



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

NON CREDERE SEMPRE AI TUOI OCCHI
LUCE E COLORE TRA VISIONE E PERCEZIONE

Relatore

Ch.mo Prof.re
Emilio Balzano

Candidata

Tomaiuolo Ilary
Matricola
208004699

Anno Accademico 2021/2022

INDICE

CAPITOLO 1 – IL VALORE PEDAGOGICO DI NON CREDERE SEMPRE AI TUOI OCCHI.....	4
1. IL MACROCONTESTO.....	5
2. IL MICROCONTESTO	5
3. LE SPINTE MOTIVAZIONALI	7
4. IL VALORE DELLA SCIENZA	8
CAPITOLO 2 – GLI OCCHI DELLA MENTE	11
1. TRA VISIONE E PERCEZIONE: IL RUOLO DEL CERVELLO	11
2. DUE FINESTRE SUL MONDO.....	20
2.1 <i>All'interno dell'occhio.....</i>	<i>23</i>
2.2 <i>Immagini negli occhi: la retina e la camera oscura</i>	<i>28</i>
2.3 <i>Il cervello creativo: reinventare il punto cieco</i>	<i>30</i>
3. PERCEZIONE DEI COLORI.....	32
3.1 <i>Vite di diversi colori.....</i>	<i>36</i>
4. SI IMPARA A VEDERE?	39
4.1 <i>Invertire l'immagine retinica – l'esperimento di Stratton.....</i>	<i>42</i>
4.2 <i>Modificare i colori delle cose – l'esperimento di Kohler.....</i>	<i>44</i>
4.3 <i>Diversità culturali</i>	<i>46</i>
4.4 <i>Ciechi che acquistano la vista</i>	<i>47</i>
4.5 <i>Partire da zero: la visione dei neonati.....</i>	<i>52</i>
4.5.1 <i>Tecniche per lo studio della visione nei neonati.....</i>	<i>52</i>
4.5.2 <i>Gli esperimenti sui movimenti oculari di Robert Fantz.....</i>	<i>54</i>
4.5.3 <i>La percezione del precipizio di Eleanor Gibson.....</i>	<i>55</i>
5. DIMENTICARE COME SI VEDE	57
6. INGANNARE LA VISTA: LE ILLUSIONI	59
6.1 <i>Ambiguità.....</i>	<i>61</i>
6.1.1 <i>Il volto concavo e la schizofrenia.....</i>	<i>64</i>
6.2 <i>Distorsioni</i>	<i>66</i>
6.3 <i>Paradossi.....</i>	<i>71</i>
6.4 <i>Finzioni</i>	<i>72</i>
6.4.1 <i>Illusioni fisiologiche.....</i>	<i>73</i>

7. RIFLESSIONI	80
CAPITOLO 3 – SPERIMENTAZIONI IN CLASSE PRIMA E TERZA .82	
LE METODOLOGIE	82
I TRAGUARDI PER LO SVILUPPO DELLE COMPETENZE	83
1. LONTANO DAGLI OCCHI, LONTANO DAL CUORE	85
2. M'ILLUMINO D'IMMENSO: SORGENTI DI LUCE E OGGETTI ILLUMINATI	87
3. GUARDARE ATTRAVERSO: CORPI TRASPARENTI, TRANSLUCIDI, OPACHI.....	90
4. LUCI E OMBRE	100
5. IN LINEA RETTA E IN TUTTE LE DIREZIONI.....	117
6. SPECCHIO, SPECCHIO DELLE MIE BRAME: LA RIFLESSIONE DELLA LUCE	119
7. COMBINARNE DI TUTTI I COLORI!.....	140
7.1 <i>Il colore delle cose</i>	142
7.2 <i>Il colore della luce</i>	160
7.3 <i>La sintesi additiva: luci che si sommano</i>	183
7.4 <i>La sintesi sottrattiva: luci che si sottraggono</i>	205
8. NON CREDERE SEMPRE AI TUOI OCCHI: LE ILLUSIONI.....	221
9. VALUTAZIONE	241
CONCLUSIONI	244
RINGRAZIAMENTI	247
BIBLIOGRAFIA	252
SITOGRAFIA.....	253

C'è una crepa in ogni cosa ed è da lì che entra la luce.

L. Cohen

CAPITOLO 1

IL VALORE PEDAGOGICO DI *NON CREDERE SEMPRE AI TUOI OCCHI*

Il presente lavoro di tesi ha un'impronta fortemente sperimentale e afferisce all'insegnamento di Elementi di Fisica. Il titolo, volutamente ambiguo, è stato scelto per esprimere il suo duplice valore: da un lato, esso vuol riferirsi ai fenomeni della luce, del colore e della percezione visiva, fittamente inseriti nella trama della nostra vita quotidiana, ma straordinariamente misteriosi e sorprendenti. Tutto parte dalla luce: indispensabile per la visione e responsabile delle sfumature cromatiche che colorano il nostro mondo. Il primo inganno a cui i nostri occhi sono sottoposti, è credere che essa sia bianca. Grazie a Newton, sappiamo che, invece, la luce ha i colori dell'arcobaleno. E che dire delle illusioni ottiche? Bizzarrie percettive che dimostrano quanto i nostri occhi possano essere limitati di fronte all'immensa abilità creativa del cervello, il quale ci spinge a vedere ciò che fisicamente non esiste e che, a sua volta, può essere tratto in inganno dagli scherzi della vista. Un mondo dentro il mondo, dunque, in cui si mescolano visione e percezione, occhio e cervello. Dall'altro lato, invece, *Non credere sempre ai tuoi occhi* è una frase dal forte valore pedagogico: si tratta del monito che ho lanciato ai miei alunni della scuola G. D'Annunzio, plesso dell'I.C. Baracca-Vittorio Emanuele, che raccoglie l'utenza proveniente da due dei quartieri più difficili del napoletano: il Pallonetto ed i Quartieri Spagnoli. A loro, vivaci attori delle sperimentazioni scientifiche, ho voluto mostrare che noi tutti siamo ciechi di fronte alle convinzioni errate che ci inducono a sentirci inadatti, incapaci, fuori posto, per colpa di una condizione di degrado sociale e culturale che non ci aiuta ad evolvere in meglio. Condizione che i bambini delle mie due classi, Prima A e Terza A Primaria, purtroppo conoscono bene. Abituati a vivere per strada, abbandonati ad un destino intriso di ignoranza, delinquenza e criminalità, questi piccoli adulti costretti a crescere in fretta senza figure di riferimento, hanno avuto un'occasione per riscattarsi da un contesto malsano, e per smettere di credere alla terribile bugia secondo cui chi nasce in una condizione di svantaggio sarebbe destinato a morirci. Attraverso

la gioia della didattica laboratoriale, della cooperazione e del gioco, le sperimentazioni hanno trasformato i discenti in attori del loro processo di apprendimento, aiutandoli a mettere in campo personali strategie capaci di sovrastare le lacune e le mancanze, mostrando invece quanto sia necessario che la didattica si faccia strumento per liberare ogni individualità dai lacci delle etichette e dei giudizi dati a priori. Ritrovando in se stessi la forza e l'autostima per riuscire a considerarsi capaci e importanti, questi bambini hanno ricevuto, forse per la prima volta, la soddisfazione di una gratificazione che non guarda tanto al risultato, quanto più al processo.

1. Il macrocontesto

L'edificio G. D'Annunzio è una piccola scuola ubicata a ridosso di Piazza Plebiscito ed accoglie una popolazione abbastanza eterogenea che abbraccia non soltanto i rinomati quartieri di Monte di Dio e Via Chiaia, ma anche le zone popolari dei Quartieri Spagnoli e del Pallonetto di Napoli. La maggior parte degli alunni dell'Istituto vive in un ambiente socio-economico deprivato, in cui si registra un alto tasso di disoccupazione, fenomeni di delinquenza e criminalità, dispersione scolastica, condizioni abitative non idonee all'infanzia, con situazioni di promiscuità e sovraffollamento. Spesso i bambini sono avviati prematuramente al lavoro, in condizioni di sfruttamento e sotto la presenza della malavita organizzata, oppure soffrono la presenza di uno o entrambi genitori in carcere o agli arresti domiciliari. Purtroppo, anche la scuola mostra degli ostacoli che, dall'interno, ostacolano il benessere e l'apprendimento degli alunni, come gli spazi delle aule ridotti, la mancanza di attrezzature tecnologiche, di LIM, connessione internet, sale mensa, laboratori. Inoltre, in tutti i plessi del Baracca sono numerose le barriere architettoniche, mancano gli ascensori e c'è carenza di manutenzione; le palestre sono inutilizzabili e mancano un atrio o un cortile in cui fare l'intervallo, nonché un'aula per la refezione.

2. Il microcontesto

La Prima A e la Terza A del plesso D' Annunzio non hanno una locazione stabile, infatti, a causa di una rotazione a cui sono sottoposte le classi, per alcuni

mesi siamo stati nella sede di Vico Tiratoio, nel pieno centro dei Quartieri Spagnoli, una zona pullulante di vita, profumi e colori. A dispetto di ciò, l'edificio scolastico si mostra decisamente poco accogliente. Entrambe le aule sono decisamente troppo piccole per la particolare utenza che ospitano: in classe Prima sono presenti dodici alunni, di cui uno con DSAu abbastanza severo ed uno non certificato, ma egualmente problematico. In Terza, invece, sono presenti sedici alunni, con un altro caso di DSAu molto severo, un ADHD ed un recente dichiarato ADHD al quale sarà assegnata una maestra di sostegno per il prossimo anno. Al di là dei disturbi certificati, numerosi sono i bisogni educativi speciali attribuibili principalmente alle condizioni di svantaggio socio-economico delle famiglie: oltre alle numerose assenze che si registrano quotidianamente in entrambe le classi, in Prima vi sono discenti assolutamente non scolarizzati, poco abituati alle regole ed all'autonomia, con alcune piccole difficoltà di linguaggio o di apprendimento, dovute alle sfavorevoli condizioni familiari (famiglie divise, genitori in carcere, livello culturale basso). In Terza, purtroppo, la situazione è molto più spiacevole: c'è chi, a otto anni, fa ancora fatica a leggere e scrivere, chi si rifiuta di svolgere qualsiasi compito o attività, chi avrebbe bisogno di una didattica personalizzata, ma si ritrova abbandonato a se stesso. Purtroppo, la didattica a cui i miei alunni sono stati abituati non è d'aiuto alla complessa e variegata situazione: lezioni frontali, metodologia piatta, assenza di gioco, condivisione e, soprattutto, dialogo. I bisogni educativi che emergono sono molto forti e altrettanto sottovalutati: primo fra tutti l'ascolto sincero, ma anche la comprensione, l'empatia, il rispetto dei tempi di apprendimento, la creatività, la libera espressione, il movimento, il gioco, la collaborazione, la solidarietà, la motivazione. I bambini danno poco valore alla scuola, sono demotivati, annoiati, non si sentono gratificati, non comprendono il valore dell'apprendimento come riuscita personale, al contrario lavorano esclusivamente in vista di un voto con il quale fare il confronto con gli altri, non sono cooperativi, tendono a competere, si auto-isolano, non provano interesse nel fare i compiti a casa, mostrano gravi carenze nell'espressione orale e scritta. Tutti i discenti, ad una prima analisi, necessitano di essere ascoltati, di ricevere attenzioni, esprimersi, sviluppare la creatività, interagire con i pari.

3. Le spinte motivazionali

In seguito alle considerazioni fatte in merito al difficile contesto socio-culturale delle mie due classi, nonché ai bisogni espressi ed inespressi, difficilmente tenuti in considerazione dalle insegnanti o dai genitori, ho ritenuto necessario impostare una didattica che partisse dai bambini e che consentisse loro di sentirsi finalmente apprezzati e gratificati, ma soprattutto che desse modo di percepire l'apprendimento come una sfida per migliorarsi, piuttosto che un mero svolgimento di compiti da fare a casa. Gli alunni necessitano di dare fiducia all'ambiente scolastico, il quale dovrebbe diventare un punto di riferimento convincente e alternativo alla delinquenza: perché ciò si verifichi, la scuola deve farsi luogo attento ai bisogni, agli interessi, all'unicità del singolo. Inoltre, ho rilevato per loro l'esigenza di essere ascoltati e di confrontarsi, di mettere alla prova le proprie conoscenze e di sentirsi capaci e meritevoli nonostante i propri limiti o le proprie possibilità. Ho letto negli occhi dei miei alunni il peso del doversi adeguarsi ad un contesto familiare che non ha spazio né tempo per loro; li ho visti imprigionati per otto ore in un edificio che dovrebbe favorire la fantasia, la creatività, la scoperta, ma che invece si limita a dare ordini, sgridare, giudicare e punire. Più di tutte, ho recepito la forte esigenza di sentirsi bambini e agire da bambini, dando spazio alla naturale curiosità, ma anche all'empatia e al desiderio di sentirsi amati. Potendo beneficiare dello sguardo attento che solo un'insegnante di classe può avere, lavorare come supplente mi ha concesso il privilegio di non limitarmi ad osservare degli alunni, bensì di osservare i *miei* alunni, con i quali ho stretto un rapporto di sincera fiducia, che non avrei potuto assolutamente tradire.

Ho deciso di voler restituire loro la leggerezza dell'infanzia, in barba ad una società e ad un contesto sociale che li vede crescere prima del tempo, lasciare presto i giochi, imitare gli adulti.

Pertanto, ho voluto realizzare una didattica per tutti e per ciascuno, che partisse dal basso e consentisse anche al più piccolo, invisibile talento di venire fuori.

Per farlo, ho puntato su un tipo di insegnamento che fosse personalizzato ed inclusivo a priori, poiché è evidente che ciascun bambino, anche il più capace,

abbia bisogno di un approccio cucito addosso come un vestito su misura. Volevo che l'insegnamento si tramutasse in reale apprendimento, in acquisizione di *formae mentis*, abilità, competenze da portarsi dietro per tutta la vita, al fine di trasformare quegli alunni vittime di un contesto disagiato, in adulti capaci di cambiare il proprio destino.

Allora ho deciso di lavorare con i miei alunni mettendomi al loro livello, cioè accanto, piuttosto che davanti, notando che in loro stava maturando, a poco a poco, l'idea di non essere soli, perché c'era qualcuno che credeva in loro e li considerava importanti non tanto per il rendimento, bensì per l'essere riusciti ad affrontare nuove sfide.

4. Il valore della Scienza

Quale metodo migliore per reinventare la scuola, combattere la dispersione, favorire la motivazione e sviluppare l'intelligenza e l'autonomia, se non quello della Scienza?

È ufficialmente risaputo che l'osservazione sia più potente di una semplice spiegazione, tant'è che nelle Indicazioni Nazionali del 2018 si sottolinea l'esigenza di abituare i bambini al pensiero scientifico, basato sull'osservazione dei fenomeni, l'ipotesi e la sperimentazione, poiché esso «[...] rafforza nei ragazzi la fiducia nelle proprie capacità di pensiero, la disponibilità a dare e ricevere aiuto, l'imparare dagli errori propri e altrui, l'apertura ad opinioni diverse e la capacità di argomentare le proprie». Si aggiunge, poi, che il metodo scientifico nelle scuole «[...] è indispensabile per la costruzione del pensiero logico e critico e per la capacità di leggere la realtà in modo razionale, senza pregiudizi, dogmatismi e false credenze»¹.

Credo che la scienza sia una grande maestra dell'inclusione, lungi dal limitarsi a trasferire ai bambini nozioni di tipo trasmissivo – mnemonico, piuttosto lasciando che i fenomeni si aprano di fronte agli occhi consentendo a chiunque la libertà di interpretarli a proprio piacimento. I miei alunni, in particolare, si rivelavano in qualche modo “assopiti” da una rigida verticalità del processo

¹Miur, “Indicazioni Nazionali 2018”, pag. 14 in www.miur.gov.it/documents/20182/0/Indicazioni+nazionali+e+nuovi+scenari/3234ab16-1f1d-4f34-99a3-319d892a40f2 08/04/2022.

didattico, ma si leggeva chiaramente nei loro sguardi il desiderio di scoprire in autonomia, di essere padroni del proprio apprendimento affinché realizzassero che da soli sono capaci di fare qualsiasi cosa. Consegnando loro gli strumenti adeguati per fare esperienza della realtà, ho voluto trasmettere anche l'idea di una grande responsabilità che si troveranno a ricoprire: apportare un grande contributo alla conoscenza, tirar fuori dagli eventi quotidiani la straordinarietà scientifica che li sottende e che è tutta lì, pronta a manifestarsi.

Credo che il modo migliore per realizzare la piena autonomia del bambino sia proprio il metodo scientifico di cui parlavo poc'anzi. Attraverso l'osservazione dei fenomeni, la formulazione di ipotesi e l'esperimento, l'insegnamento si trasforma da teorico a pratico, rendendo lo studente attore e fautore del proprio processo di apprendimento. Il mio lavoro sperimentale *Non credere sempre ai tuoi occhi* pone al centro il bambino perché crede nel bambino, nel meraviglioso miracolo che si crea quando tra alunno e insegnante si instaura una profonda fiducia; è un invito a guardare più in profondità, nelle viscere nascoste della mente che si rivela geniale solo se le si consente di esprimersi, dato che ogni volta in cui un bambino viene condannato all'incapacità, vi è anche un adulto responsabile di questo. *Non credere sempre ai tuoi occhi* diventa un monito per spingere gli insegnanti e gli alunni a non dare nulla per scontato, perché anche chi non crede in se stesso possa meravigliarsi nello scoprire di essere importante ed assolutamente unico.

Ogni fanciullo nasconde in sé un grande potenziale che ha bisogno di venire alla luce nel senso letterale del termine, cioè essere illuminato, spolverato dal buio di un giudizio sbagliato dato a priori. L'idea è che non esista un solo modo di imparare, ma che il bambino debba essere libero di farlo secondo i propri tempi, bisogni, preferenze, emozioni, seguendo il filo di una didattica personalizzata ed inclusiva. Un siffatto modo di lavorare con i bambini consente loro di sviluppare ed esprimere appieno i molteplici tipi di intelligenze e talenti, i quali sbocciano pian piano durante l'esperienza diretta, la scoperta dei fenomeni e la loro interpretazione, aprendosi come un libro di fronte all'insegnante che riscopre, giorno per giorno, attimo dopo attimo, un alunno sempre nuovo e mai uguale a prima, notando inevitabilmente la graduale crescita del soggetto in termini

cognitivi, psico-affettivi, relazionali e dal punto di vista dell'autonomia e della metacognizione.

A dispetto di ciò che si potrebbe credere, nulla è più naturale del pensiero scientifico, perché il pensiero scientifico è sempre razionale, persino quando sbaglia. E lo è perché consente di autocorreggersi, di rivedersi continuamente, di non dare per scontato ciò che invece necessita di un'analisi più profonda. La scienza è altresì un'occasione per affiancare la teoria al gioco, al divertimento, alla scoperta, al movimento, alla libertà.

Grazie alla flessibilità, alla trasversalità ed alla libertà insita nell'esperimento scientifico, le lezioni si trasformano in domande, interrogativi ai quali occorre rispondere senza fretta, senza timore, senza sapere già tutto a priori. Solo in questo modo, quando il clima di classe sfuma in positivo per lasciar spazio alla bellezza di tutte le voci, anche quelle fuori dal coro, si può comprendere la verità del più grande insegnamento: ciò che si apprende con gioia rimane per sempre.

CAPITOLO 2

GLI OCCHI DELLA MENTE

1. Tra visione e percezione: il ruolo del cervello

L'occhio è un semplice strumento ottico. Con le immagini interne proiettate da oggetti che si trovano nel mondo esterno, esso è simile alla caverna di Platone [...]. L'autentico motore della comprensione è il cervello; non vi è nulla di maggiormente vicino alle nostre intime esperienze, eppure il cervello è più sconosciuto e misterioso di quanto non lo sia una lontana stella.²

L'affermazione del professor Richard Gregory, che fu docente di neuropsicologia presso la Bristol University e autore del libro *Occhio e cervello – la psicologia del vedere*, apre le porte a tutta una serie di innumerevoli questioni ed interrogativi, come il classico dilemma dell'uovo e della gallina. E dunque: è nato prima l'occhio o il cervello? Con quale dei due organi abbiamo imparato a guardare, fin dall'alba dei tempi?

L'architettura di questo secondo capitolo del mio lavoro di tesi pone le sue fondamenta proprio nel libro sopracitato, al fine di indagare l'importanza dell'esperienza pregressa nella percezione visiva.

Sebbene, infatti, sembri scontato che l'occhio è lo strumento deputato alla visione, non possiamo di certo trascurare l'evidente ruolo che il cervello, direttore d'orchestra del nostro corpo, maestro ineguagliabile di emozioni e sensazioni, ricopre all'interno di questa macchina complessa ed unica.

Si pensi, per avere un esempio concreto, a quello che succede quando teniamo il pollice dritto di fronte a noi, guardandolo chiudendo prima un occhio e poi l'altro, in modo alternato: il pollice sembra spostarsi ora a destra, ora a sinistra. Questo accade perché noi esseri umani, al pari di altri animali, possediamo una *visione binoculare o stereoscopica*, ovvero ciascuno dei nostri occhi invia al

² RICHARD L. GREGORY, *Occhio e cervello, la psicologia del vedere*, Milano, Raffaello cortina editore, 1998, p.1.

cervello un'immagine differente. Ma com'è possibile che, alla fine, riusciamo a vedere le immagini correttamente? Chi è che coordina tutto il processo? Se gli occhi fossero i soli responsabili della visione, probabilmente non avremmo che mere stimolazioni da parte del mondo, piuttosto confusionarie, slegate da qualsiasi significato. E ancora: cosa dire della maniera soggettiva con cui ognuno di noi interpreta lo stesso colore? Perché veniamo ingannati dalle illusioni ottiche? Se gli occhi fossero la nostra unica finestra sul mondo, non avremmo che esperienze oggettive, identiche per tutti.

Ecco allora che il cervello, per quanto nascosto ed invisibile, operando al buio della scatola cranica, in realtà si fa protagonista di tutta la nostra percezione, intervenendo per dare quel valore aggiunto, per unire gli stimoli in entrata ed attribuire loro un senso, indirizzandoci verso l'interpretazione corretta.

Siamo soliti concepire le sensazioni come qualcosa di strettamente legato agli organi che ci consentono di coglierle, e così definire la vista, l'udito, il tatto, il gusto e l'olfatto come *i cinque sensi*, tralasciando forse un dettaglio importante: il ruolo apportato dal cervello. È opinione condivisa che la tristezza, nell'essere umano, induca all'ascolto di musica triste, oppure a preferire la visione di un cielo grigio e piovoso ad uno sereno. La domanda sorge spontanea: chi decide quale musica è *triste* e perché il grigio esprime al meglio questa sensazione? Come sono collegate la musica ed i colori con le nostre emozioni? Non solo: è possibile avere due interpretazioni diverse della stessa melodia e della stessa tinta, a seconda dell'umore del momento. Tuttavia, è certo che le nostre orecchie ed i nostri occhi sono sempre gli stessi. Dunque, cos'è che cambia? L'apporto del cervello è inevitabilmente più forte di quel che siamo abituati a credere.

Gli psicologi della Gestalt (si ricordano Wertheimer, Kohler, Koffka, Lewin) che negli anni Venti ribaltarono le assunzioni dello Strutturalismo, sostenevano che «il tutto è maggiore della somma delle parti», sottolineando l'impossibilità di scindere analiticamente le componenti della percezione. Il termine *gestalt* significa “forma”, “sistema” ed implica che

La percezione della realtà non dipende dalla conoscenza dei singoli fenomeni ma dall'elaborazione di insieme che il cervello attua. Il tutto predomina sul singolo e,

successivamente all'elaborazione istintiva del tutto, il cervello riesce pian piano a prendere coscienza e ad accorgersi dei singoli elementi che compongono l'insieme³.

La coscienza è, quindi, un fenomeno unitario che non può essere scomposto. Questa idea, introdotta dai tedeschi della Gestalt, vale per tutte le scienze, non solo quelle naturali. Soffermandosi sulle leggi dell'organizzazione della mente, cioè sul modo in cui il cervello interpreta, elabora ed organizza i dati percettivi, i gestaltisti paragonano la percezione visiva a quella uditiva: così come una melodia viene colta dall'orecchio nella sua armonia e non come somma di singole note, allo stesso modo cogliamo un quadro nella sua totalità e non lo vediamo come somma di macchie di colore.

Fu lo psicologo Wertheimer, nel 1923, ad enunciare alcune leggi che rivelerebbero uno schema attraverso cui il cervello organizza la percezione per comprendere il mondo circostante:

- La *legge della chiusura* – la tendenza a percepire i punti di un insieme come parti di una figura chiusa, anche se le sue linee non sono continue ed è il cervello a ricostruire le parti mancanti, grazie alla memoria che ha di quel particolare oggetto (Fig.1).

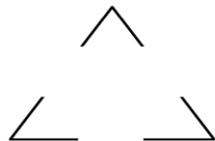


Fig. 1 – legge della chiusura

- La *legge della vicinanza* – si percepiscono gli elementi vicini come un insieme unitario (Fig.2).

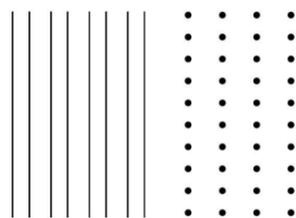


Fig. 2 – legge della vicinanza

³ gabriellagiudici.it/la-percezione-elementi-di-storia-della-psicologia-e-di-analisi-del-processo-cognitivo/, 09/06/2022.

- La *legge della somiglianza* – secondo cui si raggruppano tra loro gli elementi simili per colore, forma o dimensione (Fig.3).

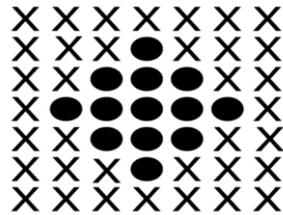


Fig. 3 – legge della somiglianza

- La *legge del destino comune* – gli elementi di un gruppo che si muovono insieme (come le foglie di un albero) e che condividono le stesse direzioni di ritmo, movimento, orientamento, sono percepiti come appartenenti alla stessa figura (Fig.4).

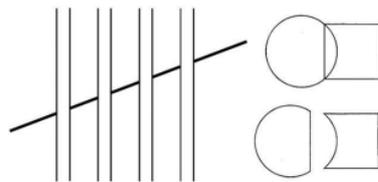


Fig. 4 – la legge del destino comune

- La *legge della continuità di direzione* – la tendenza ad unire una serie di elementi posti in sequenza, in base alla loro continuità di direzione. Nella Fig.5 si può notare, infatti, che è molto più probabile affermare che la sequenza di puntini neri continui correttamente con il segmento AB, piuttosto che incurvarsi come nel segmento AC.

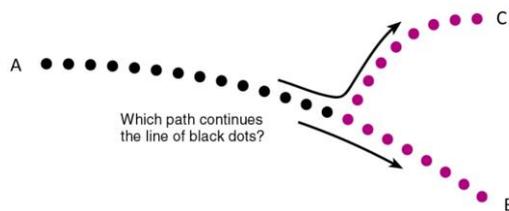


Fig. 5 – legge della continuità di direzione

- La legge della gravidanza – afferma che, in un insieme di elementi, quelli che hanno la forma più semplice e più riconoscibile, tendono ad essere percepiti come figura. Inoltre, la forma che si costruisce è tanto più “buona” quanto più sono favorevoli le condizioni che lo consentono. Quanto più regolari, simmetriche, coesive, omogenee, equilibrate, semplici, concise esse sono, tanto maggiore è la probabilità che hanno d’imporsi alla nostra percezione (Fig.6).

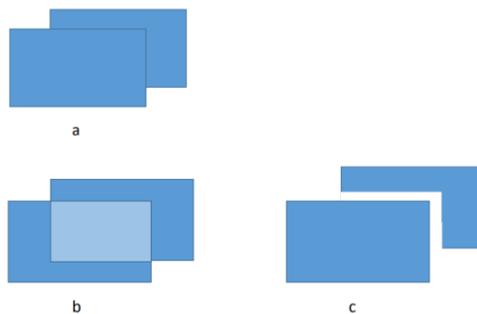


Fig. 6 – la legge della gravidanza. Osservando la figura a, è molto più probabile considerare l’oggetto ambiguo nella sua forma migliore (più semplice), cioè quella del rettangolo della figura b, piuttosto che la forma a L della figura c.

- Legge dell’esperienza precedente – secondo cui gli elementi che, sulla base della nostra esperienza passata, sono abitualmente associati tra di loro, tendono ad essere uniti in forme. Un osservatore che non conosce il nostro alfabeto, nell’osservare la Fig. 7 non potrebbe mai riconoscere la lettera E.



Fig. 7 – legge dell’esperienza precedente. Le linee formano la lettera E.

Inizia a delinearsi il filo logico lungo il quale orientare il discorso sulla percezione. Sebbene essa codifichi le informazioni che passano attraverso i vari canali sensoriali (gli occhi, nel caso sopra descritto), la mente interviene con la sua interpretazione degli stimoli in ingresso, consentendoci di scoprire nuove cose sull’ambiente circostante⁴.

⁴ NICOLA BRUNO, *Introduzione alla psicologia della percezione visiva*, Parma, Il Mulino, 2010, da www.fisica.unina.it/documents/12375590/13725490/155_DiCapuaC_18-10-2019.pdf/fbc71df9-32f1-4092-89c8-639acc227179 09/06/2022

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* (Fig. 8).

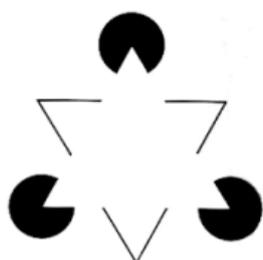


Fig. 8 – il triangolo di Kanizsa

Nella figura sembra di vedere due triangoli sovrapposti, uno con contorno nero sotto e l'altro con contorno bianco e i vertici su tre cerchi neri, sopra. Sembrerebbe, inoltre, che il triangolo bianco sia persino più luminoso. Eppure, nella realtà fisica esistono solo alcune forme geometriche posizionate in modo preciso. Entrambe le descrizioni sono corrette ed anche se i due triangoli non esistono *realmente*, tutti gli esseri umani li vedono. Pertanto, la visione va ben oltre la formazione di immagini sulla retina e gli occhi non sono la nostra unica finestra sul mondo.

Se oggi questo discorso sembra piuttosto chiaro, di certo non lo era duemilacinquecento anni fa, quando i filosofi greci erano convinti che la luce uscisse dagli occhi, toccasse gli oggetti e ci consentisse di vederli, similmente alle mani che toccano le cose e le riconoscono. Finché, a partire dal diciassettesimo secolo, la scoperta delle immagini retiniche rese chiaro che la luce non esce dal corpo, semmai viene colta dagli occhi per essere tradotta in impulsi elettrochimici che vengono letti dal sistema nervoso sulla base di regole e conoscenze già acquisite. Questo significa che la percezione è imprescindibile dall'esperienza, la quale interferisce – per così dire – con la semplice rilevazione

dei fenomeni. Ancora una volta, appare evidente che ciò che vediamo è ben diverso da ciò che conosciamo, altresì che la nostra conoscenza può condizionare la realtà percepita. Afferma Gregory che «la percezione di un oggetto è molto più ricca di ogni possibile immagine formatasi negli occhi»⁵ grazie ai processi cerebrali che utilizzano la conoscenza memorizzata per fare previsioni. Questa capacità di previsione è fondamentale per la sopravvivenza, poiché non solo sopperisce ai ritardi fisiologici dei segnali tra occhi e cervello, bensì ha una funzione di anticipazione dei pericoli e consente di valutare una possibile fuga, grazie alla possibilità di scorgere gli oggetti lontani. Un esempio pratico di come la conoscenza intervenga nel fenomeno percettivo è la famosissima illusione di Muller-Lyer (Fig.9): osservando le due frecce e dovendo giudicare la lunghezza della linea centrale, siamo portati a credere che la freccia di sinistra (con le alette aperte verso l'esterno) sia più alta rispetto a quella di destra, 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. Invece, siamo naturalmente abituati alla *visione prospettica*, quella che precedentemente è stata definita visione stereoscopica: il cervello, che conosce la prospettiva, si comporta con le due frecce come se esse rappresentassero le linee di fuga. Secondo lo psicologo Richard Gregory, l'illusione sarebbe dovuta ad un'errata applicazione della *costanza delle dimensioni*, la quale è il metodo che il cervello utilizza per riconoscere l'altezza reale degli oggetti visti in prospettiva (grazie alla costanza delle dimensioni siamo in grado di capire, ad esempio, che un albero, visto da lontano, appare più corto rispetto ad una persona che si trova immediatamente di fronte a noi, ma siamo in grado di stimarne l'altezza corretta). In questo modo saremmo portati ad osservare il segmento centrale delle frecce, interpretando il primo come lo spigolo interno di un parallelepipedo, che potrebbe essere una stanza dove l'angolo interno è la parte più lontana della parete. Invece, la seconda freccia verrebbe interpretata come uno spigolo che, «come tutte le cose sporgenti, tende a venire verso di noi ed è l'elemento più vicino di un oggetto»⁶.

⁵ RICHARD L. GREGORY, *Occhio e cervello, la psicologia del vedere*, Milano, Raffaello cortina editore, 1998, p.4.

⁶ ANDREA FROVA, *Luce colore visione*, Roma, Editori Riuniti, 1984, p.168.

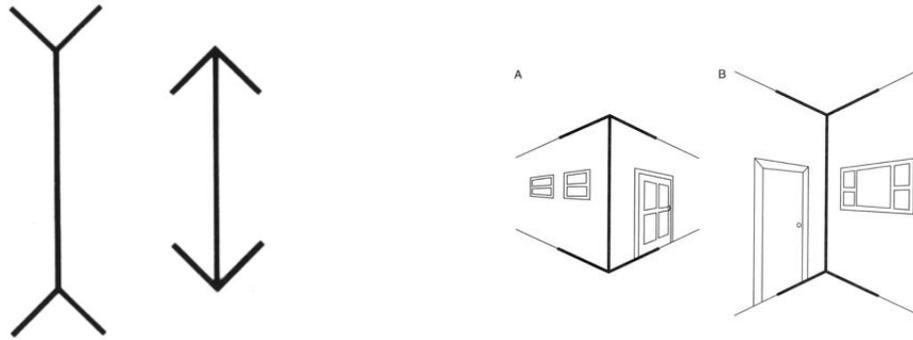


Fig. 9- Illusione di Muller-Lyer. La freccia di sinistra appare più lunga di quella di destra.

Ma, prima ancora dei gestaltisti, a metà ottocento fu il fisico e medico tedesco Hermann von Helmholtz a nutrire il sospetto che la quantità di dati trasmessi dagli occhi al cervello fosse troppo esigua per spiegare la ricca esperienza della visione. Egli concluse, anticipando la Gestalt, che il cervello evidentemente formulava degli assunti sui dati in arrivo, assunti condizionati dall'esperienza precedente del soggetto. In altre parole, data una piccola quantità di informazioni, il cervello usa le proprie opinioni per trasformarla in una serie di informazioni più ampia⁷.

È anche vero che per il nostro cervello sono sufficienti pochissimi dettagli di un'immagine, affinché possiamo riconoscerne il contenuto: basti pensare ai *cartoons* realizzati dai disegnatori con pochissimi tratti di penna, attraverso i quali non faticiamo a vedere un volto, una sagoma, l'espressione di un viso. Bastano poche linee ben scelte per scorgere dei lineamenti o per lasciarci immaginare forme nelle nuvole, nelle fiamme del fuoco o nei solchi della luna. Fu lo psicologo russo Alfred Lukyanovich Yarbus, pioniere degli studi sulla meccanica del sistema oculomotore negli anni '50 e '60, a spiegare in che modo gli occhi si fissano su quegli elementi di un oggetto che possono trasmettere delle informazioni essenziali in quel momento. I risultati sorprendenti dei suoi esperimenti furono pubblicati nel suo volume dal titolo *The role of eye motions in vision processes*. Attraverso tecniche di *eye-tracking* decisamente obsolete

⁷ DAVID EAGLEMAN, *In incognito – la vita segreta della mente*, Milano, Mondadori, 2010, p. 38.

rispetto a quelle moderne, lo psicologo registrò i movimenti oculari saccadici e le fissazioni (le saccadi sono rapidi movimenti volontari dell'occhio che hanno la funzione di spostare nella zona retinica di massima sensibilità, la *fovea*, i punti salienti dell'ambiente che stiamo osservando. Le fissazioni sono momenti in cui gli occhi si concentrano in un punto preciso) dei volontari durante la somministrazione di immagini o dipinti⁸. Concluse che, durante la visione di un volto, lo sguardo si fissa sugli occhi, il naso e le labbra, trascurando il resto (Fig.10).

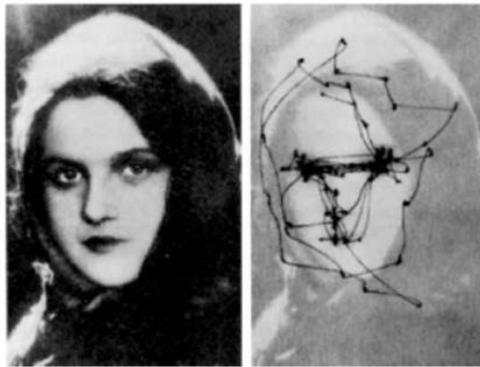


Fig. 10 – Yarbus, eye-tracking di un'immagine di donna: i movimenti oculari si concentrano su alcuni elementi del viso.



Fig. 11 – Yarbus, eye-tracking del quadro *Non lo stavano aspettando* di I. E. Repin. I movimenti oculari, durante la visione libera, si concentrano sui volti.

Stessa cosa accade osservando un quadro in cui sono presenti figure umane: se la visione era libera, i movimenti oculari si concentravano sui volti (Fig. 11), ma se si ponevano ai volontari delle domande inerenti all'aspetto dei personaggi, al

⁸ www.bg2lab.it/lesperimento-di-yarbus-e-la-natura-attiva-del-sistema-visivo/ 09/06/2022

loro status sociale, alla loro età, i movimenti cambiavano, cercando quelle informazioni non più soltanto nel volto, ma nei vestiti, nello sfondo, negli oggetti (Fig. 12).

