico e ben localizzato (orecchio, naso, occhi...) mentre in altri casi sono distribuiti in molte "localizzazioni" diverse.

I neuroni associati a ciascun senso sono collegati al sistema nervoso centrale tramite specifiche vie neurali, le quali per la maggior parte dei sensi terminano in regioni sensoriali specializzate della corteccia cerebrale. Sono proprio queste aree sensoriali a ricevere e a processare gli input nervosi. Pertanto, dobbiamo considerare che non siamo in grado di rispondere a tutti gli stimoli ambientali; infatti, la nostra sensibilità ha un limite: possiamo percepire solo quelle forme di energia per le quali abbiamo degli organi recettori e, comunque, solo se l'energia è abbastanza intensa è prodotta una sensazione avvertibile.

Possiamo, inoltre, fare una distinzione tra quelle che sono le sensazioni esterne e quelle che invece sono interne a colui che sente: mentre le sensazioni esterne si riferiscono a tutto ciò che possiamo sentire attraverso gli organi di senso e sono provenienti dall'ambiente esterno, quelle interne sono determinate da stimoli provenienti dall'interno dell'organismo. Un esempio di sensazione interna è la sensazione termica, la quale si riferisce alle diverse forme di sensibilità al calore, alle variazioni termiche e alla sensazione di bruciore.

La sensazione, come ogni altro processo cognitivo di cui ho parlato in precedenza, richiede un intervento attivo da parte della mente: come la memoria, l'attenzione e l'apprendimento, non è un processo automatico che la nostra mente mette in atto nei confronti degli stimoli ambientali, bensì una vera e propria elaborazione nei confronti di essi.

Tutto ciò che proviamo come sensazione, dunque, non esiste sotto forma di attività isolata, ma appartiene ad un processo più ampio di esperienza e di conoscenza. Possiamo, così, parlare di attività cognitiva.

È importante riconoscere che, sebbene le percezioni siano costruite sulla base delle sensazioni, non tutte le sensazioni che proviamo diventano percezione. Spesso, infatti, non si percepiscono quegli stimoli che rimangono costanti un tempo eccessivamente prolungato. Per esempio, immaginiamo di entrare in un'aula con un vecchio orologio analogico: è immediatamente possibile ascoltare il ticchettio dell'orologio ma, non appena si inizia a conversare o si ascolta qualcuno parlare, il ticchettio non viene più percepito. Questo non significa che l'orecchio abbia smesso di sentire il suono e neanche che l'orologio si sia fermato. Allo stesso modo, i fumatori spesso, considerato che i loro recettori sensoriali rispondono meno agli stimoli immutabili, non percepiscono quanto coloro che non fumano siano infastiditi dall'odore prodotto dalle sigarette³⁸. Tale fenomeno è conosciuto con l'espressione di "adattamento sensoriale".

Nella percezione, dunque, l'attenzione gioca un ruolo fondamentale; infatti, nel momento in cui si è concentrati nel fare altro, si può perdere completamente la percezione di ciò che accade nell'ambiente intorno a sé.

1.4 Il funzionamento della percezione

Dai diversi studi condotti sui fenomeni percettivi sappiamo che l'essere umano possiede ampie aree cerebrali deputate all'elaborazione sensoriale. Ciò avviene mediante le seguenti fasi: acquisizione; filtraggio; trasformazione; ricostruzione; integrazione e organizzazione.

³⁸ Coon & Mitterer, *Psicologia Generale*. 2016

Un organo di senso è un corpuscolo che riceve uno stimolo sotto forma, per esempio, di onde sonore o caloriche, e dà origine ad un'onda eccitatoria in associazione con fibre nervose sensoriali. Queste inviano impulsi specifici al sistema nervoso centrale, il quale le interpreta come sensazioni consequenziali rispettando le fasi di elaborazione sopra citate.

Eppure, in contrasto con il fenomeno della sensazione, la percezione dipende non solo dagli stimoli del presente, prodotti dai recettori sensitivi, ma anche dalle pregresse esperienze a cui un individuo si è sottoposto. Infatti, si precisa che le percezioni di due individui possono essere molto diverse tra loro, anche se a generarle è uno stesso stimolo.

L'ausilio di algoritmi e della quotidiana esperienza ci dimostra che la percezione è un processo deduttivo, ovvero, come è stato precedentemente affermato in questa tesi, quello che alcuni definiscono *inferenza inconscia*³⁹.

Dal punto di vista scientifico, il fenomeno percettivo non coinvolge le terminazioni dei nervi periferici: stimolati i corpuscoli sensitivi i segnali vengono inviati al sistema nervoso centrale ove l'insieme dei processi neurobiologici genera un'esperienza percettiva⁴⁰. Proprio per questo, non potremo mai avere accesso diretto al mondo esterno, mentre tutto ciò che è accessibile direttamente è l'effetto del mondo esterno sul nostro sistema nervoso; detto ciò, appare evidente che la percezione effettiva, di fatto, è impossibile.

Considerate tali contraddizioni rilevate, il problema della percezione, appare di difficile determinazione. L'osservazione del mondo esterno può essere associata ad una vera allucinazione, in quanto la percezione si configura proprio in termini di scelta dell'allucinazione rispondente al meglio ai dati recepiti, che spesso sono frammentari e labili. I processi che generano le allucinazioni e le percezioni, infatti, sono i medesimi, tanto che l'allucinazione viene descritta come "percezione senza oggetto"⁴¹: la differenza concreta dipende da quanto gli oggetti e gli eventi esterni, stabilizzati dalla percezione nella coscienza,

³⁹ *L'inferenza inconscia afferma che la nostra percezione retinica viene continuamente corretta tramite un procedimento creativo della nostra mente aggiungendo informazioni sulla base di ciò che già sappiamo di un oggetto visualizzato e dell'ambiente che lo circonda. Helmholtz*

⁴⁰ <https://www.psychomedia.it/pm/science/psybyo/budetta.pdf>

⁴¹

<https://it.wikipedia.org/wiki/Allucinazione#:~:text=L'allucinazione%20C3%A8%20una%20falsa,luce%2Dilluminazione%2Dpercezione>).

rispondono al vero; infatti, nell'allucinazione, come nel sogno, gli oggetti e gli eventi fluttuano senza una metà precisa.

Il riconoscimento degli oggetti avviene, perciò, in modo istantaneo, ma tale processo può essere descritto da differenti approcci: dal punto di vista fisico abbiamo la formazione dell'immagine retinica; dal punto di vista neurofisiologico si può monitorare la risposta cerebrale; dal punto di vista percettivo e fenomenologico, infine, si descrive cosa si vede e si definisce l'esperienza soggettiva. Per rendere più chiaro questo concetto, lo psicologo italiano Gaetano Kanizsa descrisse, per la prima volta nel 1955, la sua illusione ottica chiamata anche triangolo della Gestalt.

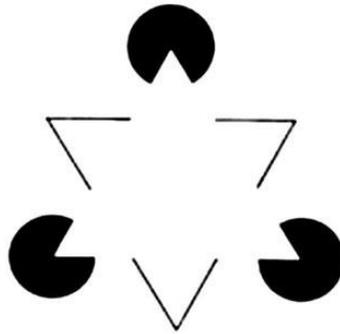


Figura 9: *triangolo di Kanizsa. In questa figura possiamo vedere due triangoli equilateri sovrapposti. Appare interessante vedere che in realtà i due triangoli non sono realmente disegnati, eppure siamo in grado di percepirli visivamente.*

Guardando la figura, possiamo percepire immediatamente l'immagine di un triangolo centrale, il quale appare più bianco dell'altro triangolo dallo sfondo nero. In realtà la figura geometrica che risalta di più, apparendo più vivida e luminosa, non esiste, poiché non ha nessun contorno. Eppure, tutti continueremo ad osservarla come se ci fosse.

Anche osservando il negativo della figura, l'effetto ottico è altrettanto evidente.

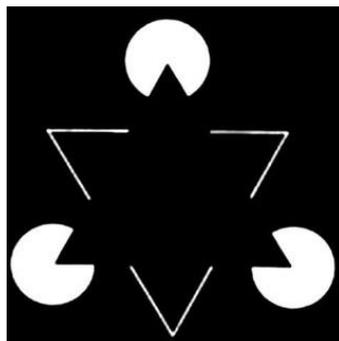


Figura 10: *il negativo del triangolo di Kanizsa*

In questa figura possiamo vedere che il triangolo centrale nero in rilievo è in contrasto con le altre figure sullo sfondo. Appare evidente che ciò che vediamo è ben diverso da ciò che conosciamo, altresì che la nostra conoscenza può condizionare la realtà percepita.

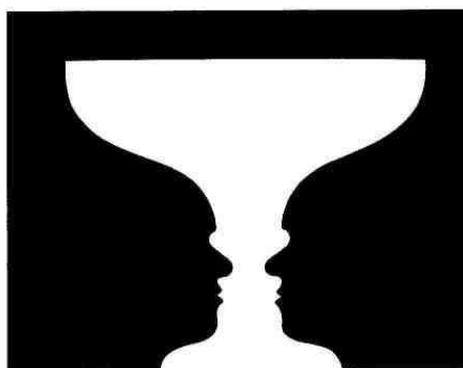


Figura 11: *I vasi di Rubin. In questa immagine possiamo vedere due immagini differenti: un'immagine delle due, quando viene individuata, risulta apparire in primo piano, mentre l'altra rappresenta lo sfondo. La scelta di individuare prima una delle due figure rispetto all'altra è soggettiva e dipende, quindi, da soggetto a soggetto.*

In questo caso, lo psicologo danese Edgar Rubin ha individuato le condizioni che favoriscono l'articolazione di certe zone del campo visivo come figure e di altre come sfondo. Nella figura possiamo vedere un vaso bianco su uno sfondo nero; tuttavia, seguendo i contorni di questo vaso, possiamo percepire la presenza di due volti posizionati di profilo colorati di nero, su uno sfondo bianco. Eppure, queste due immagini non appaiono ai nostri occhi contemporaneamente: possiamo notare, infatti, che alla vista dell'una, l'altra sparisce, nonostante la stimolazione retinica resti immutata. Questo fenomeno percettivo si presenta

perché il risalto che assume una delle due immagini causa la perdita del carattere di “figura” dell'altra, che diviene “sfondo”.

1.4.1 Caratteristiche della percezione infantile

Per tanto tempo, dalla scienza e dall'immaginario collettivo, al neonato è stata attribuita l'unica capacità di rispondere alle stimolazioni esterne, apprendendo, così in maniera passiva. Oggi sappiamo, invece, che la percezione è qualcosa che si sviluppa fin dalla nascita. Mi riferisco ad una capacità percettiva allo stadio iniziale e che differisce qualitativamente dal modo di percepire dell'adulto. Una delle principali differenze tra i due mondi percettivi, dell'adulto e del bambino, è definita dallo psicologo svizzero Édouard Claparède *sincretismo*. Tale “fusione” è spiegata dal fatto che il bambino nelle prime settimane di vita tende a percepire l'ambiente circostante nel suo insieme, senza soffermarsi sui particolari che lo compongono. Tutto è per lui percepito come un insieme confuso caratterizzato dalle sole singole parti che riesce a comprendere in modo isolato. Il sincretismo viene superato ampiamente solo a partire dai sei anni, momento in cui la percezione diviene maggiormente flessibile.

Come già affermato in precedenza in questa tesi, nelle varie fasi dello sviluppo del nostro sistema nervoso centrale, il ruolo dell'ambiente è essenziale e, per potersi relazionare con il mondo circostante, il bambino deve essere in grado di percepire i diversi messaggi sensoriali, di elaborarli e integrarli, così da costruire un'immagine composita della realtà.

Fin dalle prime settimane di vita, il bambino riesce a stabilire i primi rapporti con l'ambiente grazie a dei riflessi innati, i quali si sviluppano in quella fase che Piaget, nella sua teoria dell'intelligenza, fa corrispondere alla *reazione circolare primaria*⁴². Da questa fase inizia anche a farsi spazio, progressivamente, il processo di costruzione dell'oggetto, ovvero di una realtà altra rispetto alle sensazioni personali. In particolare, se nelle prime settimane di vita l'oggetto che

⁴² Dalle fasi dell'intelligenza di Piaget, questa reazione indica ripetizione di un'azione prodotta inizialmente per caso, che il bambino esegue per ritrovarne gli interessanti effetti.

scompare dalla vista del bambino viene dimenticato, dopo i primi due mesi di vita questo continua ad essere atteso dopo la sua scomparsa⁴³. Dunque, i bambini possiedono un'ampia conoscenza del mondo. Tuttavia, c'è bisogno di mesi prima che un bambino capisca come due oggetti si sostengono a vicenda⁴⁴ poiché non è ancora in grado di collegare gli avvenimenti tra loro. La capacità di comprendere che l'oggetto non smette di esistere nel momento in cui scompare alla vista è un aspetto fondamentale dello sviluppo della mente infantile ed è definito dagli psicologi con l'espressione "permanenza dell'oggetto"⁴⁵. Nel caso dei neonati, questo viene chiamato effetto Berkeley, dal nome del filosofo irlandese che per primo lo descrisse: egli suggeriva che gli oggetti esistono soltanto nel momento in cui sono percepiti. È, poi, solo dal terzo mese di vita che il bambino mette in atto azioni intenzionali e si ha, contemporaneamente, un'evoluzione nella percezione degli oggetti, dello spazio e di successione temporale. Si è scoperto che essi riconoscono gli oggetti anche se viene modificato il loro l'angolo di visuale e riescono a cogliere la costanza dell'oggetto poiché essi non si limitano a rispondere alle manifestazioni di ciò che appare, bensì concepiscono gli oggetti come permanenti, malgrado i cambiamenti nel loro modo di apparire⁴⁶.

Alla luce di quanto affermato fino ad ora e dall'osservazione condotta sul comportamento infantile, appare evidente che il mondo del bambino non rispecchia una versione più ristretta e meno complicata di quella dell'adulto, ma una realtà con delle proprie caratteristiche, le quali si trasformano progressivamente nel tempo.

1.5 Le leggi della percezione visiva

Il processo della visione coinvolge occhi, mente e sistema nervoso, elementi interconnessi e tra loro condizionabili. Difatti, quando guardiamo qualcosa la

⁴³ *Concetto di oggetto nel bambino: Baillargeon, DeVos (1991); Kellman, Spelke (1983).*

⁴⁴ *Apprendimento rapido della caduta degli oggetti: Baillargeon, Needham, Devos (1992); Hespos, Baillargeon (2008).*

⁴⁵ *Dalla teoria psicologica evolutiva di Jean Piaget.*

⁴⁶ *RICHARD L. GREGORY, Occhio e cervello, la psicologia del vedere, 1998.*

mente, servendosi degli occhi e del sistema nervoso, stabilisce un contatto con l'ambiente esterno.⁴⁷

Pertanto, per comprendere al meglio il meccanismo del processo visivo, bisogna anche descrivere la fisiologia dell'occhio umano e considerare il rapporto tra occhio, retina e cervello.

Il bulbo oculare, che si trova nell'orbita, ovvero quella cavità ossea che lo protegge, ha una lunghezza di circa 24 mm ed è formato da tre tuniche con strutture e funzioni assai diverse. Tra queste, la più esterna e fibrosa, è costituita da cornea e sclera: la cornea è una membrana trasparente che permette il passaggio della luce verso le strutture interne dell'occhio, mentre la sclera ne rappresenta la parte bianca.

Nella tunica intermedia, detta vascolare, si trova la coroide, una membrana sottile che nutre la retina e assorbe la luce in eccesso; il corpo ciliare, rappresentante la struttura atta a mettere a fuoco gli oggetti; l'iride, che significa "arcobaleno", è la parte colorata dell'occhio e presenta un'apertura centrale; a pupilla, un'apertura nera e rotonda attraverso la quale i raggi di luce raggiungono l'interno dell'occhio e regola la quantità della luce in entrata. Le variazioni di grandezza della pupilla non dipendono soltanto dall'intensità della luce: infatti, i muscoli si muovono a seconda della vicinanza dell'oggetto da guardare. Nel caso della visione ravvicinata, infatti, la pupilla si restringe per aumentare la profondità del campo visivo, viceversa si allarga quando l'oggetto è lontano. Pertanto, i movimenti non coscienti della pupilla sono influenzati dalle nostre emozioni quali l'eccitazione, la paura, la tristezza, la felicità⁴⁸.

Concludendo, la tunica più interna è quella nervosa ed è formata dalla retina, una membrana molto sottile formata da cellule nervose collegate tra loro. La retina riceve l'immagine in scala ridotta e capovolta, un po' come accade per la pellicola fotosensibile che si trova nella macchina fotografica⁴⁹, ed è, a sua volta, divisa in due zone: una centrale e ricca di coni, ovvero i fotorecettori deputati

⁴⁷ *L'arte di vedere*- Aldous Huxley. (1989)

⁴⁸ <https://www.fielmann.it/it/informazioni-general/ anatomia-dell-occhio/#:~:text=L'interno%20del%20bulbo%20oculare,definita%20anche%20%E2%80%9Csclera%20bianca%E2%80%9D>

⁴⁹ ANDREA FROVA, *Luce, colore e visione*, Roma, Editori Riuniti, 1984, p.104

alla visione diurna e al riconoscimento dei colori, ed una periferica, invece, dove prevalgono i bastoncelli, cioè, i fotorecettori specializzati nella visione notturna. Il cristallino, invece, è posizionato dietro la camera posteriore del bulbo oculare e funziona da lente naturale dell'occhio che modifica il fuoco del sistema ottico al fine di adattarlo alla distanza dell'oggetto.

Infine, il corpo vitreo, sostanza gelatinosa e trasparente, occupa una cospicua area posta tra cristallino e retina.

Il segnale ricevuto viene trasportato successivamente dalla retina al cervello attraverso il nervo ottico, il cui inizio si osserva nella parte posteriore del bulbo. E', successivamente, qui che si ramificano i fasci nervosi raggiungendo gli emisferi opposti ad ogni occhio. Quindi, se l'emisfero sinistro permette di vedere le immagini provenienti dall'occhio destro, l'emisfero destro permette di vedere quelle provenienti dall'occhio sinistro. In ultimo, il segnale raggiunge la corteccia visiva, sede di assemblaggio degli impulsi, e viene restituita l'immagine definitiva⁵⁰.

Pertanto, la visione non si basa esclusivamente sull'elaborazione dell'immagine sulla retina, bensì è strettamente collegata all'esperienza e al tipo di adattamento all'ambiente. Questo ci permette di comprendere che alla base del processo visivo c'è molto di più di quanto appena descritto. La visione, dal momento che risponde alle interazioni dell'organismo con l'ambiente, non può essere definita in termini di sistema statico, bensì come un processo attivo e dinamico⁵¹.

1.5.1 Differenza tra vista e visione

Spesso i termini di vista e visione vengono confusi tra di loro. Appare necessario, però, fare un'opportuna precisazione che allontana ogni dubbio. Se per "vista", infatti, intendiamo la mera osservazione degli oggetti, indicando la messa a fuoco su questi ultimi, la salute dell'occhio ecc...., per "visione" intendiamo il processo di captare le informazioni e dare loro un significato. Alla base del

⁵⁰ *Occhio, cervello e visione. – D.H. Hubel*

⁵¹ *Stress and Vision – Elliot B. Forrest*

processo visivo, dunque, c'è tanto altro rispetto al semplice vedere: l'esperienza visiva nasce dal proprio vissuto, dall'ambiente in cui viviamo, dalle aspettative di ciò che ci aspettiamo di vedere e dalle nostre emozioni.

A tal proposito William H. Bates, oftalmologo e scienziato statunitense, ritenne che il processo di visione potesse essere scisso in tre processi fondamentali: il primo è quello della sensazione, ovvero quell'insieme di chiazze colorate che vengono rilevate in un campo visivo; il secondo è quello della selezione, processo attraverso il quale una parte del campo visivo viene scelta e separata dal contesto generale e, in ultimo, il processo della percezione, il quale comporta il riconoscimento di ciò che è stato selezionato.

La visione è, dunque, influenzata da meccanismi neurofisiologici ma anche dalle variabili di natura sociale: difatti, una ricerca scientifica conferma l'efficacia del condizionamento psicologico nell'apparente miglioramento della vista. Il miglioramento è apparente in quanto si fa credere alla persona affetta da problemi visivi di vedere meglio senza aver avuto nessun tipo di beneficio medico reale⁵².

Ritornando alla questione iniziale tra vista e visione, possiamo concludere che gli occhi rappresentano sì la porta di ingresso delle immagini, ma possiamo altresì affermare che siamo in grado di vedere soprattutto con il cervello, poiché quello che osserviamo si collega alle nostre immagini interne, ai nostri ricordi e alle nostre emozioni: “vediamo con gli occhi, ma guardiamo soprattutto i simboli dell'immaginario e dell'inconscio collettivo che sono stampati nella nostra storia personale e in quella dell'Uomo⁵³”.

1.5.2 Le illusioni

Un esempio di come la conoscenza pregressa intervenga nel fenomeno percettivo è la famosissima illusione di Muller-Lyer:

⁵² Langer E. et al., “believing is seeing using mindlessness (mindfully) to improve visual acuity,” *Psychol Sci.*, 2010

⁵³ <https://occhio.it/la-mente-vede-attraverso-gli-occhi/>

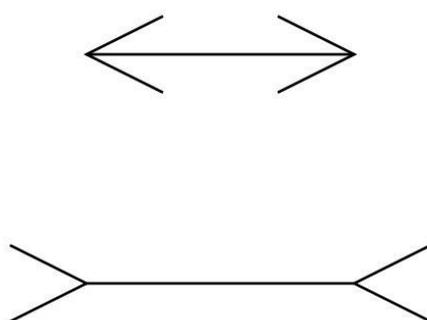


Figura 12: *Illusione di Muller-Lyer. La freccia di sotto appare più lunga di quella di sopra.*

Osservando le due frecce e dovendo giudicare la lunghezza della linea centrale, siamo portati a credere che la freccia di sotto, con le alette aperte verso l'esterno, sia più lunga rispetto a quella di sopra, che invece ha le ali rovesciate verso l'interno. Si tratta di due segmenti perfettamente uguali e, se il cervello non intervenisse nella percezione di questa illusione, potremmo probabilmente coglierne l'uguaglianza. Tuttavia, il nostro cervello è abituato naturalmente alla visione prospettica.

Il fenomeno dell'illusione venne descritto per la prima volta da Aristotele, nel 350 a.C. Egli guardando una cascata d'acqua e, poi, concentrando la vista sulle rocce statiche, notò che quest'ultime sembrava si muovessero. Questa percezione descritta dimostrò che quando una stimolazione visiva viene prolungata, porta ad un'attivazione dei recettori della retina, che causano a sua volta uno squilibrio percettivo.

Secondo Aristotele, dunque, non possiamo fidarci dei nostri sensi, perché possono ingannarci. Oggi sappiamo che le illusioni ottiche sono il risultato della capacità da parte del cervello di relazionare soltanto alcuni eventi visivi. Il nostro cervello, appunto, entra in conflitto nel momento in cui cerca di decodificare varie forme all'interno di un'unica immagine, tanto da fornire una risposta sbagliata.

Pertanto, possiamo distinguere l'illusione percettiva in tre modalità: essa può essere ambigua, distorta o paradossale.

Le illusioni **ambigue** sono descritte da quelle figure che consentono all'osservatore di avere due interpretazioni diverse, ma allo stesso tempo valide, di quello che l'oggetto rappresenta.

Un esempio è il cubo di Necker.

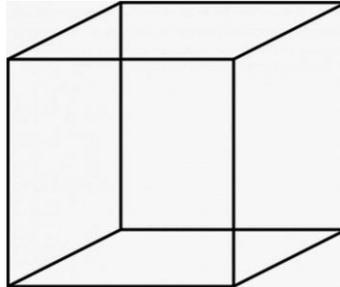


Figura 13: *Cubo di Necker. Esempio di illusione ambigua, le facce di questo cubo sono disegnate diversamente dalla rappresentazione di un normale cubo, infatti, esse hanno le stesse dimensioni. In questo modo la figura può essere visualizzata in modi differenti, creando confusione nel nostro cervello.*

Lo studioso svizzero Necker, Louis Albert Necker, individuò le proprietà del disegno che permettono il paradosso visivo: al contrario della rappresentazione prospettica di un cubo che vede la facciata anteriore più grande di quella posteriore, il cubo di Necker fa percepire le due facciate delle stesse dimensioni. Guardando la figura possiamo notare che la rappresentazione delle linee è ambigua: non possiamo dire con certezza quale linea si trovi sopra all'altra e si può facilmente passare da un'interpretazione all'altra, causando un disorientamento nel cervello.

Un esempio di illusione **paradosso**, invece, è la scala di Penrose, che sembra una figura tridimensionale.

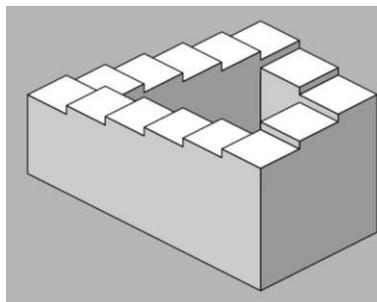


Figura 14: *Scala Penrose. In questo esempio di illusione paradosso, la scala rappresentata appare infinita: non può essere determinato un punto di inizio o di fine.*

La scala di Penrose venne descritta dai matematici Penrose in un articolo pubblicato nel 1958: essa rappresenta un oggetto impossibile che non potrebbe mai esistere nella vita reale.

Le figure **distorte**, invece, sono rappresentate da immagini che possono essere viste in modo corretto solo da una determinata angolazione. Prendiamo per esempio il dipinto realizzato dal pittore tedesco Hans Holbein nel 1533.



Figura 15: Dal dipinto di Holbein vediamo che il teschio posizionato in basso può essere osservato in maniera adeguata solo se si cambia l'angolazione della prospettiva.

Diverse sono le teorie formulate nel tempo per spiegare le illusioni percettive. Tra queste ritroviamo quelle fondate sui movimenti oculari: è probabile, infatti, che i movimenti oculari siano effettuati solo in direzione di una figura a discapito di un'altra, nel momento in cui si osserva un'illusione.

Un'altra teoria presa in considerazione è quella neurofisiologica, secondo la quale ci sono dei neuroni specializzati nell'orientamento e nella produzione dello stimolo alla base delle illusioni. Continuando, ci sono le teorie psicologiche e cognitive, le quali affermano che le illusioni non sono altro che errori dell'interpretazione dello stimolo a causa delle risonanze affettive ed emotive dell'osservatore.

Infine, alcuni studiosi credono che ci siano differenze nell'elaborazione di informazioni visivo-spaziali, che dipendono dal luogo di appartenenza. Sono queste le teorie basate sui fattori culturali⁵⁴.

1.5.3 La percezione dei colori

(“Ogni nuovo mattino, uscirò per le strade cercando i colori”).

- Cesare Pavese

Ogni giorno ci basta aprire gli occhi per accorgerci che viviamo in un flusso vitale di colori che modula le emozioni con le sue mille sfumature. I colori, infatti, arricchiscono le giornate entrando in modo prepotente nella nostra esistenza.

Nulla avrebbe significato senza questa percezione.

Per descrivere la sensazione che abbiamo del colore dobbiamo prima di tutto ricorrere a tre dimensioni, che Hochbergh suddivide in questo modo⁵⁵:

- la tonalità: riconosciuta come la particolare sensazione visiva prodotta in noi da una radiazione luminosa, escludendo i colori del bianco e del grigio.
- la luminosità: intesa con quantità di energia presente nei raggi luminosi che va da molto cupo a molto brillante.
- la saturazione: intesa come purezza del colore, che è rappresentata dal grado di concentrazione di una tinta rispetto al contenuto di bianco.

Ma cos'è il colore?

Numerosi sono stati gli studiosi che, fin dai tempi più antichi, si sono interessati all'analisi del colore, soffermandosi sia sul punto di vista scientifico che psicologico: furono, in particolare, gli antichi greci a diffondere per primi alcuni riferimenti sulla teoria dei colori. Sostenevano che il colore era una proprietà intrinseca degli oggetti ed erano gli occhi gli unici deputati a percepire il colore. Tuttavia, a partire dal diciassettesimo secolo, la scoperta delle immagini retiniche rese chiaro che la luce non esce dal corpo, semmai viene colta dagli

⁵⁴ <https://www.stateofmind.it/2016/03/illusioni-percettive/>

⁵⁵ G. Deleuze, F. Bacon: logica della sensazione, Quodlibet Editore, Macerata, 1995.

occhi per essere tradotta in impulsi elettrochimici che vengono letti dal sistema nervoso sulla base di regole e conoscenze già acquisite. Partiamo, quindi, da qui per comprendere le caratteristiche del colore e della sua percezione.

Dobbiamo prima di tutto comprendere la differenza sostanziale tra colore e pigmenti. Difatti, se i pigmenti sono sostanze che vengono utilizzate in pittura per modificare il colore di un oggetto, il colore è la sensazione visiva associata alla stimolazione dei recettori da parte delle lunghezze d'onda della luce⁵⁶.

Essendo la percezione un processo di interpretazione delle realtà, a volte può omettere taluni aspetti di essa: con il nostro occhio possiamo percepire solo un certo numero di radiazioni luminose, con il nostro orecchio solo una porzione ridotta dei suoni del mondo. Come sostiene Frova nel suo testo *“Luce, colore e visione”*, infatti, *“l'occhio umano è sensibile a una porzione assai piccola dell'intero spettro delle onde elettromagnetiche. Quale minuscola finestra si apre ai nostri occhi per osservare il mondo in cui viviamo! Tra zero e 380 nm e da 760 all'infinito, si hanno altri tipi di onde elettromagnetiche che l'uomo o non è in grado di percepire affatto, o percepisce in modo diverso da quello visivo [...]”*⁵⁷

Cercando di rispondere alla domanda su come sia prodotta nel cervello la sensazione del colore, molti studiosi, tra cui Thomas Young ed Ewald Hering, partono dal presupposto che se la luce è maggiormente intensa, allora la visione dei colori sarà migliore. La percezione dei colori, difatti, si spiega con la diversa eccitazione che questi attuano sul nostro sistema visivo, o meglio, sui nostri tre tipi di recettori. Si afferma, dunque, che a ogni singola lunghezza d'onda corrisponde un determinato colore, diverso dagli altri per il diverso combinarsi dei tre gradi di eccitazione dei recettori dell'occhio umano nei confronti dei singoli colori. È anche vero, però, che i fotorecettori non sono così numerosi da poter assegnare ad ognuno la frequenza di un colore: il numero di impulsi che un canale nervoso è in grado di trasmettere è inferiore a mille, mentre la frequenza della luce è pari ad un milione di milione di cicli al secondo. Dunque, come riesce il sistema nervoso a rappresentare frequenza così alte?

⁵⁶ Sergio Prozzillo, *La parola disegnata*, Napoli, Imago sas, 2020.

⁵⁷ A. Frova, *Luce, colore e visione*, Editori Riuniti, Roma, 1984, p.49.

Inizialmente il problema fu affrontato dallo scienziato britannico Thomas Young. Egli formulò una teoria secondo la quale i nostri recettori sono in grado di percepire solo i tre colori primari del rosso, del verde e del blu/violetto mentre è il cervello che, successivamente, mischiando i vari contributi, genera sensazioni cromatiche diverse a seconda delle percentuali di segnale in arrivo, elaborandole e producendo così la sensazione di colore complessivo: ancora una volta, è il cervello la vera chiave della percezione.

Fu in particolare Newton, nel 1666, a notare e a dimostrare che il colore non è altro che luce. Attraverso l'utilizzo del prisma, lo scienziato comprese che la luce non è bianca, ma è il risultato dell'insieme di tutti i colori dell'arcobaleno, i quali vennero distinti in sette: violetto, indaco, blu, verde, giallo, arancio, rosso. In modo particolare, per arrivare a questa conclusione, Newton coprì le finestre della stanza e lasciò passare la luce da un piccolo forellino di vetro; fece intercettare un raggio della luce da un prisma di vetro trasparente e poté così notare come la luce si dividesse nei sette colori sopraelencati. Facendo passare quel fascio arcobaleno all'interno di un altro prisma capovolto, la luce tornava ad essere bianca. Da questo esperimento riuscì, inoltre, a studiare le regole della rifrazione, osservando che ciascun colore possiede un proprio angolo di rifrazione ed una deviazione delle proprie direttrici di propagazione, che aumenta al diminuire lunghezza d'onda corrispondente⁵⁸.