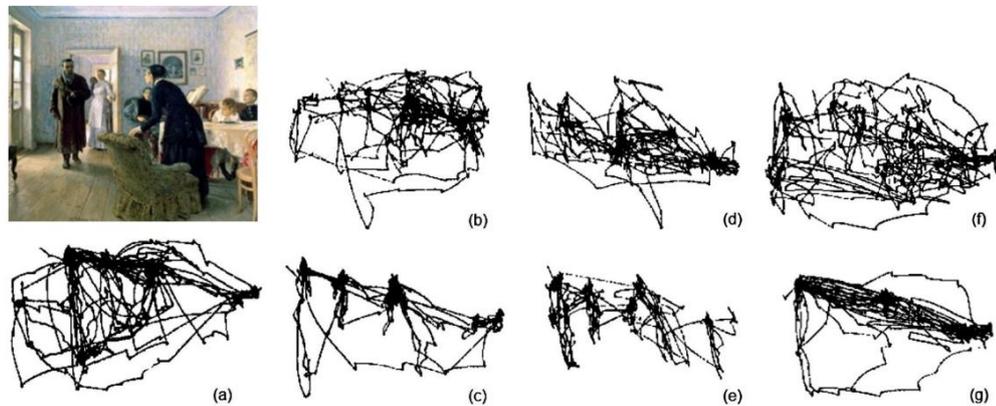


Fig. 12 – Yarbus, stesso quadro ma richieste differenti da parte dello sperimentatore: a) Osservare liberamente il quadro; b) definire la situazione economica dei personaggi; c) stabilire la loro età; d) descrivere cosa fanno; e) ricordare cosa indossano; f) ricordare la posizione dei personaggi; g) stimare il tempo di esilio del condannato.

Yarbus dimostrò, per la prima volta, che le posizioni dei movimenti oculari danno un'idea di ciò che l'osservatore sta pensando e che la selezione visiva presenta una forte componente *top-down* tale da dimostrare il ruolo attivo del sistema visivo umano. Ciò significa che lo spettatore non subisce passivamente gli stimoli ma che, al contrario, guida i propri occhi ad eseguire un comportamento appropriato in risposta ad un obiettivo cognitivo⁹.

2. Due finestre sul mondo

Finora si è parlato del ruolo chiave del cervello nell'elaborazione delle immagini e nell'attribuzione di un loro significato. Tuttavia, occorre fare un passo indietro per una breve spiegazione relativa alla fisiologia dell'occhio ed alla formazione delle immagini retiniche, nonché alla particolarissima zona cieca, la quale si rivela di particolare importanza nel confermare la creatività del cervello nel processo visivo.

⁹ *Ibid.*

All'inizio di questo capitolo ho posto la domanda chiave: «È nato prima l'occhio o il cervello?». Gregory afferma che entrambi si sarebbero evoluti attraverso un processo lento e casuale di tentativi ed errori e, indipendentemente da chi sia nato prima, l'occhio servirebbe a ben poco senza un cervello in grado di interpretare le immagini.

Il punto di partenza nella storia dell'evoluzione dell'occhio è la luce. Tutti gli esseri viventi sono sensibili alla luce, persino le piante, in grado di seguire i movimenti del sole come se i fiori fossero occhi per guardarlo¹⁰. I primi organismi elementari si limitavano a reagire ai cambiamenti di intensità della luce, senza che si verificasse alcuna formazione di immagini. Solo con l'apparire di occhi più complessi, capaci di formare le immagini, e di cervelli sufficientemente sviluppati per poterle interpretare, divenne possibile la percezione di forma e colore. La sensibilità alla luce fu resa possibile, fin dall'alba dei tempi, da particolari cellule chiamate *fotorecettori*, presenti persino negli esseri unicellulari. Tali cellule non si trovano localizzate esclusivamente all'interno dell'occhio, ma possono essere sparse su tutta la pelle (come nel caso del lombrico), o all'interno di una depressione della superficie corporea. Il motivo di questa localizzazione nascosta, sarebbe da attribuire al vantaggio di non essere abbagliati dalla luce diretta del sole, che riduceva la capacità di individuare le ombre e quindi prevenire un pericolo. In queste loro sedi primitive, tuttavia, i recettori erano esposti all'occlusione da parte di polveri e corpi estranei, che rendevano difficoltosa la visione della luce. L'evoluzione sarebbe quindi intervenuta attraverso la formazione di una membrana trasparente di protezione, che in seguito sarebbe diventata il *cristallino*. Questo, nasce come strumento per proteggere i fotorecettori e potenziare la luminosità, ma in seguito è passato alla formazione di immagini effettive. Un esempio di occhio primordiale è quello del *Nautilus* (Fig. 13), un mollusco marino privo di cristallino ma provvisto di un piccolo foro per le immagini. Il suo occhio viene lavato dal mare in cui esso vive, allo stesso modo in cui l'*umor acqueo* degli occhi più evoluti allontana polveri e particelle estranee: non è un caso se le

¹⁰ RICHARD L. GREGORY, *Occhio e cervello, la psicologia del vedere*, Milano, Raffaello cortina editore, 1998, p.36.

lacrime umane, con il loro sapore salato, ricordino gli oceani primordiali che bagnavano i primi organismi!



Fig. 13 – un Nautilus

Gli occhi degli esseri umani, per quanto assurdo possa sembrare, non sono i più sviluppati, sebbene il cervello umano sia senza dubbio il più complesso nella scala zoologica: infatti, spesso accade che cervelli semplici si accompagnino ad occhi complessi¹¹. Tant'è vero che gli insetti, generalmente, non abbiano una sola lente cristallina, ma tante lenti con pochi recettori, uno per ogni cristallino, ed i loro occhi vengono definiti *occhi composti*. I gruppi di recettori sono generalmente formati da sette unità disposte a forma di corolla di fiore ed ognuna unità prende il nome di *ommatidio* (Fig. 14): variano da poche unità fino a ben oltre 10 mila (il record è detenuto dalla libellula con circa 25 mila ommatidi per occhio); in linea di principio la loro quantità è direttamente proporzionale all'importanza che il senso della vista ricopre nella biologia dell'animale, quindi sarà elevata negli insetti grandi volatori e cacciatori e minima negli insetti privi di ali e notturni¹².



Fig. 14 – occhi di mosca predone (*Holcocephala fusca*). Gli occhi composti delle mosche hanno dai duemila ai quattromila ommatidi ciascuno.

¹¹ Ivi, p.39.

¹² www.aknews.it/locchio-composto-degli-insetti/ 09/06/2022

Il singolo ommatidio percepisce una piccola e specifica porzione del campo visivo, mentre a livello di sistema nervoso centrale tutte queste immagini parziali vengono elaborate e fuse in un'unica immagine d'insieme, che diventa tanto più nitida quanto più alto è il numero di ommatidi.

Rispetto all'occhio dei vertebrati superiori l'immagine restituita dall'occhio composto è ad una definizione decisamente inferiore, tuttavia offre un campo visivo molto più esteso ed un'alta risoluzione temporale, che consente agli insetti di rilevare con efficienza anche i più piccoli movimenti (motivo per cui, agli occhi delle mosche, noi appariamo decisamente lenti).

Questa caratteristica così particolare degli occhi degli insetti ha delle implicazioni sulla visione dei colori, i quali vengono percepiti per tutta la lunghezza d'onda della luce visibile (dal rosso, 700 nanometri, al violetto, 400 nanometri) e sconfinano anche nell'ultravioletto (circa 350 nanometri). Non a caso diversi fiori che a noi appaiono di colore uniforme hanno in realtà delle aree che riflettono l'ultravioletto, per guidare gli insetti impollinatori nelle zone dov'è presente il polline.

Occhi del genere, seppur perdano di acuità visiva, garantiscono agli insetti un'agilità di movimento tale da consentire loro di catturare al volo le prede senza troppa difficoltà. Questo, ovviamente, non accade per noi esseri umani.

2.1 All'interno dell'occhio

L'occhio degli esseri umani (e di molti vertebrati) ha la forma di un globo, il cosiddetto bulbo oculare, (*bulbus oculi*) ha forma sferica, una lunghezza di circa 24 mm, pesa circa 7,5 grammi ed è posizionato nell'orbita, la cavità oculare ossea che lo protegge. È riempito con un denso gel, composto al 98% da acqua.

Dato che il liquido è trasparente, si parla anche di corpo vitreo (*corpus vitreum*). Il corpo vitreo riempie la maggior parte dell'occhio, ma è anche parte del sistema ottico e garantisce che i raggi di luce passino, senza problemi, dal cristallino (*lens cristallina*) alla retina (*rete*)¹³.

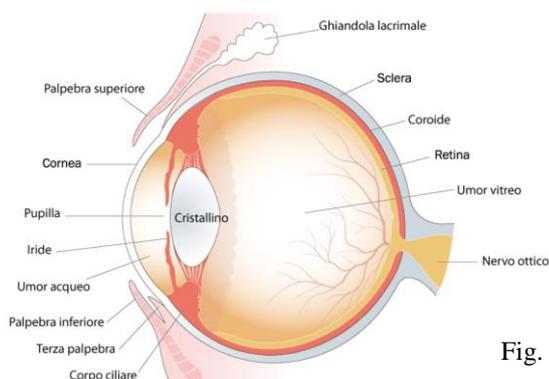


Fig. 15 – anatomia di un occhio umano

L'occhio è quindi avvolto da tre membrane sovrapposte: la sclera, l'uvea (che comprende iride, corpo ciliare e coroide) e la retina.

La sclera è la membrana più esterna, di colore bianco e avvolge il bulbo dal nervo ottico alla cornea, una membrana trasparente posta sulla parte anteriore dell'occhio, attraverso la quale passa la luce.

Proprio dietro alla cornea si trova l'iride, che funziona da diaframma in grado di allargarsi o restringersi a seconda dell'intensità della luce. Il suo nome significa "arcobaleno" ed è particolarmente appropriato poiché i pigmenti che lo colorano hanno una vasta gamma di tonalità. A dire il vero, il colore dell'iride non è particolarmente importante nella fisiologia dell'occhio, in quanto questa caratteristica serve esclusivamente a rendere opaca l'iride in modo da limitare l'apertura del cristallino: di fatti, chi soffre di albinismo (malattia ereditaria che consiste nella ridotta o mancata produzione di melanina), ha difficoltà nella visione durante una situazione di luce intensa.

Nel centro dell'iride si trova la pupilla, un'apertura nera e rotonda attraverso la quale i raggi di luce raggiungono l'interno dell'occhio. Anche la pupilla si restringe e si allarga a seconda dell'intensità di luce, grazie alla presenza di

¹³<https://www.fielmann.it/it/informazioni-general/ anatomia-dell-occhio/#:~:text=L'interno%20del%20bulbo%20oculare,definita%20anche%20%E2%80%9Csciera%20bianca%E2%80%9D.> 09/06/2022

muscoli dilatatori non controllati dalla nostra volontà. Ma 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. Infine, i movimenti non coscienti della pupilla sono influenzati dalle nostre emozioni quali l'eccitazione, la paura, la tristezza, la felicità¹⁴.

Immediatamente dietro l'iride si trova il cristallino (*lens cristallina*), un corpo trasparente appiattito composto da molte fibre e circondato dal muscolo ciliare, che lo fa appiattire o arrotondare, modificandone la lunghezza focale (il valore che descrive la capacità del sistema ottico di mettere a fuoco la luce)¹⁵. Il cristallino non è irrorato da vasi sanguigni né nervi e riceve i nutrienti necessari solo attraverso l'umor acqueo. La capacità che il cristallino ha di modificare la sua forma biconvessa per far convergere i raggi di luce a seconda della distanza degli oggetti, si chiama accomodamento. Quando guardiamo oggetti lontani il cristallino si appiattisce; quando, invece, guardiamo oggetti vicini diventa più spesso (Fig. 16). In particolare, se un oggetto è molto vicino l'accomodamento non è più possibile e per questo diciamo che esiste una distanza della visione *distinta*. Se avviciniamo lentamente l'occhio a un oggetto, per esempio un libro, la nostra visione diventa indistinta, cioè sfocata.

Questo accade quando l'occhio e l'oggetto sono più vicini della distanza della visione distinta; per un giovane questa distanza ha un valore di 20-25 cm¹⁶.

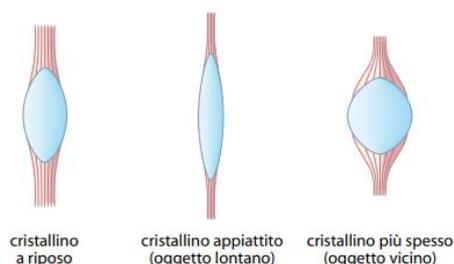


Fig. 15 – accomodamento del cristallino

¹⁴www.fielmann.it/it/informazioni-general/ anatomia-dell-occhio/#:~:text=L'interno%20del%20bulbo%20oculare,definita%20anche%20%E2%80%9Csciera%20bianca%E2%80%9D. 09/06/2022

¹⁵online.scuola.zanichelli.it/ruffo_fisica-files/SEZIONE_F/ruffo_fisica_F14_6_scheda.pdf 09/06/2022

¹⁶ *Ibid.*

Nella parte posteriore dell'occhio si trova la retina (Fig. 16), che ha questo nome perché è una membrana percorsa fittamente dai vasi sanguigni. Essa svolge nell'occhio la stessa funzione che la pellicola fotosensibile svolge nella macchina fotografica, cioè ricevere l'immagine proiettata dall'obiettivo, ma in scala ridotta e capovolta¹⁷.

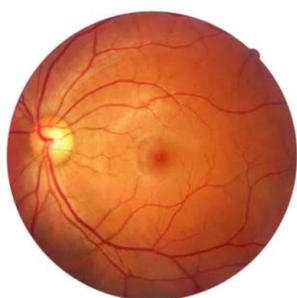


Fig. 16 – la retina con i suoi vasi sanguigni

Sulla faccia posteriore della retina si trovano milioni di cellule nervose che, dopo aver ricevuto lo stimolo fisico della luce, lo trasformano in impulso nervoso. I segnali nervosi raggiungono quindi il cervello, viaggiando attraverso il nervo ottico, ed è a quel punto che si forma l'immagine. Le cellule della retina sensibili alla luce si chiamano fotorecettori e, a seconda della loro forma, essi si dividono in coni e bastoncelli (Fig. 17).

I primi operano in condizioni di piena luce e quindi consentono la visione *fotopica* (dal greco *phos*= luce e *opìa*= visione), cioè quella diurna e a colori. I coni sono concentrati nella regione centrale della retina, chiamata fovea, che rappresenta il punto di massima sensibilità alla luce. I bastoncelli, invece, dalla forma più allungata, giocano un ruolo dominante nella visione crepuscolare e notturna, chiamata *scotopica* (da *skotos*= oscurità), che consente una visione in bianco e nero.

¹⁷ ANDREA FROVA, *Luce colore visione*, Roma, Editori Riuniti, 1984, p.104.



Fig. 17 – coni e bastoncelli

A differenza dei coni, i bastoncelli sono localizzati nelle zone periferiche della retina: per avere un riscontro pratico di questa affermazione, basterà guardare, con la coda dell'occhio, un oggetto al crepuscolo: esso apparirà più visibile, anche se meno nitido.

Scrive Gregory in *Occhio e cervello* che

La retina è stata descritta come un prolungamento del cervello e rappresenta un'estroflessione, altamente specializzata, della corteccia, che è divenuta sensibile alla luce conservando tuttavia caratteristiche cellule cerebrali, la cui funzione si situa tra quelle dei recettori e quella del nervo ottico [...]¹⁸.

Bisogna aspettare il 1604 per giungere a conclusioni importanti riguardo alla retina: fu l'astronomo Johannes Kepler a definire il compito di tale membrana quale costituire lo schermo su cui vengono proiettate le immagini provenienti dal cristallino. La sua ipotesi sarebbe stata controllata sperimentalmente nel 1625 da C. Scheiner, il quale sezionò l'occhio di un bue e si accorse che sulla retina lasciata allo scoperto restava impressa una piccola immagine capovolta. Questa rivelazione fu motivo di stupore e di dubbi che restarono irrisolti per molto tempo.

¹⁸ *Ivi*, p.76.

2.2 Immagini negli occhi: la retina e la camera oscura

Si è appena detto che l'immagine capovolta che si forma sulla retina è da sempre stata oggetto di curiosità.

Fu lo studioso arabo Alhazen, nel decimo secolo circa, a progettare per primo una camera oscura, successivamente perfezionata da Gian Battista Della Porta: la camera oscura riproduce fedelmente il percorso che i raggi di luce, emanati dagli oggetti, compiono per arrivare fino alla retina. Daniele Barbaro, in epoca umanistica, descrisse l'efficacia della camera oscura come strumento indispensabile per replicare la visione prospettica (o stereoscopica) dell'occhio, scrivendo nella sua *Pratica della prospettiva* (1568-1569) che questa si poteva realizzare utilizzando una grossa scatola di legno (o una stanza) sulla cui parete anteriore viene praticato un piccolissimo foro, a ricreare la pupilla umana, mentre all'interno della scatola, sulla parete immediatamente opposta, si poteva apporre un grosso foglio di carta. Le immagini del mondo esterno si sarebbero proiettate sul foglio rimpicciolite e capovolte (Fig. 18).

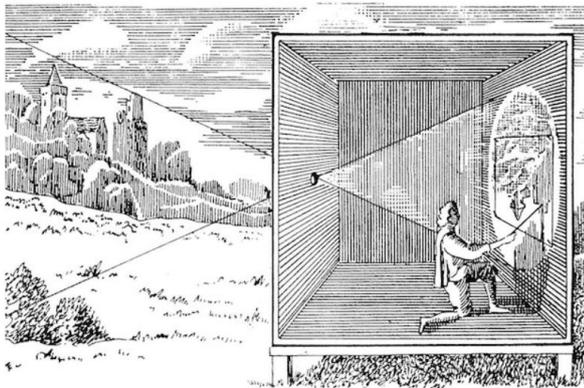


Fig. 18 – camera oscura realizzata con una “scatola” di legno

Considerata la natura rettilinea della luce, la quale si propaga in tutte le direzioni, basti immaginare la figura di un albero, con le radici a terra e la chioma in alto, facendo partire da questi due punti due raggi che devono convergere all'interno di un forellino: dovendo continuare il loro percorso in modo rettilineo, tali raggi non potranno spezzarsi. Dunque, quello che si dipana dalla chioma, nel penetrare il foro, andrà ad incidere nella parte bassa della parete sulla quale l'immagine verrà proiettata, mentre il raggio partito dalle radici, al contrario, toccherà la

parte alta della parete, restituendoci un'immagine perfettamente capovolta (Fig. 19).

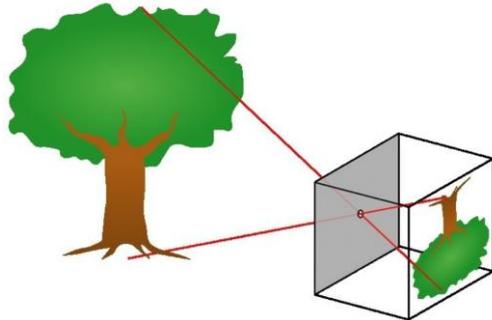


Fig. 19 – funzionamento della camera oscura

Se gli occhi fossero i soli responsabili della visione, il mondo ci apparirebbe rimpicciolito e capovolto alla stessa maniera delle immagini formate nella camera oscura. Questo porta a sostenere, a ragione, che sia indispensabile un intervento “dall’alto” (o, per meglio dire, dall’interno) per raddrizzare le immagini ed interpretare i fenomeni nel modo corretto. Intervento che non può che essere espletato dal cervello.

Se noi vedessimo il mondo come lo vede la nostra retina, avremmo bisogno di un altro occhio nel cervello in grado di guardare l’immagine retinica, ed a sua volta quest’occhio necessiterebbe di un altro occhio per osservare la nuova immagine formata, e così via all’infinito. Non solo: avremmo una visione assolutamente orribile: un insieme ampiamente distorto di pixel chiari e scuri, che esplodono verso il centro della retina, mascherato da vasi sanguigni, con un grande buco in corrispondenza del punto cieco da dove partono i fasci nervosi diretti verso il cervello; l’immagine sarebbe costantemente appannata, e cambierebbe con il movimento del nostro sguardo. Ciò che vediamo, invece, è una scena tridimensionale, corretta dai difetti della retina, rammendata in corrispondenza del punto cieco, stabilizzata per il nostro occhio e per i movimenti della testa, e reinterpretata enormemente sulla base della nostra precedente esperienza di scene visive analoghe¹⁹.

¹⁹ STANISLAS DEHAENE, *Coscienza e cervello, come i neuroni codificano il pensiero*, Milano, Raffaello Cortina Editore, 2014, p.91.

2.3 Il cervello creativo: reinventare il punto cieco

Poc'anzi si è introdotto il termine “punto cieco”. Ma di cosa si tratta, esattamente? Chiamato anche macchia cieca (*macula cieca*), esso è una zona della retina attraversata dal nervo ottico, nella quale non sono presenti né coni, né bastoncelli. In questo punto convergono i fasci nervosi che portano le informazioni dalla retina al cervello e, siccome abbiamo due occhi, i punti ciechi sono due (Fig. 20).



Fig. 20 – punto cieco o macula

I nervi ottici che si dipartono dagli occhi si “incrociano” in modo tale che le informazioni dell’occhio destro vengano portate alla parte sinistra del cervello; viceversa, gli impulsi elettrici dell’occhio sinistro vengono convogliati nell’emisfero destro. L’incrocio dei due nervi ottici è chiamato chiasma ottico (Fig. 21).

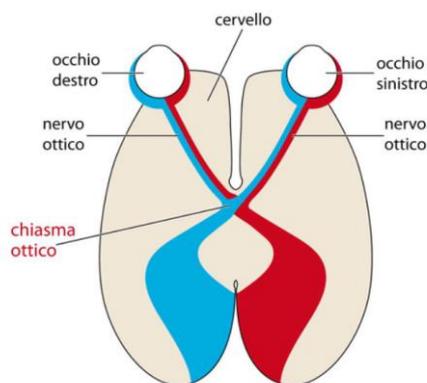


Fig. 21 – chiasma ottico

Il punto cieco non è soltanto una zona dell’occhio nella quale non è possibile la visione: esso è la palese dimostrazione di come il cervello lavora per costruire le immagini. Infatti, non ci accorgiamo della macula presente in ognuno dei nostri

due occhi poiché il cervello è in grado di compensare la visione mancante aggiungendo a questa le informazioni del contesto. Questa zona è stata scoperta nel diciassettesimo secolo dallo scienziato francese Edme Mariotte.

È possibile trovare il proprio punto cieco con questo semplice esperimento: osservare l'immagine in Fig.22 coprendo l'occhio sinistro e fissando la croce con l'occhio destro, senza muovere gli occhi, ad una distanza di circa 30 cm, avvicinandosi o allontanandosi dall'immagine lentamente o fin quando non si vedrà – con la coda dell'occhio – scomparire il puntino. Oppure, si può coprire l'occhio destro e fissare con il sinistro il puntino, fino a veder scomparire la croce. La scelta di coprire l'occhio destro o l'occhio sinistro e fissare, rispettivamente, l'immagine di sinistra o di destra è dovuta al fatto che, nell'occhio destro, il punto cieco si trova all'estremità sinistra della retina, mentre nell'occhio sinistro esso si trova nell'estremità destra.



Fig. 22 – esperimento per trovare il punto cieco

Si noterà che, una volta sparita la croce o il puntino, a seconda dell'occhio coperto, non si avrà un “buco” nella visione, bensì la zona scomparsa verrà rimpiazzata dallo sfondo bianco.

Se si volesse provare con un foglio a quadretti, come quello di un quaderno, per un'esperienza ancor più sorprendente, si noterebbe che il disegno scomparso viene rimpiazzato dal foglio quadrettato!

Questo accade perché il cervello, accorgendosi del punto cieco, rimpiazza la mancanza visiva ricostruendo l'immagine a partire dagli elementi del contesto: questo conferma che la visione non è sempre esatta, perché manipolata creativamente dal modo in cui il cervello percepisce, rielabora e ci ripropone le immagini che osserviamo.

3. Percezione dei colori

Se è vero che gli occhi non sono l'unica finestra sul mondo, e che quindi la percezione delle cose è influenzata dal cervello, è altrettanto vero che il colore – così come banalmente lo intendiamo – non esiste. In effetti, l'errore più comune è confondere *colore* e *pigmenti*. Mentre i pigmenti sono sostanze utilizzate in pittura per la loro capacità di cambiare il colore di un oggetto²⁰, il colore è la sensazione visiva associata alla stimolazione dei recettori da parte delle lunghezze d'onda della luce.

Andiamo con ordine.

Nel 1666 Isaac Newton realizzò il famoso esperimento del prisma, dimostrando che la luce non è bianca, ma si disperde nei colori dell'arcobaleno (che egli individuò come sette: violetto, indaco, blu, verde, giallo, arancio, rosso). Coprendo le finestre della sua stanza, lasciando che la luce passasse da un unico forellino sul vetro, egli fece intercettare un raggio di sole da un prisma di vetro trasparente, notando come la luce si dividesse nei colori sopraelencati. Facendo passare quel fascio arcobaleno all'interno di un altro prisma capovolto, la luce tornava ad essere bianca. Per dimostrare che non fosse il prisma ad esercitare tale azione sulla luce, egli si procurò un altro prisma e, facendo passare attraverso questo un solo raggio monocromatico, osservò che esso non si scomponesse in altri colori, ma restava invariato. Poté affermare con certezza che la dispersione è un fenomeno attribuibile alla natura stessa della luce, e con la successiva elaborazione della teoria ondulatoria della luce divenne chiaro che ciascun colore corrisponde ad una data frequenza e lunghezza d'onda. La luce è, infatti, la parte visibile all'occhio umano dell'intero spettro elettromagnetico (Fig.23), il quale comprende radiazioni – oscillazioni del campo elettrico e del campo magnetico – che si propagano nel vuoto ad una velocità di 300.000 km/s. Tale velocità si indica con c ed è comunemente definita *velocità della luce*.

Le onde elettromagnetiche dello spettro vanno dai *raggi γ* – onde corte ad altissima frequenza, pericolose per gli esseri viventi – alle *microonde*, onde lunghe a bassissima frequenza. La luce visibile occupa una parte davvero minuscola, compresa tra i 400 nm della luce violetta, ai 700 nm della luce rossa.

²⁰ SERGIO PROZZILLO, *La parola disegnata*, Napoli, Imago sas, 2020.

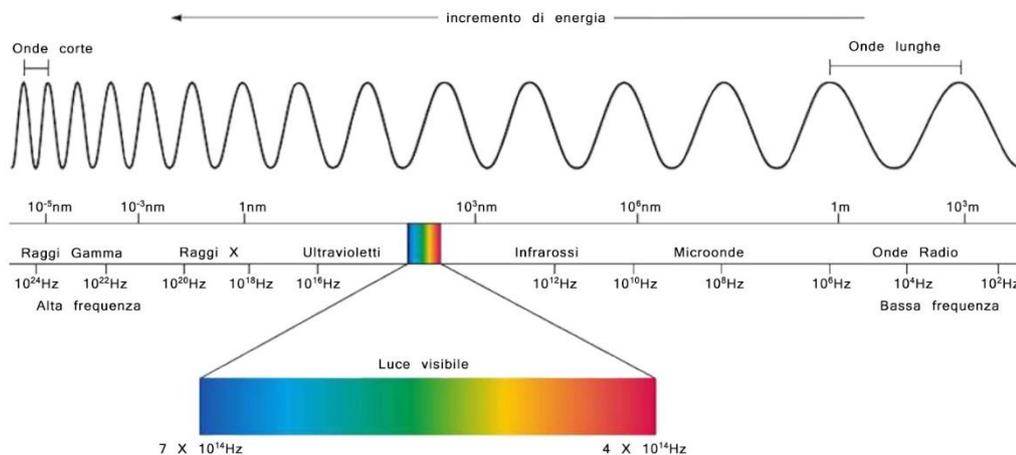


Fig. 23 – lo spettro elettromagnetico

Se è vero che ad ogni lunghezza d'onda corrisponde un colore percepito, è altrettanto vero che i fotorecettori umani responsabili della visione del colore (i bastoncelli) non sono così numerosi da poter assegnare ad ognuno una frequenza. Infatti, il numero di impulsi che un canale nervoso è in grado di trasmettere è inferiore a mille, mentre la frequenza della luce è un milione di milione di cicli al secondo, dunque come può il sistema nervoso rappresentare tali altissime frequenze? Il problema fu inizialmente affrontato da Thomas Young, nel 1801, il quale propose una teoria – poi ripresa da Helmholtz – secondo la quale i nostri recettori sarebbero dovuti essere almeno 200, per poter riconoscere ogni sfumatura di colore, ma che in realtà essi risultano sensibili a soli tre colori primari (chiamati *colori spettrali*, perché si tratta di radiazioni dello spettro): rosso, verde, blu/violetto (Fig. 24). Il termine *primario* fa riferimento al fatto che tali colori non possono essere generati da altre combinazioni.

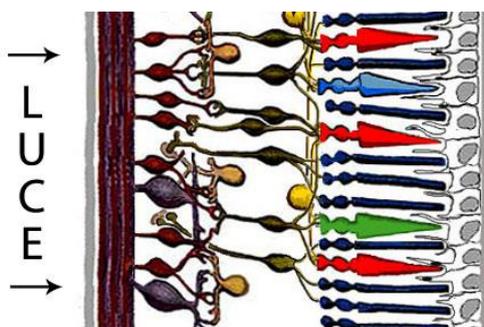


Fig. 24 – i coni

Secondo questa importante osservazione, basterebbe mescolare opportunamente le tre luci primarie per ottenere tutta la gamma di tonalità cromatiche che conosciamo. Ma come avviene, questo processo, a livello fisiologico? La luce percepita dagli occhi viene, per così dire, “catturata” dai fotorecettori sensibili ai colori. Qui, il pigmento *iodopsina*, presente in ognuno dei tre coni, verrebbe sbiancato (o scolorito), producendo sostanze chimiche capaci di stimolare le terminazioni nervose²¹. Quanto più alta è l’intensità luminosa in arrivo ai fotorecettori, tanto più forte sarà il grado di sbiancamento. Dunque, ogni cono trasforma i fotoni della luce in segnali elettrici. I coni dell’occhio umano hanno il picco nei tre colori fondamentali: rosso, verde e blu. In parole semplici, ogni cono “vede” solo la radiazione corrispondente a questi tre colori e trasmette al cervello una certa quantità di segnale che sarà proporzionale alla lunghezza d’onda della luce che lo colpisce e per cui il cono è specializzato²².

Ogni cono, quindi, ha una certa curva di sensibilità che ha un picco nella lunghezza d’onda per la quale ha più sensibilità, ma che si estende agli altri due colori fondamentali, anche se in maniera nettamente minore, tanto che l’occhio può essere paragonato ad un sistema fotometrico a 3 colori (RGB= Red, Blue, Green). Il grafico in Fig.25 mostra le curve di sensibilità di ogni cono (cono R= red; cono B= blue; cono G= green) alle radiazioni dello spettro elettromagnetico.

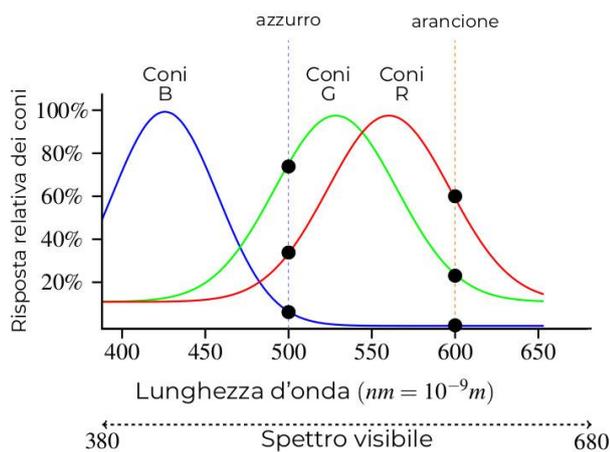


Fig. 25 – curve di sensibilità dei coni RGB alle lunghezze d’onda della luce

²¹ ANDREA FROVA, *Luce colore visione*, Roma, Editori Riuniti, 1984, p.105.

²² edu.inaf.it/rubriche/astrologo-risponde/perche-non-vediamo-stelle-di-colore-verde/
09/06/2022

Il cervello, successivamente, mischia i vari contributi e dà luogo a 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.

La percezione del colore bianco, dunque, è dovuta al massimo grado di sbiancamento dei recettori e corrisponde al caso in cui i tre tipi di coni vengono eccitati allo stesso modo, con la massima intensità luminosa (che corrisponde, appunto, al bianco).

Invece, mettiamo il caso che l'occhio umano stia percependo una luce color arancio (quindi una luce non primaria) derivante da una buccia d'arancia: dall'oggetto vengono riflesse diverse lunghezze d'onda ai fotorecettori, che si comportano come una tripletta in cui qualcuno risulta più sensibile rispetto ad un altro. Nel caso dell'arancio, appunto, sarebbero i coni del rosso ad inviare lo stimolo più forte al cervello, seguiti da uno stimolo mediamente intenso del verde ed assolutamente nullo del blu.

Per dare prova della teoria appena descritta, Young propose un esperimento: proiettando i fasci di tre luci monocromatiche (rossa, verde e blu) al buio, su uno schermo bianco e facendoli convergere in un unico punto, scoprì la formazione di luce bianca. Contemporaneamente, è possibile notare che, nei punti di intersezione dei fasci di luce sovrapposti a due a due, si generano nuovi colori: dalla sovrapposizione del blu e del verde si ottiene il ciano; dalla sovrapposizione di verde e rosso si ottiene il giallo; dalla sovrapposizione di rosso e blu si ottiene il magenta (Fig. 25).

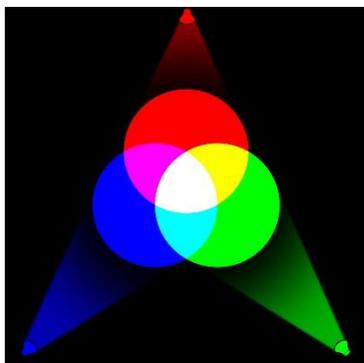


Fig. 25 – sintesi additiva

Questo fenomeno è chiamato *sintesi additiva* («a luce si aggiunge luce») e dimostra come è possibile generare diverse tonalità spettrali a partire da una tripletta di luci monocromatiche, proprio come avviene nei coni dell'occhio. Bastano, dunque, le sole luci rossa, blu e verde per generare la gamma completa dei colori e la mescolanza delle tre produce il bianco che, come già affermato, rappresenta il massimo della luminosità.

3.1 Vite di diversi colori

Partendo dal presupposto che la funzionalità di coni e bastoncelli, e quindi la risposta della retina alla luce, è differente da specie a specie, è ormai risaputo che la percezione umana dei colori è ben diversa da quella degli altri animali. Molte specie, infatti, non percepiscono i colori, oppure lo fanno in modo differente: i cani non vedrebbero il rosso ed il verde; i gatti non vedrebbero il rosso, ma sarebbero sensibili al blu ed al verde. I rettili, invece, avrebbero la capacità di percepire le radiazioni infrarosse, unendo i dati di rilevamento del calore derivati dagli organi delle fosse nasali, con i dati visivi, per creare un'immagine che somiglia ad una termografia²³ (Fig. 26).



Fig. 26 – visione a infrarossi del serpente

²³www.lastampa.it/la-zampa/altri-animali/2021/01/24/news/come-vedono-il-mondo-gli-animali-domestici-ecco-le-sorprendenti-immagini-1.39811832#:~:text=La%20maggior%20parte%20dei%20serpenti,che%20assomiglia%20a%20una%20termografia%C2%BB. 09/06/2022

Le api, invece, creature indispensabili per la sopravvivenza sulla Terra, ma importanti anche da un punto di vista scientifico, presentano un apparato visivo particolarmente affascinante.

Gli insetti sono particolarmente attratti dai fiori, che nel corso dei millenni hanno sviluppato diverse tecniche per attirare le api e gli altri impollinatori²⁴, come la capacità di riflettere le radiazioni ultraviolette che, similmente agli infrarossi, non sono visibili all'essere umano. Perciò, le api vedrebbero le foglie verdi intorno ai fiori di un grigio sbiadito, mentre il fiore, in questo modo, emergerebbe ancor di più, con la sua particolare tinta ultravioletta (Fig. 27).



Fig. 27 – visione ultravioletta delle api

Si dice inoltre che le api non riescano a distinguere il rosso, ma nemmeno il bianco: se per noi umani quest'ultimo è dato dalla mescolanza di tutte le lunghezze d'onda della porzione di spettro che possiamo percepire, per l'ape esso si presenta di colore verde-bluastro. La spiegazione risiede nel fatto che i fiori bianchi normalmente riflettono tutte le lunghezze d'onda, ma assorbono quella ultravioletta. Dunque, le api impollinano questi fiori, ma soltanto perché li vedono particolarmente colorati.

Appare sempre più chiaro il filo conduttore di questa tesi: nulla è come realmente appare, perché – a dirla tutta – probabilmente l'essenza stessa delle cose è il semplice frutto di una percezione, soggettiva ed unica, caratteristica di ogni specie vivente.

²⁴ pinvi.net/le-api-e-i-colori-quali-vedono/ 09/06/2022

Senza spostarci nel mondo degli animali, basterebbe considerare il fenomeno del daltonismo, un'anomalia visiva che implica un'alterata percezione dei colori, in particolar modo l'incapacità di distinguere il verde dal rosso. 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 1794²⁵. Il daltonismo comporta un malfunzionamento delle cellule sensoriali che non sono in effetti assenti (coni rossi, verdi e blu), ma alcune tra di esse non operano in modo corretto, causando l'incapacità totale o parziale da parte di alcune persone di riconoscere certe tonalità. Esso è contraddistinto da:

- Protanopia in condizione di insensibilità al rosso e protanomalia in caso di insufficiente sensibilità al rosso
- 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 scarsa sensibilità al blu.

Nello specifico, le persone affette da protanopia o protanomalia provano problemi nel visualizzare le tonalità rosse; i soggetti con deuteranopia e deuteranomalia hanno problemi nel visualizzare il verde, mentre chi è affetto da tritanopia e tritanomalia ha difficoltà a visualizzare il blu (Fig.28).

Essendo un difetto genetico legato al cromosoma X, 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.

²⁵www.humanitas-care.it/malattie/daltonismo/#:~:text=Il%20daltonismo%20%E2%80%93%20anche%20chiamato%20%22cecità%20cromatica%20, chiamata%20acromatopsia%20C%20C3%A8%20molto%20infrequente. 09/06/2022

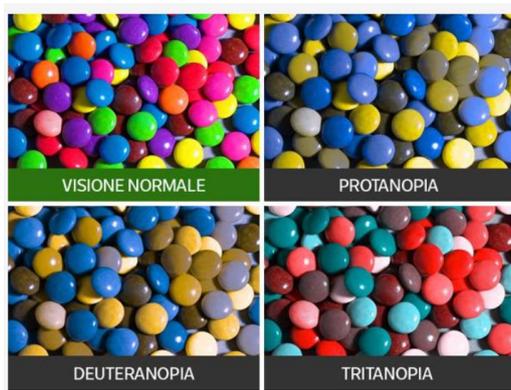


Fig. 28 – le diverse condizioni di daltonismo

Il colore rappresenta quindi un fenomeno particolarmente misterioso e complesso, che verrà approfondito nel terzo capitolo, in concomitanza con la descrizione delle attività di sperimentazione con i bambini. Ciò che conta sottolineare, per il momento, è che sono molteplici i fattori che influenzano la visione cromatica, in particolar modo quella umana:

- L'interazione della luce con la materia dei pigmenti che compongono l'oggetto
- Le caratteristiche fisiologiche dell'occhio
- Il modo soggettivo con cui il cervello gestisce la percezione ed i fattori che la condizionano (il contesto, la luminosità, la distanza, ecc)
- Lo stato psicologico e l'umore
- Le tecniche pittoriche utilizzate dagli artisti/stampatori/grafici

Ogni essere vivente trascorre una vita intrisa dalle diverse sfumature cromatiche dello spettro elettromagnetico, sfumature che si ampliano in conseguenza dell'unicità dell'individuo e del modo strettamente personale con cui il sistema nervoso opera nel catturare colori e sensazioni, in quello che è l'incantevole e complesso mondo della percezione.

4. Si impara a vedere?

Se il cervello non soltanto concorre alla formazione delle immagini – che potremmo definire, per distinguerle da quelle retiniche, *immagini mentali* – ma addirittura ne è il principale artefice, è ammissibile domandarsi come ebbero inizio questi processi e quale sia la loro utilità nell'ambito dell'evoluzione

biologica²⁶. Ovviamente, negli organismi più semplici, i segnali provenienti dagli occhi provocano di conseguenza un comportamento immediato, che può servire – in base all'avvicinamento o all'allontanamento dallo stimolo luminoso – per trovare cibo, protezione, vie d'uscita, o per mettere in atto reazioni di attacco o fuga. L'organismo non ha molte alternative e reagisce in modo repentino, automatico, senza un gran margine di scelta. È come se gli esseri primordiali vivessero di stimoli e riflessi condizionati, che normalmente fungono da protezione (come sbattere le palpebre, chiudere gli occhi) e sono essenziali per la sopravvivenza. Ma nel corso dell'evoluzione il controllo esercitato direttamente dagli oggetti esterni è stato via via sostituito da rappresentazioni di oggetti e situazioni, con il grande vantaggio che il comportamento può adeguarsi anche a quelle proprietà degli oggetti che non si colgono mediante i sensi²⁷. Cosicché, noi esseri umani afferriamo un bicchiere per bere, non soltanto perché sentiamo lo stimolo percettivo della sete, bensì perché abbiamo la conoscenza di cosa sia un bicchiere, come sia fatto, cosa possa contenere. Invece, una rana che è circondata da mosche morte non riesce a “vederle”, perché sa che queste non sono commestibili, e dunque è destinata a morire di fame. Dunque, le nostre immagini mentali, le rappresentazioni cerebrali del mondo e degli oggetti, non sono semplici immagini, ma molto di più: esse contengono informazioni su come gli oggetti potrebbero essere utilizzati. Pertanto, affinché la conoscenza (che contiene tali informazioni sugli oggetti) possa essere utile alla percezione, è necessario che questa sia resa disponibile nel modo più veloce possibile, in quell'attimo che si rivela essenziale per la sopravvivenza. Ecco perché l'intelligenza riservata alla visione opera con una velocità maggiore rispetto a quella utilizzata per il problem solving: non a caso, siamo in grado di riconoscere un'illusione, benché i nostri occhi caschino nel tranello dell'illusione stessa!

La questione è: se i nostri occhi producono un'immagine rimpicciolita e capovolta del mondo, lasciando al cervello il compito di raddrizzarla e suggerirci tutte le molteplici informazioni relative all'oggetto che stiamo guardando, quand'è che il cervello impara ad agire in questo modo? Diceva lo scrittore e

²⁶ RICHARD L. GREGORY, *Occhio e cervello, la psicologia del vedere*, Milano, Raffaello cortina editore, 1998, p.10.

²⁷ *Ivi*, p.12.

filosofo francese Paul Valéry, nel suo libro *Degas danse dessin* che «Vi è un'immensa differenza tra il vedere una cosa senza matita in mano e il vederla mentre la si disegna» poiché «anche l'oggetto più familiare ai nostri occhi diventa tutt'altro, se ci si mette a disegnarlo: ci accorgiamo che lo s'ignorava, che non lo si era mai veramente veduto» e conclude: «Sino ad allora l'occhio non era servito che come intermediario»²⁸. Come a dire che sotto l'occhio di chi disegna le cose tornano intere, quindi misteriose. Non si tratta più di guardarle, ma di osservarle in modo nuovo, perché la matita costringe ad una precisione di sguardo incomparabilmente maggiore di quella che ci basta di solito. Ci sono, dunque, moltissimi modi per guardare.

I neonati, ad esempio, devono imparare a vedere, o nascono con questo patrimonio innato? I filosofi, al riguardo, si dividono tra *metafisici* ed *empiristi*: i primi sostengono che alcune conoscenze del mondo fisico siano innate e prescindano da qualsiasi esperienza sensoriale; mentre invece i secondi sono del parere che tutta la conoscenza deriva dall'osservazione connessa all'esperienza. L'opinione attuale ritiene che il comportamento individuale del bambino sia cosa da tenere in grande considerazione, per cui lo sviluppo sarebbe l'esito delle interazioni che il bambino attua con gli oggetti del mondo, attraverso il gioco e l'esplorazione. Invece, gli animali mostrerebbero di possedere numerose conoscenze innate ed immediatamente disponibili: si pensi agli uccelli migratori, capaci di orientarsi sugli oceani grazie alle stelle, anche se non hanno mai visto il cielo in precedenza; o gli insetti, che giocano con successo a nascondino con prede e predatori, prima ancora di avere il tempo di imparare. Anche negli esseri umani si verificano abilità straordinarie, come quelle legate al linguaggio: Noam Chomsky, uno dei massimi esponenti della linguistica del ventesimo secolo, in disaccordo con le teorie delle neuroscienze e della psicologia evolucionista (le quali negano la peculiarità delle funzioni psichiche superiori dell'uomo, rispetto agli altri animali), sosteneva che tali teorie non possono spiegare la complessità del linguaggio umano. Secondo il linguista, il linguaggio non verrebbe appreso, ma crescerebbe secondo un programma prefissato determinato geneticamente e

²⁸ PAUL VALÉRY, *Degas danza disegno*, Milano, SE, 2015. Da www.compagnosegreto.it/NUMERO10/libro2.htm 09/06/2022

modificato grazie all'esperienza: ognuno di noi avrebbe una grammatica universale innata, biologicamente determinata. Ma tali conoscenze innate mettono da parte il ruolo dell'esperienza sostenuto dagli empiristi.

Se con gli animali è più semplice condurre degli studi – purtroppo spesso poco etici – la stessa cosa non vale per i neonati, i quali, oltre ad avere un comportamento poco coordinato, hanno lo “svantaggio” di non potersi esprimere con chiarezza.

4.1 Invertire l'immagine retinica – gli esperimenti di Stratton

Di recente sono stati fatti degli esperimenti su animali volti ad appurare quanto ci sia di innato nella percezione e quanto, invece, sia dovuto all'influenza di esperienze precoci, tuttavia per una questione personale che mi porta a sostenere l'obiezione di coscienza, non ne parlerò in questa sede. Mi limiterò ad affermare ciò che deriva dai risultati, e cioè che esisterebbero dei periodi critici per imparare come vedere e, senza un'adeguata esperienza, tali abilità visive potrebbero andare perdute per sempre. Per tale motivo sarebbe molto utile scegliere con attenzione l'ambiente che viene offerto alla vista dei bambini appena nati.

Ritengo utile citare, invece, uno studio sull'adattamento alle immagini disturbate condotto da G.M. Stratton su se stesso: lo psicologo americano, alla fine del diciannovesimo secolo, inventò un sistema di lenti e di specchi che, fissati su una montatura da occhiali, potevano essere indossati con continuità. In Fig. 29 si può vedere un prototipo di lenti invertenti più moderno, realizzato da Theodor Erismann nel 1947.

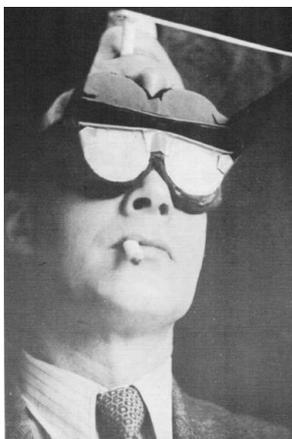


Fig. 29 – esempio di occhiali invertenti, realizzati da Theodor Erismann

Gli occhiali di Stratton provocavano un effetto di inversione sia orizzontale che verticale.

Nel suo diario, lo psicologo scriveva che, inizialmente, vedeva gli oggetti in modo distorto, ma li pensava in un altro. Inoltre, sentiva che le parti del suo corpo erano localizzate in modo corretto, nonostante la visione di queste lo ingannasse. Indossò gli occhiali per otto giorni, per un periodo di ventuno ore al giorno, finchè gli oggetti non cominciarono ad assumere un aspetto quasi normale. Addirittura riuscì ad osservare le sue mani mentre scriveva, senza la minima difficoltà, e poté passare negli spazi ristretti tra un mobile e l'altro senza esitazione. Il quarto giorno riusciva a guardare le sue braccia e le sue gambe invertite, ma l'immagine gli pareva assolutamente dritta. Quando si tolse gli occhiali, l'ottavo giorno, tutto gli parse normale e la sistemazione visiva veniva riconosciuta come quella abituale. Stratton affermò che questo esperimento rappresentava la soluzione al problema dell'inversione dell'immagine retinica: diceva che, se l'inversione fisiologica fosse assolutamente necessaria per vedere gli oggetti dritti, non si spiegherebbe come mai la scena – seppur solo temporaneamente – riuscisse ad apparirgli dritta, nonostante l'immagine retinica non fosse invertita.

Sia i resoconti di Stratton che quelli dei ricercatori che ne hanno seguito le orme, sembrano rivelare che non è tanto il mondo invertito a divenire normale, quanto piuttosto che essi cessano di vedere la stranezza fin quando la loro attenzione non si sofferma su un particolare, nel momento in cui questo appare sbagliato (ad esempio, quando devono leggere una scritta che appare nel posto giusto del campo visivo, ma che è illeggibile perché invertita)²⁹.

Stratton procedette con un altro esperimento: realizzò un sistema di specchi da fissare alle spalle, mediante il quale la sua immagine appariva orizzontale e all'altezza dei suoi occhi, come se fosse sospeso nell'aria (Fig. 30).

²⁹ RICHARD L. GREGORY, *Occhio e cervello, la psicologia del vedere*, Milano, Raffaello cortina editore, 1998, p. 207.

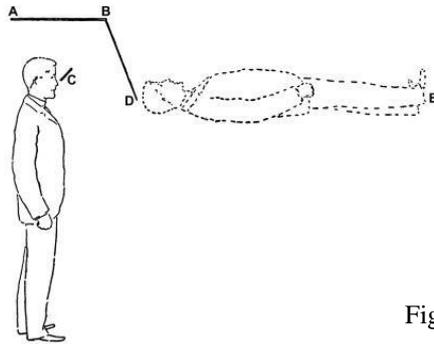


Fig. 30 – effetto del sistema di specchi di Stratton

Indossò questo dispositivo per tre giorni, per circa ventiquattro ore di visione, e sintetizzò i risultati dicendo che le diverse percezioni sensoriali si organizzano armonicamente in un sistema spaziale, dove l'armonia è dovuta all'accordo tra le effettive esperienze e le aspettative dovute alla correlazione tra la vista ed il tatto. Infatti, quando visualizziamo un oggetto, la percezione visiva tende a corrispondere a quella tattile, sia in termini di direzione, che di distanza.

Gli esperimenti più completi condotti sull'uomo sono stati condotti da Theodor Erismann e Ivo Kohler a Innsbruck. In particolar modo Kohler si avvicina alle teorie della Gestalt, sottolineando l'importanza del mondo interiore della percezione, e cioè del ruolo svolto dal cervello.

Durante gli esperimenti, il tatto ha avuto un'influenza importante sulla visione, dato che, durante le prime fasi di adattamento, gli oggetti tendono a sembrare normali quando vengono toccati, nonostante essi si trovino in posizioni assurde. Il tatto ed il movimento, quindi, sarebbero fondamentali per ottenere una compensazione delle immagini spostate, al fine di eseguire strategie di correzione.

4.2 Modificare i colori delle cose – l'esperimento di Kohler

Ivo Kohler compì una notevole scoperta servendosi di occhiali che, invece di avere un effetto distorcente, erano colorati metà in rosso e metà in verde, in modo tale che ogni oggetto sembrava rosso guardando a sinistra e verde guardando a destra (Fig. 31 a).

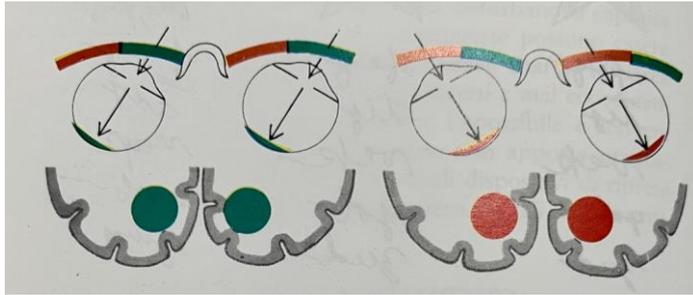


Fig. 31 a – esperimento di Kohler, occhiali colorati

Si rese conto che i colori andavano via via indebolendosi fino al punto che, quando gli occhiali venivano rimossi, gli oggetti visti ad occhio nudo guardando a sinistra sembravano verdi, mentre quelli visti guardando a destra apparivano rossi (Fig. 31 b).

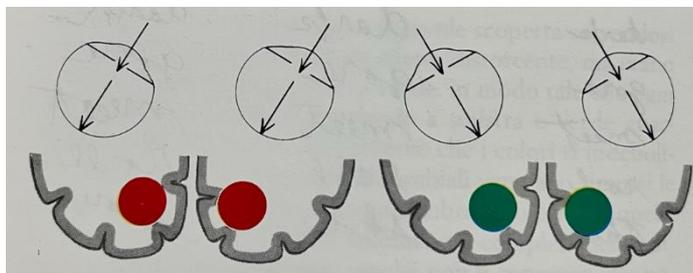


Fig. 31 b – effetto degli occhiali colorati

Non si può parlare, in questo caso, di *effetto postumo* (cfr. par. 6), perché non è connesso alla posizione delle immagini sulla retina ma all'orientamento degli occhi rispetto al capo, dunque l'effetto dev'essere dovuto ad una compensazione che avviene nel cervello e si tratterebbe di un apprendimento esclusivamente connesso con la visione³⁰. Questi *effetti postumi contingenti*, come vengono denominati, mostrano delle affinità con il condizionamento operante di Pavlov: si instaurano man mano che le stimolazioni vengono ripetute e decadono rapidamente qualora le stimolazioni cessino. L'esperimento di Kohler somiglierebbe un po' a quello che succede quando si utilizza un nuovo paio di occhiali e mostrerebbe come la funzione visiva è in grado di adattarsi al fine di dare un significato al mondo.

³⁰ Ivi, p.218.

4.3 Diversità culturali

La visione del mondo e degli oggetti è condizionata anche dall'ambiente in cui si vive. Scrive Gregory nel suo libro che «persone cresciute in ambienti differenti giungono a vedere in modo differente»³¹. Infatti, il mondo occidentale è intriso di elementi formati da linee rette parallele, come quelle delle strade, degli edifici, dei mobili e via dicendo. Tali linee costituiscono un ausilio alla percezione della prospettiva. Ci sono invece popolazioni, come quella degli Zulu, che hanno una sorta di “cultura circolare”: nel loro ambiente tutto è costruito sulla base di figure curve, a partire dalle capanne in cui la gente vive (Fig. 32). Un ambiente del genere condizionerebbe la visione, rendendo gli individui estranei alla raffigurazione prospettica. Infatti, si è constatato che gli Zulu sono difficilmente tratti in inganno dall'illusione di Muller-Lyer o da altre simili. Addirittura, quando essi vengono portati al di fuori della loro foresta ed hanno esperienza di elementi rettilinei, non percepiscono gli oggetti distanti come lontani, bensì semplicemente piccoli.



Fig. 32 – le capanne circolari degli Zulu

Al contrario, la gente occidentale è abituata alle distorsioni che si osservano guardando le cose dal basso (come quando si osserva un grattacielo) o, viceversa, dal basso (come quando dal grattacielo vediamo la gente in strada): tutto appare più lungo o più piccolo, a seconda del punto di osservazione, ma senza che la distorsione sia percepita come tale. Vale a dire che siamo in grado di comprendere la reale dimensione delle figure (*costanza della dimensione*).

³¹ *Ivi*, p.219.

4.4 Ciechi che acquistano la vista

Che cosa succede quando occorre imparare a vedere, partendo da zero, come accade nel momento in cui un cieco acquista la vista? Come appare il mondo a questi individui, abituati da sempre a muoversi nell'ambiente attraverso sensazioni tattili? Il filosofo inglese John Locke, nel diciassettesimo secolo, scriveva nel suo *Saggio sull'intelletto umano* (1690) che un uomo cieco dalla nascita, abituato a distinguere un oggetto sferico da uno cubico semplicemente toccandoli, non sarebbe stato in grado di riconoscere i due oggetti per mezzo della sola vista, una volta riacquistata. Quello dell'uomo che vede per la prima volta non è un esempio semplice da comprendere, perché capire cosa un ex-cieco prova implica per un vedente la necessità di spogliare la mente delle esperienze acquisite attraverso la visione. Il filosofo irlandese George Berkeley è dell'opinione che serva del tempo per imparare ad associare tatto e vista perché, ad esempio, i concetti topologici a cui un normovedente è abituato (come alto/basso, destra/sinistra, dritto/capovolto) non sono gli stessi di un cieco, il quale ne fa esperienza esclusivamente attraverso il tatto. Imparare a vedere significa, perciò, riuscire a conciliare i due tipi di esperienza e, purtroppo, può risultare molto difficile.

Alcuni studi su soggetti che hanno recuperato la vista sembrano essere in linea con le tesi avanzate dagli empiristi: inizialmente i soggetti vedono poco e sono incapaci di riconoscere forme semplici, ed anche dopo un lungo periodo di allenamento essi non riescono a raggiungere una capacità visiva sufficiente, al punto da darsi per vinti e preferire il ritorno ad una vita da ciechi.

È il caso di un paziente, studiato dall'autore di *Occhio e cervello*, chiamato S.B., che nel 1961 riacquistò la vista dopo 52 anni di completa cecità.

Quest'uomo, non vedente dalla nascita, passò la vita aspettando un trapianto di cornea, che arrivò molto tardi. Durante il periodo della cecità, S.B. si muoveva in autonomia e sicurezza, riuscendo ad attraversare la strada con il suo bastone, fare passeggiate, conoscere gli oggetti attraverso il tatto. Inoltre, aveva imparato a leggere attraverso l'alfabeto Braille. Quando, grazie alle prime banche delle cornee, il trapianto gli permise di vedere, accadde qualcosa di straordinario, ma allo stesso tempo triste. S.B. impiegò qualche giorno per mettere a fuoco

completamente gli oggetti, ed il mondo attorno a sé appariva molto diverso da come se l'era immaginato: aveva una predilezione per i colori vividi e brillanti, ma non sopportava le irregolarità presenti, ad esempio, nel legno o sulla superficie di alcuni oggetti e trovava scialbi i colori poco accesi. Non fu in grado di riconoscere la luna, che considerava un oggetto riflesso, e non presentava la capacità di stimare le distanze, se non quelle che poteva valutare attraverso il tatto (o misurare attraverso i passi): era convinto, infatti, che bastasse appendersi al davanzale della finestra per toccare il terreno con i piedi, sebbene la finestra fosse ad un piano molto alto. Invece, riusciva a leggere l'ora da un grande orologio, poiché era abituato a farlo sentendo le lancette di un orologio da taschino al quale aveva rimosso il vetro. Quando uscì dall'ospedale e fu portato a Londra, il suo iniziale entusiasmo si affievolì gradualmente di fronte a quel mondo che era così lontano dalle immagini che si era prefigurato per tutta la vita. Non si tratta di un caso isolato: molti pazienti che recuperano la vista, infatti, sono soliti cadere in depressione per via della consapevolezza di ciò che si è perso durante gli anni della cecità³². Lo psicologo Gregory racconta di essere stato accanto a questo soggetto per poterne studiare il comportamento, e descrive la sua bravura nel riconoscere le lettere maiuscole ed i numeri, che durante l'infanzia e l'adolescenza S.B. aveva imparato nella scuola per ciechi, abituandosi a tastare modellini in legno, ma non sapeva riconoscere le lettere minuscole, delle quali non aveva mai avuto esperienza tattile. Inoltre, riusciva a nominare gli animali dello zoo semplicemente accarezzandoli, e quando osservava da vicino un oggetto, era certo che si trattasse proprio di quell'oggetto solo dopo avere avuto la sua conferma tattile. Queste osservazioni, interessanti per lo psicologo, rivelano che il cervello non sarebbe così nettamente diviso in compartimenti come talvolta si ritiene. Infatti, l'abilità di riconoscere visivamente oggetti o lettere con cui il soggetto aveva avuto a che fare da cieco, dimostra che la sua precedente esperienza tattile funge da guida per la nuova capacità di percezione visiva. La tesi appena esposta trova un suo riscontro pratico nell'analizzare i disegni del signor S.B., che Gregory conservò con cura, relativi ad un autobus londinese. Si può notare, osservando la Fig. 33 a, la prima

³² *Ivi*, p.227.

rappresentazione del bus, fatta pochi giorni dopo aver recuperato la vista: sebbene il soggetto riuscisse ora a vedere, egli non poteva disegnare le parti che non aveva precedentemente tastato. Così, il primo autobus appare molto strano e l'attenzione ricade sulle ruote, delle quali S.B. ricorda perfettamente la struttura a raggi.

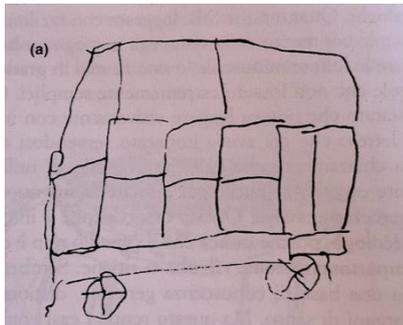


Fig. 33 a – primo disegno del bus

Sei mesi dopo, S.B. aggiunge dei dettagli al suo autobus, come le scritte (che adesso riesce a riconoscere, seppur non comprendendone bene il significato) e la disposizione corretta dei finestrini. Inoltre, elimina gli improbabili raggi dalle ruote (Fig. 33 b).

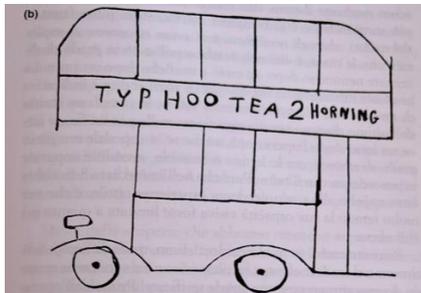


Fig. 33 b – il secondo disegno del bus

Un anno dopo, il disegno diventa ancor più preciso, con l'arricchimento dei dettagli e la presenza di scritte complesse (Fig. 33 c).



Fig. 33 c – il terzo disegno del bus

Tuttavia, in nessun caso il signor S.B. è riuscito a disegnare la parte anteriore del bus, che egli non aveva mai avuto modo di esplorare con le mani. La graduale introduzione di elementi nuovi e di scritte dimostra l'efficienza del processo di apprendimento visivo, ma si può davvero definirlo *apprendimento da zero*? Gregory risponde negativamente. Non a caso, il soggetto non sarà mai in grado di rappresentare ciò che non ha avuto modo di toccare, a prova del fatto che il recupero della vista non sia paragonabile a ciò che accade nei neonati, i quali realmente devono partire da zero nella costruzione di immagini visive, poiché non posseggono rappresentazioni mentali degli oggetti, ottenute da una precedente esperienza sensoriale, come nel caso di S.B. L'adulto non vedente possiede infatti una gran quantità di conoscenze sul mondo degli oggetti, grazie al tatto ed ai resoconti delle persone vedenti, per cui può utilizzare tali indizi per aiutarsi nella nuova facoltà visiva. Tra l'altro, la vista rimane un senso nuovo e poco affidabile, perché costringe l'individuo a sovvertire abitudini accumulate negli anni, tant'è che il signor S.B., come tanti altri, terrà sempre viva l'esigenza di tornare al tatto per avere una conferma e per muoversi con sicurezza nel mondo (come quando, nell'attraversare la strada da vedente, si sentiva molto spaesato, mentre ciò non accadeva quando poteva servirsi del suo bastone da cieco). La sua storia, similmente a tante altre, non finisce a lieto fine: quando la sua depressione divenne sempre più profonda, S.B. rinunciò gradualmente a qualsiasi attività e si lasciò morire.

Gli studi sul legame tra visione e tatto sono particolarmente utili perché consentono di aprire una parentesi sulla relazione che la percezione ha con il comportamento. Gregory, a tal proposito, si domanda se le distorsioni visive (le illusioni ottiche, cfr. par. 6 di questo capitolo) corrispondono ad errori comportamentali. Avendo già esposto gli esperimenti di Stratton, Erismann e Kohler, verrebbe da rispondere di no. In effetti, si è scoperto recentemente che percezione e comportamento possono essere separati: se si considera l'illusione di Ebbinghaus in Fig. 34, la prima constatazione che possiamo fare è che il cerchio sulla sinistra appare più piccolo di quello sulla destra.

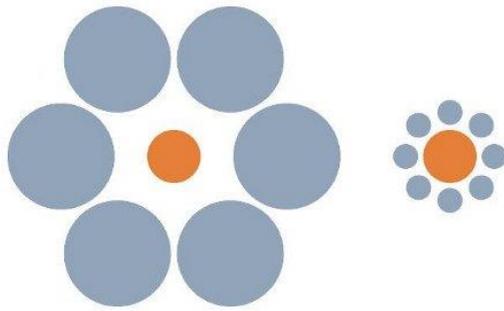


Fig. 34 – illusione di Ebbinghaus

Questo perché, i due cerchi, sono circondati da altri cerchi più grandi o più piccoli ed è proprio il contesto ad influenzare la nostra percezione. Il cervello interpreta le grandezze sulla base degli indizi che prende dall'ambiente circostante. Ma se si prova a trasformare quella di Ebbinghaus in una illusione tattile (chiamata *effetto Titchener*), si osserva che nell'afferrare i due cerchi non vi è alcuna corrispondenza con l'illusione di grandezza percepita. Ciò significa che, in questo caso, il tatto non viene influenzato dalla visione e, dunque, distorsioni visive non sempre corrispondono a distorsioni del comportamento. Secondo David Milner e Melvin Goodale³³

Lo scopo primario della percezione è quello di identificare oggetti e localizzazioni, di classificarli e attribuire loro un senso e un significato, consentendo quindi di scegliere in modo appropriato le susseguenti risposte. Di conseguenza, la percezione riguarda essenzialmente le caratteristiche permanenti degli oggetti, cosicché essi possano essere riconosciuti quando vengano nuovamente incontrati in contesti differenti.

E così, Richard Gregory deduce che la visione del mondo non è un'operazione imprescindibile dal corpo dell'osservatore, ma che i processi neurali coinvolti nel comportamento devono essere connessi al corpo ed alla sua presenza nel "qui ed ora". Questo conferma il discorso fatto in precedenza, secondo cui percezione e comportamento non occupano gli stessi ambiti.

³³ DAVID MILNER, MELVIN GOODALE, *The visual brain in action*, Oxford, Oxford university press, 1995, pp. 163-164.

4.5 Partire da zero: la visione dei neonati

Scoprire cosa i neonati siano in grado di vedere fin dai primissimi giorni di vita è di grande interesse perché consente di affrontare il dibattito, di cui ho già parlato, sull'innatismo e l'esperienza. Recenti esperimenti hanno messo in luce la considerevole percezione visiva dei neonati, scardinando persino alcune teorie dello psicologo ginevrino Jean Piaget, il quale ha sicuramente apportato un grande contributo agli studi sull'età evolutiva, ma avrebbe commesso un errore nell'asserire che, fino ai nove mesi d'età, per un neonato un oggetto nascosto semplicemente scompare, cessa di esistere. Al contrario, è emerso che i bambini molto piccoli non soltanto riescono ad imitare le espressioni facciali della madre a poche ore dalla nascita (ad esempio, fare la linguaccia), ma possiederebbero la nozione di *permanenza dell'oggetto*: la permanenza è una caratteristica primaria degli oggetti, che consiste nel fatto che essi esistano nella nostra percezione, anche quando non cadono nel nostro campo visivo. Nel caso dei neonati, questo viene chiamato *effetto Berkeley*, dal nome del filosofo irlandese che per primo lo descrisse (1685-1753): egli suggeriva che gli oggetti esistono soltanto nel momento in cui sono percepiti. Si è scoperto che i neonati riconoscono gli oggetti pur se viene modificato l'angolo visuale e colgono la costanza dell'oggetto poiché essi non si limiterebbero a rispondere alle manifestazioni di ciò che appare, bensì concepirebbero gli oggetti come permanenti, malgrado i cambiamenti nel loro modo di apparire³⁴. A partire dai due anni d'età, poi, i bambini raggiungerebbero l'autoriconoscimento, visibile quando, nell'osservare la propria immagine allo specchio, l'infante si tocca una parte del corpo e non quella che vede riflessa, dando prova di avere una nozione di sé.

4.5.1 Tecniche per lo studio della visione nei neonati

Siccome il comportamento dei bambini è particolarmente goffo, scoordinato e non è accompagnato da resoconti verbali, le tecniche per lo studio della visione dei neonati si basano sull'analisi di alcuni elementi salienti:

- Previsione

³⁴ RICHARD L. GREGORY, *Occhio e cervello, la psicologia del vedere*, Milano, Raffaello cortina editore, 1998, pp. 236-237.

- Sorpresa
- Noia
- Succhia e guarda

La previsione può significare l'attesa che quanto è già accaduto continui ad accadere, come accade negli esperimenti pavloviani, dove ad uno stimolo condizionato (es. un campanello) corrisponde un comportamento (es. salivazione). Secondo una concezione meno semplicistica, i bambini avrebbero una teoria della mente che consentirebbe loro di fare previsioni. Un esempio è quello di dire una bugia, affermando la presenza di un certo oggetto in una scatola ed osservando la reazione del bambino di fronte alla mancanza di quell'oggetto.

La sorpresa ha a che fare con la reazione, improvvisa e repentina, del neonato di fronte ad un particolare stimolo che cattura la sua attenzione, ed è sicuramente in segno fondamentale della capacità di previsione e di comprensione. Infatti, la sorpresa si verifica quando ciò che accade contrasta inaspettatamente con la previsione. Nei bimbi molto piccoli, la sorpresa è misurata attraverso l'agitazione, l'aumento del battito cardiaco, la suzione. Fin dai primi giorni gli infanti possiedono il senso dell'attesa degli oggetti, che diventa sempre più ricco ed articolato man mano che la percezione si sviluppa³⁵.

Lo psicologo sperimentale scozzese T.G.R. Bower fece diversi esperimenti per rilevare l'effetto della sorpresa dei bambini, sia utilizzando tecniche stereoscopiche, facendo comparire di fronte all'infante l'ombra di un piede o di un oggetto che egli inaspettatamente non riusciva ad afferrare. Inoltre, dopo aver mostrato un orsacchiotto di peluche, lo nascondeva dietro uno schermo opaco, notando che i bambini muovevano gli occhi verso l'alto dello schermo, aspettandosi che il giocattolo ricomparisse da un momento all'altro. Quando questo non accadeva, il neonato mostrava segni di agitazione. E, se invece dell'orsacchiotto, a ricomparire era un oggetto diverso, come una macchinina, i bimbi molto piccoli non mostravano alcun segno di sorpresa, a differenza di quelli di un anno: lo stupore sarebbe dovuto al fatto che, a quell'età, gli infanti

³⁵ *Ivi*, 239.

possiedono la conoscenza che oggetti quali orsacchiotti non si trasformano in macchinine.

Anche la noia è un rivelatore molto importante, perché essa segnala l'abitudine del bambino allo stesso stimolo ripetuto, come se ne fosse assuefatto. Dal momento in cui lo stimolo si modifica in qualcosa (come il significato o la forma) ed il neonato mostra nuovamente attenzione, significa che è stato in grado di cogliere il cambiamento.

Il metodo "succhia e guarda" è stato utilizzato moltissimo dallo psicologo americano Jerome Bruner, in quanto comportamento ben organizzato del neonato. Consentendo ai bambini di osservare un proiettore di diapositive, succhiando una speciale tettarella, egli poteva rilevare quali erano le immagini più interessanti per i piccoli.

4.5.2 Gli esperimenti sui movimenti oculari di Robert Fantz

Lo psicologo americano Robert Fantz, invece, è stato un pioniere dello studio dei movimenti oculari dei neonati. Egli presentava ai bambini una coppia di immagini, per stabilire quale delle due fosse la preferita, misurando il tempo che veniva impiegato per osservare ciascuna figura. Scoprì, in questo modo, che gli infanti sono sensibili al cambiamento dell'orientamento di griglie, triangoli, cerchi e che preferiscono solitamente i tracciati curvi. In particolar modo, notò che i bambini hanno una preferenza nell'osservare l'immagine di un viso "normale", piuttosto che quella di un viso in cui i tratti del volto sono modificati e mescolati (Fig. 35).



Fig. 34 – Robert Fantz: una delle coppie di immagini mostrate ai neonati

Dai risultati, sembrerebbe possibile che i bambini abbiano un'innata predisposizione al riconoscimento dei volti, sebbene non si possa affermare con certezza, dato che i bambini sono esposti, fin dal primo giorno di vita, alla visione del volto materno. Oltre a ciò, si evinse che i bambini tenderebbero a preferire gli oggetti tridimensionali a quelli piatti ed i colorati a quelli in bianco e nero. Nel grafico in Fig. 35 è possibile visionare il tempo impiegato dai neonati per osservare i vari tipi di immagini.

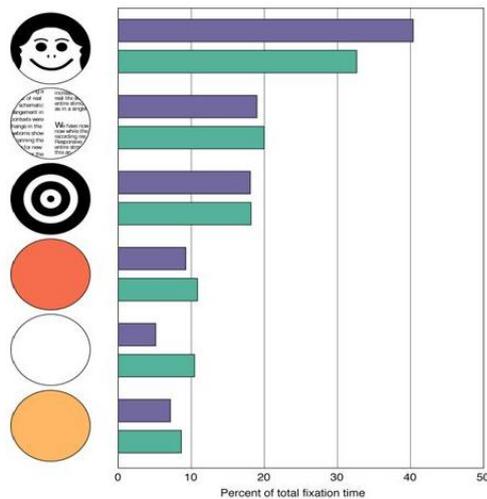


Fig. 35 – risultati degli esperimenti di Fantz sui movimenti oculari dei neonati. Le barre orizzontali indicano il tempo trascorso a guardare.

4.5.3 La percezione del precipizio di Eleanor Gibson

La preferenza per le immagini tridimensionali dell'esperimento di Fantz sarebbe correlata all'innata propensione per la profondità, suffragata dalla tendenza che i bambini hanno ad afferrare gli oggetti. L'esperimento della *percezione del precipizio* mostra che i bimbi sono in grado di percepire la profondità di un



Fig. 36 – l'esperimento di percezione del precipizio di Gibson

precipizio creato ad hoc, e di essere dunque coscienti del potenziale pericolo. Fu la psicologa statunitense Eleanor Gibson a realizzare una sorta di Grand Canyon in miniatura, dove tra la normale pavimentazione ed il baratro posizionò una robusta lastra di vetro trasparente che consentiva al bambino di vedere il precipizio. La presenza del pattern a quadretti, poi, si rivelò particolarmente interessante per cogliere maggiormente il senso di profondità (Fig. 36).

La Gibson notò che i bambini, posti carponi sull'orlo del precipizio, si bloccavano e si rifiutavano di avanzare, persino quando dall'altro lato c'era la loro madre a chiamarli con un sonaglio. Questo dimostrerebbe che, fin da piccoli, essi abbiano una percezione innata del pericolo di caduta, percezione comune anche negli animali.