Tuttavia, nel 1880, Goethe pubblicò il testo intitolato "Teoria del colore", nel quale mise in discussione l'idea espressa da Newton. Difatti, riproponendo l'esperimento dello scienziato inglese, lo scrittore tedesco non riuscì a notare la rifrazione della luce e iniziò, così, a criticare l'idea che la luce bianca potesse produrre colore. Tale teoria, nonostante fosse basata su un'idea errata, fu molto apprezzata nel mondo artistico, in quanto poneva al centro dell'utilizzo del colore l'uomo e i suoi sensi, considerando l'occhio umano come unico mezzo di percezione del colore.

Tuttavia, l'esperimento di Newton influenzò tante altre teorie: i colori fin dalla loro scoperta sono stati profondamente studiati da molti appassionati, ma la loro

⁵⁸ Ibidem.

descrizione e conoscenza è attribuita a Johannes Itten, scrittore, pittore e autore svizzero, nel suo importante testo intitolato “Arte del colore”. Egli, appunto, partì dall’idea di Newton per spiegare l’esistenza delle tinte: a suo parere, i colori nascevano dall’incontro del fascio luminoso con le nostre cellule cerebrali attraverso gli occhi. Per semplificare la sua teoria, egli creò un cerchio cromatico nel quale inserì tutti i colori a partire da quelli primari.



Figura 16: Cerchio di Itten. Al centro della figura possiamo notare un triangolo formato dai tre colori fondamentali del giallo, del blu e del rosso. Nelle fasce confinanti possiamo vedere i colori derivanti quelli primari (colori secondari). L’esagono che si viene a formare, inoltre, le diverse sfumature di questi colori.

In questo schema, i colori fra loro opposti sul disco sono definiti complementari. Lo studioso dimostrò che tali colori complementari, qualora fossero uniti, avrebbero prodotto una tonalità di grigio neutro e permettevano quindi di annullare le forze trasmesse dal colore. Ogni tinta incide sull’occhio in maniera unica e differente. In particolare, la visione di due colori complementari riesce a far rilassare la vista poichè le cellule atte alla visione percepiscono forze contrastanti che vanno ad auto bilanciarsi, evitando uno sforzo di percezione del segnale luminoso.

Nel linguaggio scientifico il colore rappresenta una caratteristica fisica dell’oggetto, ma dipende anche da una particolare esperienza fenomenica dell’osservatore. Questa ambiguità di definizioni, tra concezione soggettiva ed oggettiva, continua a mettere in crisi chi si occupa di colorimetria. Possiamo affermare, dunque, che, proprio come accade per le altre proprietà degli oggetti percepiti, il colore appare come una caratteristica esterna ed intrinseca al materiale, ma possiamo anche giungere a dimostrare che, in piccola parte, esso è influenzato dalle conoscenze acquisite, senza comunque perdere

l'immediatezza fenomenica⁵⁹. Già Itten, nel suo scritto, evidenziava l'importanza dei così detti "colori soggettivi": nelle sue lezioni dimostrava appunto il fatto che ogni suo allievo aveva una gamma di colori che preferiva utilizzare, poiché producevano emozioni forti.

Il colore, inoltre, influenza il nostro stato d'animo: pensiamo, ad esempio, alla cromoterapia, letteralmente "la terapia del colore", tramite la quale gli studiosi hanno stabilito che il colore rosso, colore caldo, aiuta a combattere la depressione, mentre, il verde, per citarne un altro, favorisce la calma ed è utile per curare il mal di testa. Questo funziona poiché cromoterapia si basa principalmente su irradiazioni del corpo con fasci di luce colorata, in grado di stimolare le cellule e influire su nervi e organi fino a quando non viene raggiunto il loro naturale equilibrio. Tralasciando questi studi, legati più alla psiche che alla fisica della percezione del colore, possiamo comunque trovare un nesso fra emozioni suscitate da una sensazione e la percezione del colore stesso, dato che la nostra mente e il nostro modo percepire il mondo risultano essere influenzati dai nostri sentimenti.

Infine, non si può affermare che il colore percepito da un individuo sia uguale a quello captato da un altro soggetto, come Cartesio affermava: *"i colori sono come i dolori, ognuno li sente in un modo proprio...c'è che percepisce il giallo più acceso chi più spento, chi il pomodoro rosso, chi più simile all'arancio"*⁶⁰.

⁵⁹ W. Gerbino, *La percezione*, Il Mulino Editore, Bologna, 1983.

⁶⁰ Traduzione da L. Maund, *Colours, their nature and representation*, Cambridge studies in philosophy, 1995, p.5, p.8.

2 CAPITOLO 2: La sinestesia

2.1 Cos'è la sinestesia: diffusione e basi genetiche

Ancora oggi ai più sfugge il vero significato del fenomeno percettivo della sinestesia.

“La sinestesia è una figura retorica”, mi rispondono coloro a cui ho descritto il fenomeno percettivo che da tanti anni ha catturato il mio interesse. Effettivamente se consideriamo l’etimologia della parola (dai termini greci *syn* “insieme” e *aisthánestai* “sentire”, “percepire”)⁶¹, si parla sempre dell’associazione espressiva tra due parole appartenenti a due sfere sensoriali differenti. Ne troviamo un chiaro esempio nell’*Inferno* di Dante: «io venni in luogo d’ogni luce muto.⁶²»; o anche “*Il soffio di lampi*” nella poesia di Pascoli⁶³. E potrei proseguire per pagine e pagine. Questo perché per tanto tempo l’accezione psicologica del termine in esame è stata totalmente oscurata da quella linguistica.

Oggi l’interesse diffuso e costante del versante psicologico e neuroscientifico per queste manifestazioni ci consente di avere maggiori informazioni a riguardo. In particolare, è stato il prezioso contributo delle nuove tecniche impegnate per lo studio delle basi neurofisiologiche, dei fenomeni psicologici e dei metodi di *imaging cerebrale* a consentire uno studio approfondito del fenomeno.

Da questi studi si è evinto che la sinestesia ha alla base una componente genetica; infatti, è stato evidenziato che il 40% dei sinestetici ha almeno un membro della famiglia con la medesima peculiarità. Il neurologo americano Cytowic, il quale ha riaccessso l’interesse per la sinestesia negli anni Ottanta, all’interno di un suo articolo ha descritto una famiglia composta da quattro sinestetici su cinque fratelli. A tal proposito, può anche essere citato il filone piuttosto consistente degli studi sui fratelli gemelli: dai primi casi nel 2002, che iniziavano a mettere in evidenza la possibilità di una coppia di omozigoti dove solo uno dei fratelli presentava il

⁶¹ https://www.treccani.it/enciclopedia/sinestesia_%28Enciclopedia-dell%27Italiano%29/#:~:text=Definizione,riferiti%20a%20sfere%20sensoriali%20diverse.

⁶² *Inferno*, V, 28- Dante

⁶³ *L’assiuolo*. Pascoli

fenomeno di riferimento, si è proseguito, nel 2015, verso ricerche via via più sofisticate svolte su campioni di oltre 30 coppie che potevano stabilire una percentuale molto alta per la presenza di percezioni sinestetiche in gemelli omozigoti, e una percentuale più bassa per gli eterozigoti. Da queste indagini, verrebbe confermata l'ipotesi di una sinestesia come "condizione ereditaria", ma che può essere influenzata in modo sostanziale anche da fattori ambientali ed epigenetici, ovvero, modificazioni ereditabili che non alterano la sequenza del DNA.

Alcuni studi condotti in passato hanno dimostrato una presenza maggiore di sinestesia nei soggetti di sesso femminile, facendo ricadere il tratto responsabile sul cromosoma X; tuttavia, studi più recenti hanno mostrato una diffusione del fenomeno in entrambi i generi, suggerendo che alla base della discrepanza rilevata potessero esserci difetti metodologici⁶⁴.

Quanto appena descritto spiega le basi genetiche del fenomeno nel momento che esso viene a manifestarsi fin dalla nascita. Tuttavia, se il fenomeno compare in età adulta è generalmente causato da lesioni cerebrali o ad un'interruzione delle connessioni delle vie centrali. E' importante sottolineare, però, che le basi genetiche del fenomeno vadano ad escludere qualsiasi tipo di disturbo; infatti, insieme a casi tutt'altro che rari di potenziamento di alcune facoltà percettive, come l'acuità visiva, la velocità di lettura, la memoria per le forme o la capacità di distinzione cromatica tra i soggetti "interessati" da sinestesia, si registra un notevole ventaglio di disturbi di varia entità: da lievi difficoltà di orientamento spaziale e deficit di attenzione, dislessia, discalculia, a problematiche complesse come disturbi dello spettro autistico⁶⁵, sindrome di Asperger, o casi gravi di epilessia cronica e/o di schizofrenia.

In generale oggi sappiamo che la sinestesia sembra essere un fenomeno molto variabile e le diverse forme attraverso le quali può manifestarsi possono cambiare da individuo a individuo.

⁶⁴ J.E. Asher, *comunicazione personale*

⁶⁵ S. Baron-Cohen, et al. (2013), «Is synaesthesia more common in autism?», *Molecular Autism*, 4, 40, pp. 1-6 [online], la percentuale di occorrenza della sinestesia in soggetti adulti affetti da autismo sarebbe quasi tripla (18,9%) rispetto a un gruppo di controllo (7,22%).

È, pertanto, possibile che i geni correlati alla sinestesia si trovino in diverse aree cerebrali e, per questo, i soggetti sinestetici presenterebbero un cervello maggiormente “interconnesso” rispetto alla norma, avendo, così, maggiori capacità di connettere idee e concetti distanti tra loro. Gli studiosi Ramachandran e David Brang, in un lavoro più recente, hanno riscontrato abilità mnemoniche e cognitive notevolmente superiori alla media in questi soggetti, ma anche una migliore creatività: basti pensare ai famosi sinestetici come il musicista Alexander Scriabin, il quale progettò una tastiera di luci, un “clavier a lumierès”, che riuscisse a proiettare i colori della sua musica, o il pittore Kandinskij, il quale sperava che i suoi dipinti potessero essere ascoltati, come riusciva a fare lui.

- *“Abbandona il tuo orecchio alla musica, apri i tuoi occhi alla pittura e smetti di pensare! Chiediti soltanto se il pensiero ti ha reso capace di entrare in un mondo finora sconosciuto. Se la risposta è sì, che cosa vuoi di più?” - Kandinskij.*

Anche Isaac Newton compì diverse sperimentazioni vicine alle associazioni sinestetiche: egli creò una corrispondenza tra i sette colori che fuoriuscivano dal prisma (leggi sopra) e le note musicali, raccogliendo tutto all’interno del suo trattato “Optics” del 1704⁶⁶.

Nella metà del XIX secolo, la sinestesia ottenne un interesse elevato e divenne il primo oggetto di ricerca. Tale interesse venne incentivato anche dai primi studi di sir Francis Galton, nel 1880.

All’inizio degli anni ’70 veniva ristampata in italiano un’opera del 1926 dello psicologo viennese Heinz Werner dove si poteva leggere:

“A quanto sembra, il carattere sincretico dell’esperienza sensoriale, così come si esprime nella sinestesia, si trova spesso fra gli psicopatici, specialmente tra i tipi schizofrenici. Gli schizofrenici hanno qualche volta un particolare sistema di idee, [...] che non si può spiegare altro che in termini di sinestesia”.

⁶⁶ Synaesthetic Filter – Stefan Ritzinger e Kristina Schininger

Al contrario di ciò, secondo studi più recenti, i sinesteti presenterebbero capacità emozionali e socio-relazionali piuttosto sviluppate o perfino superiori alla media. Eppure, per tanto tempo, questo modo errato di concepire il fenomeno ha portato i soggetti ad accorgersi tardi delle sue particolari modalità di percezione e le critiche hanno indotto il più delle volte a non confidare a nessuno associazioni di questo tipo, rendendo il fenomeno ancora più misterioso di quanto non lo sia già. Ancora meno diffusa è poi l'idea di parlarne con personale medico qualificato, per paura di ottenere una prescrizione di accertamento psichiatrico.

Ophelia Deroy, filosofa e specialista di scienze cognitive, sottolinea come la sinestesia possa essere descritta come un tipo di contenuto mentale separata dal modo di percepire comune: “una sorta di esperienza addizionale che non starebbe a indicare tanto l'assenza o il danneggiamento di una particolare funzione, ma un «sintomo positivo» di qualcosa che ancora non riusciamo a comprendere in tutti i suoi aspetti⁶⁷.”

Insomma, trattasi di un processo percettivo abbastanza raro, la sinestesia consiste nella sovrapposizione spontanea e incontrollata di più sensi: la stimolazione di una modalità sensoriale induce automaticamente una percezione in una seconda modalità, anche in assenza di una reale stimolazione di quest'ultima⁶⁸. Essa è, dunque, un'esperienza sensoriale involontaria che, in alcune forme, può risultare particolarmente vivida.

2.2 Modelli neuronali della sinestesia

Il fenomeno percettivo della sinestesia può esprimersi in svariate forme.

Fino ad ora sono state identificate oltre 80 tipologie di sinestesia; tuttavia, è possibile individuare caratteristiche comuni a tutte le esperienze sinestetiche.

Prima tra tutte è la caratteristica che vede la sinestesia composta due elementi:

⁶⁷

<https://www.repository.unipr.it/bitstream/1889/4056/16/%27La%20voix%20rouge%27.%20Critica%20e%20genesi%20del%20concetto%20di%20sinestesia%20nel%20contesto%20francese%20del%20XIX%20secolo.pdf>

⁶⁸ Baron-Cohen & Harrison, 1997

l'evento induttore, ovvero quell'evento che stimola un canale sensoriale, e l'evento concorrente, ovvero la sensazione che viene evocata in assenza di un'apparente stimolazione. La relazione tra un inducer e un concurrent è sistematica: a ogni inducer corrisponde un preciso concurrent⁶⁹.

Infine, generalmente, continuando a citare le caratteristiche generali, la sensazione è rigida ed unidirezionale, cioè l'associazione si stabilisce tra una data modalità sensoriale, ad esempio acustica, ed un'altra, ad esempio visiva, ma non viceversa.

Le teorie riguardanti le basi neurali di questo particolare fenomeno possono essere riassunte in tre modelli:

- Modello di attivazione incrociata⁷⁰.
- Modello di disinibizione delle connessioni a feedback⁷¹.
- Modello dell'elaborazione rientrante⁷².

Modello di attivazione incrociata

Secondo questa teoria l'esperienza sinestetica deriva da un eccesso di interconnessioni anatomiche, che generalmente vengono eliminate durante lo sviluppo. In modo particolare, i due studiosi Hubbard e Ramachandran, tramite analisi condotte con la risonanza magnetica funzionale per la sinestesia grafema-colore, hanno riscontrato che l'area cerebrale deputata all'elaborazione della forma dei grafemi e l'area specifica per i colori si trovano posizionate vicine nella corteccia cerebrale. Questi studi hanno condotto alla conclusione che la sinestesia grafema-colore sia il risultato di connessioni in eccesso tra queste due aree. L'importanza di questa scoperta non riguardava in particolar modo la vicinanza delle aree, piuttosto la connessione tra queste. Infatti, gli studiosi scoprirono che il concetto di attivazione incrociata interessa anche altre forme di sinestesia, indipendentemente dalla posizione delle aree cerebrali.

⁶⁹ "Sinestesia (psicologia) - Wikiwand"

⁷⁰ Hubbard e Ramachandran, 2001;

⁷¹ Grossenbacher e Lovelace, 2001;

⁷² Myles et al., 2003, Smilek et al., 2001.

Dalle analisi sul fenomeno condotte dai due studiosi, nacque anche una teoria secondaria, chiamata “*ipotesi della sinestesia neonatale*”.

Secondo questa teoria la sinestesia sarebbe un’esperienza comune nei neonati e andrebbe a scomparire solo successivamente, nel corso dello sviluppo⁷³.

Proprio per confutare l’ipotesi, recentemente sono stati condotti degli studi più approfonditi. Tra questi ricordiamo quelli di Wagner e Dobkins nel 2011, i quali dimostrarono la presenza di associazioni forma-colore in bambini di pochi mesi che non erano, invece, presenti allo stesso modo nei bambini più grandi.

Modello di disinibizione delle connessioni a feedback

A differenza del modello precedente, questo si basa sugli studi condotti sulle specifiche forme di sinestesia acquisita e congenita. In particolare, il modello, messo in pratica dai due studiosi Grossenbacher e Lovelace, ipotizza la presenza di normali patterns di connettività nei sinesteti. Inoltre, suggerisce che l’esperienza sinestetica derivi dalla disinibizione del feedback inviato da aree corticali di livello più alto nella catena della elaborazione visiva e che il cervello, sia sinestetico che no, elabora gli stimoli sensoriali all’interno di percorsi neurali distinti, tutti attraversati da connessioni di feedback, per poi convergere verso aree cerebrali che ricevono segnali da diversi tratti, operando un’integrazione di tali stimoli.

Nel cervello di una persona sinestetica, nel momento in cui viene elaborato lo stimolo induttore, il segnale raggiunge le aree multimodali per poi spostarsi verso un altro percorso neurale, ovvero quello dello stimolo concorrente, portando all’inizio dell’esperienza sinestetica. Nella maggior parte delle persone questo non succede, poiché i segnali sono abbastanza inibiti ed evitano l’induzione sinestetica. La capacità di alcune sostanze allucinogene di indurre esperienze sinestetiche in soggetti che non hanno normalmente la sinestesia, si dimostra a sostegno di questa tesi e suggerisce che tale esperienza dipenda da reti neurali normalmente esistenti negli adulti, piuttosto che dalla formazione di nuove connessioni tra percorsi neurali.

⁷³ Teoria sostenuta ampiamente anche dalla psicologa Daphne Maurer.

Modello dell'elaborazione rientrante

Questo modello è una sintesi dei primi due modelli ed è stato proposto dagli psicologi Smilek e Myles. Esso condivide con il modello di attivazione incrociata il concetto dell'iperconnettività tra le aree di elaborazione della forma e del colore, ma ipotizza anche, come fa il modello di disinibizione dei feedback, che i colori richiedano il feedback dell'attività neurale che origina in aree di livello più alto. Pertanto, secondo il modello, la percezione non avviene tutta in una volta, bensì si sviluppa tramite le interazioni successive: le aree ai livelli inferiori contattano le aree superiori utilizzando connessioni a feedforward, ovvero una rete neurale dove le connessioni non formano cicli, e le aree ai livelli superiori contattano le aree inferiori tramite connessioni a feedback, con segnali che avanzano e rientrano in un ciclo continuo fino a quando non viene generata una percezione consapevole.

Per fare un esempio, immaginiamo di chiedere ad un sinesteta di pensare al numero 3, il quale viene percepito colorato di verde. Il modello spiega che, appena i vari segmenti che compongono il numero vengono processati nella corteccia striata e nelle aree posteriori fusiformi, questa informazione prosegue, portando all'attivazione delle aree fusiformi anteriori associate al significato del 3. Inizialmente, questa parziale attivazione del significato attiva connessioni a feedback, che creano sinapsi nelle aree corrispondenti al colore verde. Tuttavia, dopo successive ripetizioni di questo feedback, i segnali lungo connessioni a feedforward, continueranno a far aumentare l'attivazione per il concetto del numero 3 alimentando l'attivazione del colore verde. Dunque, la percezione che gradualmente matura dopo successive interazioni sarà quella di un numero 3 di colore verde.

I tre modelli appena descritti non si escludono a vicenda e non è detto che un unico modello debba valere per tutte le forme di sinestesia. Difatti, le diverse teorie proposte si sono incentrate su diverse tipologie di sinestesia: il modello di attivazione incrociata e quello dell'elaborazione rientrante sono basati sulla

sinestesia grafema colore, mentre il modello di disinibizione dei feedback si basa sulle sinestemie parola-colore e tono-colore. Proprio perché gli stimoli percettivi vengono processati da aree cerebrali differenti, è molto probabile che anche le diverse forme di sinestesia siano provenienti da diversi strati neurali. Pertanto, si è già affermato nei paragrafi precedenti che i sinesteti all'interno della stessa famiglia possono ereditare forme diverse di sinestesia e, dunque, è altamente probabile che esista un meccanismo neurofisiologico comune alle differenti tipologie.

Questi accenni riguardanti il substrato neurale della sinestesia possono sciogliere numerose matasse legate al concetto di integrazione multisensoriale.

2.3 Integrazione multisensoriale

Sempre di più negli ultimi anni diversi settori di ricerca si sono interessati al fenomeno che riguarda le interazioni tra le modalità sensoriali: in particolare, numerose sono le evidenze sperimentali provenienti da studi comportamentali, neurofisiologici, elettrofisiologici e di neuroimmagine funzionale che hanno contribuito ad individuare i processi cognitivi e le aree cerebrali responsabili dei fenomeni integrativi.

Come già specificato precedentemente in questo elaborato, il nostro corpo è dotato di recettori che rispondono a diversi tipi di informazione sensoriale proveniente dall'ambiente circostante. Le diverse informazioni apprese vengono convertite in segnali elettrici, per poi poter essere elaborate dal cervello: i dati sensoriali devono essere, inoltre, associati ed integrati allo scopo di migliorare la percezione.

Quello che resta ora comprendere è in che modo avvenga questa integrazione. Tra le tesi più accreditate vi è quella che sostiene che i sistemi sensoriali sono organizzati in modo gerarchico, ovvero, i segnali percepiti attraversano aree di complessità crescente⁷⁴. Ciò comporta, in particolare, che i segnali trasportati dai sensi vengono in primo luogo processati individualmente in aree unisensoriali appropriate, così da ricavarne le singole informazioni, e solo in un secondo

⁷⁴ *"From sensation to cognition. Brain."* M.M. Mesulam, 1998.

momento vengono elaborati in aree di associazioni multisensoriale. Questo punto di vista, definito da alcuni psicologi “unisensory before multisensory” può considerarsi in parte ancora valido. Dico “in parte” perché i dati raccolti recentemente hanno modificato questa visione, mostrando che anche le aree corticali primarie (come la corteccia visiva primaria e la corteccia uditiva primaria) ricevono informazioni da altre aree unisensoriali e mostrano dei comportamenti di tipo multisensoriale⁷⁵.

Chiarito ciò, possiamo ora approfondire cosa si intende per neurone multisensoriale.

Seguendo una prima definizione, il neurone multisensoriale risponde a stimoli unisensoriali di almeno due differenti modalità e, quindi, possiede un campo recettivo per ciascuna modalità. Questo tipo di comportamento multisensoriale è tipico dei neuroni appartenenti al collicolo superiore, ovvero quella profonda struttura subcorticale del mesencefalo che controlla i cambiamenti nell'orientamento, in risposta a stimoli provenienti dallo spazio visivo. In particolare, i neuroni multisensoriali del collicolo superiore rispondono a tre leggi integrative fondamentali: tra queste ritroviamo la legge spaziale, la quale riveste particolare importanza per il ruolo di orientamento; la legge temporale, la quale sottolinea che i diversi stimoli sensoriali devono essere contigui non solo nello spazio, ma anche nel tempo⁷⁶. Secondo tale legge, la presentazione di stimoli coincidenti corrisponde ad un'interazione multisensoriale maggiore, viceversa, se gli stimoli sono separati temporalmente, allora vengono processati in modo indipendente e, dunque, con un livello di rinforzo minore. Un'altra legge è quella dell'efficacia inversa, la quale afferma che, se è vero che due stimoli forti inducono una risposta maggiore rispetto a due stimoli deboli, è anche vero che il beneficio della multisensorialità è quasi nullo. Dunque, si può affermare che la combinazione di stimoli unimodali deboli produce un rinforzo maggiore rispetto alla combinazione di stimoli unimodali potenti e questo significa che la combinazione di due stimoli unimodali, i quali presi

⁷⁵ Tale concetto è stato chiarito in diversi articoli accademici dagli studiosi Ghazanfar & Schroeder, 2006; Musacchia & Schroeder, 2009; Schroeder & Foxe, 2005

⁷⁶ “The neural bases of multisensory processes.” Meredith et al. 1987; Recanzone 2003

singolarmente non sono in grado di evocare un significativo effetto sull'attività del neurone, può aumentare di molto la risposta nei neuroni multisensoriali⁷⁷.

Ritorniamo però al neurone multisensoriale. Chiarita la prima definizione, c'è da spiegare che, secondo un'altra definizione, un neurone mostra un comportamento multisensoriale se la risposta a uno stimolo unisensoriale di una modalità 1 viene eccitata o inibita da uno stimolo proveniente da un'altra modalità, che chiameremo modalità 2. Secondo questa definizione lo stimolo unisensoriale proveniente dalla modalità 2 non induce una risposta degna di considerazione se agisce da solo, anzi, esso può solo condizionare la risposta della modalità opposta durante la stimolazione cross-modale, ovvero nel momento in cui sono presenti gli stimoli di entrambe le modalità. Questo tipo di multisensorialità appartiene ai neuroni delle cortecce primarie.

Dunque, possiamo dire che, proprio perché la percezione è un flusso continuo di informazioni in varie modalità sensoriali, sarebbe riduttivo considerare ogni fenomeno unisensoriale un evento indipendente e appare naturale concludere che i meccanismi cognitivi debbano essere adattati sicuramente ad una percezione multisensoriale.

Diversi studi di neuroimaging funzionale hanno identificato molte regioni corticali "multisensoriali", le quali contengono neuroni che sono in grado di integrare stimoli cross-modali.

⁷⁷ *"Progress in Brain Research" - Stein & Meredith, 1993*

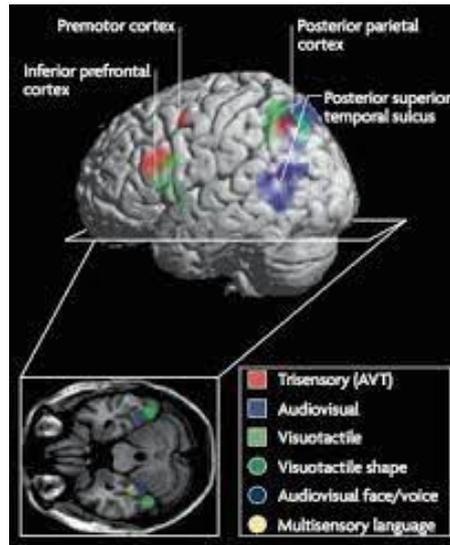


Figura 17: Regioni corticali multisensoriali.

Da questa figura possiamo visualizzare le regioni multisensoriali e corticali colorate in diverso modo in base all'attivazione delle aree: il colore rosso rappresenta l'area di sovrapposizione trisensoriale (visivo-acustico-tattile); il colore blu rappresenta aree di sovrapposizione acustica e visiva; il verde rappresenta le aree di sovrapposizione visiva e tattile. Per riuscire a vedere l'attivazione degli stimoli multisensoriali complessi, possiamo soffermarci sulla sezione posizionata in basso nella figura.

I diversi studi condotti hanno rilevato che è necessario che la risposta dei livelli del sangue superi le risposte delle singole componenti per permettere all'integrazione multisensoriale di determinarsi. Questa intuizione è stata confermata dall'innalzamento del livello di ossigeno nel sangue quando ci si riferiva a coppie di stimoli congruenti, e, al contrario, da una diminuzione in relazione a coppie incongruenti.

Occorre, infine, sottolineare la già evidente associazione tra integrazione multisensoriale e sinestesia. Alcuni studi condotti in soggetti non sinestetici hanno dimostrato la presenza di connessioni cross-modali semplici, come una debole forma di sinestesia. La differenza principale tra le integrazioni multisensoriali e le manifestazioni sinestesiche viene chiarita se si pensa che i soggetti con sinestesia non collegano semplicemente gli stimoli, ma riescono a visualizzarli in modo spontaneo e involontario. Le connessioni multisensoriali,

inoltre, sembrano derivare da associazioni apprese tra gli stimoli e non sono, come invece accade nei casi di sinestesia, presenti fin dalla nascita.

Alla luce di quanto detto, possiamo affermare che la sinestesia rappresenti una sorta di accentuazione di tutte queste corrispondenze cross-modali trattate.

2.4 Le varie forme di sinestesia

Come ho specificato precedentemente, esistono circa 80 forme di sinestesia. Tuttavia, poiché non mi è possibile esaminare in modo approfondito tutte queste forme, ho scelto di soffermarmi su quelle di cui si hanno maggiori notizie scientifiche e, soprattutto, che più risultano essere presenti nei soggetti secondo le ultime statistiche a riguardo

Una delle forme più comuni negli individui in assoluto è quella grafema-colore. Trattasi di una forma di sinestesia secondo la quale lo stimolo induttore è un grafema, quindi una lettera o un numero, che evoca nel sinesteta la visione di un colore nel momento in cui il grafema viene letto, ascoltato o più semplicemente immaginato. Per ogni sinesteta i colori possono essere diversi, come diversa può essere la forma del grafema e la sua disposizione nello spazio.

Uno studio condotto dallo psicologo Dixon nel 2006 afferma che il colore non appare in base alla forma del grafema visualizzato, ma in base al suo significato. A supporto di questa scoperta si può menzionare un esperimento eseguito su pazienti: durante l'esperimento veniva chiesto ai pazienti di visualizzare una serie di parole e numeri in cui alcune lettere ed alcune cifre erano indicate con lo stesso simbolo, (ad esempio la lettera S e il numero 5, o la lettera Z e il numero 2). Si è verificato che i sinesteti riuscivano a percepire lo stesso simbolo con colori differenti, anche se le cifre erano scritte allo stesso modo. Per chiarire il concetto, riporto un esempio: il numero 5 e la lettera S apparivano dello stesso colore, eppure il sinesteta era in grado di percepire i simboli in modo differente. Per comprendere questa particolare forma di manifestazione sinestetica non bisogna trascurare i tre paradigmi comportamentali che, appunto, si trovano alla base della sinestesia grafema-colore.

Tra questi interessante è il paradigma di Stroop: trattasi di un test in cui vengono presentati ai pazienti sinesteti dei grafemi colorati sia in modo congruente che in modo incongruente rispetto alla scritta. Ad esempio, viene stampato il numero 4 in blu: se il paziente percepisce effettivamente il 4 colorato di blu, allora si parla di congruenza; se, invece, viene mostrato il numero 4 stampato con inchiostro di qualsiasi altro colore, esso è incongruente. Questo test aiuta a comprendere quanto il fenomeno della sinestesia risulta essere involontario e automatico.

Un'altra forma di sinestesia che mi interessa trattare è quello audio-visiva. Trattasi di una forma interessante di sinestesia che porta il paziente ad avere un'esperienza visiva nel momento in cui si presenta uno stimolo uditivo. Come ogni forma di tale fenomeno, anche in questo caso possono esserci caratteristiche percettive differenti da soggetto a soggetto: infatti, se per alcuni sinesteti il fenomeno è suscitato solo da parole pronunciate a voce, per altri può essere suscitato da qualsiasi stimolo acustico, o, ancora, da vere e proprie melodie. In questi determinati casi, la sinestesia può dipendere da diversi aspetti dello stimolo sonoro: è infatti possibile che questa manifestazione percettiva veda alla base la componente linguistica o, anche, il tono di voce con la quale viene pronunciata la parola stessa. Per quanto riguarda lo stimolo visivo suscitato invece, nel momento in cui i soggetti percepiscono i colori alla vista di uno stimolo, si parla di *chromestesia*.

Tra le forme di sinestesia, quella che però attira maggiormente il mio interesse, è quella spazio-temporale. Questo perché è il tipo di fenomeno percettivo che mi permette di vedere i mesi dell'anno e i giorni della settimana disposti in "uno spazio esterno ma interno", intorno e dentro me. Questa ambiguità della localizzazione spaziale della percezione è dovuta, molto probabilmente, all'assenza di uno stimolo visivo esterno su cui poter proiettare spazialmente la propria esperienza.