Sicuramente da adulti non siamo in grado di ricordare i problemi che abbiamo dovuto affrontare nell'affacciarci per la prima volta al mondo, finché non impariamo a controllare le cose maneggiando oggetti e persuadendo altre persone ad eseguire i nostri ordini. Si potrebbe ipotizzare che la tecnologia non faccia altro che replicare il nostro comportamento, e che la nostra capacità di utilizzare il potere dei simboli per persuadere le menti e la natura non sia altro che la rivisitazione di quelle abilità inconsce esperite da neonati.

5. Dimenticare come si vede

Se è vero che si impara a vedere, è altrettanto vero che ci sono persone che dimenticano come si vede. Si tratta di un deficit definito *agnosia visiva*, termine coniato da Freud per indicare la mancanza di abilità percettiva. Le persone che ne sono colpite possono essere perfettamente normali, ma a seguito di un danneggiamento delle regioni cerebrali interessate alla connessione tra segnali sensoriali e riconoscimento degli oggetti, esse non sono più capaci di dare un significato ai segnali sensoriali. L'agnosia non è solo visiva, ma può essere tattile o uditiva.

Il soggetto con agnosia, in pratica, vede gli oggetti ma non sa distinguerli. Nel 1890, un anziano di 80 anni chiamato G.L. sbatté contro un cancello di legno durante un uragano: non perse la vista, ma ciò che guardava gli sembrava

sconosciuto al punto che finiva per confondere la giacca con i calzoni, o i quadri appesi ai muri con le scatole.

Resoconti più drammatici sono quelli del neurologo Oliver Sacks, riportati nel suo libro *L'uomo che scambiò sua moglie per un cappello*: il suo paziente, il Dr. P., colpito da agnosia visiva, non riusciva più a cogliere il senso di un paesaggio o di una scena e, quando guardava le illustrazioni di un periodico che Sacks gli mostrava, vedeva “pezzi di informazioni” che non riconduceva mai ad un tutto unitario, talvolta finiva per vedere persino cose che non c'erano nell'immagine. I volti gli apparivano confusi e le espressioni prive di significato. Oliver racconta che, ad un certo punto, afferrò la testa di sua moglie per andarsene, convinta che fosse un cappello.

La cosa molto particolare è che questi individui, seppur sembrano dimenticare come si vede, riescono tuttavia a copiare le immagini viste attraverso un disegno, a dimostrazione del fatto che la capacità visiva non è perduta, ma si perde la capacità di riconoscere le *informazioni visive* precedentemente conosciute dal paziente³⁶.

Oltre ad esserci diversi tipi di agnosie percettive, in base alle aree sensoriali che vengono colpite, esistono differenti tipi di agnosie visive, che possono essere:

- Agnosia per le cose: oggetti, immagini di oggetti, colori (acromatopsia).
- Agnosia per lo spazio: il malato ignora tutti gli oggetti situati in una metà dello spazio (di solito quello di sinistra, come mostra la Fig. 37). Un altro disturbo di questo tipo è la perdita di memoria topografica: incapacità di orientarsi nell'ambiente, perché non riconosce più i punti di riferimento dello spazio che lo circonda, non riconosce gli ambienti familiari (es: non sa ritrovare il suo letto in ospedale; non sa disegnare la pianta della sua abitazione).
- Agnosia per i volti, detta anche prosopoagnosia: incapacità di riconoscere i volti familiari. Nei casi più gravi il paziente non è in grado di identificare il volto del proprio partner e nemmeno la propria immagine riflessa in uno specchio (Vallar & Papagno, 2007). I soggetti

³⁶www.em-consulte.com/it/article/45257/agnosia-visiva#:~:text=L'agnosia%20visiva%20%C3%A8%20un,della%20memoria%20o%20dell'intel%20letto.10/06/2022

con prosopoagnosia non sono in grado di riconoscere più i volti delle persone care, perdendo talvolta anche la sensazione di familiarità per i visi conosciuti, ma individuano le persone note dalla voce o da qualche accessorio caratteristico, per esempio i capelli (Grossi & Trojano, 2002)³⁷.

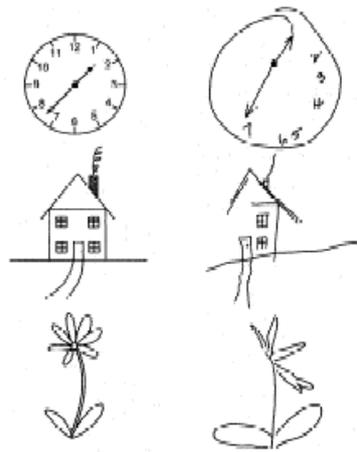


Fig. 37 – disegni normali (a sinistra) e disegni di un paziente affetto da agnosia per lo spazio

Essendo l'agnosia un deficit legato a lesioni neurologiche, ancora una volta è chiaro il ruolo essenziale del cervello nella percezione delle immagini: se vedere è un comportamento meccanico, connesso alla presenza degli occhi come finestre sul mondo, percepire è qualcosa di ben diverso, che richiede lo sforzo del cervello nell'attribuzione di significati e nella costruzione della conoscenza. Se così non fosse, potremmo osservare un'arancia e considerarla alla stregua di un albero, un animale, o un giocattolo, proprio come accade a chi soffre di agnosia. Inoltre, si deduce che i segnali sensoriali derivati dai cinque sensi vengono elaborati separatamente in regioni specializzate del cervello, anche se poi i sensi concorrono a fornire una percezione unificata degli oggetti. Il caso dell'ex cieco S.B., trattato nel par. 4.4 di questo capitolo, sembra indicare che vi sia un trasferimento di conoscenza da un senso all'altro, in particolar modo dal tatto alla vista, in quanto dopo l'operazione il paziente si mostrava capace di riconoscere oggetti che aveva precedentemente toccato: S.B. aveva imparato a

³⁷ www.stateofmind.it/agnosia/

vedere prima ancora di aver acquistato la vista, mentre chi soffre di agnosia visiva possiedono la vista ma, purtroppo, dimenticano come vedere³⁸.

6. Ingannare la vista: le illusioni

Una delle maggiori prove a favore del contributo neuropsicologico nel fenomeno della visione e della percezione è l'esperienza – condivisa da tutti gli esseri umani – delle illusioni.

Le illusioni ingannano l'apparato visivo umano, facendogli percepire qualcosa che non è presente o facendogli percepire in modo scorretto qualcosa che nella realtà si presenta diversamente³⁹.

Afferma Gregory che «Quando una percezione diverge rispetto al mondo esterno e si pone in disaccordo con la realtà fisica, diciamo di sperimentare un'illusione. In questo senso, un'illusione differisce dalla verità»⁴⁰. Ma come possiamo definire quale sia la verità? Non abbiamo forse già detto che la luce che vediamo è solo una piccola parte dello spettro elettromagnetico? E che, a tal proposito, ci sono animali che possono vedere i raggi infrarossi, impercettibili dagli occhi umani? Come potremmo, a ragion di ciò, considerare *reale* quello che ci appare alla vista? E se gli occhi possono essere ingannati, chi può definire quale sia la verità?

Si dice che l'apparenza inganna, inducendoci a considerare come “inganno” la realtà che a noi *sembra* in un certo modo. Eppure, le apparenze immediate hanno consentito la sopravvivenza del genere umano, dunque non è completamente giusto classificarle come false.

Pertanto, definire l'illusione è un compito davvero arduo, ma si potrebbe partire da una loro classificazione:

- Si definiscono *illusioni ottiche* quelle causate da fenomeni puramente ottici, che non dipendono dalla fisiologia umana (generalmente tutte le illusioni che hanno a che fare con la geometria e la visione prospettica).

³⁸ RICHARD L. GREGORY, *Occhio e cervello, la psicologia del vedere*, Milano, Raffaello cortina editore, 1998, p.248.

³⁹ www.amedeolucente.it/illusioni-ottiche.html 10/06/2022

⁴⁰ *Ivi*, p.283.

- Le *illusioni percettive* sono, invece, dovute alla fisiologia dell'occhio (immagini postume che si generano dopo aver fissato un punto luminoso; illusioni di contrasto e di luminosità).
- Infine, le *illusioni cognitive* sono dovute all'interpretazione che il cervello dà alle immagini viste dagli occhi (il classico esempio è quello delle figure ambigue, impossibili e paradossi visivi)⁴¹.

Ciò che conta, al di là di questa classificazione, è che la comprensione dei fenomeni descritti è utile allo scopo di conoscere le limitazioni del sistema visivo umano (o, guardando l'altra faccia della medaglia, meravigliarci della straordinaria capacità creativa del cervello).

In *Occhio e cervello*, tuttavia, l'autore preferisce distinguere le illusioni a seconda dei fenomeni da cui esse dipendono, pertanto la sua categorizzazione riguarda:

- *Illusioni fisiche*, che dipendono dai fenomeni fisici del mondo, come il fenomeno della *rifrazione*, per il quale la luce, passando da un mezzo ad un altro otticamente differenti, devia il suo percorso, piegandosi. L'esempio più lampante di illusione fisica di questo tipo è la *matita spezzata*, ma anche il *miraggio*.
- *Illusioni fisiologiche*, sono il risultato di eccessive o insolite stimolazioni sul cervello o sugli occhi, come quelle provocate da un'attività particolarmente intensa e ripetitiva, che causa uno squilibrio in grado di alterare la percezione. Rientrano nelle illusioni fisiologiche le *immagini postume*, la *persistenza dell'immagine sulla retina* e *finzioni* descritte nel par. 6.4.
- *Illusioni cognitive*, in ultimo, sono causate da inferenze inconsce che il cervello compie sul mondo quando si trova di fronte a figure ambigue soggette a molteplici interpretazioni (l'illusione *figura-sfondo*, la *papera-coniglio* e tutte quelle descritte nel par. 6.1).

Oltre a queste tre classi, e in ognuna di esse, esistono poi quattro tipi di illusioni più generali⁴²:

⁴¹ www.amedeolucente.it/illusioni-ottiche.html 10/06/2022

⁴² www.wonews.it/post/illusioni-ottiche 11/06/2022

- Ambiguità (es. figura dell'*anatra/coniglio*)
- Distorsioni (es. la *freccia di Muller-Lyer*)
- Paradossi (es. il *triangolo impossibile*)
- Finzioni (es. il *triangolo di Kanizsa*)

Le prime fanno riferimento alle immagini ambigue, in grado di elicitare un cambio, uno *switch* tra un'interpretazione e l'altra; le seconde si riferiscono alle distorsioni percettive relative a dimensione, lunghezza, posizione o curvatura di un oggetto o di uno stimolo; le terze sono le figure impossibili e le ultime sono figure che non esistono, ma che il nostro cervello “inventa” sulla base della conoscenza pregressa (Fig. 38).

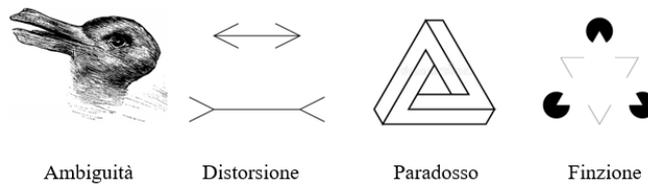


Fig. 38 – classificazione delle illusioni secondo Gregory

Gregory definisce i segnali che provengono dai sensi con l'espressione “dal basso verso l'alto” (potremmo dire “bottom-up”); l'intervento della conoscenza è invece quello “dall'alto verso il basso” (“top-down”). Questo concetto è utile per riferirsi al duplice modo in cui vengono letti i segnali dal cervello (quella che definiamo attività cognitiva): mediante regole generali o per mezzo della conoscenza. Quando le regole o le conoscenze sono applicate erroneamente si generano le illusioni, pur senza alcun “difetto” fisiologico.

Analizziamo adesso nel dettaglio i vari tipi di illusioni.

6.1 Ambiguità

Le figure ambigue derivano dalle infinite possibili interpretazioni che un'immagine retinica può offrire. Infatti, quando guardiamo una figura, l'immagine che si forma sulla nostra retina è una, ma a questa corrispondono molteplici significati: se consideriamo la figura di un'ellisse (Fig. 39), questa

può essere interpretata come tale, o come derivata da un cerchio visto in prospettiva.



Fig. 39 – un’ellisse come figura ambigua

Le possibilità di interpretazione sono innumerevoli, eppure noi tendiamo a vedere solo una delle infinite situazioni che potrebbero corrispondere alla scena che osserviamo, mentre a volte ci troviamo indecisi di fronte alla percezione di una o dell’altra alternativa. È quello che accade, ad esempio, nella figura dell’*anatra-coniglio* (Fig. 40): fissando l’immagine, per alcuni appare impossibile vedere entrambi gli animali, ma osservando meglio e da diverse angolature, finalmente si riesce a scorgere l’ambiguità dell’immagine, finché i nostri occhi (o per meglio dire, il nostro cervello) non sceglierà quella che preferisce. La stessa cosa accade per la figura ambigua di E.G. Boring, *la vecchia e la giovane* (Fig. 41). Entrambe le immagini sono ambiguità del tipo “commutazione di oggetto.”



Fig. 40 – versione “digitale” della figura ambigua anatra-coniglio



Fig. 41 – la vecchia e la giovane

Un'altra figura ambigua particolarmente interessante è quella del *cubo di Necker* (Fig. 42): realizzata nel 1832 dal cristallografo L.A. Necker il quale, mentre disegnava dei cristalli osservati al microscopio, si accorse dello strano fenomeno di commutazione prospettica (cambiamento di prospettiva). Se osserviamo il cubo, tenderemo a vedere una delle due facce (quella anteriore o quella posteriore) come posta davanti. Se ci sforziamo di vedere entrambe le alternative, ci accorgeremo di come risulta differente la visione prospettica della figura (Fig. 42 a).

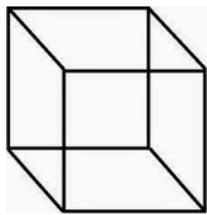


Fig. 42 – cubo di Necker

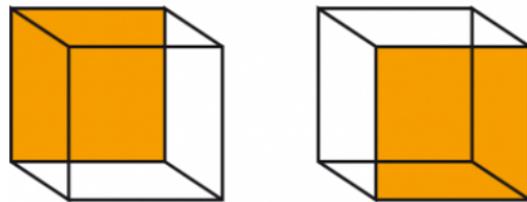


Fig. 42 a – commutazione prospettica: nel primo caso il cubo sembra essere orientato in alto a sinistra, nel secondo caso in basso a destra

Di fronte a queste figure, la percezione non è mai netta. Se consideriamo il cubo di Necker, non abbiamo alcun indizio che possa suggerirci l'interpretazione corretta, allorché la visione considera equiprobabili entrambe le ipotesi. Quello che accade, è che ad un certo punto si tende a preferirne una piuttosto che l'altra. L'importanza di queste ambiguità risiede nella loro utilità nelle ricerche sulla percezione: siccome le immagini retiniche restano le stesse, mentre invece le percezioni cambiano, è possibile cogliere che cosa sta succedendo all'interno della nostra mente, e separare così gli effetti dei segnali dal basso (provenienti dagli occhi) dalle ipotesi generate dall'alto (dalla coscienza). Se il contributo maggiore è quello che viene dall'alto, allora la percezione sarà meno "diretta" e si può definire la percezione come un'attività creativa intelligente, al contrario di ciò che pensano gli empiristi, che basano le loro certezze sul vedere⁴³.

⁴³ *Ivi*, pp.300-301.

6.1.1 Il volto concavo e la schizofrenia

«La più mirabile dimostrazione dell'importanza del grado di probabilità attribuibile alle possibili percezioni di un oggetto è rappresentata dall'illusione del *volto concavo*»⁴⁴. Si tratta di una normale maschera che presenta, sulla parte convessa, il volto di Charlie Chaplin. Sembrerebbe una maschera “normale”, ma se la si guarda alla distanza di circa un metro, sia il volto “dipinto” che quello all'interno della maschera appaiono convessi: addirittura, nella parte interna, sembra di vedere la sporgenza del naso, che in realtà è incavato (Fig. 43). Questo accadrebbe perché – secondo un postulato della visione – è più probabile che gli oggetti siano convessi anziché concavi.



Fig. 43 – la maschera concava: parte anteriore e parte posteriore

Se si osserva la maschera in lenta rotazione, in condizioni normali di illuminazione, passando dal volto convesso a quello concavo si ha l'impressione che questa giri nella direzione sbagliata e la rotazione continua ad invertirsi a seconda che venga evidenziato l'uno o l'altro volto, a causa dell'interpretazione erronea della parallasse di movimento (allo stesso modo invertiamo la prospettiva nel cubo di Necker). Benché siamo perfettamente consapevoli che si tratti di un volto concavo, continuiamo a vedere quello interno come convesso: le ambiguità finora trattate dimostrano in che modo la nostra conoscenza (informazione top-down) ha il sopravvento sugli stimoli visivi (bottom-up) derivati dai sensi. Ciò che vediamo è molto, molto meno rispetto a quello che il nostro cervello ci spinge a vedere! In quest'ultimo caso, per esempio, ciò che noi

⁴⁴ *Ivi*, p. 303.

sappiamo riguardo ai volti è più forte rispetto a quello che vediamo: sebbene la maschera all'interno sia concava, il nostro cervello la interpreta come un volto normale, che ha tutte le caratteristiche della convessità.

Molto rilevante è la constatazione del fatto che questo tipo di illusione non riesce ad ingannare le persone schizofreniche: mentre un essere umano “sano” cade facilmente nel “tranello”, il paziente schizofrenico riesce a distinguere chiaramente il volto convesso ed il volto concavo, senza percepire l'erronea rotazione della maschera. Uno studio di ricercatori dell'University College e del King's College di Londra, pubblicato sulla rivista "Current Biology", rivela che questi individui terrebbero meno conto del contesto visivo nella vita di tutti i giorni⁴⁵. Se un cervello è allenato a vedere un volto che risalta nelle sue tre dimensioni, la normale aspettativa è quella di *sovrascrivere* i segnali visivi, come le ombre e la luce, che indicano il contrario. Il comportamento tipico della schizofrenia, che porta a sentirsi perseguitati e a non riuscire a valutare correttamente le azioni degli altri, si spiegherebbe proprio con questa incapacità di gestire il contesto in maniera appropriata. I ricercatori Danai Dima e Jonathan Roiser della University College di Londra hanno cercato di capire perché le persone schizofreniche non vengono ingannate da quella illusione ottica. 13 soggetti affetti da schizofrenia e 16 soggetti sani sono stati monitorati con uno scanner (fMRI) che misura l'attività del cervello mentre gli venivano mostrate immagini tridimensionali di volti concavi e convessi; il risultato è che solo i pazienti schizofrenici hanno riferito di aver visto facce concave⁴⁶. Analizzando i dati della risonanza magnetica funzionale, si è rilevato che, quando i soggetti sani guardavano le facce concave, le connessioni tra la rete fronto-parietale, coinvolta nell'elaborazione delle informazioni, e le aree visive del cervello erano rafforzate. Nei pazienti con schizofrenia, questo rafforzamento non si è verificato. Il risultato sembrerebbe dimostrare che queste connessioni sono implicate nei processi contestuali che aiutano gli individui a concentrarsi sulle cose rilevanti e impediscono al cervello di essere sommerso da informazioni inutili. Ma, tale processo sembra funzionare meno bene nel cervello degli

⁴⁵ www.lescienze.it/news/2005/11/01/news/schizofrenici_ma_non_illusi-584232/ 10/06/2022

⁴⁶ ilcervelloumano.altervista.org/test-della-maschera/?doing_wp_cron=1655057688.8084130287170410156250 10/06/2022

schizofrenici, forse per l'insufficienza degli stimoli inibitori con i quali le cellule del cervello si disattivano a vicenda⁴⁷.

Se siamo convinti che gli schizofrenici non vedano il mondo come è in realtà, a causa delle allucinazioni di cui sono vittime, abbiamo appena dimostrato che a volte la loro vista può essere più accurata di quella dei soggetti normali. In effetti, abbiamo usato un'illusione ottica nella quale l'incapacità di usare il contesto agisce a vantaggio dei pazienti.

6.2 Distorsioni

La maggior parte delle illusioni basate sulla distorsione sono di tipo geometrico ed hanno a che fare con la prospettiva.

La profondità è connessa con la visione stereoscopica, che noi umani, come molti animali, possediamo per via della presenza di due occhi che inviano differenti informazioni al cervello (cfr. par.1 di questo capitolo).

Ma il senso della terza dimensione è rafforzato in noi grazie alla prospettiva, alla quale siamo naturalmente abituati: sappiamo bene che, raddoppiando la distanza di un oggetto dall'osservatore, l'altezza di questo sembra dimezzarsi e le linee parallele appaiono convergenti verso l'orizzonte, su quello che viene chiamato *punto di fuga*. La nostra familiarità con la prospettiva è tale che, se osserviamo una normalissima immagine bidimensionale, come quella di un quadro, siamo in grado di vederne la profondità, proprio come accade quando osserviamo gli oggetti del mondo.

L'immagine retinica che si forma quando osserviamo il mondo che ci circonda, infatti, segue alla perfezione le leggi della prospettiva, eppure, non rappresenta fedelmente il modo in cui noi vediamo: l'immagine viene modificata dal processo di regolazione percettiva. Ciò significa che il nostro cervello – che non può *vedere* l'immagine retinica come noi la vediamo – sa bene che una montagna in lontananza, che appare piccolissima, è in realtà gigantesca: grazie alla *costanza della dimensione* gli esseri umani riescono a fare una stima della grandezza di un oggetto, senza farsi ingannare dalla prospettiva. Connessa alla

⁴⁷ STEVE DAKIN, PATRICIA CARLIN, DAVID HEMSLEY, *Weak suppression of visual context in chronic schizophrenia*, Current Biology, 25 Ottobre 2005

costanza della dimensione c'è quella della forma, per la quale giudichiamo perfettamente rotondi due oggetti che sono posti a distanza l'uno dall'altro (come due piatti posti su un tavolo, percepiti rotondi nonostante possano sembrare ellittici). Di tendenza alla terza dimensione sono così intrise le nostre facoltà percettive che possiamo essere tratti in inganno quando osserviamo figure geometriche che ci ricordano elementi prospettici frequenti nella nostra esperienza visiva⁴⁸. Oltre alla già citata illusione di Muller-Lyer, un altro esempio di illusione prospettica è l'*illusione di Ponzio* (Fig. 43).

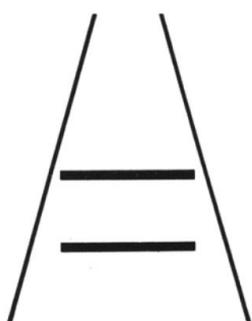


Fig. 43 – illusione di Ponzio

Nell'immagine è possibile constatare che la barra orizzontale superiore sembra più lunga di quella inferiore, anche se in realtà sono uguali. Le due rette che convergono sembrano i binari di un treno e le sbarre che vediamo ci ricordano quelle di legno presenti sulle rotaie: più in alto si trova la sbarra, e più essa viene percepita lontana, perché più vicina al punto di fuga, mentre quella inferiore è percepita più vicina. Siccome il nostro cervello sa che gli oggetti distanti *sembrano* più piccoli, ma in realtà non lo sono, tende a correggere la loro dimensione, grazie alla costanza della dimensione, e quindi sovrastima la misura di quello superiore. Allo stesso modo, le sagome della Fig. 44 sembrano

⁴⁸ ANDREA FROVA, *Luce colore visione*, Roma, Editori Riuniti, 1984

aumentare in altezza andando verso il punto di fuga del disegno: così, la prima sembra la più bassa, e l'ultima la più alta.

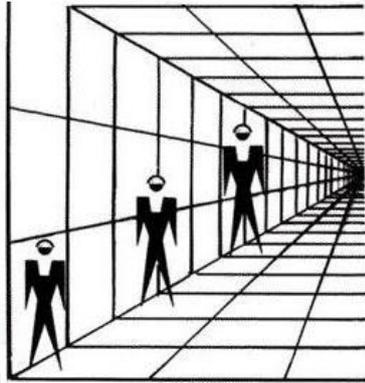


Fig. 44 – altra illusione prospettica

Anche in questo caso il cervello commette un errore di valutazione, perché considera le sagome 2 e 3 come più distanti dalla 1, e ancora una volta sovrastima le loro altezze (in realtà tutte uguali). Le illusioni appena citate non indicano un imperfetto funzionamento del nostro cervello, ma al contrario ne rivelano la sua straordinaria capacità di attribuire significati alle informazioni. Siccome le immagini che gli arrivano sono ambigue, però, il cervello non può che fornire soluzioni imperfette.

Uno straordinario e geniale modo di ingannare il meccanismo della costanza della dimensione è rappresentato dalla *stanza di Ames*, realizzata dall'omonimo psicologo americano per mostrare la potenza del condizionamento ambientale sulla percezione visiva. Ames ha costruito una speciale camera in cui la parete sinistra è più lunga rispetto a quella di destra e la parete posta di fronte allo spettatore che guarda, attraverso un foro, è in realtà messa di traverso (Fig. 45). Inoltre, la parete sinistra cresce in altezza via via che si allontana dall'occhio dello spettatore, in modo da generare un'immagine retinica che sia perfettamente uguale a quella che si otterrebbe osservando una stanza normale, come quella in Fig. 45 a, e che rappresenta, in effetti, ciò che lo spettatore vede.

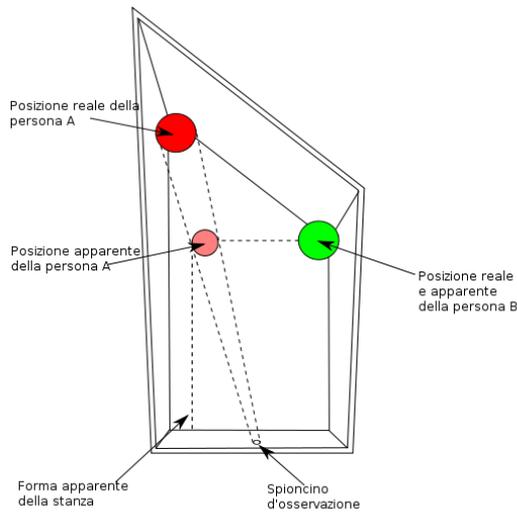


Fig. 45 – costruzione della stanza di Ames



Fig. 45 a – percezione delle persone nella di Ames

Le porte e le finestre sono deformate allo stesso modo delle pareti, al fine di ingannare l'occhio che vede una stanza senza alcuna distorsione. L'illusione si verifica – assieme alla sorpresa – quando si fanno entrare due persone nella stanza che si vanno a posizionare nell'angolo sinistro e destro della parete di fronte all'osservatore: la persona a sinistra apparirà decisamente più piccola rispetto a quella posizionata sulla destra. Questa stranezza non riesce a convincere lo spettatore che –ignaro del trucco – non riesce ad immaginarsi una stanza deformata, abituato com'è alle stanze rettangolari, per cui egli continuerà a vedere la distorsione nelle due persone. Questa situazione ambigua porta il cervello a scegliere l'interpretazione più semplice e, tuttavia, sbagliata: tendiamo a preferire di ammettere situazioni assurde, piuttosto che riconoscere la forma insolita della stanza, e quindi la percezione sarebbe in qualche modo legata alla miglior scommessa possibile su cosa sia evidente. Una simpatica curiosità è questa: si dice che le giovani mogli non riescano a vedere il proprio partner distorto nella stanza, per cui l'illusione svanirebbe nel momento in cui il partner entra nella stanza di Ames. Si pensa che questo fenomeno sia dovuto alla forza dell'amore!

Ricapitolando, la stanza sembra normalissima fin quando resta vuota, ma quando vengono collocati degli oggetti (le persone), il cervello deve indovinare a cosa è dovuta la stranezza, e scommette sull'ipotesi che a lui risulta più plausibile. Tutto questo fornisce, secondo il prof. Gregory, informazioni significative sul ruolo svolto dall'esperienza, dall'apprendimento e dall'innatismo. Se fotografassimo due persone poste alla stessa distanza di quella che si trova nella stanza di Ames, otterremmo la stessa immagine illusoria della stanza, ma non ne saremmo così sconvolti e capiremmo dov'è il trucco.

Anche la *finestra di Ames*, di forma trapezoidale, manda in confusione il nostro cervello. Questa finestra, realizzata in modo da avere una forma prospettica, vista frontalmente sembra una normale finestra rettangolare posizionata in modo leggermente trasversale (Fig. 46).

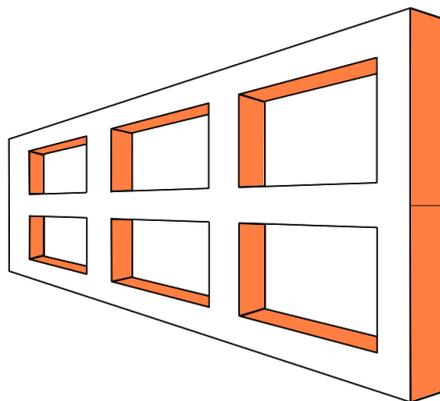


Fig. 46 – finestra di Ames

Non possiamo dire se la sua forma sia realmente rettangolare, ma è ciò che il nostro cervello dà per scontato. Messa lentamente in rotazione, con un bastone infilato attraverso gli spazi vuoti, la finestra è soggetta a numerose (e bizzarre) trasformazioni, tanto che, girando, essa sembra modificare continuamente il senso di rotazione (come nel caso della maschera concava). Pare che gli oggetti che abbiano una forma prospettica nella loro realtà fisica sovvertano la nostra percezione delle dimensioni e delle distanze, poiché siamo abituati a cogliere la prospettiva in quadri e immagini ottiche, ma non nella realtà. Normalmente siamo portati a considerare trapezi e rombi come immagini in prospettiva di quadrati o rettangoli. Una finestra, disegnata in prospettiva, mostra i suoi due lati verticali di dimensioni differenti. La propensione ad interpretare come più

lontano un oggetto che appaia più piccolo, e viceversa, è così radicata che, nel vedere tale figura in movimento, non si riesce a scorgere la rotazione reale che compie di 360° , ma si è portati ad interpretare il movimento come una rotazione a senso alternato⁴⁹.

6.3 Paradossi

I paradossi, o figure impossibili, sono rappresentazioni bidimensionali di oggetti che non potrebbero esistere nella realtà. Il più famoso è il *triangolo di Penrose*, realizzato nel 1958 da un matematico, fisico e cosmologo. La versione bidimensionale del triangolo (Fig. 47) è paradossale perché, dice Gregory, quando due oggetti si toccano vengono interpretati come se fossero posizionati alla stessa distanza.

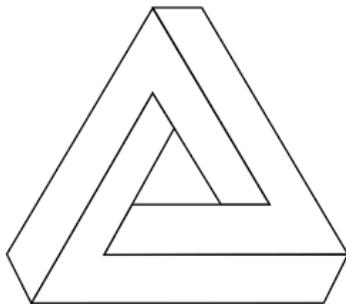


Fig. 47 – triangolo di Penrose



Fig. 47 a – triangolo di Penrose, versione tridimensionale

Ma, osservando la versione tridimensionale del triangolo (Fig. 47 a) ed osservandolo dalla giusta angolazione, il paradosso è svelato: due lati non si toccano, ma appaiono vicini. La stessa illusione è quella che ci porta a vedere due stelle lontanissime come vicine. Sulla scia di Penrose, vennero realizzate molteplici figure ed opere impossibili, come quello della Fig. 48 e l'opera di Escher, *Relatività*, della Fig. 49.

⁴⁹ icfoligno5.edu.it/wp-content/uploads/sites/210/cameradiamesconfinestra.pdf 11/06/2022

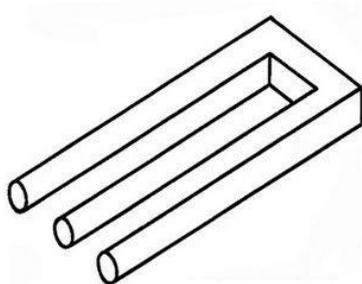


Fig. 48 – solido impossibile. Coprendo una delle due estremità della figura, questa appare possibile



Fig. 49 – *Relatività* di Escher. Il gioco di ombre e di prospettiva fa apparire le scale ora in salita, ora in discesa

6.4 Finzioni

Vi sono circostanze in cui la visione si presenta come una finzione, nel senso che percepiamo elementi, figure, contorni che non esistono fisicamente, ma che si formano nella nostra mente a causa di una quantità maggiore di conoscenze “dall’alto verso il basso”. L’immagine più suggestiva è, certamente, il *triangolo di Kanizsa*, già affrontato nel par. 1, Fig. 8 di questo capitolo.

La cosa interessante da notare è che, se nel triangolo di Kanizsa non esistono reali triangoli, nella scritta della Fig. 50 non esistono lettere reali: è il cervello che, sulla base della disposizione degli elementi nel primo caso, e della disposizione delle ombre nel secondo, *vede* ciò che è abituato a vedere grazie

alle esperienze pregresse del contesto, ed inventa la figura aggiungendo parti che non esistono. Questo accadrebbe, in senso gestaltista, per via del suo cogliere l'unità percettiva delle figure, piuttosto che scomporle nei suoi elementi costituenti.



Fig. 50 – la scritta *shadow* in realtà non esiste!

A prova di ciò, se provassimo a “tagliuzzare” il triangolo, scomponendolo in modo da rendere visibili le parti *reali* di cui è composto, l'illusione cessa: il cervello riesce ora a comprendere la singolarità di ogni stimolo e non può vedere il tutto che li univa (Fig. 51 a). Allo stesso modo, separando le lettere della Fig. 50 e cambiando il loro orientamento, ecco che la parola cessa di essere una parola, e vediamo solo una serie di linee (Fig. 51 b). In realtà, per distruggere al meglio la seconda illusione, occorrerebbe “tagliare” anche le lettere, in modo che il cervello veda soltanto pezzetti di linee sconnesse tra loro.



Fig. 51 a– fine dell'illusione: il triangolo di Kanizsa scomposto nei suoi elementi

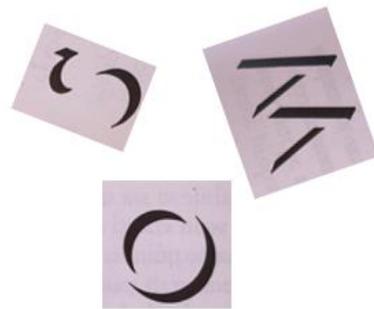


Fig. 51 b– fine dell'illusione: le lettere isolate dal contesto della parola, non sembrano più lettere

6.4.1 Illusioni fisiologiche

Un discorso a parte meritano le illusioni fisiologiche, prettamente derivate dalla conformazione anatomico-fisiologica dei nostri occhi. Molte di queste, vengono incluse da Gregory nelle finzioni poiché, in effetti, di questo si tratta.

Il *contrasto simultaneo* è il primo tipo di illusione fisiologica che intendo affrontare in questo paragrafo. In Fig. 52 è possibile osservare un esempio di contrasto di luminosità.



Fig. 52 – contrasto simultaneo di luminosità

La barra al centro dell'immagine sembra modificare la sua gradazione di grigio, partendo da un grigio chiaro, molto luminoso, fino ad arrivare ad un grigio scuro. Viceversa accade allo sfondo. In realtà, se isoliamo la barra e la osserviamo senza il contesto (Fig. 52 a), noteremo che essa è semplicemente grigia, senza alcuna variazione.



Fig. 52 a – la barra isolata dal contesto

Un fattore che influenza la percezione della luminosità di un oggetto (intesa come quantità di luce riflessa da un oggetto) è l'intensità luminosa delle zone circostanti. Così, un elemento chiaro posto su uno sfondo scuro apparirà ancor più luminoso, viceversa un elemento scuro su sfondo chiaro apparirà più intenso ma meno luminoso. In neurobiologia, tale fenomeno si spiega con l'*inibizione laterale* della retina, che è la capacità di un neurone eccitato di ridurre l'attività dei suoi vicini, nella periferia. Nel sistema visivo in particolare vuol dire migliorare il contrasto di un'immagine. Il meccanismo di inibizione laterale è dovuto all'azione delle cellule orizzontali e delle cellule bipolari che

determinano quello che viene definito *effetto centro-periferia*, che ci consente di vedere margini e contorni e quindi valutare colori e luminosità in base a confronti. La percezione del colore sarebbe quindi il risultato di due processi antagonisti che avvengono a livello della retina: l'eccitazione del recettore stimolato dalla luce che lo colpisce (quella derivante dal grigio, ad esempio), l'altro dall'inibizione su di esso ad opera dei recettori adiacenti. Nella figura 52 la barra grigia, di luminanza uguale, evoca lo stesso livello di eccitazione, ma i due sfondi evocano diversi livelli di inibizione, pertanto il livello di inibizione esercitata dallo sfondo chiaro sul grigio sarebbe maggiore rispetto a quella esercitata dallo sfondo scuro.

Questa illusione si verifica anche con le immagini a colori: per esempio, osservando un quadrato grigio all'interno di un quadrato rosso, il primo apparirà verdastro a causa della presenza del rosso (Fig. 53).

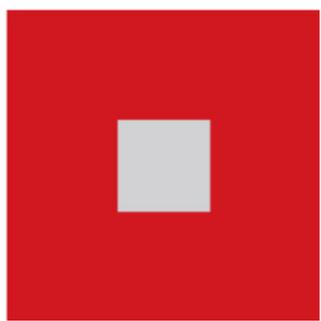


Fig. 53 – contrasto simultaneo cromatico

Se si pone l'attenzione sui frammenti di cerchio sovrapposti ai quattro quadrati della Fig. 54, si nota come il colore grigio appare diverso in ogni quadrante: verdastro sul rosso, rossastro sul verde, giallino sul blu e violaceo sul giallo.

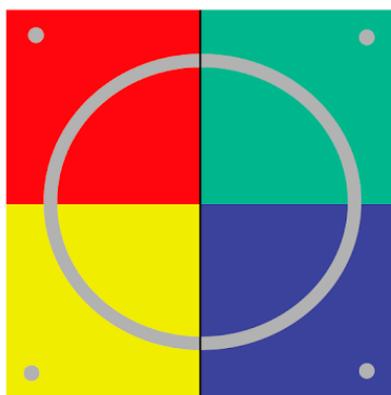


Fig. 54 – altro esempio di contrasto simultaneo cromatico

In questo caso, è come se l'occhio tendesse a prefigurarsi il colore complementare di quello che vede, e se non lo trova se lo rappresenta. Questo perché le cellule fotosensibili della retina, colpite dal rosso dello sfondo, inibiscono la sensibilità al rosso delle cellule vicine, provocando, così, un aumento di eccitabilità dei coni nei confronti degli altri colori primari rimanenti, laddove c'è il quadratino grigio: siccome i coni sono sensibili al rosso, blu e verde, inibire il rosso determina l'aumento di sensibilità verso il blu ed il verde. Per questo motivo, il quadratino grigio appare verdastro.

Quando due colori complementari sono posti l'uno vicino all'altro, dunque, è facile comprendere che il contrasto tra i due aumenta ed i loro effetti reciproci si accrescono: nelle zone periferiche del quadrato rosso, si inibiscono le risposte dei neuroni alla lunghezza d'onda del rosso, e si intensificano quelle per il verde-blu: al contrario, alla periferia del verde si intensificano le risposte al rosso. Di conseguenza, il rosso appare "più rosso" ed il verde "più verde", con una percezione maggiore della loro luminosità (Fig. 55).



Fig. 55 – contrasto tra colori complementari

Questo espediente è ben conosciuto dai pittori, i quali utilizzano i colori complementari per far risaltare la saturazione e la luminosità dei propri quadri: Van Gogh era solito dipingere le sue tele giocando con i colori complementari, riuscendo a suscitare nell'osservatore intense emozioni (Fig. 56).

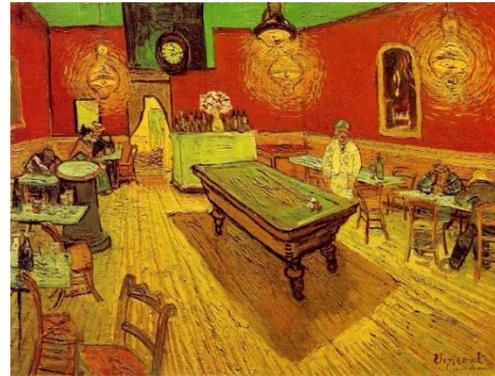


Fig. 56 – colori complementari nei quadri di Van Gogh: *Il seminatore* e *Caffè di notte*

L'inibizione laterale è anche causa del fenomeno illusorio dell'*irradiazione ottica*, chiamata anche *illusione di Galileo*: un cerchio bianco all'interno di un quadrato nero sembra decisamente più grande di un cerchio nero in un quadrato bianco (Fig. 57).

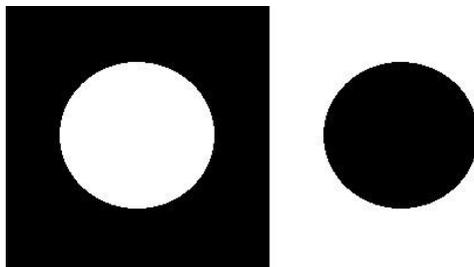


Fig. 57 – illusione di irradiazione

Analizzando la risposta dei neuroni che processano l'informazione visiva, si è scoperto che le tonalità scure producono una risposta neurale estremamente accurata, che determina una rappresentazione realistica della loro dimensione. Gli stimoli luminosi chiari invece producono una risposta neurale esagerata, tale che nostro cervello ne elabora una rappresentazione più grande di quella reale. L'eccessiva stimolazione prodotta dalla luminosità del bianco inibisce le risposte dei neuroni adiacenti, facendo percepire il contorno del cerchio chiaro meno definito.

La *griglia di Hermann* fu descritta da Ludiman Hermann nel 1870. Essa è costituita da un reticolo di linee bianche su sfondo nero (Fig. 58). L'illusione si verifica osservando i punti di intersezione tra le linee bianche, dove l'occhio percepisce un puntino grigio (che sembra alternarsi tra bianco e nero spostando lo sguardo).

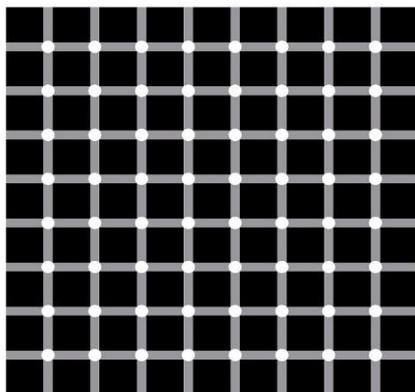


Fig. 58 – griglia di Hermann

Anche questo fenomeno, come nel caso del contrasto simultaneo, si spiega con l'inibizione laterale. Tale meccanismo neurologico fa sì che l'intensità di un punto percepita dall'occhio non è semplicemente quella percepita da un singolo neurone, ma è il risultato dell'interazione di un gruppo di recettori che costituiscono il campo recettivo, i quali si inibiscono a vicenda, come abbiamo visto. Poiché nella griglia di Hermann il punto di incrocio tra due linee è circondato da un'intensità luminosa totale maggiore, rispetto agli altri punti delle linee, ciò comporta un maggiore effetto inibitorio dovuto ai recettori periferici e l'area appare più scura⁵⁰.

⁵⁰ tecmatied.wordpress.com/2014/05/04/le-illusioni-ottiche-2/ 12/06/2022

Un'altra illusione fisiologica è quella delle *immagini postume*. L'effetto si verifica quando, dopo aver fissato un oggetto luminoso per un certo periodo di tempo (come una lampadina o un flash fotografico), vediamo muoversi nello spazio un'ombra scura della stessa forma dell'oggetto illuminato. L'ombra rimane scura se la osserviamo su uno sfondo chiaro, come la parete bianca di un muro, ma inizialmente è luminosa (possiamo vederlo chiudendo immediatamente gli occhi). Nel primo caso si parla di immagine postuma negativa, mentre nel secondo caso si parla di immagine postuma positiva. È possibile sperimentare l'immagine postuma positiva osservando un'immagine come quella in Fig. 59: fissando la foto in negativo per circa un minuto e spostando poi lo sguardo su uno sfondo bianco, si vedrà comparire un volto "normale".



Fig. 59 – immagine postuma

Quando i fotorecettori vengono stimolati dalla luce, accade che essi si scolorano (come abbiamo descritto nel par. 3 di questo capitolo). I composti fotochimici ritornano alla normalità dopo un lasso di tempo che può essere anche di un'ora per la rodopsina dei bastoncelli, ed è di circa sette minuti per la iodopsina dei coni.

È possibile verificare un effetto simile, utilizzando immagini colorate. In questo caso si parla di *contrasto successivo*: fissando per un certo periodo di tempo una figura del colore magenta e spostando ancora una volta lo sguardo su uno sfondo neutro, si vedrà apparire la stessa figura, colorata di verde. Così, fissando una figura azzurra la si vedrà apparire, successivamente, di colore arancio, mentre una figura gialla ci farà percepire il viola (Fig. 60).

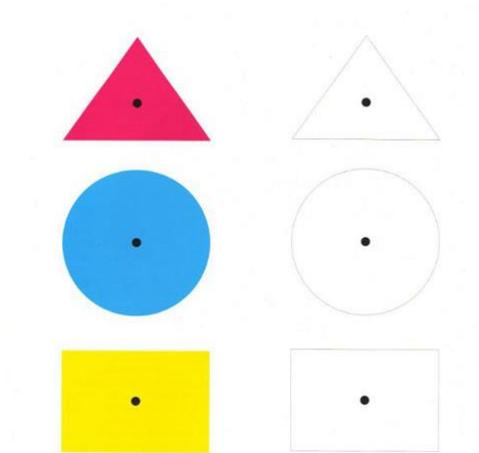


Fig. 59 – contrasto successivo

Il contrasto successivo è un fenomeno noto dai tempi di Aristotele ed è stato studiato nell'Ottocento da Goethe e Schopenhauer ma soprattutto da Hering. La spiegazione dell'illusione fisiologica risiede nell'*adattamento cromatico*: dopo aver fissato intensamente un oggetto del colore magenta, come nel triangolo mostrato sopra, il sistema visivo “si abitua” a quella lunghezza d'onda ed abbassa la sensibilità per quel colore nelle altre aree della retina. Quando si sposta lo sguardo sullo sfondo bianco, ed i colori spariscono, il sistema visivo è ancora con la sensibilità abbassata, che si compensa con un aumento di sensibilità alle altre lunghezze d'onda, di cui si occupano i coni del verde e del blu: per questo motivo vediamo il suo complementare.

7. Riflessioni

Studiare la visione e la sua importanza ci porta a prendere consapevolezza del fatto che l'occhio non vede tutto quello che ha davanti ma solo ciò che è necessario. Seleziona, focalizza e restituisce l'aspetto essenziale di quello che ci circonda in base a cosa ci serve in un dato momento. Siamo portati a credere che il visibile corrisponda al mondo e viceversa, ma i nostri occhi non vedono tutto ciò che è visibile. Non dovremmo, pertanto, dimenticarci dell'invisibile, come quando tracciamo tre punti non allineati nello spazio e vediamo un triangolo,

anche se non c'è: quello che vediamo è un triangolo invisibile⁵¹. La straordinarietà del legame tra occhio e cervello affascina tutti noi, compresi molti artisti che hanno giocato e continuano a giocare con le illusioni ottiche e gli inganni percettivi. Senza andare troppo lontano nello spazio geografico, il grande artista, designer e scrittore italiano Bruno Munari, figura d'eccellenza del nostro paese, ha varcato i confini del suo territorio portando le sue straordinarie opere persino al MoMA di New York. La sua geniale mente creativa ci ha mostrato quante infinite figure possiamo disegnare con lo sguardo, tracciando linee invisibili che collegano punti disposti casualmente su un foglio. E allora, vedere l'impossibile, è un modo per educare a guardare *non solo con gli occhi*, cogliendo tutte le possibili sfaccettature della realtà, in un gioco percettivo nel quale mente e cervello divengono protagonisti.

Gli occhi della mente aiutano in particolar modo il bambino a costruire il suo mondo visivo fatto non soltanto di stimoli, ma di significati, imparando ad intessere, pian piano, la fitta rete di conoscenze che diviene parte fondamentale della sua esperienza, similmente alla rete sinaptica che va consolidandosi, in un cervello plastico dei fanciulli in età scolare, quando questi siano esposti ad attività piacevoli, inconsuete, problematiche, logiche ed intense.

Attività che è possibile far vivere loro, portandole a scuola, attraverso una didattica laboratoriale incentrata sull'esperimento scientifico e la potenza del gioco.

⁵¹ www.occhiovolante.it/2017/imparare-a-vedere/13/06/2022

CAPITOLO 3

SPERIMENTAZIONI IN CLASSE PRIMA E TERZA

Il mio lavoro di tesi, incentrato sul tema della luce, del colore, della visione e della percezione, è stato affrontato in modo sperimentale nelle due classi in cui, quest'anno, ho ricoperto il ruolo di docente: una Prima ed una Terza Primaria, con un numero di dodici e quindici alunni.

Gli incontri, spalmati nel periodo che va da Febbraio a Giugno 2022, sono stati circa quindici per classe.

Le metodologie

Riguardo alle metodologie, trattandosi di un'Unità Progettuale incentrata sulle Scienze, non potevo che avvalermi della Didattica laboratoriale, finalizzata allo sviluppo del sapere pratico, alla gioia della scoperta ed all'utilizzo di materiali e strumenti molteplici. Inoltre, l'elemento essenziale di questo tipo di didattica è l'esperimento, il Learning by doing, il quale non si può realizzare, di certo, attraverso una semplice lezione frontale, al contrario prevede che i bambini siano liberi di muoversi nell'aula toccando, guardando e sentendo i fenomeni a 360 gradi. In secondo luogo, ho attivato la metodologia del Problem solving: i quesiti posti ai bambini sono stati presentati come situazioni problematiche dalle quali venire a capo attraverso il confronto e la riflessione, motivo per cui gli alunni hanno dovuto collaborare attraverso un Cooperative learning ma anche Peer learning, fondamentale in un contesto così eterogeneo come la nostra classe. Numerose sono state le situazioni di Brainstorming, finalizzate ad aprire una finestra sull'argomento e a far scaturire gli elementi salienti del discorso, ma anche le sensazioni personali, le opinioni, le convinzioni. Ho realizzato anche una sorta di Debate che ha visto gli studenti dibattere su un determinato argomento, dividendosi in base alle previsioni fatte. Aggiungo il Role playing, ovvero la metodologia del gioco e della simulazione, al vertice dell'apprendimento in quanto motivante, entusiasmante, piacevole. In ultima, ma non meno importante, la metodologia della Flipped classroom, realizzata a fine percorso, quando i bambini hanno rielaborato le conoscenze acquisite

durante il nostro percorso e le hanno esposte alla classe, racchiudendole in un cartellone riassuntivo.

I traguardi per lo sviluppo delle competenze

L'Unità Progettuale *Non credere sempre ai tuoi occhi* è un lavoro interdisciplinare incentrato sulle Scienze, ma unito trasversalmente alla Matematica, all'Arte ed alla Tecnologia.

Entro nel dettaglio dei Traguardi per lo sviluppo delle competenze fissati dalle Indicazioni Nazionali:

Scienze

- 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.
- Espone in forma chiara ciò che ha sperimentato, utilizzando un linguaggio appropriato.
- Individua aspetti quantitativi e qualitativi nei fenomeni, produce rappresentazioni grafiche e schemi di livello adeguato, elabora semplici modelli. Riconosce le principali caratteristiche e i modi.

Matematica

- L'alunno sviluppa un atteggiamento positivo rispetto alla matematica, attraverso esperienze significative, che gli hanno fatto intuire come gli strumenti matematici che ha imparato ad utilizzare siano utili per operare nella realtà.
- Costruisce ragionamenti formulando ipotesi, sostenendo le proprie idee e confrontandosi con il punto di vista di altri.

Tecnologia

- 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 funzionamento.
- Produce semplici modelli o rappresentazioni grafiche del proprio operato utilizzando elementi del disegno tecnico o strumenti multimediali.
- Inizia a riconoscere in modo critico le caratteristiche, le funzioni e i limiti della tecnologia attuale.

Arte e Immagine

- L'alunno utilizza le conoscenze e le abilità relative al linguaggio visivo per produrre varie tipologie di testi visivi (espressivi, narrativi, rappresentativi e comunicativi) e rielaborare in modo creativo le immagini con molteplici tecniche, materiali e strumenti (grafico-espressivi, pittorici e plastici, ma anche audiovisivi e multimediali).

1. Lontano dagli occhi, lontano dal cuore

Il primo approccio ai nuclei fondanti della mia tesi, nonché alle relative sperimentazioni, inizia con alcuni giochi di carattere senso-motorio e senso-percettivo che hanno lo scopo di mettere in evidenza l'importanza della visione quale strumento imprescindibile per la conoscenza del mondo e la sopravvivenza. Ho impostato le attività in modo tale da consentire sia ai miei alunni della classe prima, che a quelli della classe terza di diventare attori protagonisti del proprio processo di apprendimento. Prima di addentrarmi in complesse spiegazioni teoriche, ho voluto offrire ai bambini l'opportunità di "toccare con mano" le difficoltà che l'essere umano si trova ad affrontare nel momento in cui viene privato della vista.

Ho deciso dunque di partire dai cinque sensi, insistendo sulla modalità con cui i nostri occhi colgono la realtà che ci circonda, per giungere ad una più profonda riflessione: ogni gesto, anche il più banale, diventa incredibilmente complicato se la nostra visione è compromessa.

1.1 Giochi al buio: classe Prima

Per la prima attività ho voluto che i bambini prendessero dimestichezza con l'impostazione metodologica del *gioco* e del *problem solving* su cui sono basate le sperimentazioni. Perciò, ho realizzato un percorso a terra utilizzando una semplice striscia di carta abbastanza lunga sulla quale i bambini dovevano camminare restando in equilibrio, senza far andare i piedi oltre i bordi. La camminata è stata eseguita prima normalmente, poi con gli occhi bendati. Ai bambini ho raccontato che la striscia rappresentava un ponte, e sotto di esso si trovava un fiume pieno di cocodrilli. Dovendo procedere bendati, si è rivelato molto difficile mantenere l'equilibrio ed è stato inevitabile cadere nel "fiume".

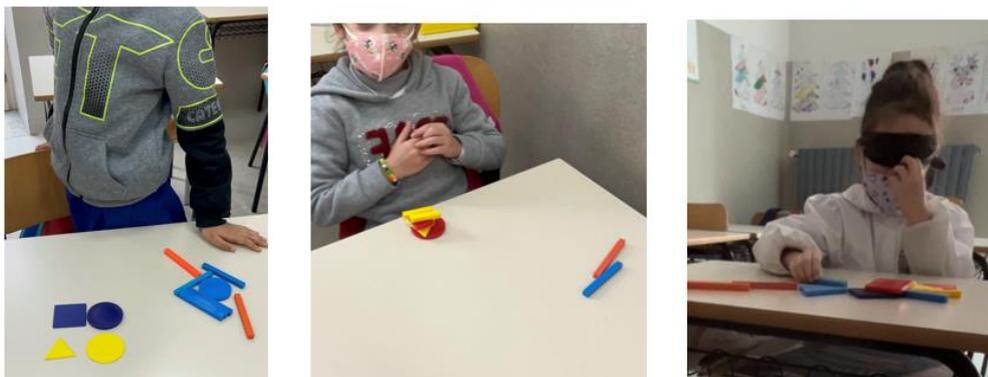


La seconda attività ha previsto che i bambini divenissero abili ad acchiappare un “mostro” rappresentato da un oggetto sul quale avevo apposto una faccia spaventosa. Dopo aver bendato, uno alla volta, i bambini, ho lasciato cadere a terra il mostro, dal quale gli alunni dovevano scappare. I piccoli hanno notato che, da bendati, le difficoltà diventano maggiori, in quanto si può fare affidamento solo sull’udito.



Per la terza attività ho utilizzato alcuni oggetti di forme e colori diversi (regoli e blocchi logici) da distribuire casualmente sui banchi dei bambini, trasformati in abitanti primitivi di un villaggio in cui non esiste il cibo come lo conosciamo

noi. Ho spiegato che gli oggetti distribuiti rappresentavano degli alimenti: alcuni potevano essere mangiati, altri erano velenosi (es. tutti gli oggetti di colore arancione o azzurro). Al “via” i bambini dovevano costruire la loro pietanza, evitando i pezzi velenosi: il vincitore sarebbe stato chi fosse riuscito a concludere prima il piatto. Il gioco si è ripetuto, questa volta bendando alcuni degli alunni.



Al termine delle attività, abbiamo discusso insieme in merito alle emozioni provate, alle difficoltà percepite ed al vantaggio di poter guardare piuttosto che essere bendati. Ho introdotto quindi un discorso importante, che unisce scienza e storia: senza l’uso della vista, i nostri antenati non avrebbero potuto adottare strategie di sopravvivenza, poiché questo impedimento avrebbe compromesso l’equilibrio, l’abilità di sfuggire agli ostacoli o agli animali feroci, la capacità di cacciare per procurarsi il cibo e il saper riconoscere e ricordare le piante o i frutti velenosi.

2. M’illumino d’immenso: sorgenti di luce e oggetti illuminati

Poiché la luce è il fondamento della nostra visione, ho realizzato le attività seguenti al fine di scoprire, assieme ai bambini, che cos’è e da dove la luce che vediamo tutti i giorni, analizzando come si comportano gli oggetti in grado di emetterla, oppure no. Abbiamo quindi ragionato sulle seguenti domande:

-Da dove viene la luce e come fa ad arrivare a noi?

-È possibile vedere al buio?

-Quali sono gli oggetti che emettono luce?

2.1 Raggruppa le sorgenti: classe terza

Dopo aver mostrato ai bambini alcuni oggetti (lampade, accendini, candele, stelle fluorescenti, torce ed elementi vari che non emettono luce, come alcool, disinfettante, scatole, tovaglia plastificata nera, forbici), chiedo loro quale sia la loro funzione. Quindi, invito la classe a raggrupparli secondo le caratteristiche che essi hanno in comune, per poter distinguere quelli che emettono luce da quelli che non la emettono.



In un primo momento i bambini dividono le sorgenti di luce dai corpi opachi e dai “liquidi”:

-Maestra, gli igienizzanti e l’alcool vanno tutti insieme perché sono liquidi.

-Le bottiglie sono tutte e tra trasparenti, significa che possiamo guardare attraverso!

Si definiscono, dunque, i primi come *sorgenti di luce* ed invito i bambini a trovarne altri in grado di illuminare ma “senza il bisogno di schiacciare un tasto”, o “senza l’intervento dell’uomo” (sole, stelle, fulmini, lucciole, fuoco, luna). Gli oggetti che emettono luce naturalmente si chiamano *sorgenti naturali*, mentre quelli azionati dall’uomo si chiamano *sorgenti artificiali*.

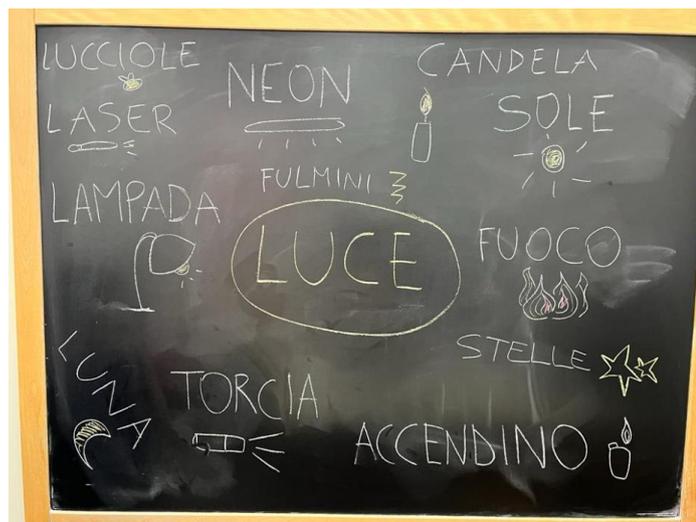
Creiamo una mappa concettuale sulla quale distinguiamo gli oggetti che illuminano da quelli che non illuminano e, a loro volta, suddividiamo le sorgenti di luce in artificiali e naturali.

2.2 Fammi luce! Classe Prima

Lo stesso giorno, anche con i bambini di prima discutiamo in merito a cosa “faccia luce” e cosa no.



Mostro ai miei alunni varie sorgenti di luce e, dopo aver compreso a cosa servono, chiedo quali altri oggetti siano in grado di illuminare, facendo una distinzione tra quelli creati dall'uomo e quelli che esistono in natura. Li scriviamo tutti sulla lavagna e riflettiamo sull'importanza, nella storia dell'uomo, di tali sorgenti, a partire dall'alba dei tempi in cui l'unica fonte di luce era quella naturale, alla scoperta del fuoco, all'invenzione delle lanterne e poi delle lampadine.





Dopo aver chiesto di appuntare sul quadernino degli esperimenti tutti i fenomeni scoperti manipolando i materiali, confrontandosi a file se necessario, ho raccolto qualche frase particolarmente interessante e l'ho letta ad alta voce:

Alcuni esperimenti che ho fatto
 Ho scoperto che la carta
 stagnata fa un po' di cartolina
 e poi la gente di ingegneria
 si teneva al sale e ha fatto
 un esperimento avvicinando la carta
 non si vedeva le cose più
 chiare e lo specchio ha
 ridotto a trasparenza e anche
 fa la luce forte ma anche
 vedere anche la tua faccia

Da questo non si sa se si riesce a vedere quello
 sopra, quello di sotto di alluminio si può spiegare
 luce
 suono
 Il foglio ha trasparenza se mette il foglio sotto se fa più luce e se
 c'è un altro foglio sopra se fa più luce e se c'è un altro foglio sopra
 fa più e se si può guardare in un altro e non con il colore del foglio
 e se si mette un foglio che trasparentemente riflette in un foglio e se si può
 trasparentemente se mette un foglio di un foglio se può vedere la faccia
 stessa senza trasparenza.



-La carta stagnola fa un po' di controluce, la lente di ingrandimento si brucia al sole e fa avvicinare le cose e si vedono più chiare. Lo specchio fa vedere attraverso e fa anche la luce forte ma fa anche vedere la tua faccia. C.

-Nella carta stagnola si vede un po' il mio riflesso. La lente riflette, la carta trasparente mi fa vedere attraverso. Lo specchio mi riflette e fa controluce. La copertina per il quadernone ci vedo verde dentro. M. F.

-Quando lo specchio va un po' a destra, la luce va a destra. C.

-Se mi guardo nel filtro verde mi vedo al contrario, ma se ci metto sopra un foglio trasparente mi vedo dritto (si riferisce al filtro verde che è incurvato e non perfettamente dritto, per cui la sua immagine riflessa è al contrario. Distendendo il filtro, l'immagine torna dritta). M.

-Se aggiungo strati alla tovaglia nera, diventa sempre più scura e non si può più vedere attraverso. Le copertine blu e rosse non fanno vedere bene perché sono cupe. Se metto un foglio scuro dietro alla copertina trasparente non vedo più attraverso ma vedo il mio riflesso. S.

Osserviamo, poi, cosa succede se guardiamo attraverso bicchieri di vetro contenenti i vari liquidi e nei quali posiziono un cucchiaino.



-Maestra, nel latte il cucchiaino non si vede, mentre nell'acqua si vede!

“E nel tè?”

-*Si vede come nell'acqua.*

“Ma in quale liquido si vede meglio?”

-*Nell'acqua maestra!*

-*Il tè è trasparente ma un po' cupo, quindi il cucchiaino si vede così così.*

Dividendo questi oggetti per caratteristiche, abbiamo potuto classificarli in questo modo:

- Si riesce a vedere attraverso (i bambini usano la parola *trasparente*);
- Si vede attraverso ma non in modo nitido (qualcuno usa la parola *cupo*);
- Non si vede attraverso;
- La nostra immagine torna indietro perché ci specchiamo.

Inoltre, abbiamo notato che, sovrapponendo più materiali tra loro (translucidi o trasparenti), man mano che lo spessore aumenta, il corpo diventa opaco.

3.1.2 Luce attraverso gli oggetti

Abbiamo ripetuto gli esperimenti, questa volta usando la luce della torcia, per capire come si comporta la luce quando viene puntata su questi oggetti. Prima ho voluto che i bambini facessero delle previsioni, e poi li ho invitati a sperimentare.





Anche in questo caso, abbiamo raggruppato 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.

Nominiamo allora gli oggetti come:

-corpi *trasparenti* (lasciano passare la luce);

-corpi trasparenti *translucidi* (la visione diventa meno nitida man mano che ci si allontana da essi);

-corpi *opachi* (non lasciano passare la luce in modo apprezzabile, quindi è impossibile vedere attraverso);

-corpi *riflettenti* (ci permettono di vedere il nostro riflesso o quello della luce).

Parlando del mare, che più diventa profondo e meno ci consente di vedere il fondo, i bambini comprendono che qualsiasi corpo trasparente può diventare opaco man mano che aumenta il suo spessore. Viceversa, capiscono che se un oggetto ha uno spessore davvero ridotto, può diventare quasi trasparente (come la tovaglia nera di velo che ho portato in classe).

Grazie a queste prime sperimentazioni, gli alunni hanno iniziato a 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. Questo concetto verrà ripreso e approfondito più avanti.

3.1.3 Oggetti trasparenti riflettenti

Siccome l'attenzione dei bambini è particolarmente indirizzata al fenomeno della riflessione della propria immagine negli oggetti trasparenti, li invito a riflettere sulle situazioni in cui è possibile vedere la propria immagine riflessa:

-Nello specchio.

-Nel monitor del pc.

-Nella finestra.

-Nei finestrini delle macchine.

-Nelle vetrine.

Allora, prendo una lastra di vetro trasparente e chiedo ai bambini di guardare al suo interno fin quando non vedono la propria immagine riflessa. Qualcuno dice:

-Maestra, il vetro è trasparente, quindi non possiamo vederci riflessi!

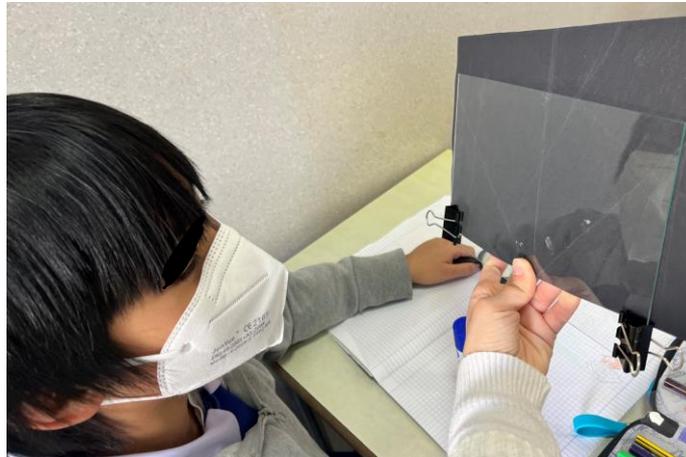
Qualcun altro, invece, dice:

-Se sposti il vetro, in alcuni momenti riesco a vedermi.

Un bambino, che si era divertito a sovrapporre una cartellina trasparente e filtri colorati, ha detto:

-Forse se mettiamo un foglio scuro dietro al foglio trasparente, possiamo vedere il nostro riflesso.

Allora ho poggiato un cartoncino nero dietro alla lastra di vetro ed ho invitato ogni alunno a specchiarsi dentro.



Qualcuno ha detto:

-E' vero maestra, lo specchio è trasparente solo davanti, ma dietro è scuro, per questo ci possiamo riflettere!

Mostro ai bambini uno specchio e li invito a guardare attraverso:

-Maestra lo specchio non è trasparente perché non ci fa vedere attraverso, ci fa vedere solo quello che colpisce lo specchio.

Dunque, ho chiesto ai miei alunni di specchiarsi, all'uscita da scuola, nelle vetrine dei negozi e nei vetri delle auto, per poi raccontarmi in quali casi sono riusciti a specchiarsi e quando, invece, hanno potuto solo guardare attraverso.

3.2 In classe Prima

3.2.1 Il gioco della trasparenza

Per introdurre ai bambini della classe prima il concetto di trasparenza, ho proposto un'attività che li ha incuriositi moltissimo: per prima cosa, ho distribuito un foglietto ad ognuno di loro, chiedendo di disegnarci sopra, con un pennarello nero, una figura geometrica. Occupandomi di matematica in classe prima, i bambini hanno subito pensato ad un'attività che avesse a che fare con le forme.



Dopodiché, ho consegnato ad ogni alunno i seguenti oggetti: un foglio trasparente, un foglio di carta da forno, un pezzo di stoffa bianca non opaca. Ho chiesto di poggiarli, uno alla volta, sopra la loro figura geometrica.



-Maestra ma è una magia!!

“Che cos'è una magia?”

-Questo! Il cerchio si vede anche se ci metto il foglio sopra!!

“In quale caso si vede meglio?”

-Quando metto il foglio trasparente sopra si vede tutto!

-E' ovvio, è trasparente!

-Se ci metto tutti i fogli sopra non si vede più niente!!

I bambini scoprono subito cosa significa la parola *trasparente*, con la quale definiscono la cartellina trasparente, mentre descrivono gli altri fogli *un po' meno trasparenti*.

Senza che io abbia detto di farlo, gli alunni posizionano i fogli che ho distribuito davanti agli occhi:

-Maestra, il foglio trasparente sembra la mascherina di plastica!

-Con questo foglio (carta da forno) ti vedo un po' bianchina!

Colgo l'occasione per proporre ai bambini di mettere una manina sotto ad ogni foglio, descrivendomi se la manina, dall'altra parte, si vede.

“Bimbi, mi sapete dire qualche oggetto attraverso cui si può vedere, ma non benissimo?”

-Tipo un pochino trasparente ma non troppo?

-Il gel disinfettante! (Si riferiscono al contenitore di disinfettante, il cui fluido all'interno risulta traslucido).

-Le tende che ci sono a casa mia, sono un po' bianche un po' trasparenti.

“E la nebbia l'avete mai vista?”

-No...

“Allora...pensate al fumo quando si fa la carne alla brace...riuscite a vedere bene se c'è il fumo?”

-Maestra, anche a Capodanno quando si sparano i botti c'è il fumo!

“E si vede bene?”

-No maestra, con il fumo si vede tutto polveroso!

“Quindi il fumo è trasparente, opaco o metà e metà?”

-Metà e metà! Come questa carta da forno!

“Esatto. Questi oggetti si chiamano traslucidi”.



Dopo aver distribuito altri pezzi di stoffa bianca, una bambina scopre che, a furia di mettere strati, la figura geometrica non si vede più.

Allora prendo un blocco spesso di fogli trasparenti e li poggio sulla figura geometrica di un bambino a caso, invitando la classe a descrivermi cos'è successo. I bambini interpretano nuovamente il fenomeno come magico, però mostrano di aver capito che, a furia di aggiungere strati, ogni materiale diventa opaco.



Li invito a riflettere pensando a quello che succede quando siamo al mare:

“Bimbi, quando entrate in acqua li vedete i vostri piedini?”

-Sì, perché l'acqua è trasparente!

-Però li vedo un po' tremolini, dice M.

“E quando nuotate più infondo, riuscite ancora a vederli i piedini?”

Qualcuno risponde sì, qualcun altro dice no. Chiedo il motivo della risposta negativa:

-Perché l'acqua diventa più scura.

“E come mai l'acqua diventa più scura, andando infondo?”

-Perché il mare diventa più grande.

“Cioè? Più largo o più alto?” chiedo.

-Più alto, maestra.

“E come fa a diventare più alto?”

-Perché c'è sempre più acqua e l'acqua è più alta.

“Quindi i vostri piedi vengono coperti da tanti strati di acqua...com'è successo alla figura quando ci abbiamo messo sopra che cosa?”

-Tanti strati di fogli trasparenti!!!

Chiedo poi di indicarmi alcuni oggetti che non mi permettono di guardare attraverso e che quindi non sono trasparenti:

-Il grembiule!

-Il libro!

-Maestra anche il banco!

4. Luci e ombre

Dopo aver introdotto i fenomeni luminosi, è importante conoscere l'altra faccia della luce, cioè l'ombra. Seppur non possedendo tutte le conoscenze relative all'argomento, i bambini hanno in sé l'idea che luce ed ombra siano due concetti opposti ma legati (*l'ombra è l'assenza di luce*). Attraverso le seguenti attività ho cercato di ampliare ed approfondire tali conoscenze, anche se non in modo completo (mancano gli incontri in classe prima, ancora da terminare): 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.

Non ho approfondito nel dettaglio la questione relativa alle trasformazioni affini e proiettive, per i seguenti motivi:

- a scuola manca un cortile per svolgere attività alla luce del sole;
- le nostre classi non sono direttamente esposte alla luce solare, quindi abbiamo lavorato prevalentemente con le torce;
- la scuola in cui insegno registra gravi problemi di dispersione scolastica, per cui la maggior parte degli alunni non possiede le competenze minime richieste per affrontare un tema così complesso (ad esempio, non hanno dimestichezza con le forme geometriche e con le misurazioni).

Tuttavia, abbiamo fatto qualche piccolo passo nell'argomento, limitandoci ad osservare come si modifica l'ombra di una figura geometrica in base alla posizione della torcia che la illumina, ed abbiamo compreso che le ombre non si limitano a giacere per terra.

Infine, vorrei aggiungere che questi incontri, più degli altri, mi hanno restituito un feedback particolarmente positivo, poiché i miei alunni mi hanno fatto notare che, durante le sperimentazioni, affrontiamo tutte le materie e che “nessun'altra maestra ha mai fatto cose così belle”.

A poco a poco i bambini stanno capendo che studiare non significa imparare a memoria, ma abituarsi a ragionare, mettendo in dubbio le etichette che vengono attribuite loro dalle insegnanti, le quali spesso si limitano a valutare i compiti e le interrogazioni, ma non la loro creatività, la memoria e la fantasia.

4.1 In classe Terza

4.1.1 Studiamo le ombre

Appena mi reco in aula, spengo il neon e accendo la torcia, invito i bambini a posizionarsi tra la torcia il muro per vedere le ombre proiettate su di esso. Poi, passiamo ad osservare le ombre cinesi generate dalle nostre mani, nonché quelle di vari oggetti. I bambini sono molto incuriositi ed io chiedo loro di descrivermi che cosa osservano.



-Maestra, quando avvicini la torcia, l'ombra diventa più piccola!

-Però diventa più scura!

-Invece quando l'allontani gli oggetti sembrano più alti!

“Ma che cos'è l'ombra?” chiedo.

-È dove non c'è la luce!

-Sono le tenebre!

-Il contrario della luce!

“Sapete come si formano le ombre?”

-Sì maestra, quando c'è il buio si vedono le ombre.

“Quindi le ombre si vedono solo al buio?”

-Sì!

Qualche bambino, non soddisfatto delle precedenti affermazioni, esclama:

-Ma se è tutto buio non si possono vedere le ombre!

-Allora è quando c'è un oggetto e dietro c'è la luce, però non deve esserci la luce fortissima altrimenti non ci sono ombre.

Per fare un po' di chiarezza prendo un oggetto di forma circolare, con un buco all'interno e lo posiziono davanti alla torcia. Chiedo di descrivermi com'è la sua ombra.



-L'ombra è uguale all'oggetto.

-C'è un cerchio di luce e un contorno di ombra.

“La luce riesce a passare dentro questo oggetto?”

-Sì maestra, ma solo nel buco!

-Ah ho capito! La luce passa nel buco e lì non si vede l'ombra, invece dove la luce non può passare si forma l'ombra.