Attraverso uno studio condotto dallo psicologo David Brang nei confronti di sinesteti con questa particolare forma, si è scoperto che i pazienti sono in grado

di visualizzare i mesi dell'anno disposti su un cerchio, come si può vedere nell'immagine.

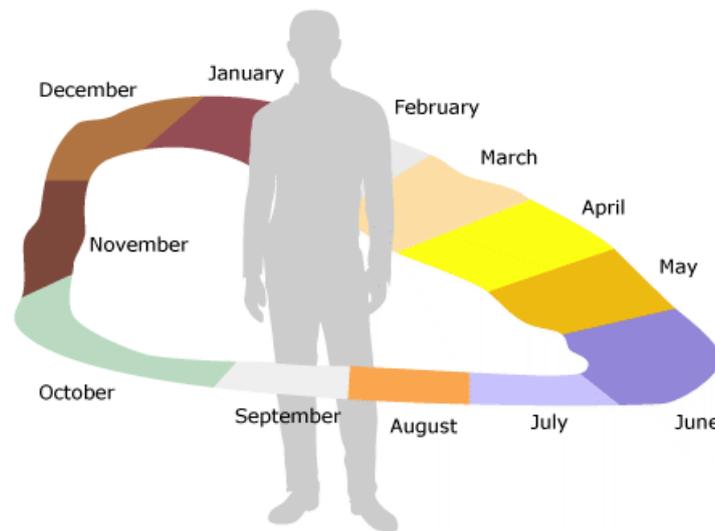


Figura 18: *Rappresentazione di come potrebbero essere “visualizzati” i mesi dell’anno da una persona con sinestesia spazio-temporale.*

Guardando l’immagine possiamo notare che il cerchio rappresenta il calendario personale del paziente con questo tipo di sinestesia, e ruota in senso orario di modo che l’osservatore abbia sempre il mese corrente “di fronte a sé”.

Durante il suo studio Brang ha reclutato 183 studenti ed ha chiesto loro di visualizzare i mesi dell’anno per poi ricostruire la rappresentazione del percepito sullo schermo di un computer. Dopo quattro mesi, è stato mostrato loro uno schermo vuoto del pc sul quale dovevano selezionare una posizione per ogni mese ed ecco che quattro di loro hanno manifestato la capacità sensoriale trattata. Tramite questo studio, inoltre, è stato dimostrato che questi soggetti hanno maggior capacità mnemonica per quanto riguarda gli eventi e gli impegni: non hanno bisogno di utilizzare diari o agende... tutto è impresso nella loro mente e, per questo, facilmente adoperabile al bisogno⁷⁸.

A tal proposito, è stato dimostrato che le persone con sinestesia, in media, ricordano circa 123 episodi diversi relativi a un certo periodo della loro vita, mentre una persona normale ne ricorderebbero solo 39.

⁷⁸ <https://mysteryhunters.wordpress.com/2012/10/10/vedere-il-tempo-sinestesia-temporale/>

Detto ciò, pur non potendo soffermarmi sulla spiegazione di ogni forma di questo fenomeno, ho deciso di spiegarli brevemente in un elenco:

- 2 Sinestesia del tatto a specchio: il sinesteta percepisce sensazioni tattili sul proprio corpo quando osserva altre persone che vengono toccate.
- 3 Sinestesia lessico-gustativa: il soggetto con questa particolare forma sinestetica percepisce un particolare gusto nel momento in cui ascolta una parola.
- 4 Sinestesia number-form: questa forma di sinestesia permette al soggetto di “visualizzare” una mappa in cui i numeri sono disposti in una determinata posizione. È quello che accade per i mesi dell’anno disposti in cerchio in una persona con sinestesia spazio-temporale. In questo caso, il paziente riesce a vedere il numero posizionato in una mappa mentale, appena ascolta o vede quel numero.
- 5 Sinestesia audio-tattile: durante questa esperienza sinestetica pazienti possono percepire sensazioni tattili lungo parti del proprio corpo quando vengono ascoltati dei suoni.
- 6 Sinestesia con personificazione del linguaggio: in questo caso il sinesteta associa ad ogni grafema un genere ed una personalità. Per esempio, il numero 3 può rappresentare una bambina irascibile.

Nonostante una parte significativa della ricerca scientifica si sia focalizzata maggiormente sulla sinestesia grafema-colore e su altre forme di sinestesia che risultano essere più comuni, oggi sono diversi gli studi condotti su altre forme del fenomeno percettivo.

Gli aspetti positivi della sinestesia riguardanti, per esempio, la capacità mnemonica maggiormente sviluppata, o, ancora, la grandiosa creatività che li contraddistingue, hanno portato molti studiosi a voler ricreare delle esperienze simili a quelle sinestetiche al fine di migliorare la vita di tutti i giorni. A tal proposito sono stati messi a disposizione dispositivi che sfruttano i principi e i vantaggi della sinestesia a scopo riabilitativo. È il caso, per esempio, della realtà virtuale o della tecnologia “the vOICE”, messa in atto da Peter Meijer nel 1992,

la quale assiste i non vedenti nella loro quotidianità. Possiamo notare che la scelta di inserire le lettere O, I, e C, in maiuscolo non è casuale: queste stanno ad indicare le iniziali delle parole che compongono la frase “Oh, I See!” - “Oh, ci vedo!”. In particolar modo, si tratta di un dispositivo di sostituzione sensoriale (SSD) che permette di convertire le immagini in gruppi di suoni, così da consentire alle persone con disturbo visivo di distinguere le caratteristiche principali di un oggetto⁷⁹.

Nonostante i grandi passi avanti fatti negli ultimi anni, gli interrogativi circa il fenomeno restano aperti. Le basi neurali della sinestesia, ad esempio, non sono ancora certe. Sono stati proposti modelli e teorie che possano chiarire il funzionamento del cervello dei sinesteti, ma i risultati conseguiti nelle ricerche sono fin troppo contrastanti per poter sostenere con certezza una o più di queste teorie. Dunque, il fenomeno percettivo e i suoi coinvolgimenti fisici e psicologici risultano essere ancora in corso di studio, sebbene nel tempo siano stati compiuti grandi passi in avanti.

⁷⁹ <https://amslaurea.unibo.it/13280/1/Tesi.pdf>

3. CAPITOLO 3

Sperimentazione

3.1 Microcontesto

L'istituto che mi ha gentilmente accolta per effettuare il percorso di tesi sperimentale è il plesso "Giuseppe Garibaldi", appartenente all'I.C.S. "Vincenzo Laurenza" di Teano, paese della provincia di Caserta, dove sono nata e cresciuta. La classe in cui ho scelto di attuare il percorso, in particolare, è la classe VB, composta da 18 alunni, di cui 9 femmine e 9 maschi. Tra questi due bambini, Francesco e AnnaChiara, rispettivamente con certificazione di Disabilità Intellettiva e certificazione BES, per la quale il Consiglio di classe ha predisposto un regolare PDP con strumenti compensativi e dispensativi, come previsto dalla Legge 170/2010 e dalle successive Linee Guida.

L'aula si presenta grande ed illuminata, grazie anche alla porta finestra che conduce al cortile; quest'ultimo, tra l'altro, viene sfruttato spesso durante le belle giornate per svolgere la lezione all'aria aperta e sarà utile per effettuare le attività da me pensate per la realizzazione di questa sperimentazione. Numerosi sono i sussidi e le attrezzature che si trovano all'interno dell'aula: la classe è dotata di LIM, con apposito videoproiettore e PC per l'utilizzo della lavagna interattiva che viene usata dalle insegnanti durante l'attività didattica; lavagna di ardesia, armadietti in cui sono contenuti i materiali didattici e libri, la cattedra, l'attaccapanni su cui vengono posti gli indumenti dei bambini, dei secchi per la raccolta differenziata e moderni banchi con le sedie per ognuno dei bambini appartenenti ad essa. Sulle pareti, invece, i lavoretti dei bambini e ciò che serve a loro per l'apprendimento. L'organizzazione dell'orario è incentrata sul tempo modulare che si svolge dalle 8 e 30 alle 13 e 30⁸⁰.

Per quanto riguarda i docenti della classe, la docente che mi ha accolto gentilmente, regalandomi le sue preziose ore, è la docente Emma Molinaro, insegnante che con determinazione e passione insegna le discipline di Matematica, Scienze, Storia, Geografia, Arte e Immagine, Tecnologia e di

⁸⁰ Ptof scuola "Vincenzo Laurenza" per il triennio 2022/2023

Educazione Civica. Accanto a lei, le insegnanti di sostegno la aiutano e sostengono ai fini di un adeguato processo di insegnamento-apprendimento.

3.2 Traguardi e Metodologie

I traguardi per lo sviluppo delle competenze relativi ai campi di esperienza ed alle discipline coinvolte per questo progetto rappresentano dei riferimenti ineludibili per gli insegnanti, in quanto indicano piste culturali e didattiche da percorrere e aiutano a finalizzare l'azione educativa allo sviluppo integrale dell'allievo.

| Discipline | Traguardi |
|------------|--|
| ITALIANO | <ul style="list-style-type: none"> - L'allievo partecipa a scambi comunicativi con compagni e insegnanti rispettando il turno e formulando messaggi chiari e pertinenti, in un registro il più possibile adeguato alla situazione. - Capisce e utilizza nell'uso orale e scritto i vocaboli fondamentali e quelli di alto uso; capisce e utilizza i più frequenti termini specifici legati alle discipline di studio; - Padroneggia e applica in situazioni diverse le conoscenze fondamentali relative all'organizzazione logico sintattica della frase semplice, alle parti del discorso ai principali connettivi⁸¹. |
| STORIA | <ul style="list-style-type: none"> - L'alunno riconosce elementi significativi del passato del suo ambiente di vita. - Riconosce ed esplora in modo via via più approfondito le tracce storiche presenti nel territorio e comprende l'importanza del patrimonio artistico e culturale. - Usa la linea del tempo per |

⁸¹ Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione 2012, pp. 31

| | |
|------------|---|
| | <p>organizzare informazioni, conoscenze, periodi e individuare successioni, contemporaneità, durate e periodizzazioni.</p> <p>- Comprende avvenimenti, fatti e fenomeni delle società e civiltà che hanno caratterizzato la storia dell'umanità dal paleolitico alla fine del mondo antico con possibilità di apertura e di confronto con la contemporaneità⁸².</p> |
| GEOGRAFIA | <p>- L'alunno si orienta nello spazio circostante e sulle carte geografiche, utilizzando riferimenti topologici e punti cardinali.</p> <p>- Coglie nei paesaggi mondiali della storia le progressive trasformazioni operate dall'uomo sul paesaggio naturale.</p> <p>- Si rende conto che lo spazio geografico è un sistema territoriale, costituito da elementi fisici e antropici legati da rapporti di connessione e/o di interdipendenza⁸³.</p> |
| MATEMATICA | <p>- L'alunno si muove con sicurezza nel calcolo scritto e mentale con i numeri naturali.</p> <p>- Riconosce e rappresenta forme del piano e dello spazio, relazioni e strutture che si trovano in natura o che sono state create dall'uomo.</p> <p>- Descrive, denomina e classifica figure in base a caratteristiche geometriche, ne determina misure, progetta e costruisce modelli concreti di vario tipo.</p> <p>- Utilizza strumenti per il disegno geometrico (riga, compasso,</p> |

⁸² Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione 2012, pp. 43

⁸³ Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione 2012, pp. 46

| | |
|---------|---|
| | <p>squadra) e i più comuni strumenti di misura (metro, goniometro...).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Riesce a risolvere facili problemi in tutti gli ambiti di contenuto, mantenendo il controllo sia sul processorisolutivo, sia sui risultati. Descrive il procedimento seguito e riconosce strategie di soluzione diverse dalla propria. - Costruisce ragionamenti formulando ipotesi, sostenendo le proprie idee e confrontandosi con il punto di vista di altri⁸⁴. |
| SCIENZE | <ul style="list-style-type: none"> - L'alunno sviluppa atteggiamenti di curiosità e modi di guardare il mondo che lo stimolano a cercare spiegazioni di quello che vede succedere. - Esplora i fenomeni con un approccio scientifico: con l'aiuto dell'insegnante, dei compagni, in modo autonomo, osserva e descrive lo svolgersi dei fatti, formula domande, anche sulla base di ipotesi personali, propone e realizza semplici esperimenti. - Individua nei fenomeni somiglianze e differenze, fa misurazioni, registra dati significativi, identifica relazioni spazio/temporali. - Espone in forma chiara ciò che ha sperimentato, utilizzando un linguaggio appropriato⁸⁵. |
| MUSICA | <ul style="list-style-type: none"> - L'alunno esplora, discrimina ed elabora eventi sonori dal punto di vista qualitativo, spaziale e in riferimento alla loro fonte. - Ascolta, interpreta e descrive brani musicali di diverso genere⁸⁶. |

⁸⁴ Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione 2012, pp. 49

⁸⁵ Indicazioni nazionali per il curricolo della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione 2012, pp. 55

⁸⁶ Ibidem, pp. 58

| | |
|-------------------|--|
| ARTE E IMMAGINE | <ul style="list-style-type: none"> - L'alunno utilizza le conoscenze e le abilità relative al linguaggio visivo per produrre varie tipologie di testi visivi e rielaborare in modo creativo le immagini con molteplici tecniche, materiali e strumenti. - È in grado di osservare, esplorare, descrivere e leggere immagini⁸⁷. |
| TECNOLOGIA | <ul style="list-style-type: none"> - L'alunno riconosce e identifica nell'ambiente che lo circonda elementi e fenomeni di tipo artificiale. - Conosce e utilizza semplici oggetti e strumenti di uso quotidiano ed è in grado di descriverne la funzione principale e la struttura e di spiegarne il funzionamento⁸⁸. |
| EDUCAZIONE CIVICA | <p>L'alunno sa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sviluppare la competenza personale, sociale e la capacità di imparare ad imparare. - Acquisire competenza in materia di cittadinanza. - Sviluppare il sentimento di identità e di appartenenza - Sviluppare consapevolezza in materia di rispetto dell'“ambiente” che ci circonda; - Comprende la necessità di uno sviluppo ecosostenibile anche in relazione agli obiettivi dell'Agenda 2030 - Manifesta cura di sé e della propria salute e sicurezza⁸⁹. |

Tabella 1: Traguardi delle discipline coinvolte

⁸⁷ Ibidem pp. 60

⁸⁸ Ibidem pp. 66

⁸⁹ Allegato Linee Guida Educazione civica, MIUR

Metodologie

Le metodologie scelte da me per l'attuazione del progetto sono:

- **BRAINSTORMING:** trattasi di una tecnica che stimola la creatività di gruppo per far emergere idee, associazioni o eventualmente risoluzioni di un problema. Ho scelto di utilizzare questa metodologia didattica molteplici volte per introdurre le attività di sperimentazioni in aula, in quanto mi ha permesso di comprendere le conoscenze pregresse degli alunni e, da queste, partire alla scoperta di nuovi concetti.

- **COOPERATIVE LEARNING:** la metodologia dell'apprendimento cooperativo permette di costruire un sapere comune riguardo alle procedure e ai concetti impartiti in aula. Non si riferisce esclusivamente al lavoro svolto in gruppo, ma afferisce alla collaborazione svolta dai gruppi formati in vista di un risultato comune.

- **PEER EDUCATION:** È una metodologia che coinvolge attivamente i ragazzi direttamente nel contesto scolastico, con l'obiettivo di modificare i comportamenti specifici e di sviluppare le life skills, cioè quelle abilità di vita quotidiana necessarie affinché ciascuno di noi possa star bene anche mentalmente. Attraverso questa modalità didattica i discenti rappresentano dei modelli per l'acquisizione di nuove competenze e atteggiamenti positivi, imitando i professionisti del settore. Tuttavia, il peer educator non è altro che un ragazzo comune che ha acquisito una maggior consapevolezza dei processi comunicativi che devono essere utilizzati in aula.

- **FLIPPED CLASSROOM:** la metodologia qui trattata permette ai discenti di studiare fuori dal contesto scolastico, assegnando ad altri tempi e spazi la fase di trasmissione delle conoscenze. Tale approccio didattico consente di avere un'incredibile quantità di tempo da poter sfruttare in classe, il quale può essere utilizzato per prendere parte in modo significativo al momento reale dell'apprendimento. Viene definita la metodologia della "classe capovolta" perché viene invertito il luogo dove si fa lezione con quello in cui si studia: in

questo senso, il tempo prezioso a scuola viene impiegato al meglio per la scoperta di nuovi concetti, mentre a casa questi vengono consolidati attraverso lo studio.

- **DIDATTICA LABORATORIALE**: trattasi di una metodologia naturalmente attiva in cui viene privilegiato l'apprendimento di tipo esperienziale, attraverso il quale viene supportata l'operatività del discente e le riflessioni al riguardo. La didattica laboratoriale incoraggia un atteggiamento attivo degli allievi nei confronti dell'apprendimento a discapito di un atteggiamento prettamente passivo, sfruttando la loro curiosità. Parliamo di una metodologia didattica che tiene conto costantemente dei bisogni dell'individuo che apprende, promuovendo l'apprendimento collaborativo al fine di raggiungere lo sviluppo di competenze. Inoltre, il suo più grande vantaggio è quello di essere flessibile e applicabile a diverse discipline: nel laboratorio, infatti, i saperi disciplinari diventano strumenti per verificare le conoscenze e le competenze che ciascun studente acquisisce sulla base delle proprie esperienze laboratoriali.

- **CONVERSAZIONE GUIDATA**, la quale permette di scambiare informazioni, esprimere emozioni, conoscere gli altri ampliando la propria visione del mondo, valorizzare i contributi di ogni alunno, promuovere il confronto.

3.3 “DI CHE COLORE È IL VENTO?”

PRIMO INCONTRO

Quando si parla di percezione e, in particolare, di interconnessione tra sensi, sembra di discutere di qualcosa lontano dal sentire comune, di una tematica quasi vaga e poco concreta. In realtà, come abbiamo visto nei capitoli precedenti, costantemente i sensi sono sollecitati dall'ambiente, dalle emozioni, dalla natura delle cose e la percezione, mai univoca, coinvolge tutto il nostro essere. Viviamo in una realtà ampiamente costruita sul ruolo predominante dell'immagine e, per questo, le sensazioni che provengono dagli altri sensi appaiono come tesori nascosti: è necessaria, a tal proposito, una riscoperta sensoriale che consente di “sentire” il mondo in un modo più

profondo.

Il progetto si è svolto nell'arco dei mesi di febbraio e marzo: in particolare, esso è stato attuato in 14 incontri della durata di un'ora ciascuno. Trattasi di un viaggio volto a riscoprire il sensorio e le sue molteplici possibilità di espressione.

Durante il primo incontro chiedo ai partecipanti di provare a disegnare, segnare o scarabocchiare ciò che durante l'esperimento percepiscono, utilizzando il materiale a loro disposizione. Lo scopo degli esperimenti è scovare dei tratti comuni nei diversi comportamenti sinestetici e i risultati prodotti porteranno a relazionare la percezione con la loro rappresentazione, sia segnica che cromatica.

Introduco l'esperimento invitando i partecipanti a lasciarsi guidare dalle loro sensazioni, ma allo stesso tempo prendere il tutto con uno spirito ludico e curioso, senza mai sottovalutare l'importanza delle proprie percezioni.

L'uso di giochi d'immaginazione rappresenta un buon punto di partenza, poiché consentono di creare aspettativa e di suscitare la fase di esposizione dei saperi naturali del gruppo.

Durante questa prima parte del percorso invito i bambini ad esprimere le loro idee circa il termine "percezione":

- **IO:** *"Bambini, se vi chiedessi di parlarmi della percezione, cosa sapreste dirmi?"*

- *MarioDG: "Maestra, la percezione è quello che senti!"*

- *Riccardo: "La percezione è quello che senti e provi con i cinque sensi!"*

- *Chiara: "Secondo me la percezione è quello che il nostro cervello ci dice di sentire"*

- **IO:** *"E se io vi chiedessi di chiudere gli occhi e di pensare, per esempio, al colore giallo, cosa vi verrebbe in mente?"*

- *Giuseppe: "A me viene in mente il limone"*

- *Matteo: "A me la banana"*

- *Ciro: "A me viene in mente subito il sole e il calore."*

- **IO:** *"E se, invece, vi chiedessi di pensare al colore blu? Cosa"*

vedete e sentite con la mente?”

- *Elena: “Io se penso al blu sento il rumore del mare.”*

- *Anita: “Io vedo il vento, invece!”*

- ***IO: “Che significa che vedi il vento, Anita?”***

- *Anita: “Maestra nel senso che se chiudo gli occhi e penso al blu, mi viene in mente il colore che potrebbe avere il vento...”*

- *Riccardo: “Maestra io penso alla libertà”.*

- ***IO: “E se vi chiedessi di pensare al colore rosso?”***

- *Matteo: “Io vedo il fuoco.”*

- *Ciro: “Io tipo una sensazione di energia.”*

- *Federica: “Io sento la voce di mia sorella che piange veramente, perché mi innervosisce e mi fa pensare al rosso rabbia.”*

Ecco che questa esperienza iniziale mi ha dato modo di capire i collegamenti tra i sensi che i bambini hanno fatto: questi giochi di sollecitazione sinestetica creano un campionario d’esperienza e producono conoscenza e consapevolezza delle proprie sensazioni. Inoltre, la risposta dell’alunna riguardo il colore del vento mi ha ispirato per il titolo da affidare a questa tesi. L’immaginazione dei bambini è parte portante del mio progetto e, durante questa prima lezione, cerco di scavare tra le loro percezioni, senza intervenire più di tanto e rischiare di alterarle.

Per la prima attività pratica della giornata chiedo ai bambini di avvicinarsi in coppia alla cattedra, sulla quale ho posizionato due scatoloni con all’interno dei materiali dalla consistenza differente. I bambini non devono vedere i materiali, ma toccarli e dar voce alle sensazioni che si palesano nella loro mente al momento del contatto. Per permettere ciò, ai lati delle due scatole ho praticato due grandi fori attraverso i quali gli alunni possono toccare i materiali che si trovano all’interno della scatola, senza, appunto, vederli.

La fase principale di tale attività è chiamata “decompressione”, proprio perché viene chiesto ai partecipanti di passare da uno stato di limbo percettivo ad un brusco ritorno al reale, durante il quale viene data la

possibilità di produrre un'immagine visiva che definisca l'esperienza tra i diversi sensi: durante questa fase, appunto, i bambini, dopo aver toccato i materiali all'interno della scatola, tornano al loro posto ed appuntano le sensazioni provate, cercando di associare la percezione tattile ad un'altra percezione.



Figura 19: I bambini sperimentano con il tatto

Durante questa fase di decompressione i bambini hanno riportato su foglio le loro sensazioni:

- *“Durante l'esperimento ho toccato qualcosa di duro, tipo una spazzola, e mi è venuto in mente un colore scuro, ho toccato una consistenza viscida e fredda e mi è venuto in mente il colore azzurro, ho toccato un materiale morbido ed ho pensato alla lana tutta colorata.”*
- *“Questa attività mi fatto provare diverse sensazioni tutte insieme. Ho toccato tutti materiali diversi tra di loro che mi hanno fatto pensare ad un arcobaleno.”*
- *“Gli oggetti nella scatola mi hanno sorpreso molto. Non sapevo cosa aspettarmi ed ho provato curiosità ma anche timore. Alla fine, ho sentito una cosa viscida e fresca, come gelatina, una cosa dura e appuntita, come una spazzola, una cosa liscia e morbida come un*

pezzo di tappeto. Mentre toccavo, ho immaginato questi oggetti nella mia mente”.

Le descrizioni degli alunni si sono dimostrate un valido un esempio per spiegare quanto l'immaginazione sia importante per comprendere in un senso più profondo il mondo a noi circostante.

Proseguendo con i giochi di sollecitazione sinestetica, chiedo ai bambini di annusare ad occhi chiusi l'aroma di un bagnoschiuma scelto da me per poi, successivamente, descrivere la connessione sensoriale provata.



Figura 20: *I bambini sperimentano con l'olfatto.*

Ancora una volta, durante la fase di decompressione, i bambini hanno trascritto sul foglio le sensazioni provate:

- *“Ho sentito come un profumo di girasoli che mi ha fatto pensare al colore giallo.”*
- *“Ho annusato un profumo che mi ha ricordato quello del cocco ed ho immaginato il colore bianco.”*
- *“Ho sentito odore di frutta, ma più in particolare di uva.”*
- *“Annusando il profumo portato dalla maestra, ho sentito una sensazione di freschezza che mi ha fatto immaginare i fiori.”*

Non potendo sperimentare con il gusto in aula, non ci resta che lavorare con il senso dell'udito. Il suono ha una particolare capacità di stimolazione sinestetica.

È nella sua stessa natura fisica: mira all'orecchio, ma allo stesso tempo mette in moto tattilità e propiocezioni. Chiudendo gli occhi, assumendo una postura rilassata, i bambini ascoltano per diverse volte due frammenti musicali e, al termine di ogni ascolto, esaminano le sensazioni che la musica ha suggerito loro. Per questa attività consegno loro dei fogli da disegno, delle scatole di pastelli ad olio e delle tempere acriliche e, senza dare informazioni preventive circa il titolo del pezzo musicale o l'autore, chiedo di dare forma cromatica a ciò che hanno percepito.

I due brani scelti da me sono: "Il volo del calabrone" di Korsakov e il suono rilassante della pioggia. I brani hanno un ritmo differente: il primo più vivace e colorato il secondo più lento e rilassante.

È stato interessante vedere le sensazioni provate messe su carta attraverso i colori:



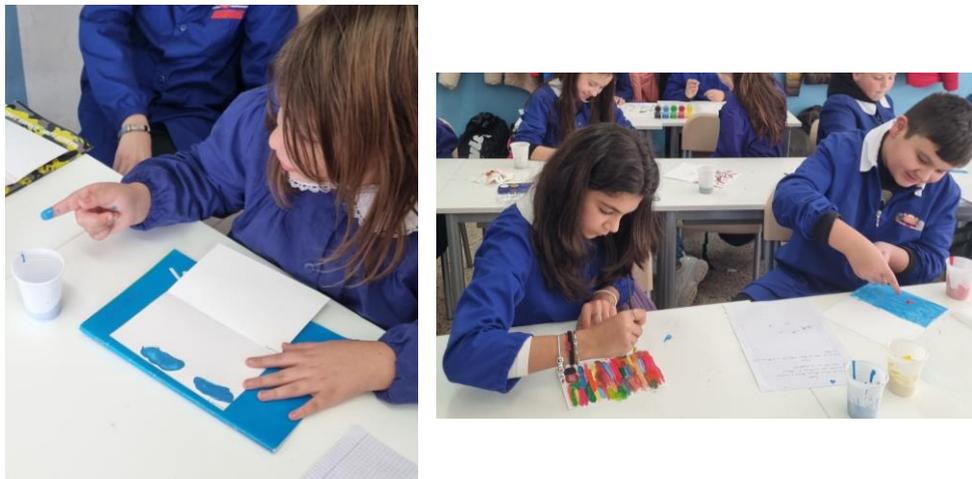


Figura 21: *I bambini mettono su carta le loro sensazioni dopo aver ascoltato i due brani*



Figura 22: *I disegni dei bambini dopo aver ascoltato i due brani musicali.*

In questa attività i bambini mi hanno dimostrato quanto la connessione sensoriale possa aiutare a sviluppare la propria creatività, pur senza per forza riferirsi al concetto di sinestesia.

Come si può notare, inoltre, le attività percettive proposte hanno coinvolto principalmente gli organi di senso dell'olfatto e dell'udito, meno quello della vista: per la maggior parte del tempo, infatti, ho chiesto ai bambini di non guardare, per fare in modo che potessero concentrarsi sulla percezione provata, piuttosto che su riferimenti visivi che potevano suggerire loro qualcosa. Pertanto, nella prossima lezione scopriremo quanto è indispensabile la vista nella nostra vita quotidiana.

3.4 “L’IMPORTANZA DELLA VISTA”

SECONDO INCONTRO

Dopo aver parlato dei sensi e della loro compresenza nelle attività sinestetiche, ci concentriamo sulla vista. Attraverso vari esperimenti ludici ho voluto far comprendere ai bambini quanto la vista sia importante per le attività che quotidianamente ognuno di noi svolge. La maggior parte delle informazioni, infatti, passa proprio dai nostri occhi e siamo così abituati a vedere e interpretare la realtà che spesso lo facciamo così velocemente da farci ingannare dalla vista. Per questo, durante i nostri prossimi incontri, ho scelto di parlare anche delle illusioni ottiche.

Alla fine del percorso, insieme ai discenti, scopriremo che la vista è accompagnata dalla luce e il discorso si fa sempre più interessante quando affronteremo i colori e la loro percezione: quando scopriremo che i colori sono luce, sarà entusiasmante poter sperimentare con essi.

Anche la lezione di oggi inizia con una mia domanda. È questa metodologia del *brainstorming* che mi aiuta a comprendere le conoscenze pregresse di ognuno e i loro dubbi, così da partire da quest'ultimi per sperimentare insieme e trovare le risposte ai loro interrogativi.

- IO: ***“Bambini, perché secondo voi abbiamo due occhi e non uno***

solo?”

- *Mario: “Maestra per vedere meglio”*
- *Ciro: “Perché le scimmie anche avevano due occhi”*
- *Riccardo: “Con uno ci vedi male, con due bene, con tre ci vedi comunque male”*

Quest’ultima affermazione di Riccardo mi ha dato lo spunto per aprire un’altra discussione:

- **IO: “Quindi secondo voi perché abbiamo solo due occhi e non di più?”**
- *MarioDG: “Perché non avevamo spazio?”*
- *Riccardo: “No secondo me perché più occhi potevano danneggiare gli altri occhi”*
- *Matteo:” Perché noi abbiamo tutto a due, maestra! Le braccia, le orecchie, i polmoni...”*

Quello che ha detto Matteo non è sbagliato! Generalmente il corpo è simmetrico e lo è stato per quasi l’intera evoluzione degli animali. Quindi la duplicazione sinistra-destra è l’impostazione predefinita da sempre, rendendo infattibile lo sviluppo di un solo occhio e, molto probabilmente, la presenza di entrambi gli occhi è spiegata dai limiti del processo evolutivo.

Spiego ai bambini che avere una vista binoculare è molto importante in quanto ci permette di vedere un’unica immagine di ciò che osserviamo: i nostri due occhi convergono su uno stesso punto, dandoci la rappresentazione delle caratteristiche dell’oggetto. Per far comprendere maggiormente l’importanza di avere due occhi e non uno solo, mi aiuto con la proiezione di un video che racconta la storia del ciclope Polifemo. Per questa attività, mi sono servita di un proiettore che è messo a disposizione di ogni classe, ed ho utilizzato il mio computer portatile collegandolo alla piattaforma YouTube⁹⁰.

L’utilizzo di un racconto animato per la fruizione di contenuti è divenuto sempre più un mezzo irrinunciabile della didattica, in quanto può fornire infiniti spunti

⁹⁰ <https://www.youtube.com/watch?v=IG2h6VRSHLc>

di riflessione, di introspezione e conoscenza di sé e del mondo. In questo caso, lo spezzone del cartone animato scelto mi ha aiutato a catturare la loro attenzione e, soprattutto, ha portato a riflettere su quanto dev'essere strano e difficile avere un occhio solo (figuriamoci nessuno... come capita al ciclope nel cartone).



Figura 23: *I bambini guardano lo spezzone di filmato del Ciclope, il quale viene privato della vista da Ulisse.*

Dopo aver visto il filmato, propongo una serie di esperimenti che permettono di osservare ciò che ci circonda, prima con un occhio e poi con l'altro. Ogni occhio si crea una propria immagine di quanto osserva da lontano e da vicino; noi percepiamo immagini diverse in quanto gli occhi sono posizionati l'uno accanto all'altro ed hanno, dunque, punti di vista diversi.

Come già ampiamente descritto nel paragrafo della percezione visiva, ogni qual volta che osserviamo qualcosa, il nostro cervello elabora le informazioni in entrata di ciascun occhio per consentirci di avere una visione completa di quanto osservato ed è solo in questo modo che possiamo riconoscere le dimensioni, le forme e lo spessore degli oggetti.