“Quindi perché si formi l'ombra che cosa serve, un oggetto o la luce?”

Qualcuno risponde *un oggetto*, qualcun altro dice *la luce*.

Allora mostro il cerchio di luce formato dalla torcia puntata contro il pavimento.

“Ci sono ombre?”

-No maestra, perché non ci sono oggetti nella luce!

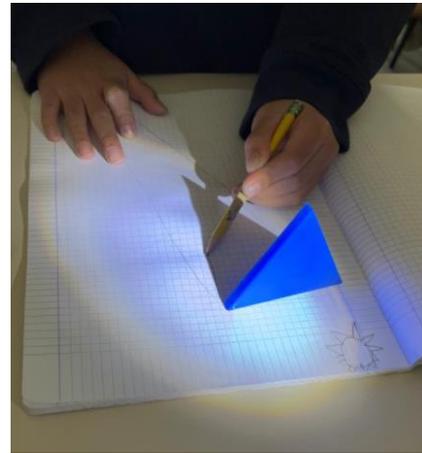
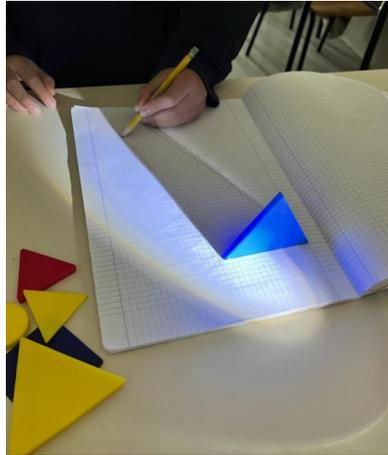
“E se metto la mia mano nella luce si forma l'ombra?”

-Sì, maestra! L'ombra si forma quando metti un oggetto nella luce e la luce non può passare!

-Per fare l'ombra ci vuole sia la luce che un ostacolo!

Soddisfatta di questa affermazione, distribuisco ad ogni bambino alcuni blocchi logici e li chiamo uno ad uno alla cattedra, invitandoli a posizionare una figura a scelta sul quaderno. Io illumino la figura con la torcia, avvicinandomi e allontanandomi, cambiando posizione da destra a sinistra. Chiedo inoltre di

disegna e discutiamo su quello che succede. Chiedo, inoltre, di ricalcare, di volta in volta, l'ombra e disegnare da dove proviene la sorgente di luce.



Lavorando in questo modo, i bambini fanno delle scoperte molto interessanti:

-Maestra! Quando ti allontani dal triangolo l'ombra diventa lunghissima!

-Oddio, quando ti avvicini si accorcia!

“Cosa succede se metto la torcia proprio sopra l'oggetto?”

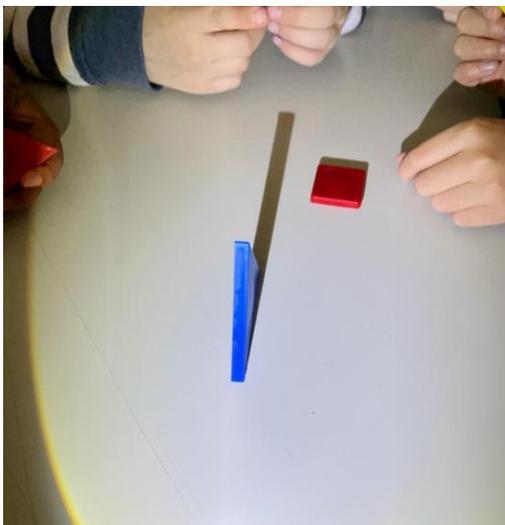
-L'ombra non si vede più perché rimane sotto!!

Quando sposto la sorgente di luce da destra a sinistra, i bambini notano che anche l'ombra si sposta.

-Maestra l'ombra si muove!

-Si muove insieme alla figura!

“Quindi se io sposto la figura, anche l’ombra cambia direzione, giusto?” così facendo, ruoto la figura mostrando che, in realtà, così facendo si modifica solo la forma, ma la direzione resta invariata.



-Ah maestra ho capito! L’ombra segue la direzione della sorgente di luce!

-Quando la torcia è a destra l’ombra va a destra, se la sposti a sinistra cambia la direzione!

Discutiamo sui momenti in cui è possibile vedere la nostra ombra (*con la luce di casa, al mare, in strada, sotto al sole*), quindi ci soffermiamo sul sole. Chiedo se è mai capitato di vedere la propria ombra allungarsi o accorciarsi alla luce del sole, i bambini non sanno darmi una risposta dettagliata, perché non sono abituati a fare questo tipo di osservazioni all’aperto. Continuando a fare qualche esempio, un bambino mi dice:

-Maestra io a volte vado in bici con il mio fratellino e mi ricordo che a volte guardiamo le nostre ombre. L’ombra è più alta di noi, infatti facciamo la gara a chi ha l’ombra più lunga, ma vinco sempre io perché sono più alto.

“Ma c’è un momento della giornata in cui la tua ombra è più lunga?”

Il bambino non riesce a rispondermi, allora 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.

-Maestra quando ti allontani dal triangolo l'ombra è più lunga, e il sole è a occidente, cioè al tramonto! I bambini di terza studiano Geografia con me, dunque utilizzano i termini dei punti cardinali.

“Bene, in questo caso è a ovest. Ma se mi sposto qui cosa succede?” e mi sposto a est.

-Maestra lì sarebbe l'alba, dove sorge il sole! Anche adesso l'ombra è più lunga!

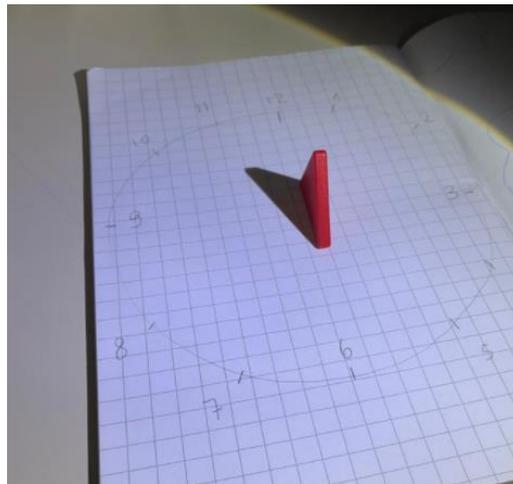
-Maestra, quando sei sopra la figura lì c'è il sud, perché dici sempre che il sud è quando il sole è a mezzogiorno!

Ne approfitto per testare le conoscenze acquisite:

“Allora l'ombra proiettata quando il sole è a sud che punto indica, vi ricordate?”

-Indica il nord!!!

Appurando che gli alunni hanno compreso, racconto che in passato non esistevano orologi, e quindi per conoscere l'ora, gli antichi usavano il sole ed un triangolo come quello che abbiamo davanti agli occhi.



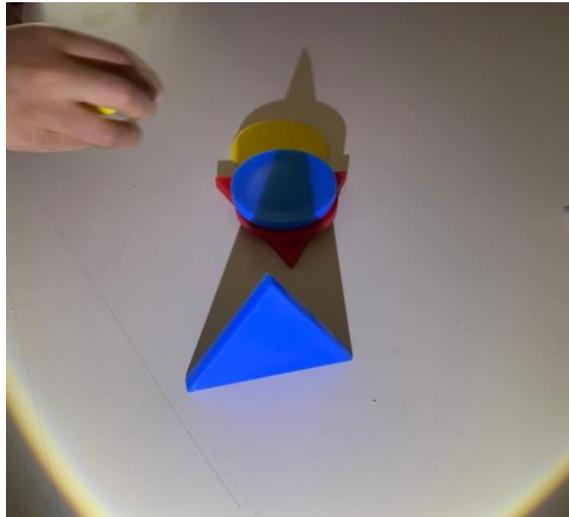
-Maestra, quindi a ogni ora del giorno cambia l'ombra!

“Esatto. E come mai io muovo la torcia facendo un giro? Il sole fa un giro?”

-No maestra! È la terra che si muove intorno al sole! Tu dicevi che il sole si muove solo per finta.

“Si chiama moto apparente, ricordate?”

-Si!! Quando sorge e tramonta in realtà siamo noi che ci muoviamo!

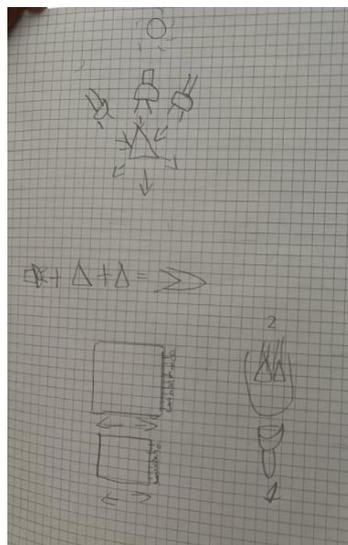


Le risposte mi lasciano molto soddisfatta. Noto che alcuni bambini iniziano a posizionare varie figure dentro lo spazio d'ombra della figura iniziale, quindi R. dice una cosa sorprendente:

-Maestra ma qui c'è la matematica!! Se io metto tante figure dentro quest'ombra, le ombre si sommano, un'ombra, più un'ombra, più un'ombra, e l'ombra finale diventa più lunga!

-È vero sembra una spada!!

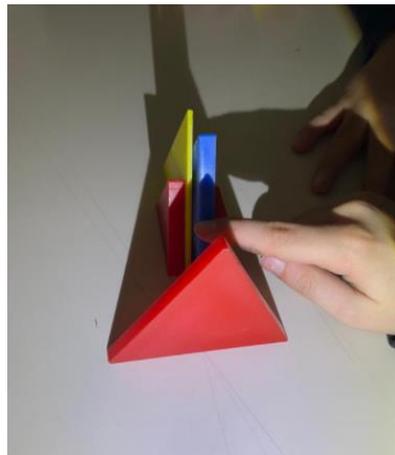
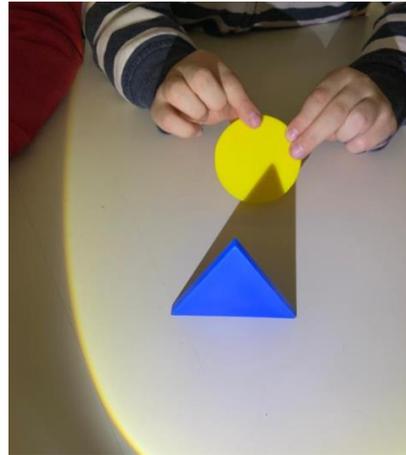
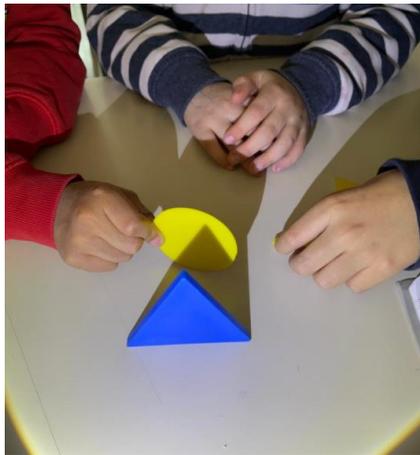
M. mi mostra un disegno fatto sul suo quadernino degli esperimenti, che indica con precisione come cambia la direzione dell'ombra in base alla posizione della sorgente, e come si sommano le ombre man mano che avviciniamo oggetti tra loro.



-Maestra, ma nessun altro ci ha mai fatto fare tutte queste cose. Stiamo facendo scienze, ma anche matematica e geografia!

-Ed anche arte, perché disegniamo le figure!

“Ma se metto delle figure dentro l’ombra di un’altra figura, le nuove figure stanno all’ombra o vengono toccate dalla luce?”



-Maestra, gli oggetti piccoli si riparano nell’ombra grande, ma il cerchio non sta tutto all’ombra.

-Si invece! Se lo metti sdraiato è riparato dal sole!

“E se lo metto in piedi?”

-Se metto il cerchio vicino al triangolo si ripara abbastanza dalla luce, ma se lo allontano viene colpito di più dalla luce!

“Come mai l’ombra del triangolo va a finire sul cerchio?”

-Perché la luce non attraversa il triangolo, quindi l’ombra va a finire sul cerchio.

“Ma l’ombra sta per terra?”

Qualcuno dice sì, qualcun altro riflette e poi dice:

-No maestra, l’ombra è tutta qui dentro (indica lo spazio d’ombra del triangolo).

“Bene, provate a riparare delle figure all’ombra del triangolo”.

-Maestra è come l’ombrellone che ci ripara dal sole, l’ombra sta tutta sotto l’ombrellone!

I bambini mettono delle figure all’ombra del triangolo e notano che quelle più alte non sono riparate bene, mentre quelle più basse sono riparate meglio.

“Bimbi, ma allora l’ombra non sta solo per terra, vero?”

-No, sta tutta dietro al triangolo e sotto, si crea uno spazio di ombra (la bambina indica uno spazio con le mani).

Prendo una matita e la metto dritta all’ombra del triangolo, chiedendo ai bambini di indicarmi dove arriva l’ombra. Poi mi sposto pian piano verso la fine dell’ombra, ed i bambini continuano ad indicarmi come l’ombra si abbassa.

-Maestra, man mano che ti allontani, la matita è meno riparata dal sole.

-L’ombra si abbassa verso la punta del triangolo!

Allora prendo un filo di spago, lo collego alla torcia e dico:

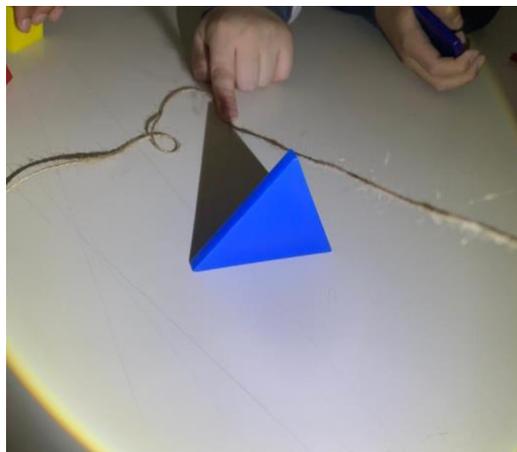
“Mi fate vedere come va il raggio della torcia sul triangolo?”

-Maestra il raggio è dritto.

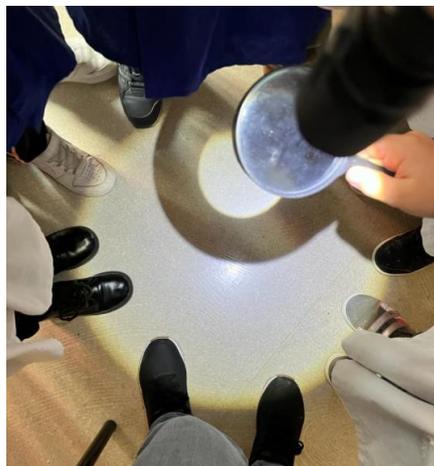
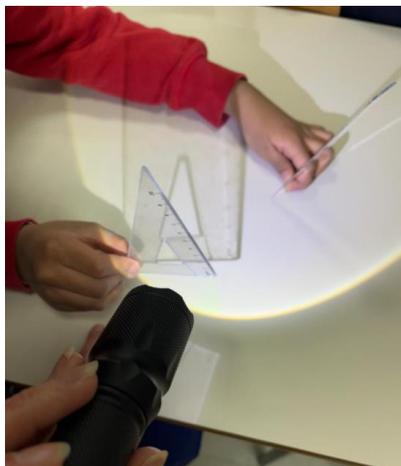
Così dicendo, un bambino riesce a collegare correttamente lo spago dalla torcia alla fine dell’ombra.

“Se questo è il raggio della luce (indico il filo) cosa c’è sotto il filo?”

-L’ombra!! L’ombra sta tutta sotto il filo!



L'ultima attività è finalizzata ad osservare le ombre attraverso le figure trasparenti. Mostro ai bambini quello che succede quando illumino un righello trasparente ed una lente di ingrandimento.



-Maestra, l'ombra non è nera, è un po' trasparente.

-Sembra grigia, si vedono i numeri!

“Come mai non è nera?”

-Perché il righello fa passare la luce attraverso, quindi la luce non viene bloccata tutta ma solo un po'!

-La lente di ingrandimento forma due cerchi!

-E certo, in quello in mezzo passa la luce, l'altro è il contorno della lente!

4.2 In classe Prima

4.2.1 Giochi d'ombre

Per affrontare il discorso delle ombre in classe Prima, inizio semplicemente spegnendo il neon della classe e accendendo, di volta in volta, varie sorgenti di luce (torcia, laser, candela). Lo stupore è forte e la gioia ancor di più.

-Maestra, che bello!

-Si vedono le ombre!

-Le mie mani sembrano giganti!



Lascio che i bambini si divertano a giocare con le loro ombre proiettate sulla parete del muro e creiamo insieme le ombre cinesi.

-Maestra, quando metti la torcia vicino, l'ombra diventa più scura!

-Però diventa più piccola, quando ti allontani diventa grande!

“Bambini, sapete dirmi dove sono le ombre?” domando.

Gli alunni si muovono per la classe indicandomi le ombre che riescono a vedere.

“Ma che cos'è l'ombra?”

-Il contrario della luce!

-L'ombra si vede quando non c'è luce!

“Quindi l'ombra si vede quando c'è il buio?”

-Sì!

“Allora se spengo la luce vediamo le ombre!”

-No maestra, se spegni la luce non si vede niente, ci vuole la torcia!

-Dobbiamo mettere le mani davanti alla torcia e così si forma l'ombra.

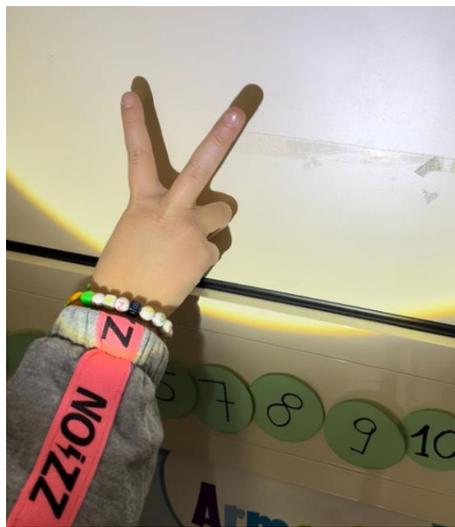
“Ma dentro l'ombra c'è la luce?”

-No, l'ombra è dove non passa la luce.

Discutiamo in merito agli oggetti che fanno ombra, come l'ombrellone al mare, il cappellino, gli alberi.

-L'ombra è dove c'è il fresco! Dice qualcuno.

Ad un certo punto pongo questa domanda: l'ombra si vede di più sulla porta bianca oppure sulla lavagna nera?



Forse per via della porta non troppo bianca, o perché in classe è stato impossibile creare il buio totale, i bambini erano tutti d'accordo sul fatto che l'ombra si vedesse meglio sulla lavagna nera.

Per comprendere che l'ombra non resta confinata “a terra” oppure “sul muro”, ho deciso di far giocare i bambini con le proprie ombre, al sole, approfittando di qualche debole raggio che entra dalla porta trasparente dell'ingresso. Anche qui, il divertimento e lo stupore hanno preso il sopravvento. Alla mia domanda: “Bimbi, ma l'ombra dov'è? È attaccata ai piedi?” tutti hanno risposto di no. Mi ha colpito molto il discorso di C. che, come al solito, resta in disparte ad osservare i fenomeni, parlando da solo, poi si avvicina con fare sicuro e mi dice: *-Maestra, le ombre non sono attaccate ai piedi. Sono attaccate al sole.*

“Al sole? E perché?” ho risposto.

-Perché il sole è collegato alla Terra, quindi l'ombra per terra è collegata al sole!

Questa affermazione mi è piaciuta moltissimo, ma a quanto pare il bambino non era del tutto convinto, perché dopo alcune prove, torna a dire:

-Maestra io stavo guardando la mia ombra, e non sono più sicuro che sia attaccata al sole, perché l'ombra si muove assieme a me.

- “Che cosa intendi, Ciro?” gli ho chiesto.

-Che quando alzo la gamba destra, ombra alza la gamba destra, e se alzo il braccio fa la stessa cosa. Forse non è attaccata al sole, ma è attaccata anche un po' ai miei piedi.

- “E se i piedi provi a sollevarli, l'ombra resta ancora attaccata?”

-Mmm...no, maestra.

Dunque prendo degli oggetti (alcuni blocchi logici e righelli) e, mentre gli alunni siedono nel corridoio, chiedo di restituirmi delle osservazioni in merito alle ombre che si generano sulla parete. Analizziamo varie forme, come triangoli e cerchi, per capire come funziona il meccanismo dell'ombra.



“Che cosa succede all'ombra del triangolo? È uguale al triangolo rosso?”

-Sì, è proprio identica.

-Aspetta maestra, però se lo allontani diventa più lunga.

-Il triangolo cresce, sembra che si alza come quando io mangio tanto!

“E se invece giro il triangolo così (mi riferisco alla seconda foto)?”

-Si vede un bastoncino.

“Non si vede più il triangolo?”

-No maestra, perché tu lo hai girato.

Ripetiamo l'operazione con il cerchio, verifichiamo che, con una certa angolazione, si forma un'ellisse, poi mi soffermo sulla figura quasi rettilinea della quarta foto (in basso a destra):

“Guardate, anche adesso si vede un bastoncino. Ma come mai?”

-Eh maestra è come prima... lo hai girato.

“Ma l'ombra è più grande o più piccola rispetto all'inizio?”

-Più piccola...

-Un po' secca.

“Come mai succede questo? Perché l'ombra diventa piccola quando giro il cerchio?”

Per i bambini di Prima è un po' complicato l'argomento delle ombre, ma riesco a condurli verso la soluzione:

“Pensate: se volete ripararvi all'ombra perché il sole vi sta scottando, vi nascondete dietro un moscerino o dietro un grosso elefante?”

-Dietro un elefante!

-Ma il moscerino è minuscolo!

“Esatto. Il moscerino ha un'ombra grande?”

-No, è piccolissima.

“E una formica?”

-Sempre piccola.

“Quindi possiamo dire che gli oggetti grandi fanno più ombra?”

-Certo maestra.

-Logico!

“Ma se io il cerchio l’ho solo girato, senza rimpicciolirlo, sapete perché l’ombra diventa sottile? Perché il sole va a sbattere sugli oggetti che non sono trasparenti e sbattendo non riesce ad attraversarli. Quindi, se metto il cerchio così...”

-Ah io ho capito! Mi interrompe M. Se tu metti il cerchio così (quarta foto), il sole non va a sbattere su tutto il cerchio ma solo su questo pezzettino (sul bordo)!

“Bravissima! Questo funziona con tutti gli oggetti. Ora guardate queste ombre” dico, mostrando le ombre di un righello trasparente.



-L’ombra è un po’ trasparente.

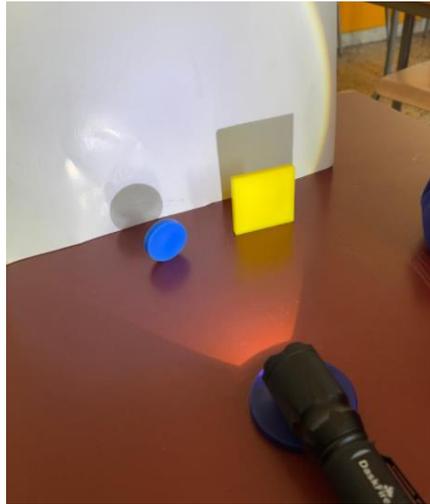
-Si vedono i numeri!

-Maestra ci sono tutti i numeri!

“Come mai l’ombra non è nera come per le altre figure?”

-Perché le altre figure non sono trasparenti, questo sì e quindi un po’ di luce passa ma è leggera.

Concludiamo l’incontro analizzando il comportamento di due figure assieme (un quadrato e un cerchio) illuminate dalla stessa torcia.

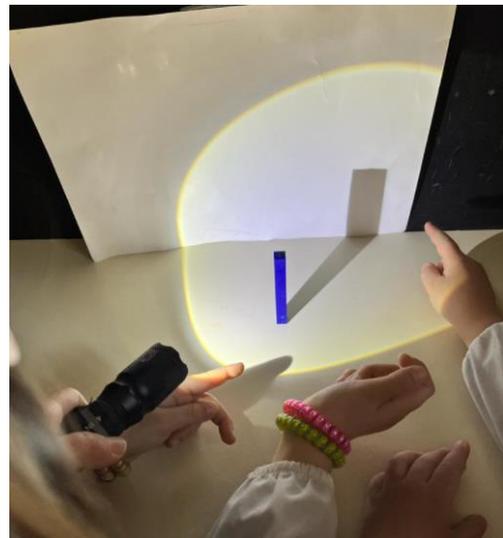
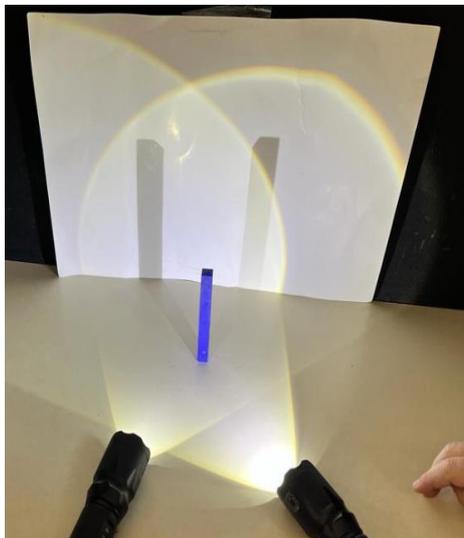


“Notate delle differenze tra le due ombre?” chiedo.

-Sì, l’ombra del cerchio è più piccolina e quella del quadrato è più grande.

Muovendo la torcia, mostro come la forma dell’ombra può cambiare anche per il quadrato, che finisce per somigliare ad un rettangolo.

L’ultima sperimentazione è relativa alla presenza di due ombre per due sorgenti di luce. Posiziono due torce sulla cattedra e metto nel punto di convergenza dei fasci di luce un regolo.



-Ci sono due ombre!

“Come mai sono due?”

-Perché hai messo due luci.

“E se ne metto tre?”

-Ci saranno tre ombre!!

Chiedo quindi di indicarmi a quale torcia corrisponde ognuna delle due ombre ed inizialmente mi rispondono tutti affermando che l'ombra è legata alla torcia che si trova proprio di fronte ad essa. Allora, spengo una alla volta le torce dimostrando che è vero l'esatto contrario:

-Ah maestra, allora questa torcia (indica la torcia a sinistra) fa fare l'ombra da questa parte (a destra), mentre l'altra torcia la fa andare dall'altra parte.

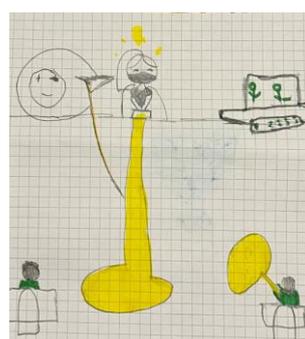
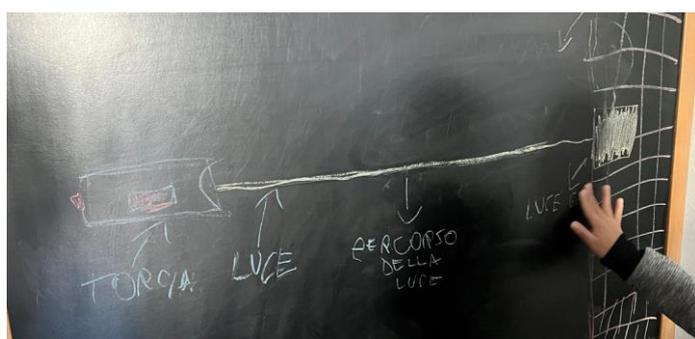
Dopo averli invitati ad osservare in che modo il fascio di luce esce dalla torcia, i bambini sembrano ancora più convinti che la luce si propaghi come un raggio e che quindi l'ombra segua la sua stessa direzione.

5. In linea retta e in tutte le direzioni

I bambini hanno sempre più dimestichezza con i fenomeni luminosi, in particolar modo le lezioni sulle ombre e sugli specchi sono state "illuminanti", poiché gli alunni sembrano dare per scontato che la luce viaggi dritta.

5.1 Il percorso della luce: classe Terza

Ricordando le varie attività che abbiamo fatto fino a quel momento, chiedo ai bambini di disegnarci il percorso della luce che esce dalla torcia.



I bambini mostrano di non avere dubbi: la luce è come un filo, anzi a volte si presenta come *fascio* che, incidendo su una superficie, forma un *cerchio di luce*.

Per rendere la teoria più concreta, li invito ad indicarmi con il dito il percorso che la luce rossa che esce dalla torcia compie per arrivare sulla parete dell'armadio. I bambini mi dicono chiaramente che il percorso è "dritto". Poi attacco un capo di un filo di spago alla torcia e chiedo di tenderlo fino a dove la luce va a sbattere. Per aiutarli, rendo il gioco più divertente, dicendo che lo spago deve rimanere dentro la luce rossa.



Siccome voglio che i bambini comprendano che la luce non è formata da un solo raggio, ma da tanti raggi, colpisco la superficie della cattedra con la torcia e chiedo, anche questa volta, di far partire i raggi dalla torcia.



Inizialmente i bambini collegano un solo raggio.

“Bimbi, ma la luce dove sta?”

-*Tutta qui dentro* (indicano il cerchio di luce).

“Sembra la luce del sole?”

-*Sì maestra.*

“Ma il sole quanti raggi ha?”

-*Sei raggi!*

-*Hai ragione, non c'è un solo raggio ma ce ne sono sei!*

“Perché solo sei?”

-*Perché il sole ha sempre sei raggi!*

“Allora proviamo a collegare sei raggi dal cerchio di luce alla torcia”.

-*Giusto! Sono proprio sei!*

“Ma tra questi due raggi non ce ne potrebbe stare un altro (indico due fili)”

-*Si, possiamo metterne altri due.*

“Allora non sono sei, sono di più?”

-*Maestra sono infiniti raggi!!*

Così dicendo, riusciamo a realizzare una sorta di “modellino”, un po' impreciso e tremolante, ma che rende bene l'idea.

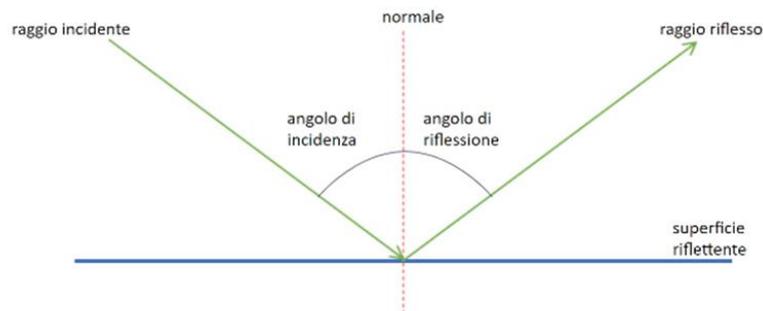
6. Specchio, specchio delle mie brame: la riflessione della luce

Le seguenti attività sono finalizzate alla comprensione di un fenomeno che parte dalle conoscenze acquisite in seguito alla sperimentazione con oggetti di diverso grado di trasparenza, per ampliarsi ed includere corpi specifici, in particolar modo gli specchi, per i quali è verificata la prima *legge di Snell*. Tale legge afferma- a grandi linee- 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.

Osservando l'immagine qui sotto, è possibile vedere che il raggio incidente ed il raggio riflesso formano lo stesso angolo con la retta perpendicolare al piano:



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. I raggi di luce emanati dall'oggetto colpiscono la superficie dello specchio e rimbalzano per riflessione ai nostri occhi: di conseguenza, noi vediamo l'oggetto riflesso nello specchio, ma l'immagine si forma sul prolungamento del raggio riflesso, pertanto viene chiamata "virtuale", cioè sembra trovarsi dentro lo specchio, anche se in realtà non è così. È proprio ciò che i bambini definiscono *illusione!* Inoltre, questo aiuta a capire che la visione è possibile grazie alla riflessione di luce: gli oggetti che vediamo possiamo vederli perché la luce li colpisce e rimbalza indietro fino a noi, motivo per cui non possiamo vedere al buio o se poniamo un ostacolo tra l'oggetto e il nostro occhio.

6.1 In classe Terza

6.1.1 La riflessione

Riprendendo l'attività, già affrontata, della luce che passa attraverso vari tipi di materiali, mostro ai bambini cosa succede quando punto la torcia o il laser contro una lastra di vetro e poi contro lo specchio.



-Maestra, la luce attraversa il vetro e va sul muro!

-Il vetro è trasparente quindi lascia passare la luce.

“E cosa succede quando la luce colpisce lo specchio?”

-La luce lo attraversa!

“Quindi lo specchio è trasparente?”

-Sì! Dicono alcuni.

-No, maestra, io mi ricordo che quando ci hai dato gli specchi, la luce rimbalzava!

-Perché lo specchio la riflette!

“Allora lo specchio è trasparente o no?” Ripeto.

Qualcuno continua a dire sì, qualcun altro cambia idea e risponde di no.

Decido di riproporre l'attività con lo specchio, questa volta come fosse un gioco di magia: mi metto di spalle rispetto alla parete del muro, con lo specchio rivolto verso di me ed il laser puntato su di esso. I bambini osservano la luce alle mie spalle e ne sono entusiasti.

-Che bello, invece di andare dritta va indietro!

-Certo, perché rimbalza contro lo specchio.

-Maestra, ma allora la luce non attraversa lo specchio, rimbalza!

“E perché non lo attraversa?”

-Perché lo specchio non è come il vetro, ha un fondo scuro dietro!

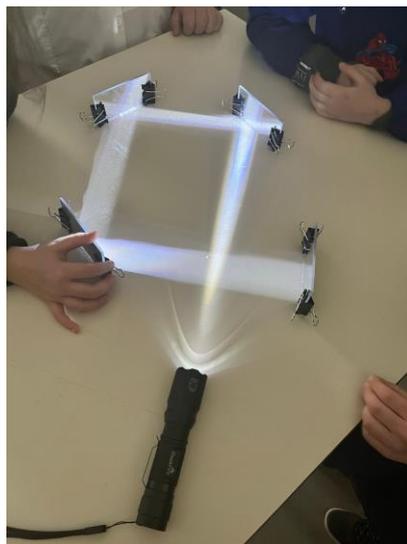
6.1.2 Specchi acchiappa - luce

Chiarito il dubbio sulla trasparenza dello specchio, distribuisco ad ogni bambino uno specchietto, invitando ad acchiappare la luce che esce dalla torcia che ho in mano. Tra l'entusiasmo generale noto che c'è un alunno, E., particolarmente bravo ad indirizzare i raggi di luce, tanto da comprendere che non occorre andare nel punto in cui la luce colpisce la parete del muro (come fa qualche bambino che corre all'impazzata per catturarla), ma basta mettersi nella stessa traiettoria del raggio, vicino o lontano che sia dalla sorgente o dalla parete su cui è proiettata.



6.1.3 Percorsi con gli specchi

Siccome noto che ai miei alunni piace molto questa attività con la torcia e gli specchi, propongo di fare un gioco: invito i bambini a posizionare i loro specchietti sulla cattedra, cercando di far fare un percorso alla luce della torcia che si riflette in essi. All'inizio non è semplice, perché c'è bisogno di prendere dimestichezza con gli angoli di incidenza della luce, ma noto che- nonostante le imprecisioni- ai bambini risulta chiaro il concetto. Accade quindi che il primo bambino acchiappa con lo specchio la luce della mia torcia, la indirizza contro un altro specchio e via via fino a formare le forme più disparate.



-Si forma un triangolo!

-Adesso è un rettangolo! Che bello!

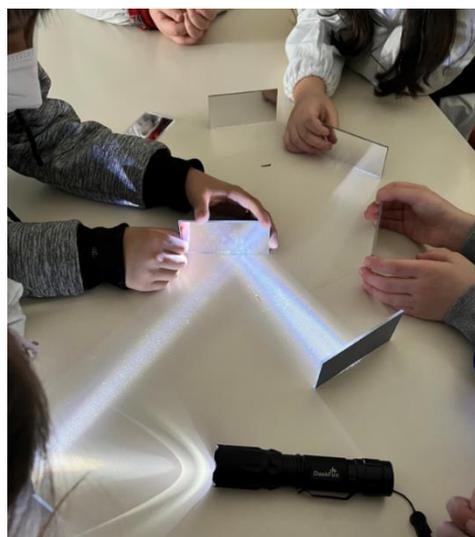
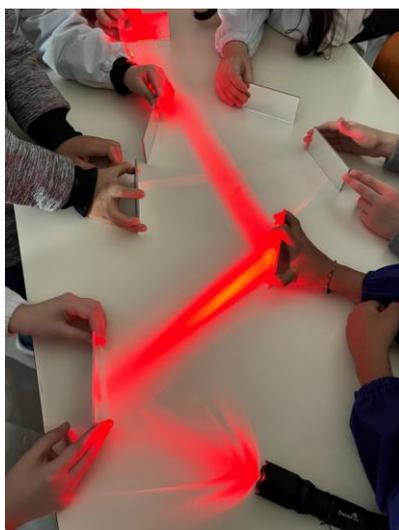
-Sembra un rombo, maestra.

-Proviamo a fare una forma circolare!

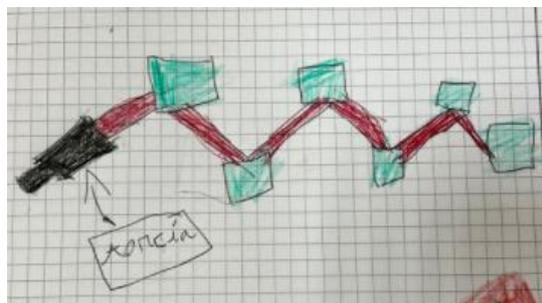
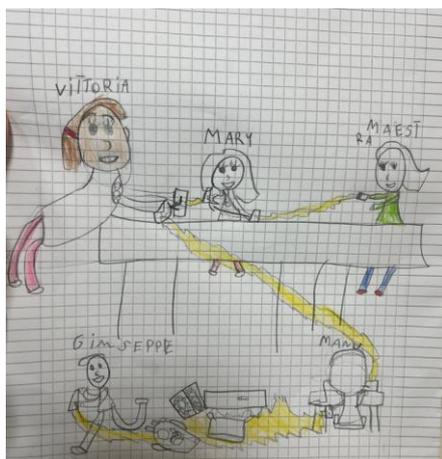
-Ho deciso che devo comprarmi degli specchi e una torcia per giocare a casa!

-Charlee, ti stai prendendo tutta la luce, passala anche a me!

Man mano i bambini comprendono come realizzare un percorso, ovviamente guidati dalle mie indicazioni, ed i risultati sono sorprendenti.

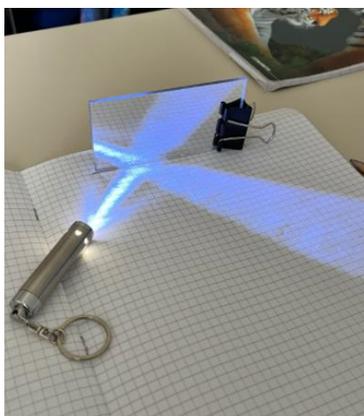


Alcuni di loro mi restituiscono dei disegni sono molto precisi, con una rappresentazione dettagliata sul loro quaderno degli esperimenti.



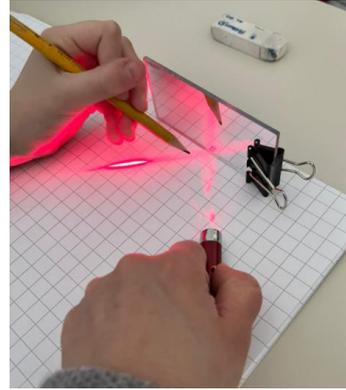
6.1.4 L'angolo di riflessione

Posizionando lo specchietto sul banco, ogni bambino punta la torcia su quest'ultimo, osservando il raggio incidente ed il raggio riflesso. Ripetiamo l'attività con una torcia dalla luce colorata e con il laser (in questi ultimi due casi sono io a passare tra i banchi, puntando di volta in volta le luci sugli specchietti).



-Maestra, si forma una X!

Chiedo quindi di indicare dove sono i segmenti che formano la X ed invito i bambini a ricalcarli con la penna.



-Questo è il raggio di luce che esce dalla torcia (indica il raggio incidente), colpisce lo specchio e rimbalza qui (descrive il raggio riflesso). Questi due si vedono dentro lo specchio perché lo specchio li riflette. Dice V.

“Bimbi, ma il raggio che esce dalla torcia va a finire dentro lo specchio?”

-Sii! Forma la X!

-No, secondo me è solo una riflessione dello specchio. Se la luce va a finire dentro non può rimbalzare fuori.

-Infatti abbiamo detto che lo specchio non è trasparente ma è riflettente!

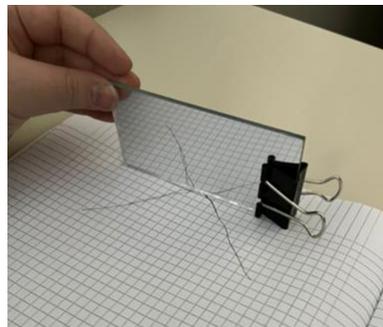
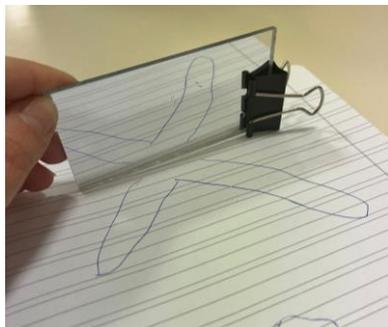
-Allora la luce nello specchio è tutta un'illusione! Esclama stupefatto R.

Faccio notare ai miei alunni cosa succede quando cambia l'angolo di incidenza, cioè quando io sposto la torcia, cambiando la direzione della luce, e loro senza ombra di dubbio (parlandosi l'uno sopra l'altro come chi non vede l'ora di dire la sua) affermano:

-Maestra, in qualunque modo metti la torcia, la luce forma sempre una X, a volte più stretta e a volte più larga.

-Però la X non cambia mai!

Propongo di ricalcare da soli il raggio incidente ed il raggio riflesso sul quaderno, disegnando anche la linea che corrisponde alla superficie dello specchio sulla quale il raggio incide.



Tenendo lo specchietto posizionato sul quaderno, i bambini continuano a vedere una X, ma quando spostiamo lo specchio e guardiamo il disegno, gli alunni notano che, in realtà, non c'è più la X, ma una V rovesciata. Chiedo spiegazioni.

-Maestra, questo è il raggio della torcia che va contro lo specchio (indica il raggio incidente), arriva qui e poi rimbalza qui (indica il raggio riflesso).

“E la X che si era formata?” domando.

-È la luce che entra nello specchio.

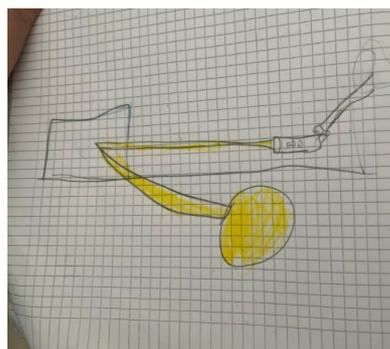
“Quindi la luce entra davvero nello specchio. Come mai non esce dall'altra parte?”

-No, maestra! Ho capito! Esclama R. Se alziamo lo specchio, la X scompare, perché in realtà lo specchio fa il viceversa!

“Spiegati meglio”

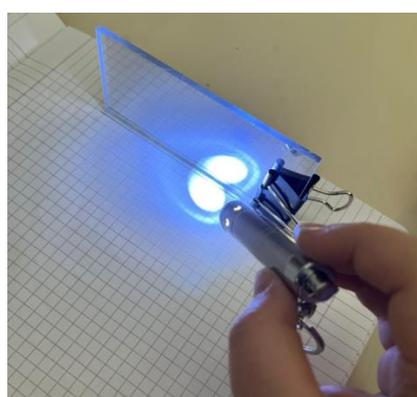
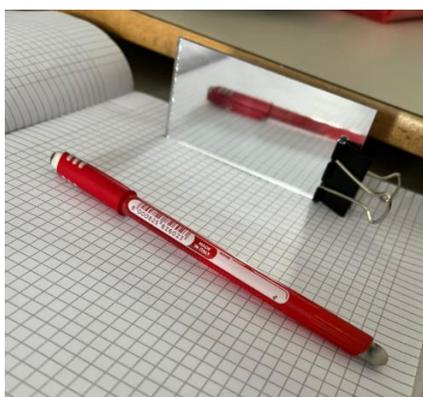
-La luce forma una V rovesciata, ma lo specchio riflette e fa il viceversa, cioè fa vedere una V dritta!

Chiedo di disegnare l'esperienza che abbiamo appena fatto, ed i disegni sono corretti.



Basandomi sull'affermazione di R., invito i bambini a specchiarsi per decidere come sono le immagini che vedono nello specchio, e se è vero che lo specchio fa il *viceversa*.

Qualcuno posiziona una penna davanti allo specchietto:



-Maestra, possiamo dire che lo specchio duplica!

-Io ho scoperto che se punto la luce qui sul quaderno si forma un cerchio, e nello specchio si riflette formando una specie di cuore!

“Bambini, quindi se metto una penna davanti allo specchio, lo specchio la duplica e ci sono davvero due penne?”

-Oddio maestra, la penna nello specchio è un'immagine surreale! Non esiste davvero!

6.1.5 La simmetria

Collegandoci alle ultime scoperte fatte, vogliamo comprendere come funziona uno specchio. Ricapitolo, assieme ai bambini, i punti più importanti, spingendoli a farmi un riassunto con gli elementi salienti:

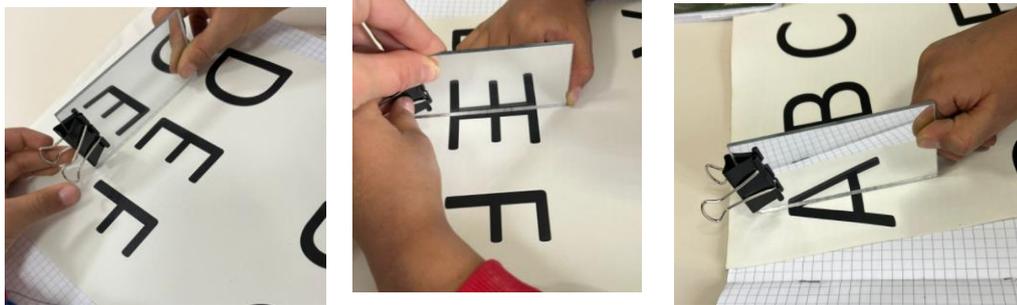
-Lo specchio riflette e fa rimbalzare la luce.

-La luce colpisce lo specchio e rimbalza formando una V, ma nello specchio si vede una X perché lo specchio la duplica e fa il viceversa.

-Lo specchio duplica le cose.

-L'immagine nello specchio non è reale, è un'illusione.

Per comprendere bene come funziona lo specchio, 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.



-Maestra, la E riflessa è sottosopra! Invece se metto lo specchio così, la E diventa un simbolo cinese!

-la B diventa un 8!

-La A rimane sempre una A se metto lo specchio a metà!

-Maestra, anche la M rimane una M... e la O!

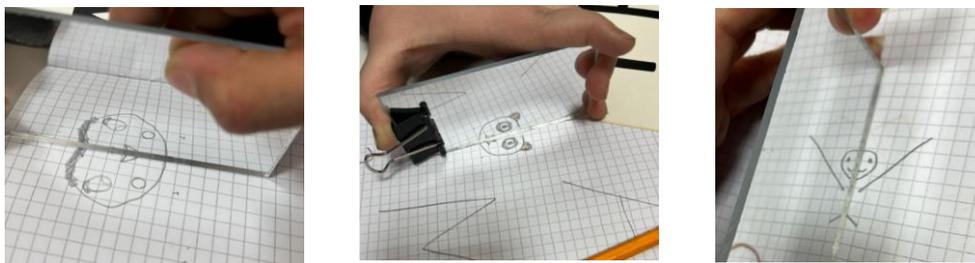
“Sapete dirmi perché alcune lettere rimangono uguali, mentre altre cambiano, se ci posizioniamo sopra lo specchio?”

I bambini non sanno rispondere a questa domanda, allora li aiuto invitandoli a disegnare tenendo lo specchio poggiato sul foglio:

“Disegnate solo la metà di un cuore, e guardate che nello specchio si rifletterà l'altra metà...”

-Wow maestra, ma è magico!

I bambini iniziano a fare i disegni più disparati, c'è addirittura chi, con una grande fantasia, disegna omini e panda.



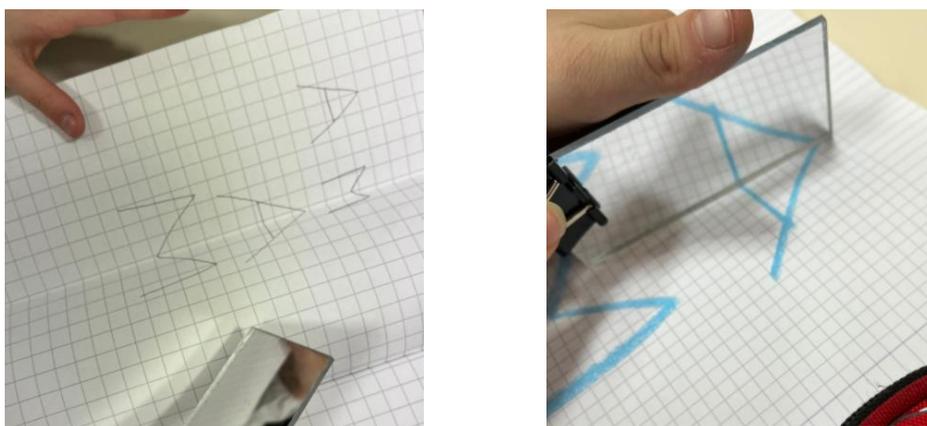
Chiedo nuovamente che cosa accade alle lettere perché alcune si riflettano restituendoci l'immagine intera della lettera stessa. A qualcuno si accende la lampadina:

-Maestra forse ho capito! Quando noi disegniamo con lo specchio, facciamo solo una metà, lo specchio completa l'altra metà. Quindi le lettere se le pieghiamo a metà, le due metà devono essere uguali!

Con questo suggerimento, chiedo di disegnare, nel centro del quaderno, le letterine che “restavano uguali nel riflesso” (cioè quelle con un asse di simmetria verticale o orizzontale).

Passo tra i banchi per piegare in due la pagina con le letterine, in modo che la piega del foglio corrisponde all'asse di simmetria verticale delle lettere.

Su quell'asse, i bambini posizionano lo specchio, notando nuovamente che l'immagine riflessa corrisponde alla metà della lettera disegnata.



-Alcune lettere si possono piegare a metà perché le due parti sono uguali!

Mostro ai miei alunni che cosa significa *far combaciare* due figure: piegando la pagina, infatti, le due metà della lettera si toccano e si sovrappongono perfettamente. Spiego che questo fenomeno si chiama *simmetria*.

Notiamo che, quando posizioniamo una lettera davanti allo specchio, l'immagine riflessa e la lettera possono combaciare o verticalmente (come per la A, la M, la O, la I) o orizzontalmente (come la H, la E, la B, la C, eccetera).

“Quando invece posizioniamo lo specchio fuori dalla lettera, quindi non nella sua metà che cosa succede?” ponendo questa domanda, metto lo specchio davanti alla lettera, in posizione perpendicolare rispetto ad essa, in modo che l'asse di simmetria cada fuori dalla lettera stessa.

-Maestra, se pieghi lo specchio e lo avvicini alla lettera, le due immagini si toccano.

-Infatti, è quello che volevo dire io: la G non si può dividere a metà, però se lo specchio lo tengo sopra, si vede la G capovolta.

“Esatto. Vediamo cosa succede con questa scritta”. Mostro ai bambini la stampa della scritta “OTTO”, posiziono lo specchio sull'asse di simmetria verticale della parola e la classe mi guarda stupefatta.



-Maestra, ma si legge sempre otto!!

Alcuni provano a scrivere altri numeri sul quaderno per vedere se si verifica la stessa cosa, ma non succede.

Dopo vari tentativi, C., che solitamente se ne resta in disparte in un angolo della classe, convinto di non essere particolarmente bravo, mi chiama e mi sussurra qualcosa:

-Maestra, ho notato che la parola OTTO ha le stesse lettere.

Qualcun altro esclama:

-Allora devono esserci due doppie per far funzionare questa cosa!

Ricordo ai bambini che prima abbiamo parlato di “piegare” le lettere.

M. F. arriva alla conclusione:

-Maestra forse ho capito! La parola OTTO è formata da due coppie di lettere che sono uguali, però al contrario.

-Esatto! È il viceversa! Continua R., che per primo ha usato questa parola.

Chiedo ai bambini che cosa succede quando loro stessi si specchiano.

“Succede la stessa cosa che si verifica con le lettere?”

-No maestra, ci vediamo normali!

Allora propongo un gioco: posiziono lo specchietto davanti ad un bambino, chiedendogli di chiudere un occhio, poi un altro, alzare una mano e poi l'altra. Lasciando immobile lo specchio, mi metto dietro quest'ultimo e mi fingo io uno specchio.

“Adesso io sono la vostra immagine riflessa!”

Chiedo di alzare la mano destra, ed io alzo la mano che è speculare alla loro.

“Che mano avete alzato?”

-La destra.

“Che mano ho alzato io?”

I bambini si avvicinano a me e poi dicono che ho alzato la sinistra.

Ripetiamo il gioco, strizzando gli occhi, ed anche in questo caso si verifica che, se loro chiudono il destro, io chiudo il sinistro.

Domando: “Allora l'immagine nello specchio è identica alla realtà?”

-No maestra, è al contrario, come diceva R.!

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).

6.1.6 Riflessioni multiple e caleidoscopio

Quest'attività nasce dalla richiesta di un bambino, il solito R., il quale, dopo aver posizionato vari specchi l'uno accanto all'altro, mi ha chiesto di tenerne uno in mano, mentre lui ne reggeva un altro, facendolo riflettere nel mio.



-Ragazzi guardate!!! È troppo bello, mi vedo tantissime volte!

-Noo! Stupendo! Contiamo quante facce ci sono!

-Secondo me cento!

-Sono infinite! Maestra non si possono contare!

“E perché succede questo?”

-Maestra secondo me è come il percorso della luce con gli specchi! La luce si rifletteva di continuo e qui succede la stessa cosa, lo specchio si specchia di continuo!

Una bambina, invece, avvicina tra loro due specchi ed io pongo un gessetto tra i due.



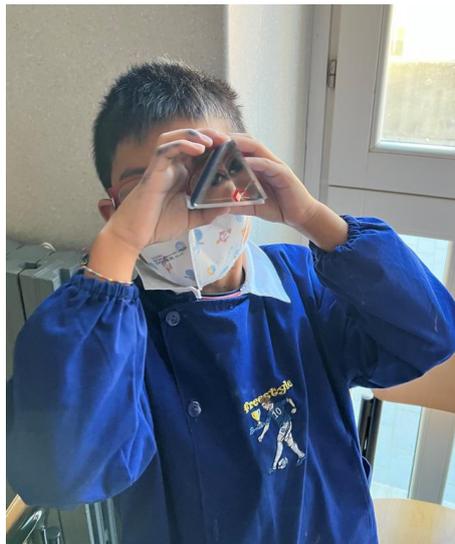
-Che bello! Il gesso si vede tante volte!

-Anche lo specchio!

-Maestra, il gesso si vede a nord e a sud e poi a est e a ovest!

-Ma è come l'orientamento in Geografia! Maestra ma come fai? Negli esperimenti facciamo anche Geografia!

Osservando il fenomeno delle riflessioni multiple tra vari specchi, mi viene in mente di costruire un caleidoscopio. Unisco, con del nastro adesivo, tre specchietti tra loro, invitando i bambini a guardarvi dentro.



-Maestra, è bellissimo! Ti vedo tante volte!

-Vedo i miei occhi!!

“Provate a ruotarlo, puntandolo verso la luce che viene dalla finestra” suggerisco.

-Ma è troppo bello! Si vedono tante cose dentro!

-Si riflettono un sacco di volte! Maestra, voglio costruirne uno!

Spiego ai bambini che questo è un caleidoscopio, e che la “magia” non è altro che la riflessione, anzi una serie di riflessioni dovute alla presenza degli specchi.

Mostro loro un caleidoscopio vero e proprio, ed anche in questo caso l'attività risulta molto entusiasmante.



Notando la felicità dei miei piccoli alunni nel giocare con oggetti così semplici e così sottovalutati, come gli specchi, realizzo un particolare “caleidoscopio arcobaleno”: avvicino un CD ai tre specchietti uniti a formare il caleidoscopio, e mostro come l'arcobaleno formato sulla superficie del CD si riflette negli specchi.



Termino l'incontro con alcune domande, per fare il punto della situazione.

“Bambini, vi ricordate cosa succede quando guardiamo in un oggetto trasparente?”

-Vediamo attraverso.

“E se puntiamo la luce in un oggetto trasparente?”

-La luce passa attraverso.

“E se guardiamo in un oggetto opaco?”

-Non vediamo niente.

“E la luce lo attraversa?”

-No!!

“Quando ci guardiamo nello specchio cosa vediamo?”

-La nostra immagine riflessa.

-La nostra immagine torna indietro!

“Quando puntiamo la luce contro lo specchio?”

-Maestra ho capito!! Anche la luce torna indietro, si riflette come la nostra faccia!

-Maestra ma com'è possibile? Ma tu sai fare tutte queste magie!

“Avete notato che quando usiamo la luce e quando guardiamo, succedono le stesse cose?”

-Si maestra ma com'è possibile?

Li lascio col dubbio, invitandoli a pensarci a casa.

Queste domande pongono le basi per affrontare il discorso sul meccanismo della visione, che segue le stesse regole valide per la luce.

6.1.7 Guarda che Luna!

I bambini della classe Terza hanno ormai dimestichezza col tema della riflessione. Avendo già parlato delle sorgenti luminose ed avendo incluso anche la Luna tra queste, voglio far comprendere che essa non è una sorgente di luce primaria, infatti non brilla di luce propria, bensì si comporta come una sorta di specchio, riflettendo e diffondendo la luce solare.

Dopo aver mostrato loro un video della Famiglia Addams, intitolato *Il bagno di luna*, discutiamo insieme sulla possibilità della luna di abbronzarci e troviamo le differenze tra la luce del sole e la luce lunare (l'una è gialla, l'altra bianca; l'una è calda, l'altra fredda; il sole può scottarci, la luna no, il sole è fatto di fuoco, la luna di roccia, ecc.).



Spiego che, in realtà, la luna riflette per diffusione la luce solare, come se fosse un grande specchio.

Ricreiamo quest'esperienza in classe, con un globo, uno specchio ed una torcia. Posizioniamo il globo sulla cattedra e puntiamo la torcia in modo da illuminare una faccia della Terra, lasciando l'altra in ombra. Dietro alla parte in ombra posizioniamo la luna (costituita dallo specchio) in modo che la luce riesca a colpirla.



La luce che, dallo specchio, viene riflessa ed illumina la Terra, rende bene l'idea del comportamento della luna che, illuminata dal sole, a sua volta getta luce sul

nostro pianeta. Non potendo ricreare il buio nella stanza, purtroppo, l'esperimento non è venuto perfetto, ma ha reso l'idea.

6.2 In classe Prima

6.2.1 Luci, vetri e specchi

Procedo in parallelo affrontando il discorso sulla riflessione della luce anche in classe Prima.

Avendo già fatto un primo incontro per comprendere i concetti di trasparenza e opacità, mostro ai bambini uno specchietto e chiedo se, secondo loro, esso è trasparente oppure no. Inizialmente, mi rispondono tutti di sì.

“Provate a guardarci dentro! Potete guardare attraverso?”

Tutti manipolano gli specchi, osservano la loro immagine riflessa, provano a guardare attraverso.

-No maestra, vediamo la nostra faccia.

“Ci sono altri oggetti in classe che sono simili allo specchio?”

I bambini si guardano attorno e mi mostrano che nel monitor del pc si vede il loro riflesso, ma anche nella finestra.



Chiedo subito quale sia la differenza tra la finestra e uno specchio e, dopo averci pensato un attimo, qualcuno dice:

-La finestra c'è ma non si vede, lo specchio si vede.

“Cioè? Spiegami meglio”.

-Il vetro della finestra è trasparente e mi fa vedere quello che c'è fuori, lo specchio è un po' più trasparente ma non mi fa vedere oltre, mi fa vedere la mia faccia.

Osservando con più attenzione com'è fatto uno specchio e confrontandolo con la finestra e con il monitor, i bambini mi stupiscono con la loro pronta affermazione:

-Lo specchio è chiuso dietro, è trasparente solo da un lato. Quindi bisogna mettere qualcosa dietro alla finestra, come nello specchio.

Poggiamo un cartoncino dietro al vetro della finestra e gli alunni provano concretamente ciò che hanno ipotizzato teoricamente.



Lasciandoli giocare con gli specchi, voglio che mi dicano le loro impressioni.

Ad un certo punto, S. esclama:

-Maestra, io vedo che lo specchio fa una luce!

Anche gli altri bambini provano a ripetere l'esperimento e concordano con S.

“Come mai lo specchio fa la luce?” domando.

M., che mi dà sempre risposte molto intelligenti, senza dubbio esclama:

-Lo specchio prende la luce dal soffitto e la fa rimbalzare sul muro!



Allora, distribuisco a tutti le mini torce, e chiedo di descrivermi che cosa succede alla luce quando va sullo specchio.



-La luce rimbalza!

-Wow maestra, va contro lo specchio però si vede indietro!

Anche con i bambini di Prima giochiamo ad acchiappare la luce e facciamo percorsi con gli specchi. Seppur piccoli, i miei alunni dimostrano di essere davvero svegli e di comprendere senza problemi fenomeni che pensavo si sarebbero rivelati complessi.



7. Combinarne di tutti i colori!

Le attività seguenti sono finalizzate ad introdurre il fenomeno della percezione del colore, un argomento in apparenza banale, eppure estremamente complesso. Spesso pensiamo che il colore sia un qualcosa di intrinseco agli oggetti, che esiste in quanto tale e che non dipende da nient'altro. Niente di più sbagliato! Come ho già specificato nel cap. 2 (par. 3), non bisogna confondere i pigmenti con il colore: i primi sono sostanze (naturali o chimiche) in grado di colorare un oggetto, mentre il colore è legato alla percezione che noi abbiamo quando osserviamo un oggetto. Essa, è influenzata da alcuni elementi, come:

- la luce che colpisce l'oggetto stesso e l'interazione di questa con i pigmenti;
- la fisiologia del nostro occhio;
- l'interpretazione che il cervello ne dà, in concomitanza con la nostra psicologia.

Ho deciso di portare l'argomento in classe partendo dall'osservare come cambiano i colori intorno a noi quando gli oggetti sono illuminati da torce colorate. In questo modo, i bambini hanno maturato l'idea che se la luce del sole non fosse "bianca", noi vedremmo il mondo in modo diverso.

Quindi sono passata all'uso dei filtri colorati, per meglio comprendere come avviene la percezione dei colori. Guidando i miei alunni, ho permesso loro di giungere alla conclusione che:

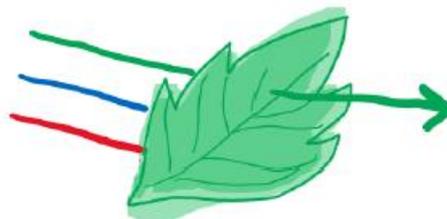
- la luce bianca si colora di verde quando passa nel filtro verde;
- la luce rossa non passa nel filtro verde, ma viene assorbita (stessa cosa succede quando luci di un certo colore attraversano filtri di colori diversi dal proprio);
- puntando le luci monocromatiche sugli oggetti colorati, i colori si modificano con una certa regolarità (il bianco si colora sempre del colore della luce, il nero resta nero, il verde trasforma il rosso in nero, il blu trasforma il rosso in nero, il blu trasforma il verde in nero e via dicendo);
- posizionando i filtri colorati su alcune letterine dei cartelloni in classe, o su tessere colorate con i pennarelli, queste ultime cambiano colore o "scompaiono";

-se scriviamo qualcosa su un foglio, i filtri possono far scomparire alcune lettere o parole (quando il rosso copre il rosso, la scritta non si vede più).

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: essendo la luce bianca formata da diverse lunghezze d'onda, quando queste colpiscono un oggetto che appare rosso, l'oggetto 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: è ciò che accade quando si sovrappongono tutti i filtri tra loro e la visione 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, 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, "rubate", 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: quando osserviamo una foglia verde, ad esempio, sappiamo che essa viene colpito da tutte le radiazioni della luce solare, ma i pigmenti presenti sulla sua superficie si comportano come un filtro che assorbe tutte le lunghezze d'onda, fuorché quelle che, riflesse verso i nostri occhi, ci danno la percezione del verde.



Un oggetto verde sottrae alla luce il Red e il Blue.

La foglia sottrae, alla luce bianca del sole, le radiazioni che non vengono riflesse ai nostri occhi: è questo l'assorbimento.

Infine, ricollegandomi al fenomeno della trasparenza, ho affrontato con gli alunni il tema della dispersione della luce, cioè della sua scomposizione nei sette colori dell'arcobaleno: questo fenomeno si verifica soltanto con la luce del sole/della torcia bianca (o gialla, a seconda di come la definiscono i bambini). Se con le luci monocromatiche non si forma l'arcobaleno, significa che la luce bianca ha qualcosa di "speciale": in classe Prima, i bambini sono arrivati da soli alla conclusione che "l'arcobaleno sta dentro la luce".

7.1 Il colore delle cose

7.1.1 Introduzione al colore: classe Prima

Ho poggiato su un banco alcuni oggetti colorati, chiedendo al gruppo classe di descrivermi ciò che vedeva. Dopodichè, ho invitato tutti a chiudere gli occhi, ho acceso una torcia che fa luce rossa e l'ho puntata sugli oggetti. Quando i bambini hanno riaperto gli occhi, ho chiesto se, con la luce rossa, i colori fossero cambiati. Ho fatto la stessa cosa con la luce blu e verde.





-Maestra, non si capisce più niente!

Gli alunni, cercando di fare i furbi, allontanano gli oggetti dal fascio di luce monocromatica, per potermi dire il colore corretto. Li invito a non farlo e a dirmi come sono cambiati i colori delle cose che hanno in mano.

-Questo con la luce rossa sembra nero (si riferisce al triangolo blu)!

-Quello giallo è diventato arancione, i regoli arancioni sono rossi!

Quando ho acceso la torcia con luce verde, c'è stato un piccolo momento di "disattenzione", poiché i bambini si entusiasmavano nel credere di essere diventati degli alieni.

Successivamente, ho lasciato che tutti si avvicinassero ad un cartellone colorato che abbiamo nella classe, li ho invitati a guardare bene i colori delle letterine (che sono i 7 colori dell'arcobaleno) e poi ho illuminato tali letterine, di volta in volta, con una luce rossa, verde e blu.



-Wow maestra, sembra una magia!

-Alcune letterine non si vedono più!

-Che belle queste luci, mi sento un alieno (lo dice ponendo la manina sotto la luce della torcia color verde).

Domando: “Avete visto cosa succede ai colori delle letterine? C’è qualche letterina che non si vede più?”

-Maestra, le letterine blu e azzurre sono scomparse (luce blu puntata sul cartellone)!

-Con la luce verde non si vede la lettera verde!

-Con il rosso queste letterine sembrano un po’ rosse e un po’ arancioni (indica le lettere rosse, gialle e arancio).

Allora ho chiesto ai bambini: “Che cosa succede quando illumino gli oggetti con la luce blu?”

-Tutto diventa blu.

“E con la luce rossa?”

-Tutto diventa rosso.

-E anche un po’ arancione.

“Con la luce bianca, invece?”

-I colori rimangono quelli di sempre.

-Sì, quelli originali.

“Che cosa sono i colori?”

-Sono delle cose colorate.

“Ma di notte li vediamo i colori?”

-No, maestra, di notte no. Perché di notte è tutto nero.

-È la luce che ci fa vedere i colori.

“Allora i colori esistono grazie alla luce?”

-No, la luce li illumina e ce li fa vedere, il buio li copre.

“Se il sole fosse blu, gli oggetti che colore avrebbero?”

-Blu.

“E se fosse rosso?”

-Rosso!

Ad un certo punto M., notando l’ombra della mia mano illuminata dalla luce rossa ha detto:

-Maestra, io ho notato che l'ombra rimane sempre nera, anche se la illumini con le luci colorate.

Allora ho provato a cambiare le luci e a puntarle sulla mia mano, di volta in volta: la sua ipotesi è stata confermata. Gli ho chiesto: “Quindi l'ombra che cos'è?”

-È dove non c'è luce, come l'oscurità.

-La luce non passa e si vede tutto nero.

Dunque ho domandato: “Di che colore è la luce del sole?”

-Bianca!

-Gialla!

-A volte bianca e a volte gialla!

“In che senso?”

Ho invitato la classe a guardare fuori dalla finestra, dove la luce del sole era effettivamente “bianca” perché il cielo era molto nuvoloso. M., fiero, ha avuto un'intuizione:

-Maestra è semplice: la luce del sole è gialla, ma quando passa nelle nuvole diventa bianca, perché le nuvole le fanno cambiare il colore.

Mi viene un'idea: prendo il contenitore con l'igienizzante e lo illumino con la luce della torcia, che da bianca diventa giallognola.



I bambini hanno compreso che la luce bianca (o gialla, *del sole*) può cambiare colore, a differenza di quelle monocromatiche che non cambiano mai colore.

Allora ho domandato come mai le luci monocromatiche fanno cambiare il colore alle cose, mentre la luce non fa diventare gli oggetti bianchi. Interessante è stata la risposta di C.:

-La luce bianca in realtà è un po' trasparente, quindi non copre gli altri colori ma li fa vedere tutti.

7.1.2 Filtri colorati: classe Prima

Ho mostrato alla classe alcuni filtri colorati (rosso, blu e verde) ed ho chiesto ai bambini se li avessero mai visti e a cosa servissero. Prontamente, qualcuno li ha messi davanti agli occhi per guardarci attraverso.



-Maestra, si vede tutto rosso!

-Sono come gli occhiali da sole!

-Se li metto tutti e tre insieme non si vede più niente!!

Ho suggerito di appoggiarli sulle scritte colorate della classe per poi descrivermi come si modificassero i colori, ma qualcuno ha avuto la brillante idea di posizionarli anche sul foglio arcobaleno.

-Maestra i colori diventano più scuri!

-La lettera rossa si vede nera con il blu!

-La lettera rossa è scomparsa!! Ci ho messo sopra il rosso!



“Provate a scrivere qualcosa sul foglio, usate i pennarelli colorati e guardate come cambiano i colori!” suggerisco.



S. ed H. sono particolarmente brave nel darmi risposte molto soddisfacenti:

-Maestra!! Il rosso ha fatto scomparire le lettere rosse!

-Anche quelle gialle non si vedono!

“Il foglio bianco come si vede col rosso?”

-Rosso!

“Come mai non si vedono proprio le lettere rosse?”

-Perché i colori sono uguali, rosso su rosso non si vede!

“Ma avete capito a cosa servono questi filtri?”

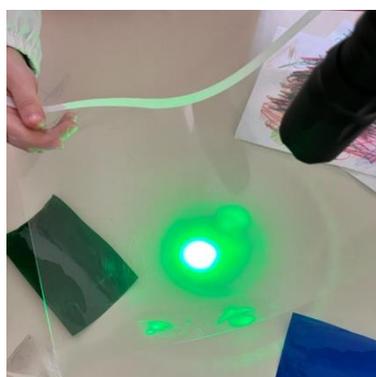
-A far cambiare il colore alle cose!

Vediamo se fanno cambiare il colore alla luce?

-Wow maestra voglio vedere!

Prendo la torcia e mostro ai bambini come cambia la luce bianca se ci metto davanti un filtro colorato, ma poi mi addentro in una sperimentazione ancora più interessante: cambio colore alla torcia e proietto una luce monocromatica,

facendola passare prima attraverso una cartellina trasparente, poi attraverso i filtri colorati. Le risposte sono sorprendenti.



-Maestra, il trasparente lascia passare tutte le luci e fa vedere tutti i colori.

-La luce verde passa nel foglio verde perché sono uguali.

-Sono amiche: verde più verde vanno d'accordo.

-Invece la luce verde non può passare nel foglio blu e nel foglio rosso perché non sono uguali. Il foglio blocca la luce di un colore diverso.

7.1.3 Napoli, mille colori: classe Terza

In classe terza ho pensato di avviare il discorso sul colore proponendo ai bambini di osservare alcune immagini del panorama di Napoli e, senza dare alcuna spiegazione in merito alle foto, ho domandato quali fossero le differenze (le immagini mostrano il golfo napoletano in alcuni momenti della giornata: giorno, notte e tramonto).



Di seguito le risposte dei bambini:

-Wow maestra, quant'è bella Napoli!

-La prima foto è scattata di giorno, la seconda di notte!

“E la terza?”

-Di sera!

-Noo, al tramonto! Il cielo è tutto rosso e anche le case!

“Da cosa lo capite che la prima foto è scattata di giorno?”

-Si vede che c'è il sole!

-Si vede tutto nitido!

“Cioè? Cosa è nitido?”

-Maestra, si vedono i colori di tutte le cose: i tetti, le pareti, la strada, il mare, il cielo, le nuvole...

-Invece nella foto di notte si vede tutto più buio e si vedono le luci accese!

“Di giorno si vedono le luci?”

-Certo...anzi no!! Di giorno non si vedono perché c'è già la luce del sole!

-Di notte è tutto più blu.

-Viene nostalgia...

“I colori si vedono bene di notte? Riuscite a vedere gli stessi colori che ci sono nella foto di giorno?”

-Noo! Sembra che abbiano steso un telo blu.

-I colori sono coperti perché la notte li offusca.

-Però si vedono le luci molto luminose.

-Io ho notato che di giorno si vedono gli alberi! Non li avevo mai visti in quella strada...

-Maestra di sera si vedono le ombre!

“Dove sono le ombre?”

-Volevo dire i riflessi delle luci sull'acqua... di giorno non si vedono!

-E nell'ultima foto cosa si vede?

-Tutto un po' rosa e un po' rosso.

-Sembra più confuso.

“Quale foto vi piace di più?”

-Eeh, maestra, sono tutte belle! Però la prima è più bella forse.

-A me piace quella di sera perché mi fa sognare.

-Maestra io dico quella rossa perché il rosso è il mio colore preferito!

“Avete notato come si modificano i colori nei vari momenti della giornata? Perché cambiano? Cos'è che li fa cambiare?”

-Il giorno e la notte!

-La luce!

-Il sole!

“Quindi la luce è importante per far vedere i colori?”

-Sì!

“Provate a prendere un oggetto colorato e mettetevi in una zona della classe al buio. Ditemi se il colore si vede ancora”. I bambini si mettono sotto al banco, oppure coprono la testa con le mani, qualcuno infila l’oggetto nell’armadietto il cui interno rimane al buio. Dopo questo esperimento la risposta sembra essere unanime:

-Al buio i colori non si vedono perché diventano neri.

“Quindi potremmo dire che al buio spariscono?”

-Sì maestra, perché il buio li copre tutti.

Allora prendo le torce monocromatiche rosse, verdi e blu ed inizio a illuminare gli oggetti attorno ed i quaderni dei bambini. Mi soffermo, in particolar modo sulla luce rossa. Qualcuno nota che la luce cambia il colore delle scritte blu. Dunque, sottopongo i bambini ad un piccolo test di tre domande che ho voluto scrivessero sul loro quaderno degli esperimenti. Riporto le domande con alcune delle risposte più significative:

1- “Che cos’è per me il colore?”