Con un occhio solo tutto è più complicato.

Per verificare ciò anche a livello pratico, faccio posizionare una moneta in verticale sulla punta del naso dei bambini e chiedo loro di osservarla prima con un occhio e poi con l'altro. Quello che sperimentando si può scoprire è che ogni occhio vede un lato diverso della moneta, mentre quando apriamo entrambi gli occhi non riusciamo più a vederla bene.



Figura 24: I bambini sperimentano con delle monetine e scoprono quanto la percezione visiva cambi sfruttando la vista di un unico occhio.

- “È vero maestra!”
- Riccardo: “Io la moneta la vedo se apro tutti e due gli occhi, solo che si vede sfocato”
- Mario: “Si perché è troppo vicina agli occhi”
- Matteo: “Non riesco a metterla a fuoco!”

Continuando a proporre diverse attività che coinvolgono la vista, chiedo di posizionarsi di fronte al loro compagno di banco, tenendo la monetina davanti ai loro occhi: i bambini possono verificare che chiudendo un occhio riescono a vedere la faccia del compagno, ma chiudendo l’altro occhio (quello che si trova dietro la monetina), il compagno scompare!



Figura 25: Divisi in gruppi da due, i bambini posizionano la monetina davanti al loro compagno e sperimentano con la duplice visuale degli occhi.

- *Riccardo: “È vero maestra, anche se non sposto la monetina, io non vedo più Maria!”*
- *Anita: “La moneta non si proprio spostata, e neanche Matteo! Eppure, non riesco a vederlo!”*
- *Federica: “E’ come se si fosse spostata la vista!!”*

Gli alunni iniziano a capire lo scopo dell’esperimento e sembrano soddisfatti di queste nuove scoperte.

Per l’ultima attività della giornata, mi servo di una matita appesa ad un filo e chiedo ai bambini, divisi in gruppi di tre, di farla penzolare sulla testa di un compagno in modo che sia a portata di mano; faccio chiudere un occhio allo sperimentatore chiedendo di toccare con l’indice la punta della matita. Tramite questo esperimento, scopriamo quanto sia difficile calibrare bene la presa perché con un occhio solo diventa tutto troppo difficile (la mano andrà o troppo avanti o troppo indietro); proviamo a ripetere l’attività utilizzando entrambi gli occhi e possiamo verificare quanto sia più semplice gestire la nostra attività.





Figura 26: Divisi in gruppi da 3, gli alunni provano ad indicare la punta della matita utilizzando un solo occhio.

- *“Mi sembra di raggiungere bene la punta del pastello, ma poi, se apro l’altro occhio, vedo che ci sono lontano”*
- *“Mamma mia, quanto è difficile!”*
- *“Maestra ma tu ci riesci?”*

Arrivati alla fine della lezione gli alunni mi confidano che non sono abituati ad apprendere utilizzando una didattica laboratoriale e non vedono l’ora di vedere i prossimi esperimenti. Durante il nostro primo incontro abbiamo sperimentato con la vista, ma questo non basta per comprendere il meccanismo del processo visivo, come già detto, più dinamico e attivo di quanto possa sembrare. Ciò che è importante comprendere, quando si parla di percezione visiva, è il rapporto tra occhio, retina e cervello e la fisiologia dell’occhio umano.

Ecco perché lascio i bambini con la promessa di sperimentare ancora con la visione.

3.6 L'OCCHIO SCATOLONE: “Vedere è Ricevere”

TERZO INCONTRO

Prima di iniziare l'attività della giornata, ho deciso di parlare ai bambini della struttura dell'occhio umano. Utilizzando la metodologia didattica del Brainstorming, mi rendo conto che non tutti conoscono nel dettaglio la parte anatomica che ci consente di vedere, così ho preparato una presentazione utilizzando la piattaforma Prezi che può aiutarmi nella spiegazione e rendere più immediato l'apprendimento⁹¹.

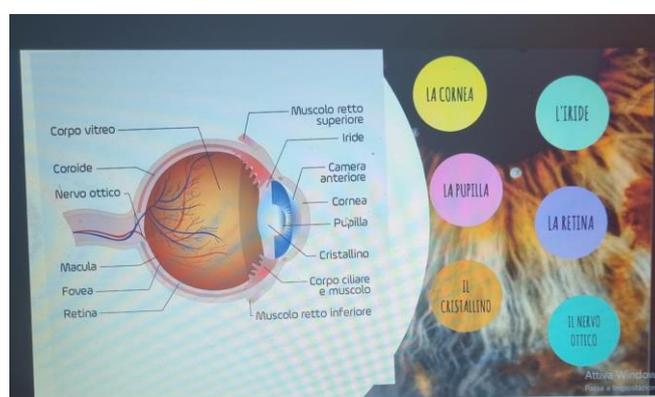


Figura 27: Presentazione Prezi della struttura anatomica dell'occhio

I bambini mi ascoltano in silenzio e la loro attenzione è tutta focalizzata sulle immagini della presentazione:

- *“Maestra, non lo sapevo che è tramite il nervo ottico che vengono rielaborate le immagini che vediamo!”*
- *“Io questo lo sapevo perché nonna me lo ha spiegato, però non conoscevo il cristallino.”*

Spiegato ciò, proseguo con l'attività dell'occhio scatolone.

Questa attività è imperniata sugli esperimenti effettuati grazie l'utilizzo di un grande scatolone, il quale rappresenta l'occhio umano. Inizialmente è proprio un semplice scatolone con due buchi: uno per far entrare la luce, e l'altro per far entrare la testa di un alunno. Inserendo, poi, una lente nel foro più piccolo, si

⁹¹ <https://www.youtube.com/watch?v=IG2h6VRSHLc> Tale presentazione è stata realizzata da me: i bambini, tramite il touch della lavagna interattiva, possono cliccare sulle varie sfere colorate per vedere la descrizione delle parti anatomiche di riferimento.

viene a formare la pupilla dell'occhio, attraverso la quale entra la luce, mentre, sulla parete opposta della scatola si proietta l'immagine capovolta, che il cervello "legge".

L'attività ha molti riferimenti alla storia della scienza. Le vicende di Keplero, Cartesio, la camera oscura, il legame con l'arte, la fotografia vengono raccontate grazie ad un power point realizzato precedentemente da me⁹².



Figura 28: *Presentazione PowerPoint sulla camera oscura*

Abbiamo visto che la "camera oscura" si basa sul principio che i raggi luminosi provenienti da un oggetto sufficientemente illuminato, passando per una piccola apertura, si incrociano formando un'immagine rovesciata e invertita dell'oggetto in questione. Tuttavia, per fare in modo che l'immagine sia visibile, è necessario

⁹² [La camera oscura dalle origini.pptx](#): In questa presentazione power point ho inserito accenni storici che fanno riferimento alla nascita della camera oscura e al suo importante utilizzo.

porre lo schermo, sul quale viene proiettata, all'interno di una stanza meno illuminata rispetto all'ambiente esterno. (Da qui il nome di "camera oscura"⁹³). Mi rendo conto che, nonostante i bambini siano attenti e incuriositi durante la spiegazione, abbiano comunque difficoltà con la comprensione del funzionamento della camera oscura. Prima di iniziare con l'attività dell'occhio-scitolone, infatti, scelgo di farli ragionare e chiedo loro quale potrebbe essere oggi un oggetto utilizzato che ha alla base un funzionamento analogo alla vecchia camera oscura utilizzata dai pittori del 700:

- **IO: “Bambini qual è l’oggetto che oggi viene utilizzato e che somiglia molto ad una camera oscura portatile?”**
- *Matteo: “Il cannocchiale?”*
- *Rodolfo:” No, forse il telefono”*

Diverse sono le teorie dei bambini a riguardo, ma mi rendo conto che non sono molto abituati a questo tipo di domande e i loro ragionamenti rischiano di farli allontanare dall'argomento. Decido, così, di intervenire:

- **IO: “No bambini. Oggi abbiamo le macchine fotografiche.”**

Dopo tutti questi dubbi, capisco che è arrivato il momento di condurre loro alla sperimentazione pratica:

Chiedo ad un alunno di partecipare all'attività e di inserire la propria testa all'interno dello scatolone. A questo punto mi assicuro che non ci sia nessuno spiraglio di luce all'interno dello scatolone, comprendo bene i bordi di quest'ultimo e utilizzando una sciarpa da posizionare intorno il collo dell'alunno. È importante, inoltre, che la “pupilla” della scatola, quindi il nostro foro laterale, sia posizionata verso una finestra illuminata dalla luce solare. Pertanto, ci spostiamo davanti la grande finestra dell'aula e chiedo ad un altro alunno di posizionarsi tra questa e lo scatolone. Il bambino all'esterno “dell'occhio” deve fare dei segni con le dita, mentre il bambino nella scatola deve ripeterli in base a ciò che vede proiettarsi sulla parte della scatola che ha di fronte ai suoi occhi.

⁹³<https://www.opendaydellaricerca.enea.it/images/DocumentiFrascati/GIOCARECONLALUCE/DISPENSE/Dispensa-exp-camera-oscura.pdf>

Utilizzo anche dei led dalla luce colorata e quello che i bambini potranno notare è che dall'interno della scatola le immagini appariranno capovolte, come spiegato da Keplero. La luce, infatti, si propaga per linee rette e, dunque, segue che la proiezione attraverso un forellino genera una pittura capovolta.

- **IO:** *“Mario, di che colore è la luce che sta sopra, rossa o arancione?”*
- **Mario:** *“E’ arancione. Sotto c’è la luce rossa.”*
- **Anna:** *“Noooo! Non ci credo! Le vede capovolte!”*



Figura 29: *Sperimentando con l'occhio scatolone realizzato precedentemente da me: le luci e le immagini appaiono capovolte all'interno della scatola.*

Continuiamo così per un po' di tempo: gli alunni sono stati molto sorpresi nel vedere proiettata nello scatolone l'immagine capovolta:

- **Rodolfo:** *“Ma come è possibile?”*
- **Mario:** *“Maestra ma è una magia!”*

- Paolo: “Vedo tutto sottosopra!”
- Anita: “Che forza, maestra! Come la macchina che utilizzavano gli antichi pittori!”
- IO: “Nessuna magia! È in questo modo che il nostro occhio percepisce le immagini ed è poi, attraverso il nervo ottico che abbiamo visto prima, che il nostro cervello elabora l'immagine capovolta”

Insomma, il semplice scatolone utilizzato rappresenta un valido strumento con cui fare esperienze e tramite il quale i discenti possono costruire teorie sulla propagazione della luce e sulla visione.

Ogni bambino, incuriosito, sperimenta con il nostro occhio-scatole per diverso tempo. Al termine dell'attività, distribuisco delle schede da compilare che mi aiuteranno a valutare se gli argomenti sono stati compresi da tutti.

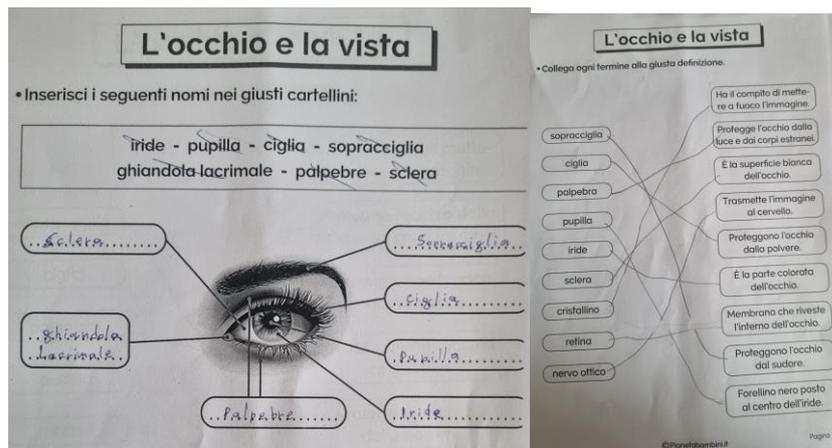


Figura 30: scheda di valutazione sulla struttura anatomica dell'occhio umano

Al fine di consolidare maggiormente le conoscenze utilizzo, poi, l'applicazione “Wordwall”: giocando i bambini possono memorizzare ancora meglio gli argomenti trattati. Per far sì che tutti possano partecipare, chiedo di riunirsi in un unico gruppo, pensare alla risposta corretta e, infine, dirmela, così da concludere il gioco nel minor tempo possibile.

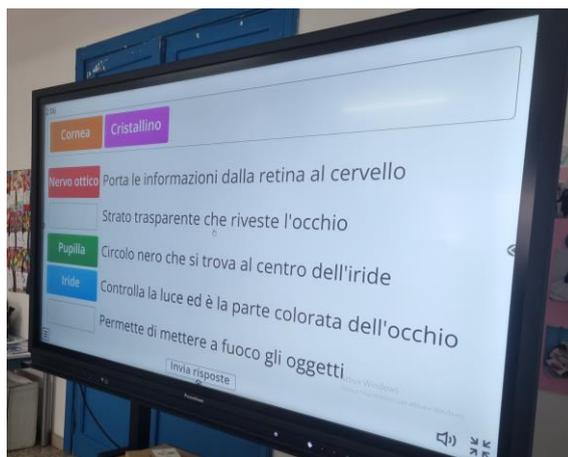


Figura 31: I bambini si riuniscono in un grande gruppo per potersi confrontare e partecipare al gioco.

La lezione è giunta al termine, ma chiedo comunque ai bambini di disegnare l'occhio con le sue parti e farmi vedere i loro elaborati durante la prossima lezione.

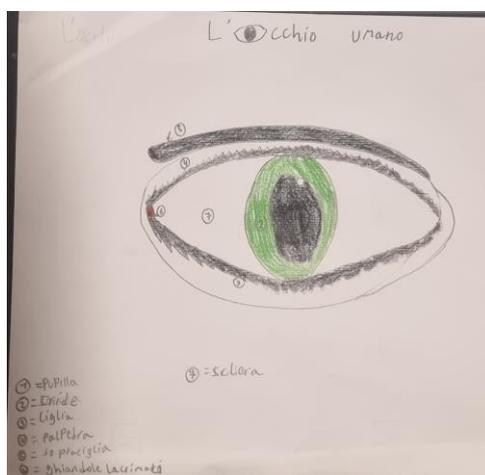




Figura 32: Disegni di Paolo e Riccardo dell'occhio umano.

3.7 “MAESTRA, QUESTA È MAGIA!”

QUARTO INCONTRO

-Le illusioni ottiche:

Per il quarto incontro di attività, ho scelto prima di tutto di ricordare ciò che è stato affrontato nella lezione precedente riguardo la visione, al fine di far comprendere meglio il prossimo fenomeno che andremo a trattare. Per prima cosa ricordo ai bambini che ciò che percepiamo con la vista è possibile grazie alla luce che viene riflessa dagli oggetti: i bambini sono molto preparati sull'argomento e mi aiutano nella spiegazione.

Tuttavia, spiego loro che, alcune volte, il meccanismo che sottende il processo di visione ci mostra una realtà ambigua, che non ci aspetteremmo: oggetti che non possono esistere realmente, disegni in movimento, volti che nascondono altre figure, forme che scompaiono...sono queste le cosiddette **illusioni ottiche**. Esse rappresentano quei fenomeni visivi che si manifestano nel momento in cui le sensazioni visive generano delle false interpretazioni delle figure osservate. Il fascino delle illusioni ottiche sta proprio nella loro capacità di aprirci una porta su mondi che sono sì concepibili, ma assurdi. Volendo spiegare come si forma un'illusione, è importante, inoltre, ricordare che essa è causata dal modo in cui la mente cerca di aggirare la velocità degli stimoli di cui l'immagine è composta.

Per affrontare l'argomento con gli studenti, chiedo cosa viene loro in mente quando si parla di “illusione”:

- **IO: “Secondo voi cos’è un’illusione?”**
- Anita: “Quando un’immagine ti innervosisce la testa”
- Mario: “Allora quando tu vedi un’immagine, per esempio, e il tuo cervello la percepisce come se fosse altro”
- Giuseppe: “Secondo me si parla di illusione quando il nostro cervello ci fa vedere un’immagine per non farci vedere la realtà”
- Matteo: “Secondo me è quando il cervello va’ tipo in confusione e ci fa vedere delle immagini che non esistono”
- **IO: “E perché secondo voi c’è questa confusione?”**
- Giuseppe: “Perché gli occhi devono guardare tanti dettagli insieme?”
- Federica: “*Si maestra! Infatti, noi abbiamo visto che l’immagine deve essere rielaborata dal cervello per avere un senso.*”

Le risposte che i bambini danno alle mie domande non smettono di stupirmi. Alcuni di loro, infatti, mi dimostrano di essere stati attenti alle mie spiegazioni e, soprattutto, di aver compreso ciò che è stato trattato fino ad ora. L’attività prosegue e decido di mostrare loro diverse immagini che rappresentano un’illusione ottica. Chiedo cosa riescono a vedere:



Figura 33: Esempio di illusione ottica presentata ai bambini: questo è l’esempio di una figura ambigua, nella quale possiamo vedere sia il profilo di una donna anziana, sia il volto di una giovane donna.



Figura 34: Esempio di figura ottica presentata ai bambini. In questo caso nell'immagine possiamo vedere raffigurato un cavallo; eppure, ruotando l'immagine compare la figura di una rana. Come abbiamo visto nel paragrafo riguardante le illusioni ottiche, la vista di un'oggetto piuttosto di un altro cambia da osservatore ad osservatore.

- Anna: *“Maestra io vedo un cavallo nella prima immagine!”*
- Elena: *“Però il muso è una rana”.*
- **IO: *“Vediamo cosa succede se giriamo l'immagine”***
- Giuseppe: *“Siii! È anche una rana!”*
- **IO: *“Quindi, cosa è successo?”***
- Riccardo: *“Forse ogni occhio vede un'immagine diversa, ma poi il cervello le mette insieme”.*
- **IO: *“Bravissimo”***
- MarioDG: *“Perché ogni occhio invia al cervello un'immagine diversa e poi il cervello fa un riassunto delle due immagini”.*
- **IO: *“Guardiamo adesso un'altra immagine. Nella seconda cosa vedete?”***
- Elena: *“Una ragazza girata?”*
- Rodolfo: *“Si, anche io”*
- Mario: *“No maestra, io vedo una signora anziana”*
- Elena: *“Si, è vero maestra! C'è una signora anziana.*
- **IO: *“Perché secondo voi Mario ha subito visto la signora ed Elena ha visto prima la ragazza?”***
- Paolo: *“Eeeh. Boh!”*
- Rodolfo: *“Mo vuoi sapere troppo Sofì”*

- *MarioDG: “Perché sono due persone diverse Elena e Mario.”*
- **IO: “Ok. E quindi?”**
- *Paolo: “AH! Quindi forse Elena ha visto prima la ragazza perché gli piace di più”*
- *Elena: “Forse perché ha catturato per prima la mia attenzione”.*

Mi rendo conto che forse il concetto di percezione soggettiva è ancora troppo complesso da comprendere. Continuo l’attività mostrando ai bambini immagini che sembrano muoversi. Cosa accade? Perché succede?

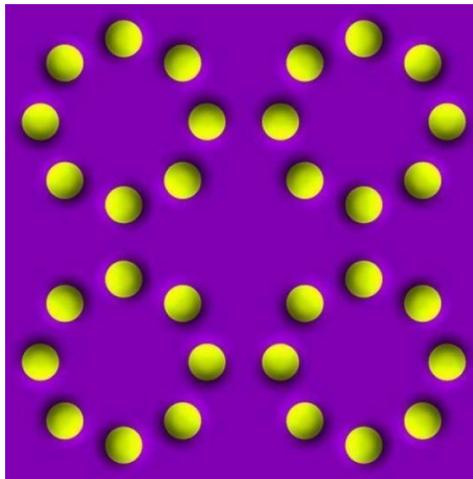


Figura 35: *Illusione ottica in movimento.*

- *Rodolfo: “Secondo me succede perché i nostri occhi fanno dei piccolissimi movimenti mentre sono fermi su un’immagine”*
- *MariaC: “Qui secondo me il nostro cervello va in confusione”*
- *Paolo: “Sì, anche secondo me, infatti se ci fate caso si muovono solo i cerchi che non guardiamo.”*
- **IO: “Bravo Paolo, ottima osservazione. In realtà percepiamo l’immagine in movimento perché attiva aree del cervello simili a quelle che si attivano quando muoviamo effettivamente gli occhi. Ma quando gli occhi si concentrano su un punto dell’immagine, essa torna ad essere fissa.”**

Chiariti anche questi dubbi, lanciao una sfida: cerchiamo di costruire la nostra illusione ottica.

Per disegnarla chiedo loro di seguire passo dopo passo le mie indicazioni:



Figura 36: Istruzione mostrata ai bambini per costruire un'illusione ottica

Ognuno di loro sceglie le tonalità di colore più adatte per formare anche le luci e le ombre del modellino prodotto.



Figura 37: I bambini provano a realizzare la loro illusione ottica.

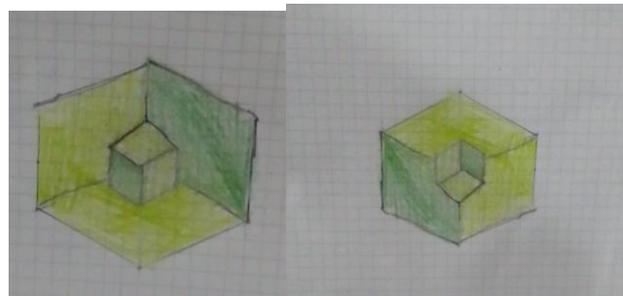


Figura 38: Illusione ottica elaborata da MarioDG

- Paolo: “Mi sembra un compito troppo difficile”.
- MarioDG: “Ma no Paolo! Dobbiamo seguire le indicazioni.”
- Matteo: “Guardate, a me già sta uscendo!”
- Anita: “Anche a me! Bellissimo!”
- Federica: “Ne voglio fare un'altra, maestra.”

I bambini sono rimasti talmente tanto colpiti da questa esperienza, che ho pensato di assegnarne un'altra da realizzare a casa.



Figura 39: Illusione ottica da fare a casa

Volendo continuare il discorso sulle anomalie visive, mi sembra doveroso fare un accenno al fenomeno del daltonismo. Chiamato anche cecità cromatica, il daltonismo prende il nome dal suo scopritore, il chimico e fisico britannico John Dalton, che ne era personalmente affetto e ne diede una definizione precisa nel 1794⁹⁴. Trattasi di un malfunzionamento delle cellule sensoriali riguardante il loro operato, portando ad un'incapacità parziale o totale di riconoscere alcune tonalità di colore⁹⁵.

Non molti sanno che esistono 3 tipologie di daltonismo:

- *Protanopia* in condizione di insensibilità al rosso e *protanomalia* in caso di insufficiente sensibilità al rosso

⁹⁴[www.humanitascare.it/malattie/daltonismo/#:~:text=Il%20daltonismo%20E2%80%93%20anche%20chiamato%20cecit%C3%A0,chiamata%20acromatopsia%2C%20C3%A8%20molto%20infrequente](http://www.humanitascare.it/malattie/daltonismo/#:~:text=Il%20daltonismo%20E2%80%93%20anche%20chiamato%20cecit%C3%A0,chiamata%20acromatopsia%2C%20C3%A8%20molto%20infrequente.). 09/06/2022

⁹⁵ “Daltonismo – Fondazione Humanitas per la Ricerca”

- *Deuteranopia* in condizione di insensibilità al verde e *deuteranomalia* in caso di insufficiente sensibilità al verde
- *Tritanopia* in condizione di insensibilità al blu e *tritanomalia* in caso di assenza totale della sensibilità al blu.

Parliamo di un difetto genetico legato al cromosoma X e, per questo, la percentuale di uomini che ne è affetta è molto più alta (circa l'8%) rispetto a quella delle donne (1%): infatti, perché un uomo erediti l'anomalia, è sufficiente che la propria madre ne sia affetta, mentre nelle donne la probabilità si riduce, in quanto occorre che entrambi i cromosomi sessuali X presentino l'allele del daltonismo.

Proseguo nell'attività mostrando ai bambini prima un'immagine colorata nel modo in cui viene vista da una persona non affetta da daltonismo, e in un secondo momento mostro loro la stessa foto con una percezione visiva differente, ovvero dal punto di vista di un daltonico.

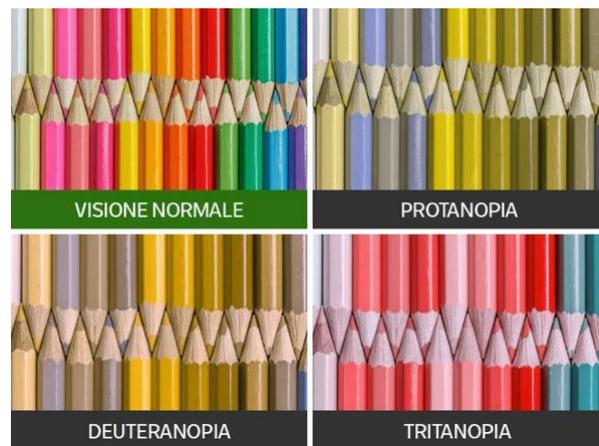


Figura 40: Le diverse tipologie del daltonismo

Per comprendere ancora meglio questo modo di vedere a loro sconosciuto, mostro loro un video di uno you tuber daltonico che racconta la sua quotidianità diversamente colorata e cerco di carpire le loro impressioni a riguardo.



Figura 41: I bambini guardano il filmato preso dalla piattaforma YouTube riguardante la vita di un ragazzo daltonico

- Federica: *“Sofia, che strano!”*
- Anna: *“Come fa a vivere così?”*
- Matteo: *“Anna, il ragazzo lo ha spiegato. Ha sempre visto così, quindi è abituato”*
- Anita: *“Io non ho mai conosciuto una persona con questa caratteristica.”*
- Paolo: *“No, infatti io non sapevo proprio che esisteva”*

La discussione continua per un po' e, così, i bambini hanno modo di confrontarsi.

- Anna: *“Sofì, ma oltre agli occhiali, non c'è un altro modo per permettere a queste persone di vedere meglio?”*
- IO: *“Anna, effettivamente c'è. È stato creato un dispositivo da posizionare sulla testa della persona daltonica per consentirgli di “sentire” i colori che non può percepire altrimenti.”*
- Paolo: *“E come funziona?”*
- IO: *“Allora bambini: viene messa una specie di antenna sulla testa che riesce a rilevare i colori degli oggetti e li converte in onde sonore.”*
- Rodolfo: *“Che figata!”*
- Anita: *“Ma è bellissimo!”*
- IO: *“Avete visto che cose grandiose riesce a fare la tecnologia?”*

Effettivamente, ragionando con i bambini, mi rendo conto che questa tecnologia sembra ricondursi ai fenomeni sinestetici: grazie a questo dispositivo, chiamato *Eyeborg*, si possono ricostruire esperienze sinestetiche “artificiali”, come se il soggetto daltonico percepisse il fenomeno sinestetico colore-suono.

Il mio momento è terminato per questa giornata, così li lascio chiacchierare, promettendo loro altri esperimenti da fare che ci faranno scoprire nuove cose interessanti.

3.8 La Luce

QUINTO INCONTRO

Riprendendo l’attività precedente effettuata grazie all’occhio scatolone, affronto con i bambini lo studio della luce e dei suoi fenomeni.

Per capire da dove e come avviare il lavoro, raccolgo le idee dei bambini riguardo la luce: l’analisi è stata effettuata attraverso testi scritti, disegni e conversazioni.

Segno sulla lavagna la parola “Luce” e discutiamo sulle sue particolarità. Tutti gli alunni hanno avuto la possibilità di esprimere con immediatezza e libertà le idee e i concetti che questo termine ha suscitato nella loro mente, con il solo vincolo di non criticare le opinioni degli altri.

- **IO: “Bambini, sapreste allora dirmi che cos’è secondo voi la luce?”**
- *Ciro: “Per me la luce è quando mi sveglio la mattina.”*
- *Federica: “E’ quello che ci permette di vedere.”*
- **IO: “E perché vediamo?”**
- *Anna: “Perché abbiamo gli occhi.”*
- *Rodolfo: “Vediamo perché la luce punta gli oggetti e ce li fa vedere”*
- **IO: “È possibile vedere al buio?”**
- *MarioDG: “In realtà sì, vediamo il nero”*
- *Federica: “Eh Mario ma mica vedi le cose, per esempio se chiudi gli occhi non vedi più”*
- *Ciro: “No, in una stanza completamente buia non possiamo vedere”*

- Giuseppe: *“Però piano piano l’occhio si abitua al buio e qualcosa lo vediamo”*
- IO: *“Ok Giuseppe, e perché accade questo? Lo abbiamo visto insieme negli ultimi incontri parlando della vista. Vediamo chi lo ricorda.”*
- Matteo: *“Ah è vero, Sofia! Le pupille si dilatano”*
- Riccardo: *“Aaaah, non avevo capito che stavi chiedendo quello. Sì, abbiamo visto che le pupille si dilatano per permettere a maggiore luce di entrare”*
- Paolo: *“Maestra, allora alla domanda di prima sul perché vediamo, io aggiungerei che vediamo proprio perché la luce entra nei nostri occhi. Secondo me quindi la luce ci permette di vedere i colori, ma è una cosa che al buio non succede.”*

Chiedo ai bambini di segnare quest’ultima affermazione di Paolo sul loro quaderno di scienze, per rifletterci con tranquillità e ritornare sull’argomento in un altro momento.

Corpo illuminato e corpo luminoso

Sempre alla lavagna, segno una prima distinzione tra corpo illuminato e corpo luminoso e chiedo ai bambini di suggerirmi degli esempi da poter segnare sotto ognuno di essi.

- Mario: *“Maestra un esempio di corpo illuminato può essere il fuoco.”*
- Ciro: *“Anche la torcia!”*
- Matteo: *“Maestra prima di tutto dobbiamo dire che il corpo luminoso è quello che produce luce propria, mentre il corpo illuminato non la una propria luce ma riflette la luce di un altro oggetto; quindi, un esempio di corpo luminoso può essere l’accendino, mentre un esempio di corpo illuminato può essere un qualsiasi oggetto.”*
- IO: *“Perfetto!”*
- Rodolfo: *“Quindi un esempio di corpo luminoso è il sole.”*

- Giuseppe: *Maestra, forse anche la lucciola.*”
- Matteo: *“E la luna anche!”*
- **IO:** *“La luna è un corpo luminoso secondo voi?”*
- Paolo: *“mmm...sì perché illumina.”*

A questo punto interrompo un po’ la discussione per far chiarezza su questo concetto.

Servendomi del mappamondo che è in aula, spiego loro che la torcia funge da sole, quindi da sorgente luminosa, mentre lo specchio è la luna. Cosa succede?



Figura 42: *Macchia di luce sul globo terrestre generata dalla luce riflessa dalla luna. Il fenomeno è maggiormente visibile di notte, in presenza, appunto, della luna.*

- Anna: *“mmm... se la luna è lo specchio, allora non emette luce. Giusto?”*
- Matteo: *“Ah maestra! In realtà non ha luce propria la luna, ma riflette come uno specchio la luce solare!”*
- Paolo: *“Ok, maestra, ho capito. Quindi dobbiamo toglierla dai corpi luminosi e inserirla tra i corpi illuminati.”*
- **IO:** *“Continuiamo. Mi dite altri esempi di corpi illuminati!?”*
- *“La foglia, l’albero, tutto!”*
- Rodolfo: *“Maestra anche lo specchio a questo punto”*

- Paolo: “Noooo! lo specchio secondo me può essere messo tra i corpi luminosi perché riflette la luce”.
- Anita: “Secondo me no, Paolo. Lo specchio mica si accende e illumina gli altri oggetti?!”
- IO: “Paolo hai capito quello che ha detto la tua compagna?”
- Paolo: “Sisi, mi sono imbrogliato, maè”
- IO: “Facciamo adesso, con gli oggetti che mi avete suggerito e che ho segnato alla lavagna, una distinzione tra le sorgenti di luce artificiali e quelle naturali”
- MarioDG: “Maestra nella parte degli oggetti luminosi di tipo artificiale possiamo mettere la tv, il telefono, la torcia.”
- Giuseppe: “Mentre in quella dei corpi luminosi di tipo naturale possiamo mettere il fuoco!”

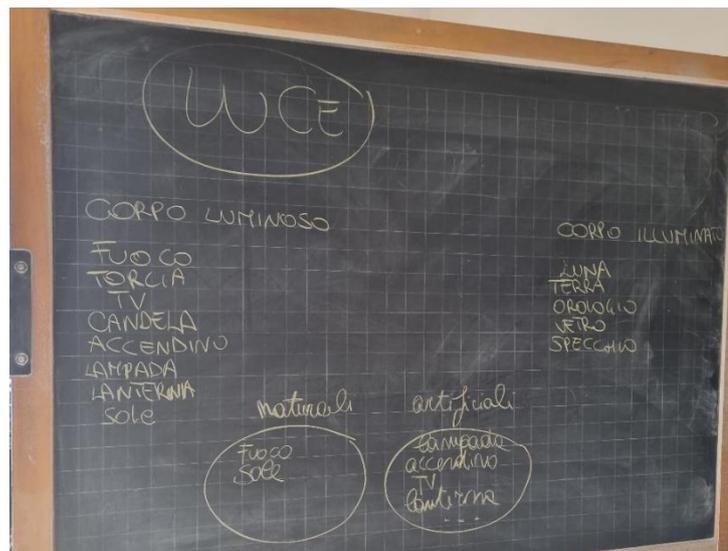


Figura 43: Appuntiamo alla lavagna gli esempi di corpi illuminati e corpi luminosi.

Fatto ciò, riprendo l’affermazione posta da Paolo per chiarire che lo specchio non fa parte della categoria dei corpi luminosi e cerco di indagare attraverso diverse domande per capire cosa c’è alla base di questo suo dubbio.

- Paolo: “Ah no maestra ho sbagliato. *Però a differenza di altri oggetti, lo specchio non trattiene la luce, ma permette di far continuare il suo percorso.*”

- **IO:** *“Paolo non ha detto una cosa sbagliata, guardiamo insieme come si comporta la luce di questa torcia quando colpisce oggetti diversi.”*

Detto ciò, prendo diversi materiali che ho portato in aula e, con la luce della torcia faccio vedere loro che in alcuni essa passa attraverso, per altri essa viene trattenuta e con altri essa passa attraverso.

Prima, però, attendo che i bambini facciano delle previsioni, e poi li invito a sperimentare. Anche in questo caso, raggruppo gli oggetti in base al comportamento di essi rispetto alla luce:

- La luce passa tutta;
- La luce passa solo un po’;
- La luce non passa;
- La luce rimbalza e torna indietro.

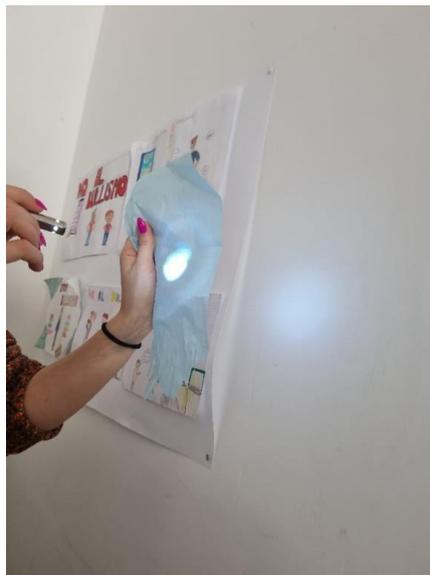


Figura 44: *La luce attraverso un corpo traslucido. (Carta velina)*



Figura 45: *La luce attraverso un corpo trasparente come il vetro.*



Figura 46: *La luce colpisce un corpo riflettente come lo specchio*

Nominiamo allora gli oggetti come:

- corpi trasparenti (lasciano passare la luce), come il vetro che ho utilizzato;
- corpi trasparenti translucidi (la visione diventa meno nitida man mano che ci si allontana da essi); come la carta velina;
- corpi opachi (non lasciano passare la luce in modo apprezzabile, quindi è impossibile vedere attraverso); come il libro;
- corpi riflettenti (ci permettono di vedere il nostro riflesso o quello della luce), come lo specchio.

Per la prossima attività scelgo di prendere tre bicchieri con al loro interno tre liquidi diversi e mostro ai bambini come cambia la visione del cucchiaino posizionato al loro interno.



Figura 47: *Immergo il cucchiaino in sostanze diverse: nell'acqua esso è visibile.*



Figura 48: *Immergo il cucchiaino in sostanze diverse: esso non è più visibile se immerso nel latte*

(Anche se non ho foto del cucchiaino immerso nel the, abbiamo visto insieme che esso si vede poco.)

Quello che faccio prima di iniziare una qualsiasi spiegazione è attendere sempre prima le previsioni dei bambini, per poi intervenire qualora essi dovessero spostarsi troppo dal centro dell'argomento.

In questo caso i bambini hanno saputo dirmi subito quando il cucchiaino sarebbe stato visibile, quando no e perché.

- *Paolo: "Maestra questo l'ho capito bene! Lo voglio spiegare io. Allora, nell'acqua il cucchiaino si vede bene perché l'acqua è trasparente; invece, nel latte il cucchiaino non si vede perché è come se fosse un corpo opaco!"*
- ***IO: "E nel the?"***

- *Matteo: “Secondo me si vede bene il cucchiaino”*
- *Matteo: “No, si vede solo un po’ perché è come se fosse un corpo traslucido!”*
- *Paolo: “Maestra poi ho notato un’altra cosa: nell’acqua il cucchiaino sembra ingrandito”*

A questo punto mi sposto dall’argomento centrale che stiamo affrontando e decido di discutere su un altro fenomeno percettivo che verrà ripreso nelle prossime lezioni in modo più approfondito. Paolo, infatti, ha notato che il cucchiaino sembra essere più grande poiché il bicchiere che ho utilizzato è un bicchiere curvo e, quando la luce passa da un mezzo con indice di rifrazione minore, ad un mezzo con un indice di rifrazione maggiore, in un corpo curvo, l’immagine all’interno di quest’ultimo appare allargata.

Preferisco però che questo argomento, non ancora trattato, fosse anticipato proprio da questa riflessione di Paolo. E allora chiedo:

- ***IO: “Perché vediamo il cucchiaino più grande nell’acqua?”***
- *Elena: “Perché l’acqua dentro fa diventare il bicchiere una lente.”*
- *Mario: “Perché l’acqua è trasparente?!”*
- *Elena: “aaah! Ci sono! Perché il bicchiere è a cerchio!”*
- *Matteo: “E’ come una lente!”*
- ***IO: “Bravo! È proprio così!”***

Riprendendo il discorso su corpo opaco e corpo trasparente propongo loro un altro esempio: pensiamo al mare; esso più diventa profondo e meno ci consente di vedere il fondo. In particolare, con questo esempio i bambini possono comprendere che qualsiasi corpo trasparente può diventare opaco man mano che aumenta il suo spessore. Viceversa, che se un oggetto ha uno spessore davvero ridotto, può diventare quasi trasparente. Grazie a queste prime sperimentazioni, gli alunni possono comprendere che c’è una sovrapposizione di risultati quando si ha a che fare con il “guardare attraverso” e “far passare la luce attraverso gli oggetti”. Infatti, visione e luce non sono due fenomeni distinti, al contrario la visione è resa possibile proprio perché dagli oggetti si diffondono raggi di luce che colpiscono i nostri occhi, consentendoci di vederli.

In linea retta e in tutte le direzioni

Dopo aver ampiamente parlato del concetto di visione appare per i bambini semplice descrivere il percorso della luce. A sostegno di ciò, mi posiziono davanti a loro e mostro il percorso che la luce compie uscendo dalla torcia che ho in mano. Senza dire altro, propongo ai bambini di disegnare sul quaderno di scienze questo percorso, per verificare in che modo lo rappresentano.

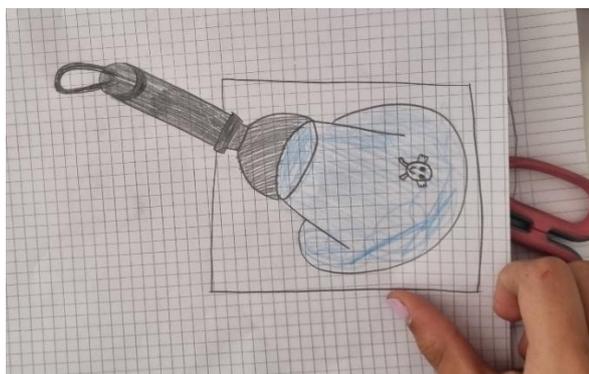
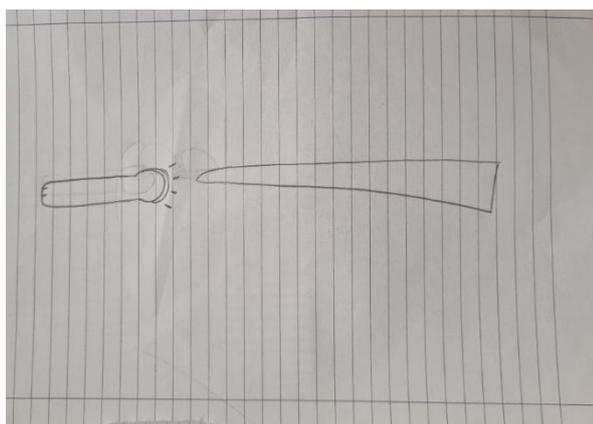
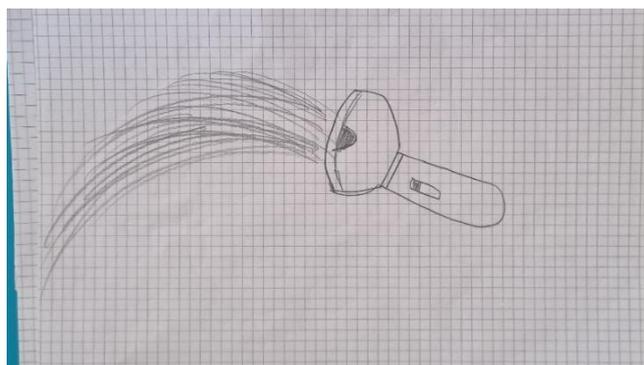


Figura 49: *Percorso di luce disegnato dagli alunni.*

Guardando i disegni dei bambini, appunto, posso notare che quasi tutti hanno illustrato un fascio di luce che si propaga seguendo una linea retta, fino a raggiungere un oggetto opaco che permette alla luce di fermarsi e formare un cerchio su questo.

Durante questo quinto incontro gli alunni mi hanno dimostrato di comprendere che la luce è composta **da tanti raggi che viaggiano in linea retta e in tutte le direzioni, fino a raggiungere i nostri occhi.**

Tuttavia, le attività che seguiranno puntano a dimostrare che non sempre il percorso della luce si presenta in questo modo: come abbiamo già visto ci sono degli oggetti, come lo specchio, che permettono alla luce di continuare il proprio viaggio di propagazione, senza che esso venga ostacolato.

Il fenomeno della riflessione sarà approfondito meglio nella prossima lezione.

3.9 LA RIFLESSIONE

SESTO INCONTRO

La parola “riflessione” è spesso associata all’imparare, al modo in cui, appunto, si riflette. Riflettere significa soffermarsi a guardare meglio, verificare se una cosa è reale o meno, un prodotto della natura o della nostra immaginazione. Riflettere è anche trasmettere di nuovo le cose a qualcun altro per guardarle da un punto di vista differente.

Dal punto di vista scientifico il fenomeno è spiegato dalla legge di Snell, la quale afferma che, quando un raggio di luce (raggio incidente) colpisce una superficie riflettente piana, come quella di uno specchio, esso viene riflesso (raggio riflesso) in modo tale che l’angolo di incidenza sia identico all’angolo di riflessione. Entrando nello specifico, essa si compone di due leggi:

- “Prima legge: il raggio incidente, il raggio riflesso e la perpendicolare alla superficie riflettente nel punto di incidenza appartengono allo stesso piano.
- Seconda legge: l’angolo di incidenza è uguale all’angolo di riflessione.⁹⁶”

⁹⁶ https://online.scuola.zanichelli.it/amaldi-files/Cap_17/Cap17_Onde_e_InduzElettromagn_Amaldi.pdf

I bambini sono molto incuriositi e mi chiedono di spiegare loro questa legge riprendendo le parole utilizzate durante l'esame di "Elementi di Fisica". Cercando di accontentarli, mi reco alla lavagna e inizio a spiegare:



Figura 50: Legge di Snell sul fenomeno della riflessione

Cerco di capire passo dopo passo durante la mia spiegazione, se i bambini riescono a capirmi. Inoltre, come si può vedere dall'immagine, per introdurre il concetto di "normale" ho utilizzato un gioco che i bambini conoscono molto bene: l'impiccato. Questo può aiutare i bambini a memorizzare ancora di più questa parola e, magari, permettere loro di non dimenticarla durante gli esperimenti che riguarderanno questo fenomeno.

Nella lezione precedente abbiamo chiarito il dubbio sulla trasparenza dello specchio; partendo da questo concetto, distribuisco ad ogni bambino uno specchio e chiedo loro di utilizzarlo per "prendere" la luce, che esce dalla torcia che ho in mano, e indirizzarla su oggetto scelto.



Figura 51: *Ciro cerca di indirizzare il riflesso della luce sulla maestra di fronte a lui.*

Chiedo, poi, ad un bambino con la torcia e ad uno con lo specchio di posizionarsi uno di fronte all'altro. Osservando la luce che “torna indietro” e colpisce il bambino con la torcia, possiamo verificare che a volte il percorso del raggio incidente e quello del raggio riflesso coincidono.

IL RAGGIO RIFLESSO

L'obiettivo della seguente attività è quello di dimostrare che il raggio incidente, il raggio riflesso e la normale allo specchio giacciono sullo stesso piano⁹⁷. A tal proposito, ho diviso i bambini in gruppi da tre ed ho distribuito loro un foglio bianco, una torcia ed uno specchietto. Lo scopo finale è quello di disegnare sul foglio il fascio di luce visibile. Durante l'attività ho chiesto agli alunni di disegnare la “normale” nel punto di incidenza e di rappresentare all'interno del fascio disegnato la propagazione rettilinea della luce attraverso una linea, la quale può essere rappresentata dalla lettera “V”, come vediamo in figura.

⁹⁷ *Prima legge di Snell.*

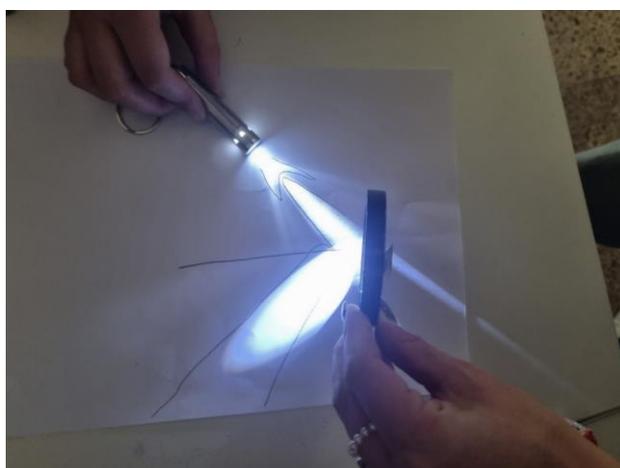


Figura 52: I bambini disegnano i raggi incidenti e riflessi e la normale tra i due raggi.

Durante questo esperimento non mancano però le difficoltà:

- Anita: *“Maestra io non so se ho capito.”*
- Paolo: *“La normale è questa al centro?”*
- **IO:** *“Esatto, Paolo.”*
- MarioDG: *“Maestra il raggio incidente è questo che colpisce lo specchio, giusto?”*
- Federica: *“Sì, Mario.”*
- MarioDG: *“E il raggio riflesso?”*
- Anna: *“E’ quello che esce dallo specchio.”*
- **IO:** *“Anna perché il raggio entra nello specchio?”*
- Anna: *“Nono, però è per farlo capire a Mario. Il raggio non entra nello specchio, ma rimbalza su esso.”*

A tal proposito, utilizzando uno specchio, una matita ed un foglio propongo una sequenza di attività sulla simmetria: cerco, insieme a loro, di evidenziare l'effetto di riflessione prodotto sulle immagini dallo specchio. Per comprendere bene il fenomeno, distribuisco ai bambini dei fogli sui quali sono stampate alcune lettere, e li aiuto a posizionare lo specchietto in vari modi, per notare come appare l'immagine riflessa.

In particolar modo, gli alunni devono individuare l'asse di simmetria, verticale o orizzontale, di ogni lettera e notare l'effetto di “ribaltamento” che si verifica nello specchio.

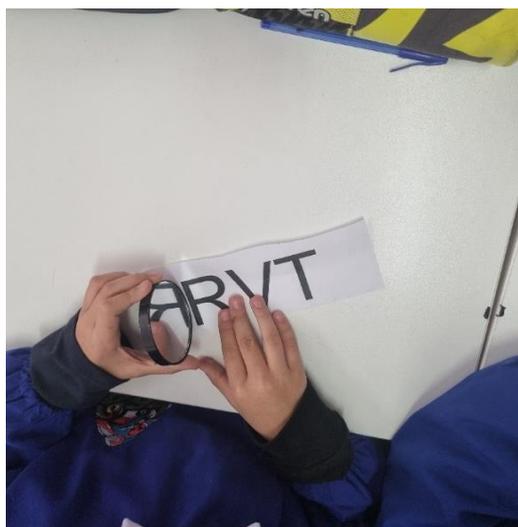


Figura 53: Lo specchio come asse di simmetria delle lettere

- Matteo: “Oddio!! Nello specchio posso vedere la metà della parola! Che bello!”

- Paolo: *“Si perché lo specchio completa l'altra metà.”*
- **IO:** *“Perché nello specchio vediamo l'immagine ribaltata, secondo voi?”*
- Riccardo: *“Secondo me perché lo specchio riflette l'immagine che sta puntando, solo che la mostra al contrario.”*
- **IO:** *“E perché?”*
- Paolo: *“Perché è come se fosse una linea di simmetria.”*
- **IO:** *“Cosa?”*
- Matteo: *“Lo specchio.”*
- **IO:** *“Ma che bravi che siete!”*

Effettivamente i bambini mi hanno stupito ancora: hanno saputo subito rispondermi correttamente.

- Anita: *“Sofì lo sappiamo bene perché abbiamo da poco affrontato l'argomento con la maestra Emma.”*

Ma vediamo cosa succede se visualizziamo dallo specchio la parola “CHiodo”, scritta in maiuscolo. I bambini possono notare come questa parola sia l'unica rispetto alle altre esaminate a non cambiare nello specchio.

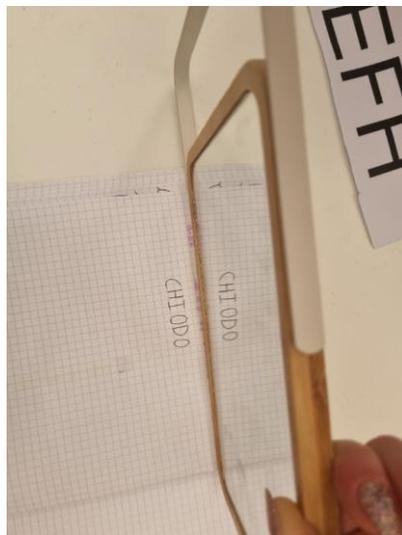


Figura 54: La parola "chiodo" non appare diversa nello specchio.

- MarioDG: *“Maestraaaa! Questa io la vedo identica a come l'ho scritta!”*
- Mario: *“Ma perché?”*
- **IO:** *“Eh! Provate a dirmelo voi, perché succede questo?”*

- *Paolo: “Maestra perché queste lettere della parola “CHIODO” possono essere girate, ma verranno viste sempre uguali.”*
- *Matteo: “Eh però dobbiamo dire perché”*
- *Riccardo: “Perché hanno tutte lo stesso asse di simmetria”*

Tutte le lettere della parola “chiodo”, proprio come ha detto Riccardo, sono simmetriche rispetto all’asse orizzontale per cui riusciamo a leggere la parola sia sul foglio di carta che nello specchio.

La legge di Snell della riflessione è in grado di spiegare, inoltre, il motivo per cui, quando ci specchiamo in uno specchio piano, la nostra immagine riflessa è simmetrica e speculare: infatti, ciò che accade alla luce della torcia è la stessa cosa che accade ad un oggetto posto di fronte allo specchio. Chiedo ai bambini che cosa succede quando loro stessi si specchiano.

- ***IO: “Succede la stessa cosa che si verifica con le lettere?”***
- *Mario: “Si!”*
- *Anita: “No. Se ti guardi nello specchio vedi le cose al contrario.”*
- *Paolo: “Maestra, faccelo vedere tu!”*

Propongo un gioco: non avendo uno specchio abbastanza grande, decido di farmi uno specchio, diventando la loro immagine riflessa. Ad ogni loro gesto ne faccio uno uguale e contrario. Invito un bambino a posizionarsi di fronte a me e chiedo di alzare una mano



Figura 55: *mi fingo lo specchio di Mario.*

- ***IO: “Che mano ha alzato Mario?”***
- *In coro: “La destra!”.*
- ***IO: “Ed io che mano ho alzato?”***
- *In coro: “La sinistra!”*
- ***IO: “Allora l’immagine nello specchio è identica alla realtà?”***

Spiego allora che le immagini nello specchio sono virtuali (cioè non reali), simmetriche (cioè combaciano all’immagine incidente, punto per punto) e speculari (si inverte la destra con la sinistra.)

Consapevole del fatto che divertendosi si impara meglio, sono molto soddisfatta della lezione. Mi preme, però, riprendere il discorso sulla riflessione durante la prossima lezione, in quanto in una sola ora non sono riuscita a sperimentare con tutte le attività che mi ero proposta di trattare.

3.6 Riflessioni multiple e caleidoscopio

SETTIMO INCONTRO

Per affrontare il discorso sulle riflessioni multiple, consegno degli specchietti ad ogni bambino e chiedo loro di posizionarsi uno di fronte all'altro. In questo modo si divertono ad osservare l'infinità di immagini che si creano tra gli specchi.

Gli alunni, entusiasti, mi chiedono di creare dei percorsi di luce; così, consegno loro delle torce e degli specchietti e, unendo i banchi, li faccio posizionare in modo da formare un unico grande gruppo. Questa attività ha richiesto più tempo del previsto perché, in un primo momento, non riuscivano a posizionare gli specchietti in modo adeguato.



Figura 56: *Riflessioni multiple e percorsi di luce con gli specchi.*

- Anna: *“La luce è su Anita! Deve colpire lo specchio che ha Matteo!”*
- Elena: *“Ora è su Paolo!”*
- Matteo: *“Ragioniamo su come possiamo fare!”*
- Paolo: *“Aspettate! Ascoltatemi! Forse ho capito”.*
- Matteo: *“Maestra io ho capito che gli specchi devono essere messi un po’ verso il basso, altrimenti la luce viene riflessa verso l’alto ed è più difficile prenderla”*
- Ciro: *“Sì, e poi non dobbiamo acchiappare la luce da lontano, ma cercare di intercettare il fascio da più vicino.”*

I bambini sono riusciti nel loro intento e vorrebbero creare tanti percorsi diversi. Tuttavia, il tempo che abbiamo a disposizione non è molto e vorrei proporvi un’altra attività. Decido, infatti, di costruire un caleidoscopio unendo con del nastro adesivo tre pezzi di specchio ed invito i bambini a guardarvi dentro. Spiego ai bambini che quello che riescono a vedere non è altro che una serie di riflessioni dovute alla presenza degli specchi e, in particolare, riescono a vedere delle figure simmetriche, formate dall’immagine diretta unita a quelle create dalle riflessioni degli specchi.



Figura 57: *Esempio di quello che vedono i bambini nel caleidoscopio*

I caleidoscopi che ho costruito in precedenza sono due, uno più grande e semplice, e l’altro, più piccolo, in cui ho posizionato dei pezzetti di plastica colorata. La loro reazione è stata di forte entusiasmo ed ognuno di loro non vedeva l’ora di guardare attraverso lo strumento.



Figura 58: *I bambini guardano attraverso il caleidoscopio.*

- *Elena: “Maestra è bellissimo!!”*
- *Matteo:” lo voglio anche io! Fai un tutorial su you tube, così possiamo costruirlo anche a casa!”*
- ***IO: “Non serve che io vi faccia un tutorial, ora vi consegno 3 specchietti e voi dovete provare a costruirne uno”***
- *Paolo: “Maestra ma questi ce li regali? Possiamo tenerli?”*
- ***IO: “Certo! Li lascio in classe”***
- *“Evvaiiii!”*





Figura 59: *Gli alunni provano a costruire un proprio caleidoscopio unendo 3 specchietti.*

Divido gli alunni in due gruppi e propongo un'altra attività. Per svolgere questa attività è stato necessario unire due specchi in modo tale da formare un angolo. Scopriamo che quando un oggetto viene messo tra due specchi piani la sua luce rimbalza avanti e indietro riflettendosi prima in uno specchio e poi nell'altro, per poi raggiungere i nostri occhi. Inoltre, il numero delle immagini prodotte dipende dall'angolo formato dagli specchi poiché, man mano che l'ampiezza dell'angolo si restringe, la luce rimbalza più spesso tra gli specchi più e le immagini visibili aumentano di conseguenza.

Per far acquisire tali conoscenze ho chiesto ai bambini di disegnare un quarto di figura in un angolo di foglio e, senza dare ulteriori spiegazioni, ho aspettato, ascoltando le loro ipotesi, che arrivassero alla soluzione.

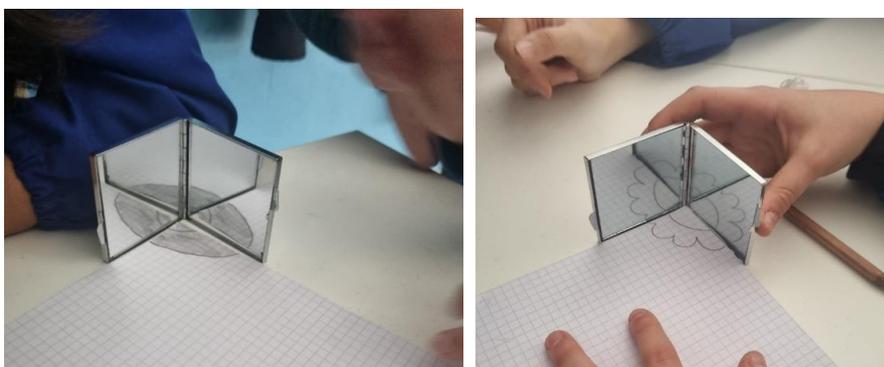


Figura 60: *Riflessioni multiple tra specchi e assi di simmetria dei disegni*

- Federica: “Oddio ma è bellissimo!”
- Anita: “Sembra che l’immagine entra nello specchio!”
- Paolo: “Sofia, se chiudo un po’ lo specchietto, le immagini diventano di più!”
- Matteo: “Vero! Proviamolo tutti!”

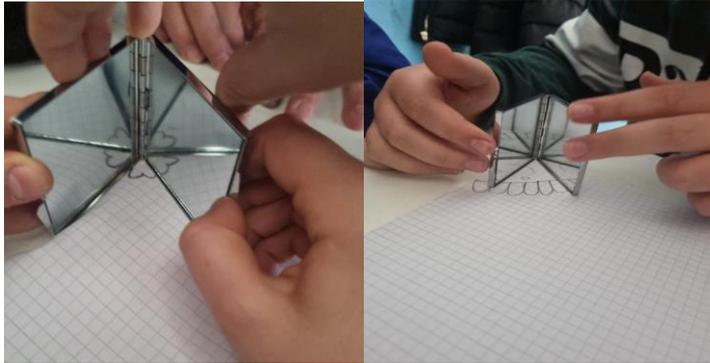


Figura 61: I bambini verificano che più piccolo è l'angolo dello specchietto, più immagini si formano.

- Paolo: “Più è grande l’angolo meno immagini si formano”

Abbiamo, poi, discusso anche sul perché si formano diverse immagini e tutti sono d’accordo su ciò che ha ricordato Paolo sui precedenti incontri:

“La luce viaggia da una parte all’altra dello specchio e forma tante immagini”.

La lezione è volta al termine. Durante questo incontro abbiamo visto che la luce si propaga spesso in linea retta e, in particolare, ci siamo soffermati sul concetto di riflessione; occorre adesso chiederci e vedere insieme cosa accade alla luce quando passa da un mezzo come l’aria ad un mezzo come l’acqua. Questo può essere spiegato dalla seconda legge di Snell.

3.5 LA RIFRAZIONE

OTTAVO INCONTRO

Proprio come ho fatto per descrivere il fenomeno della riflessione, disegno alla lavagna la rappresentazione grafica della legge di Snell e pongo delle domande agli alunni per verificare se ricordano quanto detto nelle lezioni precedenti.

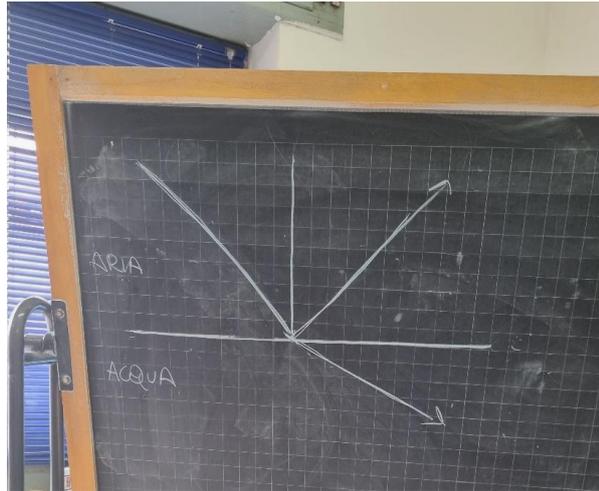


Figura 62: Legge di Snell sul fenomeno della rifrazione

Indico i diversi raggi che ho disegnato e chiedo:

- **IO:** *“Questo raggio come si chiama?”*
- *In coro: “Incidente”*
- **IO:** *“Questo?”*
- *“Riflesso!”*
- **IO:** *“E questo?”*
- *“Rifratto”*
- **IO:** *“Cosa possiamo dire del fenomeno della rifrazione?”*
- *Matteo: “Maestra a differenza della riflessione, dove la linea orizzontale indica per esempio lo specchio, nella rifrazione è la divisione di due mezzi, per esempio aria e acqua.”*
- *Paolo: “E nell’acqua il raggio di luce viene spostato”*
- **IO:** *“Sapreste dirmi anche perché viene deviato il raggio rifratto?”*
- *Rodolfo: “Perché l’acqua si muove (?)”*
- **IO:** *“Facciamo diversi esperimenti per capirlo meglio.”*

Quando la luce passa da un mezzo all'altro, essa viene deviata. Questo fenomeno fu descritto dai Greci nel sesto secolo a.C., e quello che ho proposto per questa lezione riprende proprio l'esperimento fatto da uno dei padri della scienza moderna: Talete di Mileto. Egli viaggiò in Egitto e dopo il suo ritorno a Mileto divenne il disseminatore delle conoscenze di matematica egizia tra i greci. Nella filosofia naturale, egli ha dettato le basi per una descrizione di tipo razionale dei fenomeni, prendendo le distanze dalla concezione che vedeva la natura descritta mitologicamente, e cercando invece di spiegare come il mondo si sia sviluppato partendo da una materia prima (l'acqua), da cui derivano tutte le altre sostanze. L'esperimento proposto riguarda, appunto, la propagazione della luce ed è molto semplice da ricreare; difatti, mi sono servita di pochi materiali: un contenitore non trasparente, dell'acqua e una monetina.

Chiedo ad un bambino di posizionarsi in modo da non vedere il fondo della bacinella dove si trova la monetina, (come possiamo vedere nella figura 86). Versando lentamente l'acqua nel contenitore, l'alunno riesce a vedere la monetina, nonostante essa non si sia spostata e sia sempre in linea retta nascosta alla nostra visuale. Come possiamo spiegarci ciò?



Figura 63: *La monetina nella bacinella si vede quando viene aggiunta l'acqua*



Figura 64: La monetina risulta visibile dopo aver aggiunto l'acqua nella bacinella.

- Giuseppe: “Maestra ma si è spostata la monetina quando abbiamo aggiunto l’acqua?”
- **IO: “No bambini, la moneta non si sposta”**
- Mario: “E com’è possibile che riusciamo a vederla?”
- Matteo: “Voglio provare anche io!”
- Federica: “Si vede perché l’acqua fa galleggiare la moneta e la sposta in alto”
- **IO: “No, Fede. La monetina non galleggia.”**
- Paolo: “E’ un’altra illusione ottica!”
- MarioDG: “E’ la deviazione della luce!”

I bambini si posizionano alla cattedra a turno per visionare il fenomeno. MarioDG ci dice che è grazie alla deviazione della luce che riusciamo a vedere la monetina, ma non riesce a spiegarsi meglio.

Allora intervengo spiegando loro il concetto di indice di rifrazione e lo faccio cercando di utilizzare parole meno tecniche, ma che comunque riescono a rendere chiaro il concetto. Dico che la deviazione della traiettoria della luce che passa da un mezzo ad un altro, è prodotta dalla velocità di questa propagazione tra due mezzi. Ogni materiale ha, poi, un proprio indice di rifrazione, ovvero una grandezza che sta ad indicare quanto un mezzo modifica tale velocità.

A questo punto chiedo ai bambini di disegnare ciò che hanno sperimentato per vedere se hanno compreso il fenomeno osservato:

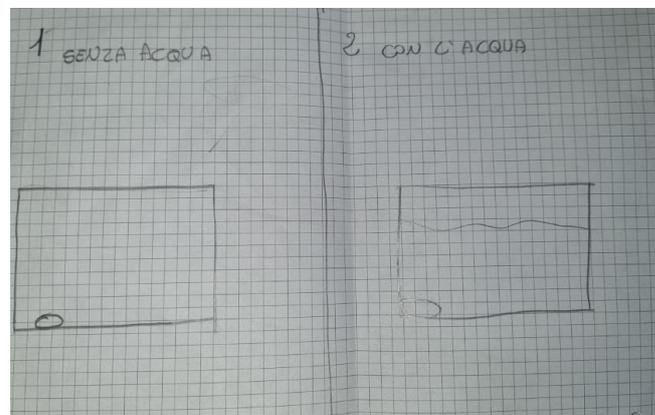
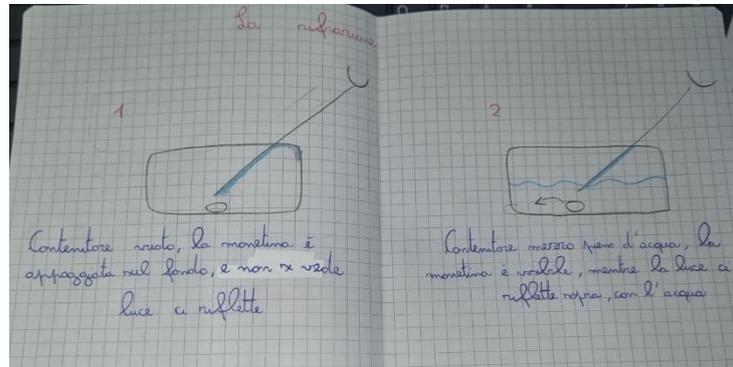


Figura 65: I disegni degli alunni dell'esperimento sulla rifrazione

Dopo aver visionato i disegni, mostro queste immagini esplicative dell'esperimento:

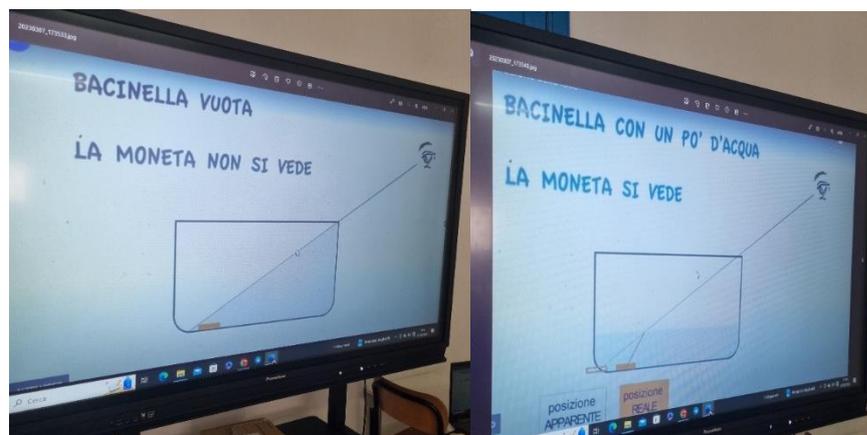
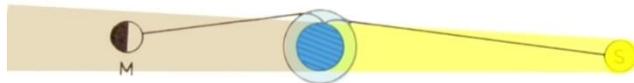


Figura 66: Spiegazione del fenomeno osservato.

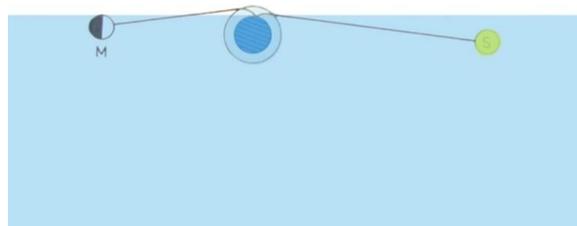
Questo semplice esperimento fu alla base di una geniale intuizione dell'astronomo Cleomede: egli, infatti, lo applicò al sole e alla luna scoprendo la *RIFRAZIONE ATMOSFERICA*.

La terra è circondata da un sottile strato di aria, e, ancora più intorno, c'è il vuoto. Poco distante ci sono la luna e il sole che in classe rappresento, rispettivamente, con una palla di polistirolo e con una lampadina.

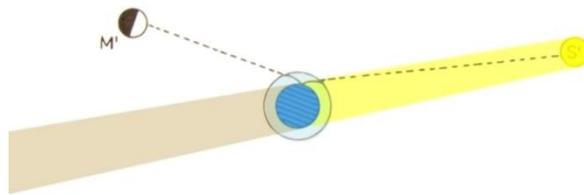
Cleomede osservò un'eclissi di luna, cioè quel fenomeno in cui la luna è nascosta dietro la terra, nel cono di ombra che la terra disegna di sé rispetto al sole.



Cleomede, osservando l'eclissi di luna, sapeva che la terra, la luna e il sole dovevano essere in questa posizione:



Tuttavia, quello che vedeva con i suoi occhi, era che sia la luna, che la terra, che il sole, erano nella stessa posizione sopra l'orizzonte: il sole non era ancora tramontato e la luna non era ancora sorta del tutto, tuttavia, la luna era già nel cono di ombra, quindi nell'eclissi.



Com'era possibile? Cleomede si servì dell'esperimento che abbiamo appena visto: apparentemente la luna e il sole sono entrambi sopra l'orizzonte, ma in realtà essi sono come la monetina al di sotto del bordo della bacinella, e sia la luna che il sole, entrambi sotto l'orizzonte, li possiamo vedere perché la loro luce viene deviata entrando nell'atmosfera.

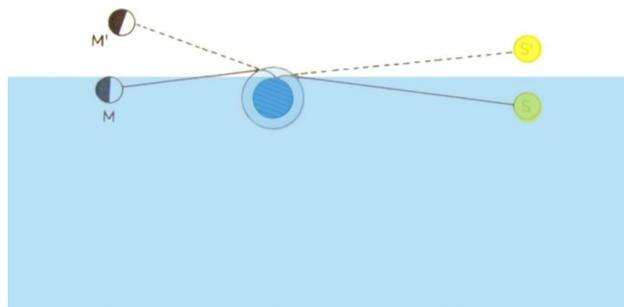


Figura 67: Rifrazione atmosferica

I bambini si mostrano affascinati da questa nuova scoperta e, proprio grazie a quest'ultima spiegazione, sembra che il fenomeno della rifrazione sia maggiormente stato compreso.

Per la realizzazione della seconda attività della giornata, prendo un foglio con due frecce e le posiziono dietro ad un beker trasparente e curvo.

- **IO:** *“Se io posiziono queste due frecce dietro questo contenitore trasparente con l'acqua, cosa si vede secondo voi?”*
- **Paolo:** *“Secondo me le frecce appaiono più grandi”*
- **Matteo:** *“No! Si invertono!”*
- **IO:** *“Bravo Matteo, e perché si invertono?”*

- *Matteo: “Perché il contenitore è come una lente di ingrandimento, e le frecce si allargano e si invertono”*
- *Rodolfo: “Eh, appunto, si ingrandiscono ma mica si invertono!”*
- ***IO: “Vogliamo vedere? Mettetevi tutti in gruppo davanti a me!”***



Figura 68: *I bambini, disposti in un unico gruppo, guardano l'esperimento*

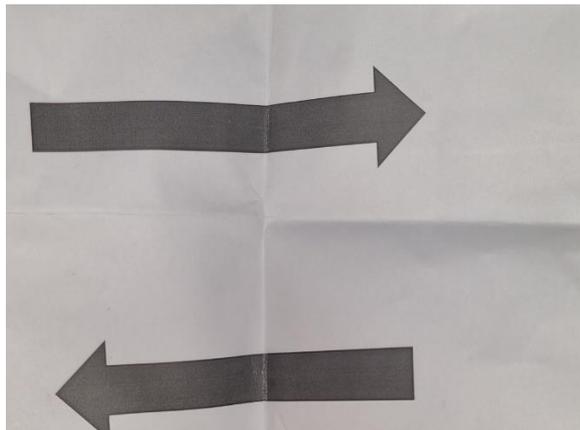


Figura 69: *direzione delle frecce senza contenitore con l'acqua*



Figura 70: La direzione delle frecce appare contraria quando vengono posizionate dietro il contenitore con l'acqua

Come possiamo vedere dalle figure 97 e 98, le frecce cambiano direzione se viene aggiunta dell'acqua al contenitore cilindrico. Matteo ha ragione.

- *Mario: "Non ci credooo!"*
- *Anita: "Matteo aveva ragione!"*
- *Federica: "Avrei detto solo che le frecce potessero sembrare più grandi"*
- *Paolo: "Ma tu come le sai tutte queste cose?"*
- ***IO: "Le sapete anche voi. È per il fenomeno della rifrazione. Ora vi spiego spiego."***

Spiego ai bambini che questo effetto per loro strano e magico in realtà è spiegato proprio dalla rifrazione. In questo caso la luce ha effettuato un percorso dall'immagine, all'aria, fino a raggiungere il bicchiere di vetro ed infine attraversando l'aria prima di raggiungere nuovamente i nostri occhi. Ciò significa che la luce si è piegata 4 volte. Possiamo vedere, infatti, che se utilizzassimo un contenitore rettangolare la luce attraverserebbe una superficie piana e l'immagine resterebbe dritta. Nel nostro esperimento abbiamo utilizzato un cilindro e, quindi, la luce ha attraversato una superficie curva, la quale funziona come una lente. In questo caso i percorsi di luce si incrociano e

l'immagine sembra essere capovolta orizzontalmente portando le frecce a cambiare direzione da sinistra a destra.

- *Matteo: "Maestra e se provo a inserire una matita nel contenitore?"*
- **IO: "Secondo voi cosa succede? Fate delle previsioni!"**
- *Paolo: "Secondo me la matita viene vista in modo diverso"*
- *Mario: "Ingrandita!"*
- **IO: "Ok, vediamo!"**



Figura 71: Il contenitore cilindrico funge da lente di ingrandimento e mostra la matita ingrandita.

- *Anita: "Maestra si vede tutto verde così"*
- *Riccardo: "Sì, infatti abbiamo già detto nelle scorse lezioni che il contenitore curvo funziona come una lente!"*
- *Mario: "E' vero, maestra. Anche Paolo lo aveva già capito quando abbiamo immerso il cucchiaino nel bicchiere d'acqua!"*

In questo caso i bambini possono vedere l'immagine ingrandita perché i raggi che attraversano questo tipo di oggetto si concentrano in un solo punto, chiamato fuoco. (Per questo le lenti di ingrandimento riescono a svolgere la loro funzione.) I raggi di luce che partono dalla matita posta dietro al cilindro pieno trasparente vengono deviati lungo la superficie creando l'illusione ottica. I nostri occhi e il

nostro cervello non sono consapevoli di ciò e vedono la matita più grande rispetto a com'è in realtà.

Visto l'entusiasmo generale, decido di farli sperimentare senza la mia guida e chiedo loro di far passare tra i banchi il contenitore di vetro per vederci attraverso.

Le risate sono state tante!

- *“Maestra sembra un filtro che sta su TikTok!”*
- *“Vedo tutto allungato!!”.*
- *“Mamma mia, sei goffissimo!”*



Figura 72: I bambini si divertono a guardarsi a vicenda attraverso il contenitore cilindrico con l'acqua.

- *Riccardo: “Maestra posso provare con la mia borraccia?”*
- *IO: “Sì, certo! Siete liberi di sperimentare.”*



Figura 73: *I bambini scelgono di sperimentare con le loro bottiglie.*

A questo punto chiedo ai bambini di farmi un disegno che ritragga il fenomeno imparato oggi e questi sono stati i risultati:

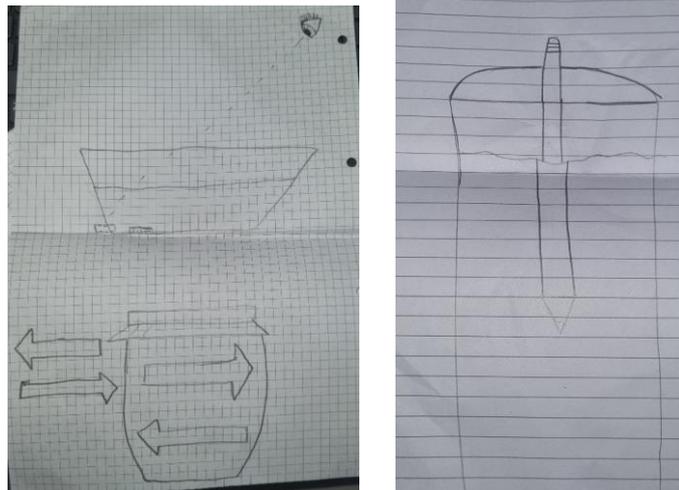


Figura 74: *Disegno dell'esperimento osservato.*

Per l'ultima attività della giornata utilizzo un contenitore trasparente, delle palline in gel colorate e delle palline in gel trasparenti. Posiziono il materiale sulla cattedra e inserisco nel contenitore prima di tutto le palline, le quali sono visibili agli occhi dei bambini; nel momento in cui aggiungo l'acqua, però, le palline trasparenti non sono più visibili, mentre le palline colorate sì. Chiedo allora ai bambini il perché di questo risultato per loro inaspettato:



Figura 75: *Le palline di gel trasparenti risultano visibili senza l'aggiunta di acqua*



Figura 76: *Le palline in gel trasparenti non sono più visibili nel momento in cui viene aggiunta l'acqua nel bicchiere*

- *MarioDg: “Sofia le palline trasparenti sono scomparse!”*
- *Rodolfo: “Si mimetizzano. Come il camaleonte!”*
- *Matteo: “Però quelle colorate no!”*
- *Anita: “Oddio e perché?”*
- *Mario: “Perché le palline hanno lo stesso colore dell’acqua!”*
- *Riccardo: “E perché il bicchiere è trasparente come l’acqua, e l’acqua non fa vedere la forma delle palline”.*

- **IO: “Riflettete sugli esperimenti che abbiamo fatto fino ad ora. La luce del sole in questo caso cosa ci sta mostrando?”**
- *Matteo: “Maestra in questo caso la luce attraversa prima il bicchiere, poi le palline e poi raggiunge il nostro occhio.”*
- **IO: “E perché le palline trasparenti non riusciamo più a vederle se aggiungiamo l’acqua?”**
- *Paolo: “Perché le palline sono acqua!”*
- **IO: “Esatto! Le palline di gel sono costituite quasi interamente da acqua; quindi, l’indice di rifrazione dell’acqua e delle palline è lo stesso. La luce cammina in linea retta e non si piega quando va’ dall’acqua alle palline.”**

Spiego, inoltre, che noi siamo in grado di vedere le stelle brillare proprio per questo fenomeno: la luce di una stella attraversa diversi strati dell’atmosfera terrestre prima di arrivare fino a noi e questi strati hanno temperature e densità diverse.

- *Matteo: “Ah maestra ora ho capito. Anche in questo caso le palline trasparenti non si vedono perché la luce non si divide come nel caso delle frecce!”*
- *MarioDG: “Comunque il fatto che spieghi le cose e poi ce le fai anche vedere...cioè, è figo!”*
- *Anna: “Sì, maestra veramente. Capiamo meglio.”*

Si è conclusa un’altra giornata con la classe VB. I bambini mi dimostrano volta per volta di aver compreso qualcosa di nuovo o, comunque, di aver consolidato conoscenze pregresse. Quest’ultima conversazione mi ha arricchito di entusiasmo e motivazione e lascio l’aula con un po’ di tristezza. Gli incontri, però, non sono ancora terminati: dopo aver parlato della luce, non ci resta che parlare dell’altra faccia della medaglia. Il buio.

3.6 “Il buio è una luce nera”

NONO INCONTRO

I bambini parlano e cercano di spiegare e spiegarsi le cose:

- **IO:** “*Cos’è il buio?*”
- *MarioDG:* “*Le tenebre*”
- *Paolo:* “*Quando non c’è luce.*”
- *Matteo:* “*Assenza di luce*”
- *Federica:* “*E’ la luce nera*”

In questo terreno caotico di convinzioni ben radicate si impianta il lavoro seguente: per chiarire il concetto propongo un’attività ludica che aiuta a sperimentare le loro conoscenze acquisite durante questa esperienza e per valutare le loro capacità di problem solving.

Ricostruiamo il buio all’interno di una scatola.

Divido i bambini in due gruppi, i quali vengono a formarsi in modo diverso dal solito: per fare in modo che questa attività sia vissuta quasi come un gioco a squadre, scelgo io i primi due bambini che faranno da capogruppo; il capogruppo sceglie poi il prossimo componente del gruppo, il quale sarà quest’ultimo a scegliere il prossimo, e così via fino a quando i gruppi saranno formati.



Figura 77: *I bambini scelgono i componenti della loro squadra.*

Distribuisco le due scatole ai gruppi, chiedo loro di posizionare un oggetto all'interno della scatola e di guardare attraverso un piccolo foro che ho praticato precedentemente senza farmi vedere.

- *Mario: "Ma non si vede niente!"*
- *Paolo: "E' tutto buio, c'è bisogno della luce!"*
- *Anita: "Questo è il buio che ci hai chiesto prima!"*

A questo punto, dopo aver praticato un altro foro alla scatola, faccio passare la luce di una torcia attraverso il esso.

- *Ciro: "Ah! Ora si!!"*
- *Matteo: "Ora si vede!"*
- *Paolo: "Eh è ovvio che ora si vede! Abbiamo la luce che illumina l'oggetto!"*





Figura 78: *I bambini cercano di vedere l'oggetto posto all'interno della scatola tramite l'utilizzo della torcia.*

L'esperimento, tuttavia, non è questo. Voglio che gli alunni si confrontino per trovare la soluzione ad un problema:

- ***IO: “Provate adesso a ragionare: come posso fare per non vedere l'oggetto nella scatola, pur facendo entrare la luce? Quello che vi chiedo è di sperimentare e confrontarvi”***



Figura 79: *I bambini cercano di ricreare il buio nella scatola in modo da non vedere più l'oggetto posto al suo interno*

RISPOSTE GRUPPO 1:

- “Posizionando un cartoncino nero tra il buco e l’oggetto, l’oggetto non si vede.”
- “Possiamo mettere la scatola in senso verticale. In questo modo l’oggetto cade nell’angolo della scatola e non viene illuminato dalla luce della torcia.”

RISPOSTE GRUPPO 2:

- “Se posizioniamo un corpo opaco davanti all’oggetto, l’oggetto resta nella parte buia della scatola e la luce non lo raggiunge”

Ho valutato molto positivamente questa esperienza che ha appassionato i ragazzi, stimolato la discussione ed ha fatto emergere alcune idee fondamentali:

- Per poter vedere, la luce deve raggiungere l’oggetto.
- Più luce colpisce l’oggetto, meglio si vede.
- Per vedere la luce, essa deve arrivare all’occhio di chi guarda.
- Gli specchi e gli oggetti lucidi riflettono la luce.
- Il buio è assenza di luce.

Non ci resta ora che sperimentare con le ombre.

3.12 “C’è ombra dove la luce non vede”⁹⁸

DECIMO INCONTRO

La prima attività verso la scoperta delle ombre inizia con la visione di uno spezzone del cartone animato “Peter Pan”. Poiché lo schermo che di solito utilizziamo era occupato da un’altra insegnante, decido di far visionare il video tramite lo schermo del mio computer portatile.

⁹⁸ Titolo ripreso dalla teoria sviluppata dal filosofo italiano Roberto Casati nel libro “Alla scoperta della luce.”

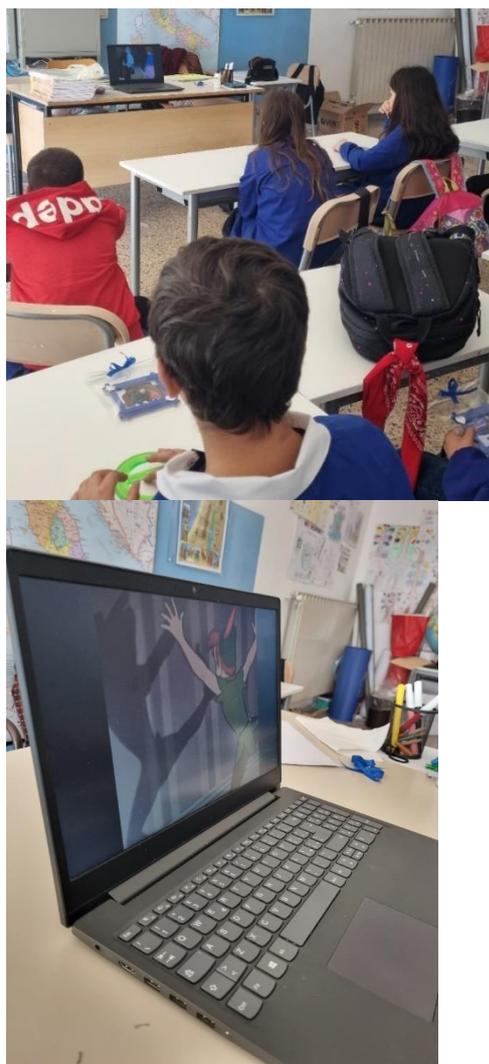


Figura 80: I bambini guardano con il PC lo spezzone del cartone animato.

Dopo aver guardato attentamente il filmato chiedo loro:

“Cosa hanno fatto Peter e l’ombra? Avete notato qualcosa in particolare?”

- *Matteo: “Si maestra, Peter Pan lo guardavo da piccolo! La sua ombra non lo segue e quindi la cuce al suo corpo”*
- *Paolo: “La sua ombra è cattiva. Non riesce a stare ferma.”*
- *Riccardo: “Solitamente la nostra ombra ci segue, quella di Peter Pan no.”*

Scrivo al centro della lavagna la parola “ombra” e, utilizzando ancora una volta la modalità di brainstorming, do tutti gli alunni hanno la possibilità di esprimere con libertà le idee e i concetti che questo termine suggerisce nella loro mente.

- ***IO: “Cos’è l’ombra?”***

Anche volta decido di non intervenire e mi limito ad appuntare sulla lavagna tutte le definizioni che riescono a darmi, senza apportare nessuna modifica alle loro parole.

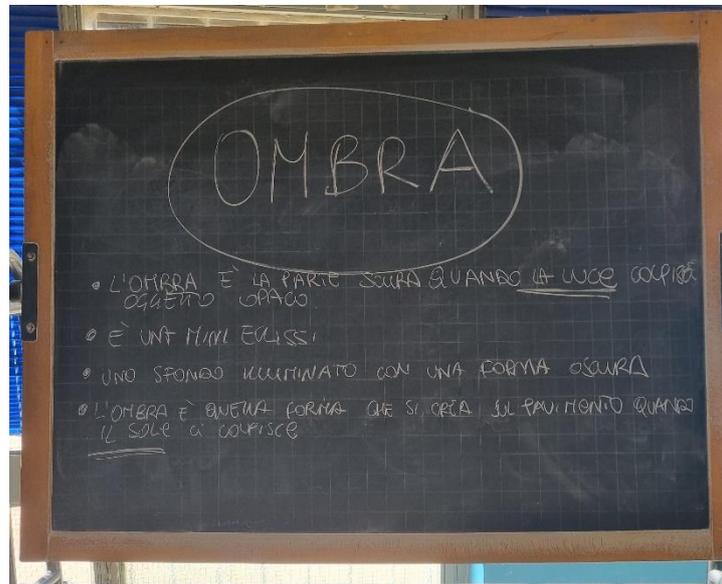


Figura 81: Appuntiamo sulla lavagna le definizioni di ombra suggerite dagli alunni

- *Rodolfo: "L'ombra è la parte scura quando la luce colpisce un oggetto opaco"*
- *Ciro: "E' quando c'è uno sfondo illuminato dietro, con una forma scura al centro."*
- *Paolo: "E' una mini eclissi, perché è come quello che si verifica in cielo quando la luna si trova nel cono di ombra."*
- *MarioDG: "L'ombra è quella forma che si crea sul pavimento quando il sole ci colpisce."*
- *Matteo: "Maestra a proposito di questo, mia nonna mi ha fatto vedere che quando il sole cambia posizione in cielo anche la nostra ombra cambia!"*
- ***IO: "Bravo Matteo, è proprio quello che vedremo oggi."***

Come si può vedere dalla figura, i bambini dimostrano di sapere l'idea che luce e ombra siano due concetti opposti ma legati (l'ombra è l'assenza di luce. Cit.). Attraverso le prossime attività ho cercato di ampliare ed approfondire tali conoscenze: le seguenti sperimentazioni sono finalizzate a comprendere, prima

di tutto, 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 uno spazio che possiamo definire come zona d'ombra. Per via della propagazione rettilinea della luce (la luce viaggia in linea retta ed in tutte le direzioni), le ombre si modificano per forma, direzione e intensità a seconda della posizione della sorgente.

Durante l'attività spengo la luce generale dell'aula, accendo la torcia e invito i bambini a posizionarsi tra la torcia e una parete della classe per vedere le ombre proiettate su di essa. Possiamo vedere le ombre cinesi generate dalle nostre mani. I bambini sono molto divertiti ed io chiedo loro di descrivermi che cosa osservano.

- *MarioDG: "Ciro, vieni vicino a me!"*
- *Ciro: "Sono belle anche le nostre ombre, maè"*
- *MarioDG: "Facciamo un cuore!"*
- *Anita: "Maestra, sulla parete si forma quello che facciamo."*
- *Paolo: "E' una proiezione di quello che facciamo."*
- *Mario: "La nostra ombra non è come quella di Peter Pan. Ci segue!"*



Figura 82: I bambini ricreano le ombre cinesi sulla parete dell'aula

- *Riccardo: "Maestra, quindi la nostra ombra in questo caso si crea perché la luce della torcia viene fermata dalla figura di Mario e Giro. Si forma quando c'è un ostacolo!"*
- *IO: Esatto, Riccardo. Ma, secondo voi, l'ombra è sempre una sola?*

- Anita: “No maestra, dipende dalle figure. Se ci sono più persone le ombre sono di più.”
- IO: “Mi spiego meglio: una sola figura può avere più di un’ombra?”
- Mario: “Aaah, allora no”
- Giuseppe: “Sì, dipende come metti la torcia: se la metti più bassa, l’ombra di Ciro si crea sia sul muro che sul pavimento.”
- Matteo: “Ma no! Quella è la stessa ombra, solo che la vedi sia sul muro che sul pavimento.”
- Federica: “Si possono creare diverse ombre in base a quante torce usi”
- IO: “Brava Fede. È proprio così.”

Per dimostrarlo, collego alla presa un piccolo proiettore, il quale mi permette di aggiungere un altro fascio di luce a quello della torcia già utilizzata prima.



Figura 83: I bambini vedono che le loro ombre aumentano all'aumentare del numero delle torce utilizzate.

Dopo questi primi esperimenti, chiedo nuovamente se hanno trovato altre particolarità dell’ombra da aggiungere alle definizioni scritte alla lavagna:

- AnnaMaria: “Maestra, quando avvicini la torcia, l’ombra diventa più piccola!”
- Paolo: “Però diventa più scura!”
- AnnaMaria: “Invece quando l’allontani gli oggetti sembrano più alti!”

- Rodolfo: *“Quindi l’ombra è dove non c’è la luce! Il contrario della luce!”*
- Mario: *“Quando c’è il buio si vedono le ombre.”*
- **IO:** *“Quindi le ombre si vedono solo al buio?”*
- MarioDG: *“Sì!”*
- Matteo: *“No maestra, al buio ci sono, ma non si vedono!”*
- **IO:** *“Esatto bambini! Quando l’intensità della luce è molto bassa, le ombre diventano sempre più deboli portandoci a pensare che non ci siano. In realtà ci sono, ma non riusciamo bene a distinguerle.”*

Soddisfatta di questa affermazione, chiedo ad ogni bambino di scegliere un oggetto, posizionarlo su un foglio A4 e disegnare l’ombra creata dalla luce che colpisce l’oggetto. Ogni bambino è libero di scegliere qualsiasi materiale che lo circonda e vedere l’ombra che si crea quando l’oggetto è colpito dal fascio di luce emesso dalla torcia.

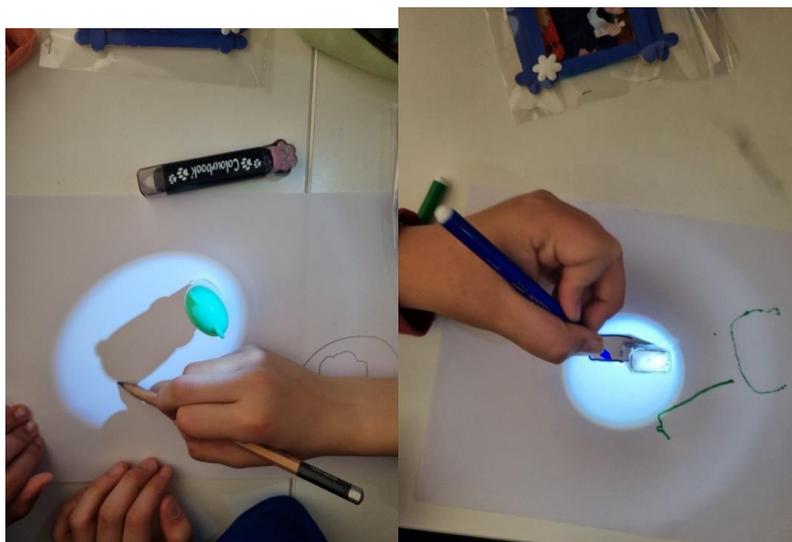


Figura 84: *Gli alunni disegnano le ombre di alcuni oggetti*

In particolare, illumino la figura con la torcia, avvicinandomi e allontanandomi, cambiando posizione da destra a sinistra. Chiedo, inoltre, di ricalcare, di volta in volta, la nuova ombra che si forma.

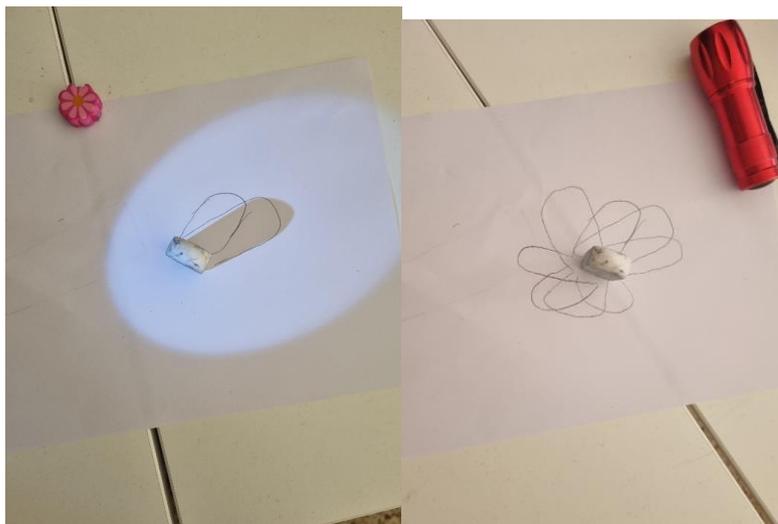


Figura 85: I bambini sperimentano che, cambiando l'inclinazione della torcia, cambia la direzione dell'ombra dell'oggetto colpito dalla luce.

- **IO:** *“Quindi se io sposto la figura, anche l'ombra cambia direzione?”*

A questo punto ruoto la figura mostrando che, in realtà, così facendo si modifica solo la forma, ma la direzione resta invariata.

- *Matteo: “Ah maestra ho capito! L'ombra segue la direzione della sorgente di luce!”*
- *Paolo: “Quando la torcia è a destra l'ombra va a destra, se la sposti a sinistra cambia la direzione!”*
- **IO:** *“L'ombra ha sempre la stessa dimensione? E perché è spesso allungata?”*
- *Paolo: “No maestra, l'ombra cambia in base alla posizione della luce”*
- *Mario: “Maestra, se la luce sta a sinistra, l'ombra sta a destra ed è più lunga”*

Disegno alla lavagna l'immagine di una persona e del sole, e chiedo ad un alunno di disegnarci la posizione dell'ombra.

- *Riccardo: “Maestra, posso venire io? Forse ho capito!”*
- *Matteo: “Nooo, Riccardo l'ombra è più bassa se il sole sta lì!”*
- **IO:** *“Vieni anche tu, Matteo; disegna la tua ombra”*



Figura 86: Matteo e Riccardo disegnano l'ombra in base alla posizione del sole in cielo.

Quando abbiamo giocato con le ombre cinesi abbiamo subito capito che muovendo la fonte di luce l'ombra delle nostre mani diventa più grande o più piccola: è una questione legata ai raggi di luce e alla loro inclinazione. Quando osserviamo l'ombra al sole, possiamo notare che questa risulta essere allungata poiché i raggi proiettano la nostra figura in maniera diversa rispetto alla realtà dal momento che ci raggiungono con un angolo dall'ampiezza minore rispetto alla superficie terrestre.

- **IO:** *“Bambini, vi è mai capitato di vedere la vostra ombra allungarsi o accorciarsi alla luce del sole?”*
- *Federica:* *“Sì, maestra!”*
- *Mario:* *“La nostra ombra cambia in base alle ore del giorno”*
- **IO:** *“E quando è più corta secondo voi?”*
- *“Boooh!”*

Mostro nuovamente il movimento rotatorio della torcia e dico:

“Fingiamo che questo sia il sole. Guardate cosa succede alla figura” e, così dicendo, mimo il movimento apparente del sole.

Spiego che l'ombra cambia perché la Terra ruota su sé stessa e viene illuminata in maniera diversa durante il giorno. Nei momenti in cui il sole sorge e tramonta, i raggi di luce raggiungono la Terra in modo inclinati, generando delle ombre chiare e più allungate; al contrario, quando il Sole si trova in una posizione più alta, intorno le ore 12:00 del pomeriggio, le ombre si presentano più sono corte

e scure. Infatti, l'illuminazione non è sempre uguale durante l'anno, ma cambia con le stagioni: le ombre invernali saranno più lunghe rispetto quelle estive.

Appurando che gli alunni hanno compreso, racconto che in passato non esistevano orologi, e quindi per conoscere l'ora, gli antichi usavano il sole. E come facevano?

Racconto loro che molte civiltà primitive erano solite osservare il sole, la luna e le stelle per tenere traccia del tempo e determinare in quale giorno o stagione si trovassero. Furono i popoli Babilonesi, nel Primo Millennio a.C., a dare una prima spiegazione dell'eclissi lunare osservando l'ombra della Terra generata sulla Luna.

Spiego agli alunni che il sole, nel suo moto apparente nel cielo, proietta la sua luce verso la Terra, illuminando ogni oggetto, il quale interrompe il fascio di luce generando delle ombre. Queste, dunque, non sono altro che zone di assenza di luce, parziale o totale. Poiché il moto apparente del sole varia nel corso di una giornata e nel corso dell'anno, l'ombra di un oggetto ha lunghezza e direzione differente. L'oggetto che maggiormente era utilizzato per stabilire l'orario era la meridiana, la quale sfruttava l'ombra proiettata su un piano di marmo o di legno (lo gnomone) per conoscere l'ora in base a calcoli geometrici⁹⁹. Lo gnomone era collocato su un piano, detto "quadrante", il quale veniva diviso con opportune linee per indicare le ore al variare dell'ombra. Più è alto il sole più corta è l'ombra.

Guardiamo insieme un video su YouTube per rendere più chiara la spiegazione:

⁹⁹ http://www.planetariodicaserta.it/wp-content/uploads/gnomone_scheda_didattica_2013.pdf



Figura 87: *Presentazione video sul moto apparente del sole*

- Giuseppe: *“Maestra, quindi a ogni ora del giorno cambia l’ombra!”*
- **IO:** *“Esatto. E come mai io muovo la torcia facendo un giro? Il sole fa un giro?”*
- Anita: *“No maestra! È la terra che si muove intorno al sole! Tu dicevi che il sole si muove solo per finta.”*
- **IO:** *“Si chiama moto apparente, ricordate?”*
- Matteo: *“Si! È apparente perché non è reale!”*
- Paolo: *“Forse è come un’illusione ottica, Sofia. Perché noi lo vediamo che si muove, ma in realtà ci muoviamo noi che siamo sulla terra.”*

Per verificare ciò che abbiamo detto, ci rechiamo nel cortile della scuola e chiedo ai bambini di posizionarsi di spalle al sole: sono le ore 12:00 e i bambini possono notare che le loro ombre sull’asfalto sono più corte rispetto alla loro altezza, (infatti, l’ombra è più lunga e sottile durante le prime ore del mattino, e ritorna ad allungarsi dopo le ore 12.)

Gli alunni si posizionano in gruppi da due e disegnano l’ombra del compagno proiettata dal sole sull’asfalto. Con l’utilizzo del metro, poi, misurano la propria altezza e la loro ombra, per poterle confrontare. Come ho spiegato, gli alunni notano che, in quel momento della giornata, l’ombra è più corta rispetto all’altezza del corpo. Successivamente misurano l’ombra anche attraverso

un'unità di misura non convenzionale: i piedi. Partendo o dalla testa o dai piedi dell'ombra disegnata, percorrono tutta l'ombra posizionando i piedi uno avanti all'altro. Il numero dei piedi che è contenuto dall'ombra rappresenta la misura dell'ombra stessa.

- *“Maestra, la mia ombra misura sei piedi e mezzo”.*



Figura 88: Gli alunni, divisi in gruppi da due, disegnano la loro ombra sul pavimento



Figura 89: Misuriamo l'altezza dei bambini e confrontiamola con quella dell'ombra: quello che possiamo notare è che l'ombra è più corta.

Nella prossima giornata, in un diverso orario, i bambini potranno registrare una lunghezza diversa della loro ombra.

3.13 Il sole e la misura del tempo.

UNDICESIMO INCONTRO

All'inizio di questo incontro ho deciso di riprendere l'argomento delle ombre e, in particolare, di soffermarmi su come possiamo vedere l'ora sfruttando la luce solare.

Prima di andare avanti con l'attività, però, ho preferito ripetere le nozioni trattate durante l'incontro precedente, non solo per valutare le conoscenze acquisite in merito, ma anche per fare in modo che loro potessero spiegarle a chi era assente durante quella giornata. In questo modo sfrutto la strategia didattica del peer tutoring, la quale consente ad un discente di diventare insegnante/tutor che sostiene l'apprendimento di altri in modo interattivo, intenzionale e sistematico.

- **IO: “Bambini cosa abbiamo imparato la volta scorsa? Spiegatele ad Elena come se voi foste l'insegnante”**
- *Ciro: “Allora Elena, abbiamo visto le ombre di alcuni oggetti, che si formavano grazie alla torcia.”*
- *MarioDG: “E abbiamo notato che se si spostava solo l'oggetto, l'ombra cambiava la forma.”*
- *Paolo: “Invece se si spostava la torcia, cambiava proprio la posizione dell'ombra.”*
- *Elena: “E perché scusa?”*
- *Mario: “Aeee! Mo chiedi troppo!”*
- *Rodolfo: “Eh perché così è!”*
- *Riccardo: “Elena anche il sole lo fa! Se ci fai caso la tua ombra non è sempre uguale. Dipende dalla posizione del sole!”*
- *Elena: “Ah questo è vero però!”*
- *MarioDG: “Elena guardami!! Se io metto la torcia così, in basso a sinistra, e l'oggetto lo metto al centro, e poi sposto la torcia prima in alto e poi tutta a destra, cosa succede?”*
- *Elena: “Ah!! Infatti, l'ombra è sempre diversa! Si muove! Ma funziona per tutti gli oggetti?”*

- *Paolo: “Eh no! Perché non tutti gli oggetti formano l’ombra!”*
- *Matteo: “Se ti ricordi bene, le altre volte abbiamo visto che ci sono degli oggetti trasparenti che non possono fare ombra”*
- *Mario: “Che genio guarda! Lo sappiamo tutti”*
- *Rodolfo: “Ah Elena! Abbiamo anche visto che l’ombra può essere più di una, dipende da quante torce usiamo. L’altra volta ne abbiamo usate 2.”*
- *Paolo: “Maestra, se hai fatto le foto, gliele puoi mostrare? Così capisce meglio quello che vuole dire Rodolfo!”*
- ***IO: “Si, certo!”***

Collego il pc alla LIM e faccio vedere ad Elena le foto che ho scattato durante la lezione precedente:

- *Paolo: “Ecco! Guarda! Rodolfo sta tra la torcia e il muro e quelle sono le sue ombre quando Sofia ha aggiunto una seconda luce”*
- *Elena: “Bellissimooo! Non devo più fare assenze, altrimenti mi perdo queste lezioni!”*
- *Rodolfo: “Poi siamo usciti fuori e abbiamo visto le nostre ombre.”*
- *Paolo: “Eh... veramente è stato un po’ difficile perché il sole andava e veniva”*
- *Matteo: “Però oggi potremmo rifarlo, così Elena vede la sua ombra e vediamo quanto è alta”*

Durante questa conversazione i bambini dimostrano di aver compreso che durante le diverse ore del giorno e nei diversi mesi dell’anno, l’ombra proiettata dal sole sul pavimento risulta diversa per forma e direzione. Per poterla misurare hanno capito che gli antichi popoli si servivano delle meridiane e di alcuni strumenti, come per esempio lo gnomone.

Per la successiva attività ho scelto di far costruire ai bambini uno strumento semplice che consente loro di misurare l’ora, anche senza l’utilizzo dell’orologio.

Ci rechiamo in cortile e ci sediamo in cerchio, di modo che ognuno possa confrontarsi più facilmente. Distribuisco, poi, dei piatti di cartone e dei pennarelli, i quali serviranno per disegnare le meridiane.



Figura 90: Distribuisco agli alunni un piatto di carta e dei pennarelli

- *Paolo: “Maestra ma le ore possiamo scriverle con i numeri romani? Così li ripetiamo!”*
- *IO: “Per me va bene, siete tutti d’accordo? Li ricordate?”*
- *Matteo: “Eh io non lo so se li ricordo bene, però ci proviamo maestra”*

Il bambino autistico, Francesco, era molto contento di partecipare insieme agli altri compagni a questo esperimento all’aperto; tuttavia, comprendendo le sue difficoltà nell’eseguire il compito in modo autonomo, mi siedo vicino a lui e lo aiuto a disegnare le meridiane e i numeri romani.



Figura 91: Gli alunni disegnano le meridiane sul piatto di carta



Figura 92: Gli alunni, disposti in gruppi, disegnano le meridiane sul foglio di carta.

- *“Sofia guarda! Ho fatto bene?”*
- *“Il mio è corretto?”*
- *“A me escono 13 meridiane, non 12!”*
- *“Ma le ore 12 devono stare al centro, vero?”*
- *“Fede tu hai sbagliato qua! Aspetta che te lo correggo io”*

Dopo aver controllato tutti i piatti, dico loro di inserire all'interno del foro centrale praticato da me con le forbici, un pennarello, e di posizionare il nostro strumento al sole.



Figura 93: Vediamo l'ora in base all'ombra che si crea sul piatto grazie al sole e alla matita.

- Rodolfo: “Maestra il sole sta andando via, però un po’ si vede ancora!”
- Matteo: “Mamma mia è bellissimo questo! Sembra proprio un orologio.”
- MarioDG: “Sofia possiamo lasciarlo qui? Così poi domani controlliamo l’ora!”
- Matteo: “Maestra io lo voglio fare anche a casa, così lo metto sul davanzale fermo e vedo come si sposta l’ombra!”
- Paolo: “Comunque secondo me se mettiamo un pennarello in mano, pure funziona”
- **IO:** “**Effettivamente è così! Stendete orizzontalmente la mano sinistra con il palmo rivolto verso l’alto e posizionate una matita tra il pollice e l’indice. Guardate come faccio io! La matita deve essere tenuta perfettamente in verticale e la sua lunghezza deve essere uguale alla distanza tra la punta dell’indice e l’incavo tra indice e pollice. In questo modo avrete sempre a portata di mano un orologio, dove le dita sono il quadrante e la matita rappresenta uno gnomone. Voltando le spalle al sole potete controllare il cammino del sole nelle diverse ore e riuscire a conoscere l’ora senza avere un orologio.**”

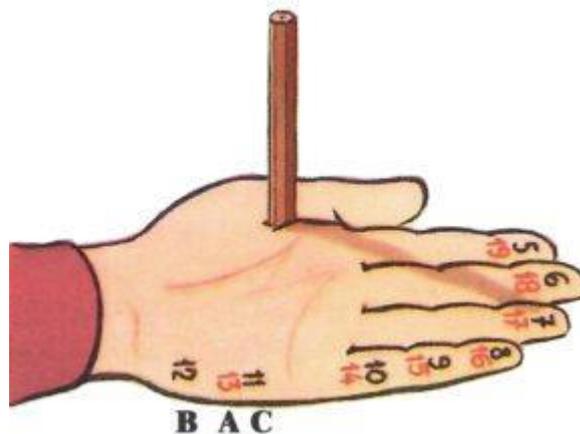


Figura 94: Possiamo vedere l’ora anche posizionando una matita tra il pollice e il palmo della mano

Ombra proiettata sul dito indice: 5 del mattino – 7 della sera

Ombra proiettata sul dito medio: 6 del mattino – 6 della sera

Ombra proiettata sul dito anulare: 7 del mattino – 5 della sera
Ombra proiettata sul dito mignolo: 8 del mattino – 4 del pomeriggio
Ombra proiettata sul dito mignolo 9 del mattino – 3 del pomeriggio
Ombra proiettata sul dito mignolo 10 del mattino – 2 del pomeriggio
Ombra proiettata sul punto A della figura: ore 11 del mattino
Ombra proiettata sul punto B: ore 12
Ombra proiettata sul punto C: ore 1 del pomeriggio¹⁰⁰.

- Paolo: “Bellissimo, maestra. Grazie! Ora posso vedere l’ora dove voglio e quando voglio”
- Matteo: “Sì, ma devi ricordarti come sono posizionate le ore sulle dita.”
- Paolo: “Che ci vuole, Mattè. Magari lo ripetiamo”

Dopo l’esperienza all’aperto, conduco gli alunni in aula e chiedo loro di fare un riassunto delle nozioni imparate durante la lezione. I discenti mi dimostrano, in questa fase di Brainstorming, di aver compreso le caratteristiche dell’ombra di un oggetto, ma alla mia domanda **“Le ombre sono sempre nere?”** La loro risposta è ancora affermativa.

Capisco, quindi, che è doveroso intraprendere un percorso verso la percezione del colore, per arrivare alla conoscenza approfondita di quest’ultimo e scoprire insieme che le ombre degli oggetti non sono sempre nere, ma dipendono dalla luce che li colpisce e dalle caratteristiche della superficie del corpo su cui l’ombra è proiettata.

¹⁰⁰ <https://www.millefogli.com/che-ore-sono-senza-orologio-meridiana-spiegazione-facile/>

3.14 II COLORE:

DODICESIMO INCONTRO

- *Al momento della creazione Nut, il cielo e Gheb, la terra, erano abbracciati così strettamente da impedire la nascita della vita. Ra, allora, mandò Shu, dio dell'arte e della luce, a separare i due sposi ed ebbe inizio la vita.¹⁰¹ -*

Da questa antica leggenda possiamo notare colore e luce sono legati. Per spiegare la teoria del colore occorre, infatti, riferirsi alla natura fisica della luce.

Quello che ho imparato durante questa esperienza è che non bisogna dare nulla per scontato quando parliamo di conoscenze: gli alunni protagonisti di questa sperimentazione sono studenti e studentesse di una classe quinta, ma non posso dire con certezza che tutti loro abbiano un ricordo preciso delle conoscenze pregresse sul colore. Per questo motivo ho scelto di iniziare l'attività ricordando loro la distinzione tra colori primario, colori secondari, colori caldi e colori freddi.

Per svolgere la prima attività, in particolare, ho utilizzato 3 bicchieri di plastica trasparente. In due bicchieri ho messo dell'acqua colorata con le tempere di colori primari (giallo, blu e/o rosso) e nel terzo bicchiere ho lasciato l'acqua priva di colorante. Inserendo dei fogli di carta assorbente tra i 3 bicchieri, ho fatto notare ai bambini che l'acqua incolore con il passare del tempo si colorava del colore secondario dei colori scelti.

¹⁰¹ https://www.storicang.it/a/nut-e-geb-cielo-e-terra-amanti-nellantico-egitto-2_15269



Figura 95: utilizzando due bicchieri con all'interno dei colori primari, cerchiamo di ricreare il loro colore secondario utilizzando della carta assorbente.

I bambini, prima ancora di aspettare di vedere il risultato comparire sulla carta assorbente hanno già dato prova delle conoscenze pregresse: la maggior parte di loro, infatti, era a conoscenza di quali fossero i colori primari e i colori secondari che derivano da essi.

Nonostante ciò, il loro entusiasmo non è mancato quando hanno visto il risultato dell'esperimento:

- Matteo: *“Maestra anche io in pandemia ho fatto questo esperimento!”*
- Anita: *“Io no! Lo devo fare anche a casa però! È bellissimo!”*

Per la successiva attività, ho chiesto ai bambini di osservare come cambiano i colori intorno a noi quando gli oggetti sono illuminati da torce colorate. Quindi, distribuisco le torce e permetto loro di sperimentare con esse.



Figura 96: Vediamo come cambia il colore bianco della torcia quando attraversa un oggetto trasparente di colore verde.

Come si può vedere dalla foto, Riccardo prende la torcia del colore bianco e vede che, facendola passare attraverso il suo goniometro di colore verde, il colore che si genera è un “*verde luminoso!*”

Sono, poi, passata all’uso dei filtri colorati per meglio comprendere come avviene la percezione dei colori. In particolare, fornisco loro un mosaico di tessere colorate suggerendo di sovrapporre a turno i filtri che hanno a disposizione e osservare la variazione cromatica delle tessere stesse. Senza indugio i bambini hanno individuato che, a seconda del filtro, alcuni colori restavano invariati.

Successivamente, chiedo ai bambini di scrivere sul foglio alcune parole utilizzando colori differenti e appoggiare, infine, i diversi filtri colorati sulle parole.

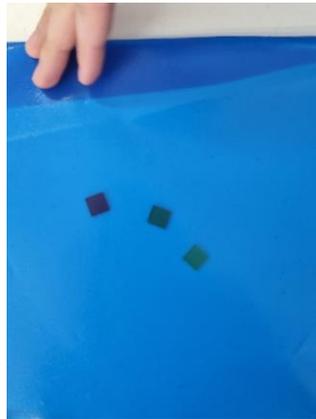


Figura 97: Utilizzando i filtri colorati, vediamo come cambia il colore dei vari oggetti colorati.

- *MarioDG: “Sofia, con il filtro blu, il rosso diventa nero, il giallo sembra azzurro e il verde sembra blu scuro!”*

I bambini si scambiano i filtri, scrivono le frasi e sovrappongono i vari filtri per vedere il colore risultante:



Figura 98: *I bambini condividono i filtri colorati*



Figura 99: *Vediamo come cambiano le scritte colorate in base al filtro.*



Figura 100: *La parola scritta in giallo sparisce quando sopra di essa viene posizionato il filtro giallo.*



Figura 101: *Con il filtro verde, la parola scritta in giallo diviene verde*

- *Melissa: “Con il filtro giallo la mia parola scompare. Guardate!!”*
- *Paolo: “Verooo”*
- *Anita: “Maestra io ho provato con il blu ma la scritta non scompare, perché?”*

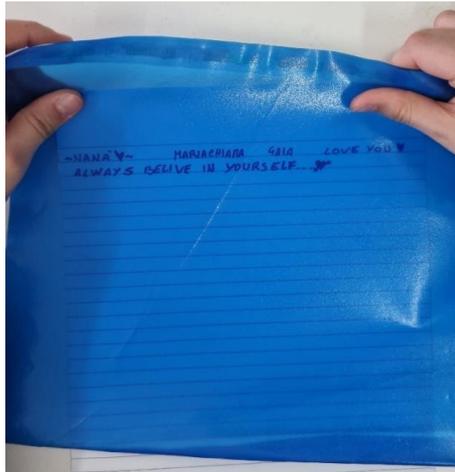


Figura 102: Con il filtro blu, la frase scritta in blu appare visibile perché la tonalità di blu è differente

- Paolo: *“Anita perché il tuo blu non è lucente come il giallo!”*
- Matteo: *“E’ un blu diverso da quello del filtro.”*
- Anita: *“Quindi il filtro blu elettrico assorbe il colore blu e restituisce il nero, come ha detto la maestra prima!”*
- Ciro: *“Penso di sì”*
- Giuseppe: *“Raga proviamo a vedere che colore esce se mettiamo i filtri uno sopra l’altro.”*



Figura 103: I bambini si divertono a sovrapporre i filtri colorati per vedere il colore risultante.

- Elena: *“Verde e rosso sembra marrone, mentre giallo e rosso sembra arancione!”*

Per il prossimo esperimento prendo nuovamente le palline in gel: questa volta chiedo ai bambini cosa succederebbe se mettessimo le palline in un'acqua colorata. Prima di mostrare loro il risultato, ascolto le loro previsioni:

- *Federica: "Le palline trasparenti si vedono!"*
- *Rodolfo: "No non si vedono perché sono trasparenti!"*
- *Paolo: "Sì, si vedono secondo me perché diventano del colore che aggiungiamo!"*
- **IO: "E quelle colorate?"**
- *Ciro: "Non si vedono più!"*
- *Rodolfo: "Non si vedono se il colore è lo stesso delle palline!"*
- **IO: "Ora vediamo se quello che dite si verifica."**



Figura 104: Aggiungo del colorante all'interno dell'acqua, e le palline in gel trasparenti sono visibili, mentre quelle di colore giallo no

- **IO: "Cosa è successo?"**
- *MarioDG: "Maestra ora l'acqua colorata ha messo in evidenza tutte le palline che prima erano trasparenti!"*
- *Riccardo: "Adesso la luce attraversa anche il colore giallo e le palline si possono vedere!"*
- *Elena: "E' successo quello che avevamo pensato!"*
- *Anita: "Maestra ma quindi è la stessa cosa che abbiamo visto con i filtri?"*
- **IO: "Brava Anita! Perché hai pensato questo?"**

- *Anita: “Perchè prima le scritte gialle scomparivano con il filtro giallo, e ora anche le palline gialle sono scomparse”*
- *Paolo: “Possiamo dire che sono state assorbite!”*

Siamo giunti alla conclusione che:

- la luce bianca si colora di verde quando passa nel filtro verde;
- la luce rossa non passa nel filtro verde, ma viene assorbita;
- puntando le luci monocromatiche sugli oggetti colorati, i colori si modificano con una certa regolarità;
- se scriviamo qualcosa su un foglio, i filtri possono far scomparire alcune lettere o parole (come è successo con la scritta gialla di Melissa);

In questo modo i bambini iniziano a capire che c'è qualcosa che riesce a passare e qualcosa che viene trattenuto e ciò è alla base della percezione del colore attraverso la luce.

Le successive attività sono tutte concentrate sulla natura del colore. In particolare, gli alunni dimostrano di aver capito che il colore di un oggetto dipende dalla capacità di quest'ultimo di assorbire altri colori, eppure alla mia domanda “*cos'è il colore?*”, molti presentano ancora dei dubbi.

A tal proposito, servendomi di alcuni strumenti portati in aula da me, gli studenti possono osservare la scomposizione della luce bianca e la formazione dell'arcobaleno, comprendendo la natura del raggio luminoso del colore.

Per prima cosa lascio che i bambini osservano il CD e mi descrivono il suo colore. Punto poi la luce bianca contro l'oggetto e i bambini sono sorpresi da quello che vedono. Tutti sono d'accordo su una cosa:

- *“Il cd è grigio. Però con la luce bianca si vede l'arcobaleno!”*

A questo punto illumino il CD con le varie luci monocromatiche.

- ***IO: “E adesso? Si vede l'arcobaleno?”***
- *Mario: “No, Sofì. Non si vede più”*
- ***IO: “E perché non si vede?”***
- *Anita: “Perchè adesso non c'è più la luce bianca e il cd si è colorato”*
- ***IO: “Quindi possiamo dire che l'arcobaleno si forma solo con un tipo di luce?”***

- *In coro: Sì! Quella bianca!*

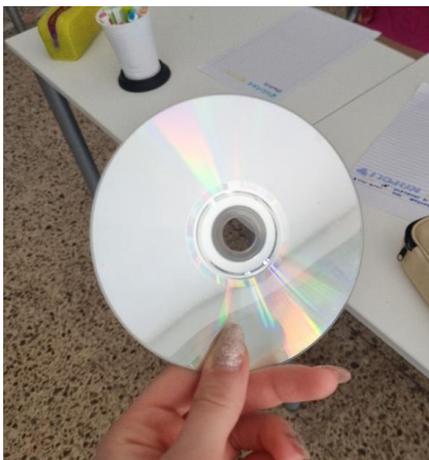


Figura 105: Vediamo come si forma l'arcobaleno quando puntiamo il cd verso una sorgente luminosa.

- *Rodolfo: “Maestra, comunque, io sapevo che l’arcobaleno si formava dopo la pioggia.”*
- *Mario: “Vabbe quella è un’altra cosa... la maestra ci sta facendo vedere altro.”*
- ***IO: “No, Rodolfo, tu hai ragione. L’arcobaleno può formarsi anche quando la luce attraversa l’acqua. Vediamolo insieme.”***

Fortunatamente avevo con me ancora il materiale utilizzato per il fenomeno della riflessione: prendo uno specchietto e lo posiziono all’interno di una piccola bacinella piena di acqua.

- ***IO: “Guardate cosa si forma sul soffitto”***
- *Paolo: “L’arcobaleno!!”*
- *Anita: “WOOOW”*



Figura 106: *L'arcobaleno si forma anche quando posizioniamo uno specchio all'interno dell'acqua e puntiamo su di esso un fascio di luce bianca.*

L'ultima esperienza cromatica della lezione è stata quella scientifica per eccellenza, ossia la riproduzione dell'esperimento cruciale effettuato da Newton: spiego ai bambini che uno scienziato molto importante, di nome Newton, scoprì che la luce non è bianca, ma in realtà formata da tutti i colori dell'arcobaleno. Egli cominciò gli esperimenti sui colori e la luce all'età di 23 anni, quando, per sfuggire alla peste, si ritirò nella casa di famiglia in campagna. Uno in particolare fu l'esperimento tramite il quale riuscì a verificare che il colore non è altro che una proprietà della luce e non, come si credeva in passato, che fosse una proprietà intrinseca degli oggetti. Per arrivare a tale scoperta, utilizzò un prisma di vetro trasparente e permise ad una luce bianca di attraversarlo: scoprì che la luce si scomponeva dando vita ai colori che compongono l'arcobaleno.

I bambini della classe VB, grazie all'utilizzo di un prisma di vetro, provano a ricreare l'esperimento di Newton con la luce della torcia: mentre io ho la torcia in mano, il fascio entra nel prisma e proietta un arcobaleno sul muro della classe; i bambini si divertono a prenderlo con le mani.



Figura 107: *Quando un fascio di luce bianca attraversa un prisma di vetro trasparente, la luce si scompone creando l'arcobaleno.*

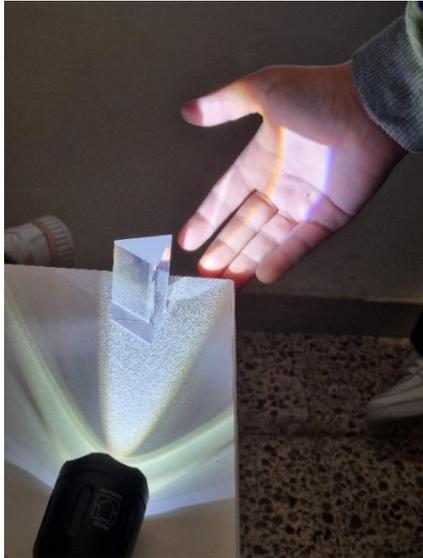


Figura 108: *I bambini si divertono ad acchiappare l'arcobaleno*

- **IO:** *“Cosa succederebbe se io mettessi un filtro colorato tra la torcia e il prisma?”*
- *“Maestra, l'arcobaleno non si forma più!”*
- *“Il foglio verde cattura la luce bianca e la fa diventare verde.”*
- *“La luce verde non forma l'arcobaleno!”*

Continuo con la spiegazione scientifica e dico ai bambini che, proprio come abbiamo fatto noi in classe, Newton fece passare la luce del sole in un prisma, osservando l'arcobaleno; dopodiché, prese i 7 colori osservati dalla

scomposizione della luce bianca e li posizionò su un disco. Facendo girare il disco, Newton si accorse di una cosa:

- *“Cosa vide Newton?”*, chiedo ai bambini. *“Vediamolo insieme”*:

Costruiamo un disco colorato ricavato dalla forma di un CD, pratichiamo un foro al centro e vi inseriamo una matita. A questo punto chiedo ad un bambino di posizionarsi davanti ai compagni e di far girare il disco colorato.



Figura 109: Vediamo che, facendo girare un disco cromatico, il colore risultante sarà il bianco.

I bambini hanno potuto vedere che, i colori, girando velocemente, danno al nostro cervello la percezione del bianco.

Mostro ai bambini l'esperimento, utilizzando anche l'Applet vascak.cz con il mio Computer Portatile¹⁰²:

¹⁰²

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_newtonkotouc&l=en

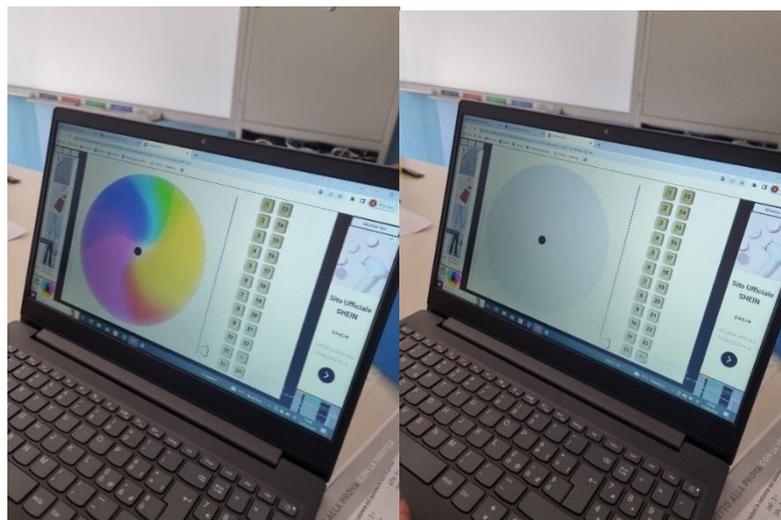


Figura 110: Utilizzo l'Applet *vascak.cz* per mostrare ai bambini l'esperimento cromatico di Newton

- **IO:** *“Bambini, perché si vede il bianco?”*

- Paolo: *“La luce bianca è formata dall'arcobaleno.”*

- Matteo: *“Abbiamo visto ancora meglio che la somma di tutti i colori genera il bianco!”*

- Melissa: *“Newton ci ha insegnato che se scomponiamo la luce bianca, escono fuori i colori dell'arcobaleno”*

- MarioDG: *“Ah, Sofia ho capito! Con il prisma si passava dalla luce bianca ai colori, e con il disco si passa dai colori alla luce bianca!”*

Mostro ai bambini l'immagine delle diverse lunghezze d'onda, e spiego che i colori che vedono fanno parte dello 'spettro visibile', cioè sono tutti i colori che noi possiamo percepire, escluso il nero.

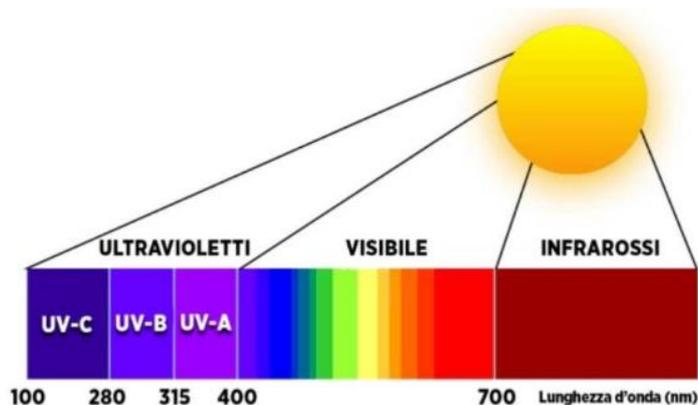


Figura 111: Spettro visibile all'occhio umano.

- **IO:** *“Cosa succederebbe se guardassimo attraverso un filtro nero?”*

- Riccardo: “Tutto nero, nessun colore!”
- Elena: “Vediamo tutto nero.”
- IO: “Esatto, tutti i colori venivano modificati dal filtro, oppure? Come avevamo detto?”
- Anita: “Assorbiti?!”
- IO: “Brava Anita! Quando un oggetto è nero è perché non lascia passare nessun colore, li assorbe tutti. Il nero si genera solo quando non ci sono i colori.”

Al termine dell’esperimento chiedo ai bambini cosa fosse, allora, il colore. Dopo un iniziale tentennamento, forniscono la seguente risposta:

- “Luce bianca!”

3.15 LA SINTESI ADDITIVA E LA SINTESI SOTTRATTIVA

TREDICESIMO INCONTRO

I bambini ora sanno che la luce bianca è formata da diverse lunghezze d’onda e, quando queste colpiscono un oggetto che appare rosso, per esempio, questo si comporta come un filtro che assorbe tutti i colori, ma lascia passare il rosso. Per questo motivo, la luce rossa colpisce i nostri occhi e noi percepiamo l’oggetto di quel colore. Un oggetto nero, invece, appare così poiché tutte le lunghezze della luce vengono assorbite, quindi l’oggetto non rimanda indietro nulla: quando abbiamo sperimentato con i filtri abbiamo visto che la loro sovrapposizione rimanda una visione che risulta “nera”. (anche provando ad illuminarli con la torcia, la luce non riesce a passare).

I fenomeni alla base della percezione dei colori, dunque, hanno a che fare con la *sintesi additiva* e la *sintesi sottrattiva*: nel primo caso le lunghezze d’onda che corrispondono a vari colori si sommano generando tutte le tinte dello spettro elettromagnetico, compreso il bianco (che è la somma di tutte le luci).

Nel secondo caso, invece, le lunghezze d’onda vengono assorbite fino a generare il nero, che è l’assenza di luce. Assorbimento e riflessione sono i processi fisici che ci consentono di distinguere i colori degli oggetti.

Per gli esperimenti della sintesi additiva, chiedo ai bambini di osservare cosa succede quando posiziono tre luci di colori primari (rosso, giallo, blu) su uno sfondo bianco. Nel mio caso utilizzo tre torce con luce diversa e come sfondo utilizzo la LIM.

- **IO:** *“Che colore si forma quando metto la luce verde insieme a quella rossa?”*
- *Paolo: “Il marrone!”*
- **IO:** *“Sicuri?”*
- *Matteo: “Eh sì!”*

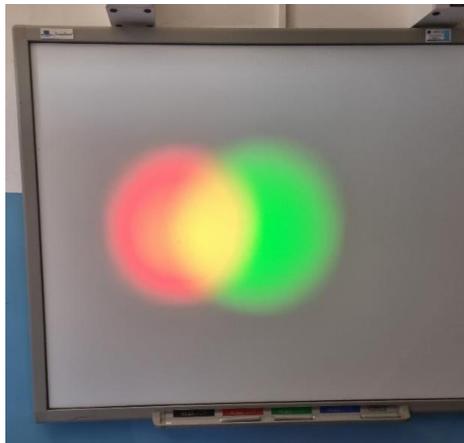


Figura 112: Sintesi additiva delle torce colorate verdi e rosse

- *In coro: “Il giallo!”*
- *Elena: “Ma perché scusa? Il verde e il rosso formano il marrone!”*
- *Matteo: “Io in tutti questi anni sapevo che era il marrone!”*
- **IO:** *“Matteo e perché adesso non vedi il colore marrone?”*
- *Matteo: “Perché sono più chiari di tonalità?”*
- *Elena: “No, Sofia, perché qua c’è la luce”*
- **IO:** *“Brava! E se ora unisco il colore blu e il colore rosso?”*
- *Matteo: “Stavolta non rispondo maestra!”*
- *Giuliana: “Il viola”*



Figura 113: Sintesi additiva delle torce colorate blu e rosso

- *MariaChiara: “Fucsia!”*
- *IO: “Il fucsia lo chiamiamo magenta, ok? E se mettesti vicino verde e blu?”*
- *Azzurro!!*
- *Giuliana: “Ciano”*
- *IO: “Bravissima Giuli!! Mi hai sorpresa! È proprio il ciano! E se adesso mettesti i tre colori vicini?”*
- *Matteo: “Forse il nero?”*
- *Anita: “Eh no! Se c’è la luce non può uscire il nero!”*
- *Paolo: “Esce il bianco!”*
- *IO: “Anita vieni, aiutami a mantenere la terza torcia”*

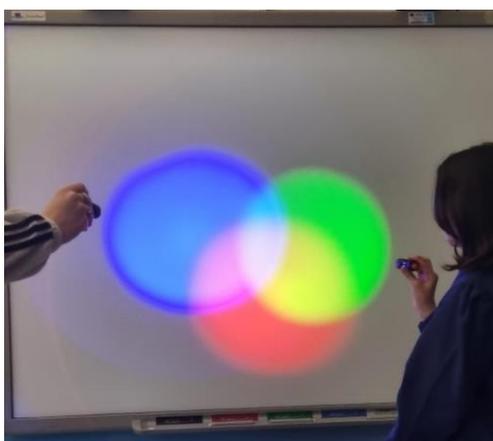


Figura 114: Sintesi additiva delle torce blu, verde e rossa- ciano, giallo, magenta e...BIANCO.

- *Matteo: “Siii! Perché i colori stanno nel bianco!!”*
- *IO: “Questo fenomeno si chiama sintesi additiva. Scriviamolo alla lavagna!”*

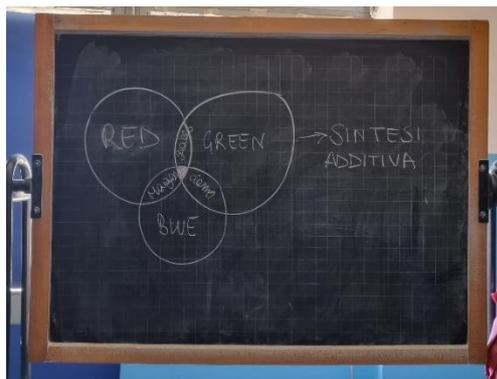


Figura 115: Riassunto della sintesi additiva

I bambini possono notare che al centro dei tre colori si forma il colore bianco, che non è altro che il risultato della somma di tutti i colori.

Mostro il fenomeno della sintesi additiva aiutandomi anche con l'Applet vascak.cz¹⁰³.

Per il prossimo esperimento creo uno schermo con dei fogli bianchi, posiziono una molletta tra questi e due luci monocromatiche, che accendo una alla volta per farmi dire dove va l'ombra e che colore e direzione ha:

- **IO:** *“Abbiamo già approfondito lo studio delle ombre. Cosa succede se accendo la torcia? Di che colore sarà l'ombra?”*

- *“Nera! Perché le ombre sono sempre nere!”*

- *“Adesso però accendo la luce rossa. Cosa succede?”*

- *“Maestra l'ombra è sempre nera!”*

- **IO:** *“E se accendo entrambe le torce colorate?”*

¹⁰³

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_mich_anibarev&l=en

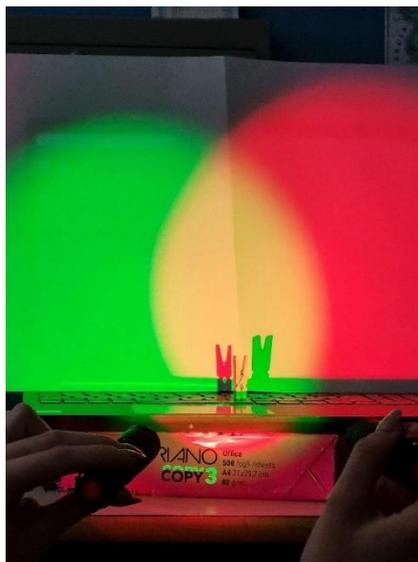


Figura 116: *Le ombre colorate*

- *Ciro: “Adesso ci sono due ombre, una rossa e una verde.”*
- *Federica: “Uh maestra, le ombre si invertono! Dove c’è la luce verde c’è l’ombra rossa e viceversa!”*
- ***IO: “Ma se le ombre sono nere, come mai si colorano?”***
- *Elena: “Perché ci sono due luci”*
- *Paolo: “Io ho capito, è facile. Qui si forma l’ombra della luce rossa, ma siccome la luce verde la illumina, l’ombra si colora di verde.*
- ***IO: “Fate caso alle ombre che si formano: sapete dirmi nel giallo quali ombre vedete?”***
- *Giuliana: “Rossa e verde!”*
- ***IO: “E perché rossa e verde?”***
- *MarioDG: “Perché lì si uniscono le luci rossa e verde!”*

SINTESI SOTTRATTIVA

Affrontando il fenomeno della sintesi additiva, c’è apparso chiaro cosa viene a manifestarsi nel momento in cui la luce generata da fonti luminose colpisce i nostri recettori. Tuttavia, vediamo cosa accade quando osserviamo un oggetto che non emana luce, ma la riflette. La percezione del colore degli oggetti osservati dipende da meccanismi "sottrattivi", in quanto si basa sulla capacità

della materia di assorbire componenti cromatiche piuttosto che emetterne di proprie.

Per spiegare meglio il fenomeno, riporto degli esempi: come mai il pomodoro risulta rosso ai nostri occhi? È possibile spiegare questa percezione visiva considerando che l'oggetto assorbe le radiazioni del verde e del blu, rimandando solo le radiazioni del rosso alla nostra retina. Allo stesso modo, perché un limone si mostra giallo? Il limone illuminato da una luce bianca assorbe la radiazione del blu, rimandando le radiazioni del colore rosso e del verde. Dunque, seguendo le regole del fenomeno della sintesi additiva, queste combinazioni generano la percezione del giallo.

Appare chiaro, quindi, che i tre colori utilizzati del ciano, del giallo e del magenta non sono stati scelti casualmente: ciascuno di essi ha la proprietà di sottrarre alla vista uno dei colori primari della sintesi additiva e di riflettere gli altri due. Questi tre colori, per questo, rappresentano i colori primari della sintesi sottrattiva, cioè di quell'insieme di pigmenti che genera la visione di colori in base al modo in cui essi riflettono la luce bianca. Così, l'unione di due colori primari della sintesi sottrattiva rimanda come risultato un colore primario della sintesi additiva; mentre, sommando i tre colori si ha come risultato il colore nero, perché ciascuno dei tre colori della sintesi sottrattiva assorbono un terzo delle radiazioni della luce bianca, rilasciandone i due terzi.

Dopo aver fatto un ripasso generale relativo alla somma di luci, ho proposto di ripetere il fenomeno utilizzando, questa volta, le tempere.



Figura 117: *La sintesi sottrattiva con le tempere*

- IO: *“Bambini, che cos’è successo? Perché non esce il bianco?”*

- Anita: “Perché i colori sono scuri!”
- Mario: “Si scuriscono sempre di più.”
- IO: “E invece perché le luci sommate formano il bianco e non il nero?”
- Federica: “Il nero non c’è nella luce!”
- Giuseppe: “Maestra perché il massimo della luce è il bianco!”
- IO: “Se usassimo i pennarelli ed i pastelli uscirebbe il bianco?”
- Paolo: “No, perché non sono luci! Esce il nero!”

Proviamo a mischiare, invece, i colori Cyan, Magenta, Yellow, cioè i secondari della sintesi additiva. I bambini notano che, miscelati a due a due, questi formano nuovamente i colori Red, Green, Blue.

Vediamo la sintesi sottrattiva anche grazie l’animazione che troviamo su WordWall:

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_mich_anibarev&l=en

A questo punto chiedo ai bambini di disegnarci la sintesi additiva e la sintesi sottrattiva per vedere se hanno capito e se ricordano i colori primari e secondari dei due fenomeni:



Figura 118: Il disegno di Riccardo della sintesi sottrattiva e della sintesi additiva.

3.16 LA SINESTESIA

QUATTORDICESIMO INCONTRO

Per l'ultimo giorno di lezione ho deciso di parlare della sinestesia.

Prima di iniziare, però, ho pensato fosse doveroso fare una premessa ai bambini: la sinestesia è un fenomeno molto raro, gli studi sono ancora molto pochi e questa "sovrapposizione" di sensi può esserci in piccola parte e in alcuni casi senza per forza parlare del fenomeno.

Mostro loro una presentazione prezi fatta appositamente da me e spiego loro i diversi tipi di sinestesia che si possono verificare in alcuni soggetti¹⁰⁴.

I bambini sono molto incuriositi dall'argomento e mi fanno tante domande al riguardo:

- *Ciro: "Maestra ma questa cosa può verificarsi anche da grandi?"*
- *IO: "Bambini ci sono pochi studi a riguardo ma, basandomi sulla mia esperienza personale posso dirvi che è una caratteristica che ho sempre manifestato, fin da quando avevo la vostra età."*
- *Federica: "E quando eri piccola questa cosa ti faceva soffrire?"*
- *IO: "Non è nulla che deve spaventare, è un modo diverso di vedere. Nel mio caso, certo, è un qualcosa che non mi ha causato nessun problema. Come abbiamo visto, però, ci sono casi di sinestesia in cui la persona può provare fastidio e disagio."*
- *Anita: "Maestra come quello dei sapori o del tocco a specchio!"*
- *IO: "Sì, Riccardo. Immagino siano sensazioni fastidiose. Ma è anche vero che essendo nati con questa particolarità, magari ci si è abituati."*
- *IO: "Ora però vorrei fare io una domanda a voi, che nasce da una mia semplice curiosità: quando fate le operazioni matematiche, come visualizzate i numeri nella vostra mente?"*
- *Riccardo: "Io li immagino in fila, maestra, e poi senza visualizzare nulla, faccio il calcolo"*

¹⁰⁴ https://prezi.com/p/go_oval0ms7g/?present=1

- *Mario: “Maestra, io in colonna, e immagino di riportare il resto sui numeri”*
- ***IO: “E li vedete? Cioè, se io vi chiedessi di fare 346-231, riuscireste a vederli in colonna?”***
- *Paolo: “Sì, per forza! Sennò come si fa”*
- *Anita: “Ma questo anche è sinestesia?”*
- ***IO: “Nono, è solo una mia curiosità.”***
- *Federica: “Maestra io veramente visualizzo una cosa diversa dai miei compagni. Posso venire alla lavagna?”*
- ***IO: “Certo, Fede, fammi vedere.”***
- *Fede: “Io vedo delle piccole lineette una dopo l’altra e su ogni lineetta c’è un numero: quando devo fare i calcoli li faccio guardando questi numeri... non so se mi sono fatta capire.”*
- ***IO: “Sì, dal disegno penso di aver capito.”***
- *MarioDG: “Maestra prima ci hai spiegato come vedi i giorni della settimana. Anche io li vedo così, ma di diversi colori.”*
- ***IO: “Mario io non sono una dottoressa, non posso dirti con certezza, però parlane con i tuoi genitori, ma, soprattutto, non spaventarti, perché non è nulla di strano!”***

I bambini sono rimasti a bocca aperta ed io sono soddisfatta di aver affrontato questo argomento a me tanto caro.

Dall’inizio ero consapevole che spiegare ai bambini questo fenomeno percettivo avrebbe portato ad incomprensioni, ma avrei voluto che qualcuno ne avesse parlato con me quando avevo la loro età. Il mio ultimo incontro non poteva concludersi diversamente.

Siamo arrivati alla fine di questo percorso. All’inizio ero ansiosa di questa esperienza: avevo paura che fosse un’esperienza troppo grande, che gli alunni potessero non prendere sul serio le mie spiegazioni. Dopo il primo incontro, però, ho dovuto ricredermi. Gli alunni e le insegnanti mi hanno accolta come se non fosse il mio giorno con loro e mi hanno dimostrato continuamente la voglia

di imparare nuove cose. Dopo 14 incontri ci siamo affezionati e i bambini sono molto tristi per questa ultima giornata insieme. Con la promessa di andarli a trovare presto, ci scambiamo delle frasi di affetto e ci salutiamo con un lungo abbraccio collettivo.



Figura 119: I bambini della classe VB e la loro insegnante Emma

4 VALUTAZIONE

La valutazione, momento essenziale della progettazione dell'intervento formativo e didattico, prevista per il percorso sperimentale svoltosi nella classe V si è basata prettamente sulla verifica in itinere condotta nell'arco delle lezioni. Durante l'intero intervento ho scelto di utilizzare la metodologia del Brainstorming al fine di valutare le conoscenze pregresse, punto di partenza, nonché elemento necessario per l'articolazione delle successive lezioni. Così facendo ho avuto la possibilità di attuare un progetto flessibile e attento ai bisogni di ciascun alunno, fornendo, in itinere, informazioni specifiche circa l'andamento del loro processo di apprendimento. Detto ciò, bisogna sempre considerare che la valutazione non dovrebbe essere "etichettamento" di stadi raggiunti; dovrebbe invece porsi in una prospettiva evolutiva che guardi non solo alle realizzazioni del presente, ma anche alle potenzialità dei singoli alunni, tenendo conto delle esigenze formative della persona che apprende¹⁰⁵.

Le schede-semi strutturate, i disegni, la curiosità mostrata nel corso dei diversi

¹⁰⁵ *Valutare mentre si apprende; fare ricerca mentre si valuta, Gabriella Pozzo.*

esperimenti, il grado di attenzione e disponibilità all'ascolto hanno rappresentato gli elementi di riferimento indispensabili per monitorare lo svolgimento delle attività didattiche e, in particolar modo, la loro efficacia, oltre che le capacità cognitive degli alunni stessi. Di volta in volta, i feedback ottenuti mi hanno aiutato a comprendere se fosse necessario approfondire un tema o se, invece, fosse necessario adoperare ulteriori strategie e materiali didattici.

Sicuramente c'è da considerare che una proposta didattica di questo tipo, sperimentale e di ricerca, che ha come obiettivo ultimo quello di condurre gli studenti verso un apprendimento critico e autonomo, basato sulla costruzione attiva di significati e conoscenze, non può dirsi completo solo dopo due mesi di attuazione, ed è per questo che la valutazione delle conoscenze acquisite si è basata esclusivamente su prove obiettive.

Non solo i loro disegni e i risultati delle prove a cui erano sottoposti durante il percorso di attuazione, ma anche il loro entusiasmo, i loro interventi, le loro continue domande, mi hanno permesso di avere un riscontro generalmente positivo del progetto didattico-sperimentale che ho scelto di presentare.

Oltre a questo tipo di valutazione, ho somministrato agli alunni un questionario di gradimento, che si è rivelato utile al fine di un'autovalutazione critica.

Dunque, in definitiva si può asserire che la mia valutazione finale ha tenuto conto dei livelli di partenza, dei progressi effettuati e del grado di interesse, motivazione e coinvolgimento mostrato dal singolo. Riporto le domande e le risposte medie:

| Domande | Risposte |
|--|----------|
| Ti è piaciuto il percorso? | SI |
| Hai fatto scoperte importanti? | SI |
| Ritieni che queste scoperte siano state utili? | SI |
| Ti sei sentito utile nel gruppo? | SI |
| Conoscevi già i fenomeni osservati? | NO |

| | |
|---|----|
| Pensi che la scienza si impari solo a scuola? | NO |
| Vorresti fare altri esperimenti? | SI |

Tabella 2: Scheda di autovalutazione

CONCLUSIONI

Alla luce di quanto svolto, nonostante la complessità dell'argomento scelto per dei bambini in età scolare, posso affermare che gli esperimenti scientifici che ho proposto, ascoltando anche le parole dei bambini in merito, hanno prodotto il risultato sperato e lasciato il segno in ognuno di loro. Al di là dell'effettivo cambiamento avvenuto, ogni alunno ha dimostrato a suo modo di aver messo in discussione le proprie credenze e conoscenze pregresse. Infatti, quello che più interessa la pratica didattica così strutturata è lo sviluppo di nuove abilità metacognitive necessarie per il potenziamento di un pensiero critico, volto ad un continuo interrogarsi rispetto ciò che ci circonda per affrontare in maniera adeguata i problemi che si presentano. Tutto rischia di essere latente nella nostra memoria se non lascia il segno anche nel nostro corpo e, in questo senso, è solo l'esperienza che ci consente di scrivere il significato di ciò che impariamo quotidianamente.

Appare, quindi, necessario l'impiego di pause laboratoriali, senza le quali la realtà rischia di essere inconsistente. È questa l'unica strada per appassionare le nuove generazioni in una continua scoperta, per raggiungere l'essenza della scienza e renderla, così, accessibile a tutti. Frutto di anni di studio e di intense riflessioni, la didattica da me applicata ha avuto la cura di porre sempre il bambino al primo posto, con il suo universo di valori, conoscenze e vissuti.

L'intero percorso è stato attuato registrando, scattando foto, documentando passo dopo passo il divenire dell'apprendimento: tale approccio didattico mi ha insegnato un nuovo modo di pensare l'insegnamento, allontanandomi dal modo tradizionale di fare didattica a cui ero stata abituata da bambina.

I miei timori iniziali sono stati compensati da una grande voglia di mettermi in gioco e dal desiderio di concludere il mio percorso universitario con un'esperienza che avrebbe arricchito ancora di più il mio bagaglio culturale, così

da sentirmi più pronta ad affrontare la professione che mi attende. Importante è stato il supporto costante del relatore Emilio Balzano, professore a cui devo tanto e il quale ha accettato di lavorare insieme senza lasciarmi mai da sola: ha permesso, inoltre, a noi tesiste di confrontarci, condividere idee e proposte didattiche tramite incontri online. Un'altra preziosa risorsa didattica (e non solo), è stata l'esperienza vissuta e condivisa con i docenti in carriera durante il corso di Formazione Nazionale: gli incontri, la documentazione della loro esperienza sul campo, mi hanno permesso di comprendere maggiormente ciò che voglio fare per il resto della mia vita. Il vero motore dell'azione sono stati, tuttavia, i bambini e i loro preziosi interrogativi, che hanno permesso man mano di rimodulare le proposte. Infatti, la progettazione delle attività è avvenuta man mano, in relazione soprattutto alle curiosità emerse ad ogni incontro.

La curiosità e l'interesse degli alunni sono stati di fondamentale importanza, tant'è che il coinvolgimento attivo di tutti è stato determinante nel far sì che i bambini si appassionassero alle attività alle quali volta per volta sono stati sottoposti.

Persino coloro che generalmente hanno difficoltà nell'apprendimento e nella concentrazione si sono impegnati attivamente in ogni fase delle attività, partecipando con sorprendenti interventi alla ricerca di possibili spiegazioni delle problematiche oggetto d'indagine. Non c'è stata attività in cui gli alunni non abbiano esclamato: *“Maestra perché succede questo?”*, ed è stato davvero sorprendente vedere come, da un semplice punto di domanda sono stati tratti numerosi spunti di riflessione, attraverso ipotesi e supposizioni volte a cercare una soluzione ai problemi posti. Ai bambini non è mai stata data direttamente la soluzione della situazione problematica di riferimento, ma è solo attraverso domande-stimolo che sono stati in grado, a piccoli passi e in maniera del tutto generica, di raggiungere una costruzione del concetto disciplinare esaminato. Solo una volta comprese le motivazioni alla base del fenomeno in questione, si è fornita una definizione più precisa, oggettiva e scientifica, e, grazie all'elaborazione collettiva del sapere stesso, sicuramente più comprensibile.

I bambini mi hanno dimostrato la loro voglia di mettersi in gioco, ma, per farlo, è necessario che qualcuno li incoraggi e li sostenga a superare i propri limiti, le

proprie paure, a pensare in maniera critica, ad uscire dalla zona di conforto, a usare le ali della fantasia, a rischiare di sbagliare per essere davvero felici e arrivare lontano.

Con i bambini ho imparato anche io: ho sperimentato insieme a loro, innalzandomi al loro livello, guardando con i loro occhi meravigliati ciò che lentamente si stava costruendo e avvicinandomi agli argomenti di visione e percezione come mai avrei pensato di fare. Durante il percorso gli alunni mi hanno confidato di non essere abituati a trattare gli argomenti utilizzando una metodologia di ricerca e azione come abbiamo fatto insieme e questo è stato dimostrato anche dalla difficoltà degli stessi discenti di approcciare a queste materie scientifiche. Tuttavia, gli incontri in classe divenivano giorno dopo giorno un momento sicuro in cui erano liberi di sperimentare senza la paura di sbagliare.

La conduzione di questo percorso didattico, mi ha fatto riflettere più volte su diversi aspetti della mia persona oltre che sul sistema scolastico in generale. Mi sono resa conto di quanto sia importante entrare in classe con l'entusiasmo e la voglia di aiutare chi sta di fronte, permettendogli di imparare e, soprattutto, amare ciò che si fa a scuola. Ho imparato che è di fondamentale importanza, ai fini di un lavoro di ricerca-azione, concedere lo spazio per studiare, per ricercare, allontanandosi dal concetto secondo il quale un buon insegnante è solo colui che riesce a progettare una lezione in modo corretto o, comunque, un mero strumento di diffusione dei saperi.

Questo lavoro di tesi, per certi versi, mi ha cambiato e, se da un lato sono consapevole di non sapere, dall'altro sono animata da un grande fuoco: la passione educativa.

4 BIBLIOGRAFIA

- M. Arcà, M. Ferrarini, N. Garuti, D. Guerzoni, P. Guidoni, M. Magni. *Esperienze di luce.*
- BALZANO E., SILVESTRINI C., SILVESTRINI V., *Fisica Volume 1,*

- Napoli, Liguori Editori, 1999.
- “The Gift of Brain Plasticity”- Merzenich, 2013
 - “*Cultural Recycling of Cortical Maps*” - Dehaene e Cohen, 2007.
 - “Imaging cerebrale del linguaggio del bambino”: Dehaene-Lambertz et al. (2006).
 - Eric R. Kandel. *La mente alterata. Cosa dicono di noi le anomalie del cervello*. Raffaello Cortina Editore, 2018.
 - S. Dehaene. *Imparare- Il talento del cervello, la sfida delle macchine*. Raffaello Cortina Editore, 2020.
 - Dehaene-Lambertz et al. *Imaging cerebrale del linguaggio del bambino*. 2006
 - Regni e Fogassi. *Maria Montessori e le neuroscienze. Cervello, mente, educazione*. Fefè, 2019
 - John G. Geake. *The Brain at School: Educational Neuroscience in the Classroom*, 2009
 - S. Dehaene. *Vedere la mente. Il cervello in 100 immagini*. 2022
 - Ken e Kate Robinson. *Immagina che...come creare un futuro migliore per tutti*. Erickson 2022
 - Kurt Koffka. *Principi di psicologia della forma*. 2006
 - DAVID EAGLEMAN, *In incognito – la vita segreta della mente*, Milano, Mondadori, 2010.
 - D. Coon e J.O. Mitterer. *Psicologia generale*. 2016
 - Richard L. Gregory. *Occhio e cervello. La psicologia del vedere*. 1998
 - Aldous Huxley. *L’arte di vedere*. 2015
 - ANDREA FROVA, *Luce, colore visione*. Roma, Editori Riuniti, 1984.
 - SERGIO PROZZILLO, *La parola disegnata*, Napoli, Imago sas, 2020.
 - “*The synaptic plasticity and memory hypothesis: encoding, storage and persistence.*” - Conner et al., 2003; Takeuchi et al., 2014.
 - Baillargeon, Needham, Devos (1992); Hespos, Baillargeon (2008).
“*Apprendimento rapido della caduta degli oggetti.*”
 - Langer E. et al., “*Believing is seeing using mindlessness (mindfully) to improve visual acuity,*” Psychol Sci., 2010

- G. Deleuze, F. Bacon. *“La logica della sensazione.”* Quodlibet Editore, Macerata, 1995.
- M.M. Mesulam, *“From sensation to cognition. Brain.,* 1998.
- Meredith et al. 1987; Recanzone 2003. *“The neural bases of multisensory processes.”*
- David Hubel. *“Occhio, cervello e visione”;* 1988

SITOGRAFIA

https://www.storicang.it/a/nut-e-geb-cielo-e-terra-amanti-nellantico-egitto-2_15269
<https://www.millefogli.com/che-ore-sono-senza-orologio-meridiana-spiegazione-facile/>
<https://fondazionehumanitasricerca.it/enciclopedia/malattie/daltonismo/>
<https://www.opendaydellaricerca.enea.it/images/DocumentiFrascati/GIOCARECONLALUCE/DISPENSE/Dispensa-exp-camera-oscura.pdf>
<https://www.my-personaltrainer.it/salute/sinestesia.html>
<https://mysteryhunters.wordpress.com/2012/10/10/vedere-il-tempo-sinestesia-temporale/>
https://www.treccani.it/enciclopedia/sinestesia_%28Enciclopedia-dell%27Italiano%29/#:~:text=Definizione,riferiti%20a%20sfere%20sensoriali%20diverse.
<https://www.fielmann.it/it/informazioni-general/ anatomia-dell-occhio/#:~:text=L'interno%20del%20bulbo%20oculare.definita%20anche%20%E2%80%9Cscclera%20bianca%E2%80%9D>
<https://www.stateofmind.it/2016/03/illusioni-percettive/>
<https://occhio.it/la-mente-vede-attraverso-gli-occhi/>
<https://www.reinventore.it/>
<https://www.bioeticanews.it/neuroscienze-dalle-origini-alla-contemporaneita/>
https://www.treccani.it/enciclopedia/l-ottocento-biologia-neurofisiologia-e-neuroistologia_%28Storia-della-Scienza%29/
<https://www.repository.unipr.it/bitstream/1889/4056/16/%27La%20voix%20rouge%27.%20Critica%20e%20genes%20del%20concetto%20di%20sinestesia%20nel%20contesto%20francese%20del%20XIX%20secolo.pdf>
<https://www.psychomedia.it/pm/science/psybyo/budetta.pdf>

Indicazioni nazionali per il curriculum della scuola dell'infanzia e del primo ciclo di istruzione. Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca. Settembre 2012, Allegato Linee Guida Educazione civica, MIUR

Ptof scuola “Vincenzo Laurenza” per il triennio 2022/2023

<http://www.les.unina.it/>