-Per me il colore è un arcobaleno toccabile.

-Per me i colori sono speciali perché senza colori la Terra sarebbe bianca.

-Il colore è una cosa allegra per tutto il mondo.

-Per me il colore è una cosa bella che se si mette una cosa colorata davanti alla luce bianca diventa colorata.

2- “Al buio si vedono i colori?”

-A mio parere il colore al buio non si vede.

-No perché la notte li offusca.

3- “Che cosa succederebbe se la luce del sole fosse rossa?”

- Secondo me diventerebbe rossa e rifletterebbe a tutte le cose rosse.

-Rifletterebbe il rosso in tutte le cose e gli altri oggetti.

-Se la luce del sole fosse rossa, le cose cambierebbero colore e sarebbero un po' più rosse.

7.1.4 Filtri e frasi magiche: classe Terza

Dopo aver unito i banchi, chiedendo espressamente ai bambini di tenere con loro solo l'astuccio ed il quaderno degli esperimenti, comunico che l'attività seguente sarebbe stata molto importante e avrebbe previsto di prestare molta attenzione per poter prendere appunti proprio come tanti piccoli scienziati. Ho tirato fuori le torce colorate ed i filtri colorati, distribuendo questi ultimi tra i banchi, lasciando che i miei alunni scoprissero a cosa servissero. Com'era prevedibile, i bambini hanno portato i filtri agli occhi ed hanno fatto esclamazioni di stupore, poiché vedevano gli oggetti in modo diverso:



-Si vede tutto blu!!

-Dammi il rosso, voglio vedere rosso!

-Maestra i filtri servono a vedere le cose colorate!

Qualcuno scopre che, sovrapponendo due filtri rosso e verde, non si vede più nulla.

-Maestra, c'è qualcosa che non va... Non si vede nulla!

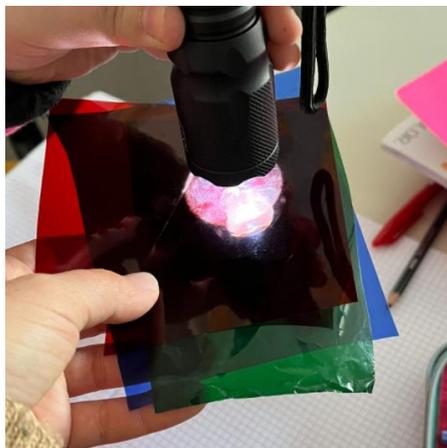
-Fammi vedere!

-Maestra, ho capito! I filtri rossi e verdi insieme diventano scuri...diventano opachi!

“Cosa significa opaco?”

-Che non possiamo guardarci attraverso...e che la luce non passa!

Soddisfatta da quest'ultima affermazione che la bambina ricordava con fierezza, ho voluto che i miei alunni verificassero che effettivamente la luce non avrebbe attraversato i due filtri. Abbiamo provato sia con due che con tre filtri, ed in entrambi i casi la luce non è riuscita a passare.



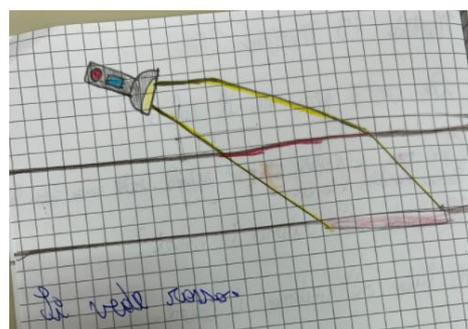
“Se invece metto il filtro rosso davanti alla luce bianca che cosa succede?”

-La luce diventa rossa.

“Perché succede questo?”

-Perché il filtro è un po' trasparente, quindi lascia passare la luce. Però è anche rosso, quindi la luce che passa si colora di rosso.

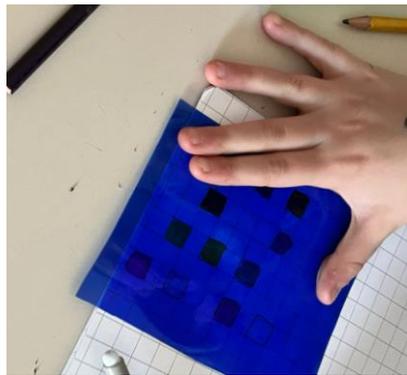
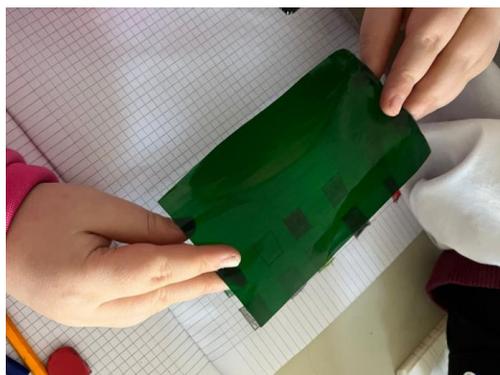
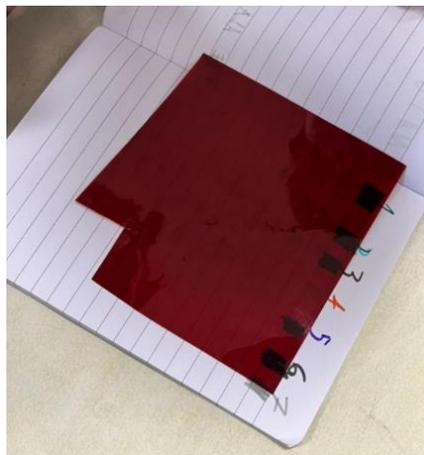
Chiedo di descrivermi questa esperienza con un disegno che mi lascia molto soddisfatta.



In seguito ho proposto di disegnare sul quaderno alcuni quadratini colorati, per vedere che cosa sarebbe successo posizionandoci i filtri sopra. L'attività è piaciuta moltissimo ed i bambini si sono rivelati grandi interpreti dei fenomeni, ma soprattutto mi ha stupito il loro livello di attenzione e la motivazione scaturita

dal fatto che, per la prima volta, non si ritrovavano a lavorare individualmente, bensì in grande gruppo.

Ho chiesto di utilizzare i colori a proprio piacimento, ma di soffermarsi, in particolar modo, su quello che succedeva con i quadratini bianchi, neri e grigi.



Le risposte hanno superato le aspettative:

-Maestra, alcuni colori sono spariti!

-Quando metto il filtro rosso, il quadratino bianco è diventato invisibile, ed anche i quadratini rossi, gialli, arancioni e rosa!

“Che significa che sono diventati invisibili?”

-Che non si vede più il loro colore!

“Quindi sono trasparenti?”

-No Manu, guarda che sono diventati rossi come il filtro!

-Eh, io quello dicevo!

“Cosa succede agli altri colori?”

-Il blu e il viola sono diventati neri.

“E il grigio?”

-Il grigio sembra rosso.

“Cosa mi dite degli altri filtri?”

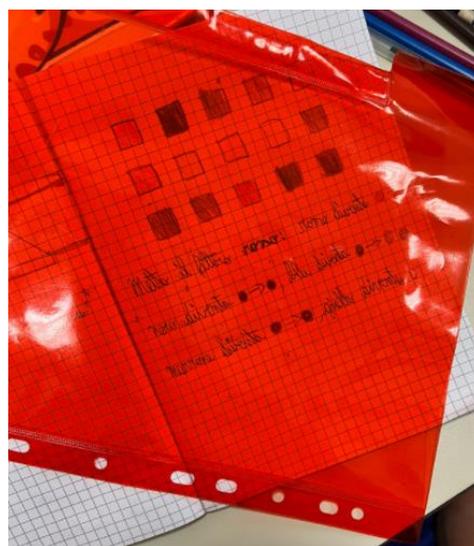
-Con il filtro blu sono spariti il blu, l'azzurro ed il bianco. Il verde si vede più scuro...più blu. No, forse è nero. Anche il rosso è nero.

-Maestra, con il verde il quadratino bianco diventa verde, il nero rimane nero e non si vedono più il giallo ed il verde.

“Il quadratino rosso di che colore è?”

-Sembra marroncino-nero.

Propongo ai bambini di fare una lista dei colori che si modificano, indicando quelli che risultano “invisibili” perché diventati dello stesso colore del filtro e quelli che appaiono neri. Do un piccolo suggerimento: “Sapete dirmi come sono i colori che diventano invisibili con il filtro rosso? Hanno qualcosa in comune?”



M.V., ad un certo punto, esclama:

-Maestra vorrei dire una cosa. Quando metto il filtro rosso, diventano invisibili tutti i quadratini con i colori del fuoco. Invece quando metto il filtro blu diventano invisibili quelli con il colore dell'acqua.

“E quando metti il verde?”

-Tutti i colori dell'erba e delle foglie.

“State usando la parola invisibile. Cosa intendete dire?”

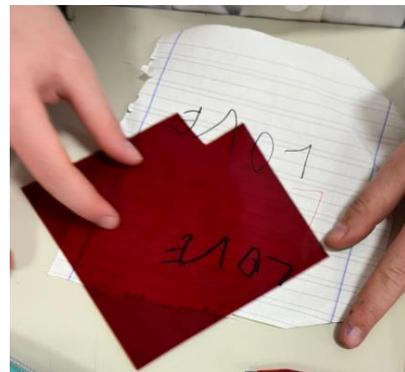
-Che i quadratini hanno un colore simile al filtro e quindi diventano come il filtro, cioè rossi.

“Quindi non sono invisibili”.

-No, prendono lo stesso colore del filtro.

“Per questo appaiono invisibili”.

Approfittando del termine che i bambini usano per descrivere il fenomeno per cui il colore rosso risulta “invisibile” se vi si sovrappone un filtro rosso, propongo di scrivere la parola “love” sul quaderno, utilizzando i colori rosso, verde e blu. Poi copro ogni scritta con il filtro del colore corrispondente ed i bambini rimangono di stucco. Lo stupore, però, lascia subito il posto alla spiegazione scientifica.



-Maestra, hai fatto sparire la parola!

-Io provo a guardare meglio... Se ti avvicini tanto la vedi!

-Il trucco è che la parola non sparisce, ma viene coperta!

“Coperta da cosa?”

-Dal filtro del suo stesso colore!

-Guardate! Se metto questo (il filtro verde) la scritta rossa diventa nera!!

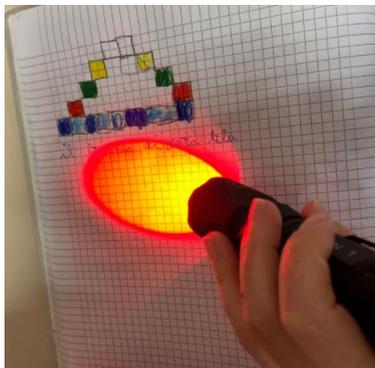
-Anche quella blu diventa nera!

-Io provo a scriverlo con il nero! Rimane nero!

-Forse se uso l'arancione sparisce anche quello!

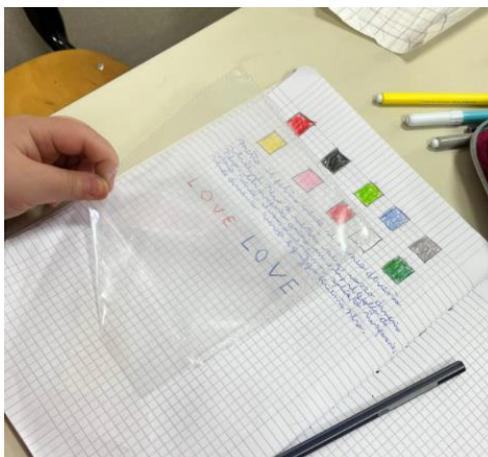
-Maestra, posso usare la luce rossa sulla scritta rossa? Voglio vedere se fa come il filtro...

Felice di questa richiesta e confermata l'ipotesi del bambino che aveva compreso che la luce rossa avrebbe "reso invisibile" la parola scritta col rosso, decido di affiancare all'attività dei filtri quella delle luci.



Pongo un'ultima domanda:

“Se invece metto questo foglio trasparente sopra i quadratini colorati, cosa succede?” e così dicendo, poggio l'involucro di un CD sul quaderno di una bambina.



-Maestra, i colori si vedono tutti uguali perché il foglio è trasparente, quindi non copre nulla.

-I colori passano attraverso!

“E come mai il trasparente non modifica i colori?”

-Perché non ha colore!

Allora procedo con la prossima attività: accendo alcune torce colorate, puntandole sugli oggetti scolastici dei bambini, sui loro quaderni, sui grembiulini, sulla cartina geografica della classe.



Insisto sul comportamento delle luci e dei filtri quando questi vengono sovrapposti o puntati sul bianco e sul nero.

-Quando metti la luce colorata sul bianco, il bianco diventa del colore della luce.

“E quando metto il filtro?”

-Diventa del colore del filtro.

“E invece cosa succede con il nero?”

-Il nero resta sempre nero, però con la luce diventa un pochino più illuminato.

“Se punto la torcia con luce bianca sul banco bianco e poi sull’astuccio nero, dove si vede di più la luce?”

-Sul bianco!

“Sapete dirmi perché il nero non viene mai colorato di nessun colore?” chiedo.

-Perché il nero è scuro, e non è un colore.

-Quindi è talmente scuro che non fa vedere niente. Come la notte.

“E invece il bianco? Che mi dite del bianco? Perché si colora di ogni colore?”

-Perché anche il bianco non è un colore, quindi non viene cambiato dagli altri colori...

-Ma che dici, viene sempre cambiato! Per esempio con la luce verde diventa verde, con la blu diventa blu...

“E con i filtri?”

-Succede la stessa cosa.

-Eh maestra ma io intendevo che non viene cambiato come per gli altri colori. Il bianco è tipo trasparente, quindi lascia vedere tutti i colori che ci metti sopra.

“Avete capito a cosa servono i filtri?”

-A cambiare i colori delle cose.

“Sapete, il filtro ha questo nome perché è come il filtrino che le vostre mamme usano quando devono setacciare la farina, cioè separarla dai grumi. Oppure quando dovete mettere il cacao sulle torte, o lo zucchero a velo”.

-Ah, maestra ho capito! Quel coso con i buchi piccoli...tipo una retina però a forma di cerchio!

“Esatto”.

-Serve per far passare solo le cose piccole.

“Benissimo. Diciamolo meglio: serve a far passare solo alcune cose e non altre. Anche per i colori è stato così. Quali colori passavano nel filtro rosso, nel senso che diventavano invisibili?”

-Il rosso, l'arancio... i colori del fuoco.

-I colori caldi!

-Ah maestra! Il filtro fa passare solo ciò che è simile, invece non fa passare ciò che è il contrario.

Decido che per questa giornata va bene così. Abbiamo lavorato molto e gli alunni sono altrettanto stanchi. Qualcuno si lamenta di non essere riuscito ad indicare, sul quadernino, come si modificano tutti i colori, ma io rispondo che ognuno di loro ha fatto un ottimo lavoro e che le loro scoperte saranno parte della mia tesi. A questa affermazione, i bambini vogliono sapere quali scoperte ho già inserito e chi le ha fatte, per cui la giornata si conclude con un ringraziamento a tutti coloro che si sono impegnati tantissimo nel darmi risposte non per forza giuste, ma intelligenti.

7.2 Il colore della luce

7.2.1 L'arcobaleno: classe Prima

Riallacciandomi all'esperienza della luce che passa attraverso oggetti trasparenti, traslucidi e opachi, ho voluto far riflettere i bambini su quello che succede quando la luce- sia bianca che monocromatica- attraversa corpi trasparenti come la plastica, l'acqua, il vetro. Abbiamo anche notato cosa succede quando guardiamo attraverso oggetti come un bicchiere d'acqua, una bottiglietta di plastica, una lente di ingrandimento.



-Maestra, nel bicchiere si vede tutto strano.

-Anche nella bottiglietta... maestra sembri un pesce!

-Hai gli occhi strani!

“Cosa succede se guardo nella torcia?”

-Si vede tutto grandissimo!

-Sembra quella dei detective!

Quando illumino la bottiglietta d'acqua con varie luci colorate, passando infine alla luce che i bambini definiscono “bianca”, senza aver posto loro alcuna domanda, i bambini mi riferiscono che:

- La luce rossa dà energia e trasmette rabbia;
- La luce blu è molto rilassante e fa pensare;
- La luce verde per alcuni è energica e per altri è rilassante.



Ho chiesto in quali casi la luce fosse fredda e in quali fosse calda e all'unisono mi hanno risposto che la luce rossa e la luce bianca sono calde, la luce verde e la luce blu sono fredde.

Allora ho fatto passare un raggio di luce bianca attraverso la bottiglietta che C. teneva in mano, fino a che non si è formato l'arcobaleno. C. con fare molto sicuro, ha sottolineato:

-Guardate: quello che c'è all'interno della bottiglietta, con la luce si vede all'esterno.

“Cosa si vede all'esterno?”

-L'acqua, si vede riflessa sul pavimento!



-Maestra, si forma anche l'arcobaleno!!

-Anche nella torcia si vede l'arcobaleno!

“Bimbi, ma voi l'avete mai visto un arcobaleno?”

-Sì, si forma dopo il temporale!

-Io so che si forma con la pioggia!

“Bene! La pioggia di cos'è fatta?”

-Di acqua!

-La pioggia è trasparente!! Anche l'acqua della bottiglia è trasparente!

-Maestra, l'arcobaleno si forma anche nel vetro e nel monitor del computer.

“Quindi possiamo dire che l'arcobaleno si forma negli oggetti trasparenti?”

-Si maestra!

“Lo volete vedere un arcobaleno?”

-Wow maestra, dici davvero??

Ho preso la bottiglietta ed un prisma e, con i bambini, ci siamo spostati in corridoio, approfittando del sole che entrava dalla porta finestra dell'ingresso. Ho mostrato loro il prisma, suggerendo di guardarci attraverso, al che, tutti emozionati, mi hanno riferito di vederci l'arcobaleno. Poi ho posizionato il prisma in alto, facendo in modo che la luce del sole lo colpisse, e ne è uscito un bell'arcobaleno. Abbiamo osservato che questo straordinario fenomeno si forma anche quando la luce colpisce i CD ed i fogli di carta iridescenti.



Dopo essere rientrati in classe, abbiamo provato a ricreare l'arcobaleno con la luce della torcia: mentre io tenevo la torcia in mano il fascio che entrava nel prisma proiettava un arcobaleno sul grembiule degli alunni, chiamati uno alla volta a verificare.



Ho domandato:

“Bimbi, ma da dove esce l'arcobaleno?”

-Dal vetro!

-Anche dai CD.

“Quindi sta dentro gli oggetti?”

-Sì!

-Maestra, l'arcobaleno è amico delle nuvole, ci passa dentro. Dice Sara.

“Ma l'arcobaleno si può vedere senza la luce?”

-Noo, si vedrebbe tutto nero!

“E perché?”

-Perché l'ombra non fa creare l'arcobaleno se entra in quel vetro (si riferisce al prisma).

“Ma allora serve la luce per creare l'arcobaleno?”

-Si maestra, o il sole o la torcia!

Allora invito i bambini ad osservare il cd ed il foglio arcobaleno:

“Di che colore sono questi due oggetti?” chiedo.

-Di tutti i colori!

-Arcobaleno!

“Proviamo a guardarli senza che la luce li colpisca!”

Invito due bambini a mettere gli oggetti contro luce.



-Maestra, sono diventati grigi!

-Non c'è più l'arcobaleno!

“Proviamo ad illuminare gli oggetti che formano l'arcobaleno con le luci colorate...secondo voi si forma l'arcobaleno?”

-Sì, si forma perché c'è la luce!

-Maestra, gli stivali di H. sono color arcobaleno! Illuminiamoli!



Detto fatto: col fascio di luce bianca e poi rossa illumino gli stivaletti di H. I bambini notano che nel secondo caso essi cambiano colore e lo strato arcobaleno è sparito.

Allora un bambino dice:

-Forse l'arcobaleno non si forma perché la luce colorata lo copre.

Prendo dunque un filtro colorato verde, lo posiziono davanti al fascio di luce che va a colpire il prisma:



-La luce diventa verde!

-Maestra, non si forma l'arcobaleno!

-Il foglio verde cattura la luce bianca e la fa diventare verde. La luce verde non forma l'arcobaleno.

-Allora l'arcobaleno si forma solo con la luce bianca!

“Come mai si forma solo con la luce bianca?”

-Forse solo la luce bianca diventa di tutti i colori, forse è un po' trasparente!

7.2.2 Il disco di Newton: classe Prima

Nell'incontro successivo, con i bambini di Prima abbiamo ripetuto ciò che avevamo visto in precedenza riguardo all'arcobaleno.

Ho chiesto se qualcuno ricordasse i colori dell'arcobaleno, e pian piano siamo riusciti a ricostruire una lista abbastanza dettagliata di questi. Siccome qualcuno mi parlava di “azzurro” e qualcun altro di “blu”, ho deciso che li avrei inseriti entrambi, in quello che sarebbe stato il nostro disco di Newton.

Ho spiegato 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.

“Proprio come abbiamo fatto noi in classe, il signor Newton fece passare la luce del sole in un prisma, osservando l'arcobaleno. E quindi mise i colori dell'arcobaleno su un disco che fece ruotare. Vediamo se sarete bravi come il signor Newton, guardiamo che cosa succede...” ho detto.

Ho costruito con la classe un disco di Newton ricavato dalla forma di un CD, colorato con i colori dell'arcobaleno (per comodità, ne abbiamo inseriti 8 invece che 7: rosso, arancio, giallo, verde, azzurro, blu, indaco, violetto). Quindi, dopo averlo bucato in due punti al centro, ho inserito una cordicella di spago, l'ho fatta girare insieme al disco e ho mostrato ai bambini il meraviglioso fenomeno: i colori, girando velocemente, danno al nostro cervello la percezione del bianco.



-Wow!! Si vedono tutti i colori che si mischiano!

“Riuscite a vedere tutti i colori?”

-Si vedono tutti quando il CD gira piano. Maestra fallo girare più veloce!

-Adesso si vede il bianco!!!

-Ma come fai? Voglio farlo anche io! Come si gira la cordicella?

I miei alunni hanno mostrato tantissimo entusiasmo e mi hanno chiesto di poter portare il disco a casa.

“Questo disco è vostro, potrete far vedere ai vostri genitori il bellissimo esperimento che abbiamo fatto in classe. Sicuramente i vostri genitori ne rimarranno stupiti”

-Maestra, i miei genitori non le sanno queste cose!

-Nemmeno i miei! Non lo sanno che la luce è di tutti i colori.

“E allora glielo direte voi. Vi ricordate che colore si vede quando il disco gira?”

-Il bianco!

“E perché si vede il bianco?”

-Perché l'arcobaleno è bianco!

-La luce bianca è formata dall'arcobaleno.

“Quindi che cos'ha scoperto il signor Newton con questo disco?”

-Che la luce è formata dai colori dell'arcobaleno.

“Questo lo aveva scoperto con il prisma. Cosa si vede quando il disco gira?”

-Il bianco.

“Quindi...?”

-Ah, io lo so!! Ha scoperto che tutti i colori formano il bianco, cioè l'arcobaleno si ritrasforma nel bianco!

“Allora se i vostri genitori vi dicono che la luce è bianca (o gialla) che cosa dovete dire loro?”

-Che non è bianca ma è arcobaleno!!

“Vi ricordate che cosa serve per far uscire un arcobaleno?”

-Quel coso di vetro...

“Il prisma”

-Sì, e poi l'acqua e le cose trasparenti...e i CD!

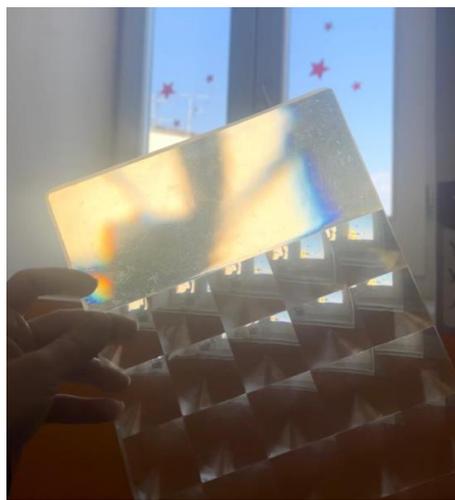
“Bene, adesso vi mostro un'altra magia. Mettetevi davanti alla finestra e tenete gli occhi socchiusi. Ditemi cosa vedete”



-Oddio si vede l'arcobaleno!!!!

-Maestra possiamo rifarlo?

Ho spiegato che questo fenomeno prende il nome di *diffrazione* e si verifica quando la luce colpisce oggetti molto sottili come capelli o ciglia, che si comportano come una griglia, capace di scomporre la luce nei suoi colori (ovviamente non ho approfondito il concetto e mi sono limitata a quest'affermazione molto semplicistica). Ho aggiunto che questo fenomeno è proprio ciò che si verifica sul CD, il quale ha tanti “cerchi concentrici sulla superficie che si comportano come delle ciglia”. Quindi ho mostrato ai bambini un reticolo di diffrazione, che ho detto essere molto simile al CD.



-Wow! Si vedono tante facce!

-Si vede l'immagine tante volte!

-Qui si ingrandisce!

Metto il reticolo di diffrazione di fronte alla finestra e i bambini notano subito l'arcobaleno.

“Questo foglio funziona proprio come il CD o le vostre ciglia. Toccatelo, sentite com'è”

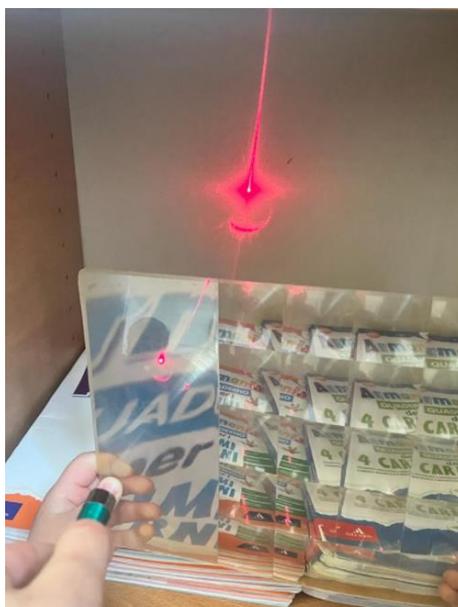
-Sembra ruvido.

-Ci sono delle righe!

“Esatto. Sono strisce curve sottilissime, che permettono alla luce di dividersi nei suoi colori. Volete vedere cosa succede al laser se lo faccio passare attraverso questo foglio?”

-Si!! Il laser!

Mostro in che modo il sottile fascio del laser si trasforma da puntino sulla parete ad una sorta di sole con i raggi.



Spiego che questo succede per via delle striscioline presenti sul foglio e che, se osserviamo una fonte di luce socchiudendo le ciglia come abbiamo fatto prima, riusciamo a vederne i raggi.

Termino l'incontro mostrando ai bambini uno spettroscopio che ho realizzato a casa: l'oggetto consiste in un tubo di cartone ricavato dall'anima di uno scottex, all'interno del quale è stato praticato un taglio di circa 45° per poterci inserire un pezzetto di CD di forma rettangolare. Su una delle due aperture del tubo ho incollato un dischetto di cartoncino nero con una fenditura, dalla parte opposta ho chiuso il tubo con un dischetto nero, in modo da far entrare la luce esclusivamente dalla fenditura⁵². Di fronte alla superficie in cui ho praticato il taglio per il CD, ho ricavato una piccola finestrella per poter osservare la dispersione della luce quando questa colpisce il CD.

⁵² Ho preso ispirazione per la realizzazione dello spettroscopio dal sito www.reinventore.it/approfondimenti/il-cd-spettroscopio, 23/04/2022.

Ho spiegato ai bambini come ho costruito lo spettroscopio e li ho invitati a puntarlo verso la luce, per osservare la scomposizione della luce nei colori dello spettro.



-Wow! Si vede tutto l'arcobaleno!

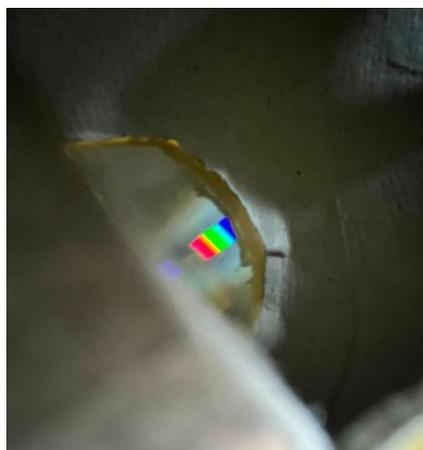
“Sì, questo strumento fa vedere tutti i colori uno dietro l'altro. Sapete come si chiama l'insieme di tutti i colori che vediamo?”

-Arcobaleno?

“Spettro della luce”.

-Come gli spettri...

“Sì, però sapete, *spettro* deriva dal latino e significa *guardare*. Lo spettro è l'insieme di tutti i colori visibili, cioè che il nostro occhio riesce a vedere”.
Nell'immagine seguente, è possibile notare ciò che si osserva dalla finestrella dello spettroscopio:



Prima di lasciare l'aula, i bambini mi mostrano una rappresentazione sul quaderno di quello che abbiamo scoperto oggi.



7.2.3 Arcobaleni e fogli olografici: classe Terza

Carica di entusiasmo per l'attività che avremmo svolto insieme, ho portato ai miei alunni della classe Terza del materiale che, sapevo, li avrebbe incuriositi: alcuni cd, un foglio di carta iridescente/ olografico ed un prisma. Per prima cosa, ho lasciato che i bambini osservassero il CD, descrivendomi il suo colore (*un po' grigio e un po' arcobaleno*).

Poi ho puntato la luce contro l'oggetto e la classe si è colorata di urla di gioia, oltre che dei colori dell'arcobaleno.



-Oddio, l'arcobaleno, è stupendo!!

-Maestra è bellissimo, vorrei prenderlo tutto!!

-N., smettila di urlare come una matta!!

-Ma è troppo bello!!!

Dopodichè mostro un foglio di carta olografica, che i bambini identificano subito come “carta arcobaleno”.



Chiedo cos'abbiano in comune questo foglio ed il CD.

-Sono tutti e due color arcobaleno!

-Sono di tutti i colori!

“Quindi questo foglio è di tutti i colori?”

-Si maestra, tutti i colori dell'arcobaleno.

Allora tolgo la torcia puntata sul CD ed invito ad osservarlo “più al buio”, stessa cosa faccio con il foglio arcobaleno. Poi illumino entrambi con le varie luci monocromatiche.



“Bimbi, si vede l'arcobaleno adesso?”

-Noo, non si vede più!

“E perché non si vede?”

-Perché non c'è la luce!

“E quando illumino il CD con la luce colorata?”

-Non si vede più l'arcobaleno!

-Non si vede perché la luce colorata non si riflette come quella bianca.

“In che senso non si riflette?” chiedo.

-Il cd non la riflette bene, non fa uscire tutti i colori.

“Di che colore è il CD se non è illuminato dalla luce?”

-Grigio!

“Ed il foglio?”

-Grigio!

-Sembra che ha perso tutti i colori!!

-Se lo illuminiamo col blu diventa blu!

-Anche il foglio diventa del colore della luce!!

Quest'ultima affermazione mi piace molto, quindi invito i bambini a ragionare:

“Avete detto che senza luce non si vede l’arcobaleno, giusto?”

-Si maestra, infatti di notte non può esserci l’arcobaleno!

“Corretto! E invece se usiamo una luce colorata si vede l’arcobaleno?”

-No! Rispondono all’unisono tutti gli alunni.

“Quindi possiamo dire che l’arcobaleno si forma solo con un tipo di luce?”

-Si! Quella bianca!

-Oppure quella del sole!

Domando a tutti in quale occasione abbiano visto un arcobaleno: la maggior parte della classe mi parla di temporale e di pioggia, qualcun altro di bicchieri al sole, di luce del telefono puntata sul monitor del pc, di cristalli del lampadario attraversati dalla luce. I bambini non hanno dubbi sul fatto che l’arcobaleno sia prodotto dalla luce, naturale o artificiale che sia.

“Allora, per formare un arcobaleno, che cosa serve?” domando.

-La luce!

-Qualcosa che riflette la luce!

“Tipo?”

-Qualcosa come l’acqua, il vetro, il CD...che è un po’ trasparente.

Allora prendo un prisma e verificiamo insieme la formazione dell’arcobaleno.



-Noo maestra è bellissimo!!

-Voglio acchiapparlo!

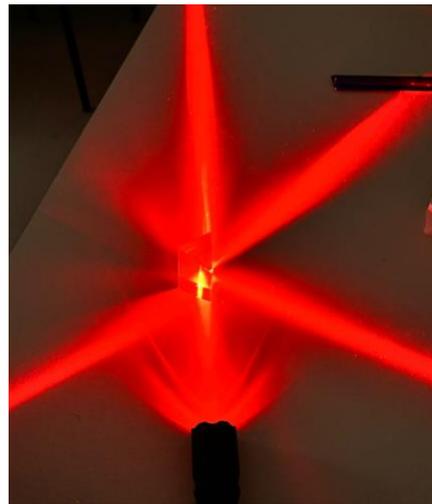
-V., fallo prendere a me!!

“Se le nostre ipotesi sono giuste, l’arcobaleno non si può formare con la luce verde. Proviamo?”

-Sì, proviamo!

-Secondo me si forma!

Punto la torcia con luce verde sul prisma, poi ripeto l’operazione con quella rossa.

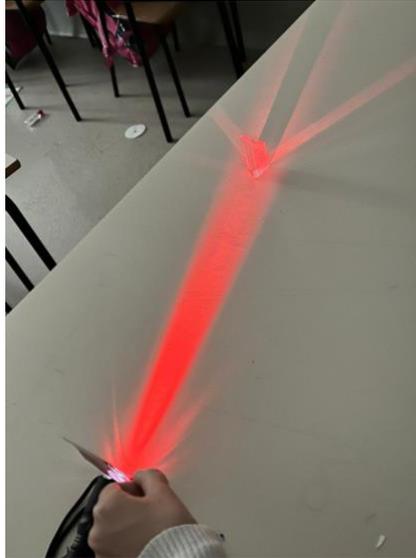


-Sembra una girandola!

-La luce esce da tutte le parti.

-Sì, maestra, si riflette dappertutto.

Per far comprendere meglio il concetto, mostro anche un filtro rosso, che posiziono davanti alla torcia per far notare che, in questo caso, non solo la luce bianca diventa rossa, ma non si forma l'arcobaleno.



“Come mai si verifica questo fenomeno, bambini?” chiedo.

-Il filtro modifica la luce bianca e la fa diventare rossa!

“Ci siamo quasi. Ma come fa a modificarla?”

-La copre!

“Ma noi abbiamo detto che la luce bianca in realtà è...?”

-Arcobaleno! Di tutti i colori!

“Nell'arcobaleno c'è il rosso?”

-Sì!

“Ve lo ricordate cosa succede quando la luce rossa passa nel filtro rosso?”

-Sì maestra! Ci passa attraverso perché sono rossi sia la luce che il filtro!

“E le altre luci ci passavano?”

-No!

“Allora, se l'arcobaleno ha tanti colori, questi vanno sul filtro rosso e...?”

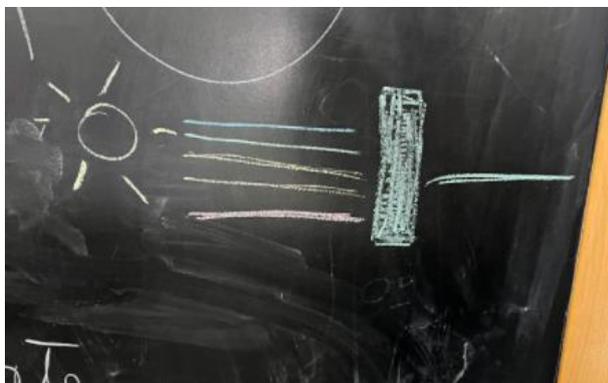
-Maestra ho capito! Secondo me il filtro succhia tutti i colori e fa passare solo il rosso!!

“Bravissima!!”

“E se mettessi due filtri, rosso e verde?”

-Non passerebbe la luce perché diventano opachi!

Do per buona questa affermazione, per oggi sono soddisfatta. Però, prima di andare, chiedo alla bambina che mi ha dato l'ultima risposta di disegnare l'arcobaleno che colpisce il filtro.



Ripeto l'esperimento illuminando una bottiglietta piena d'acqua ed il contenitore dell'igienizzante per mani, mostrando che in entrambi i casi si forma l'arcobaleno. I bambini mi fanno notare che si tratta sempre di materiali *trasparenti*.

“Bambini, abbiamo scoperto che la luce è di tutti i colori. Ma la luce del sole di che colore la vediamo?”

-Gialla!

-A volte gialla, a volte bianca.

“Vi capita mai di vedere altri colori nel cielo?”

-Sì maestra! Al tramonto il sole diventa rosso e anche arancione!



Illuminando la bottiglia dell'igienizzante, il quale ha un colore a metà tra il trasparente ed il biancastro (*color nebbia maestra*), notiamo un evento molto affascinante:

-Ma è una magia! La luce diventa gialla!

“E di che colore era prima di passare attraverso l'igienizzante?”

-Bianca!

-Bianca e un po' gialla ma meno gialla di quella che esce!

-Maestra sembra il sole al tramonto, quando prima diventa giallo e poi arancione e rosso.

Prendendo spunto da quest'ultima affermazione, faccio notare il colore della luce all'interno dell'igienizzante.

Qualcuno dice “bianco”, ma molti dicono “azzurino”.

Allontano un po' la torcia dall'igienizzante, ed i bambini notano che essa, uscendo, diventa ancor più *calda*.

-Oddio adesso è diventata arancione!!

-Ma è bellissimo, come fai a fare queste cose, maestra?

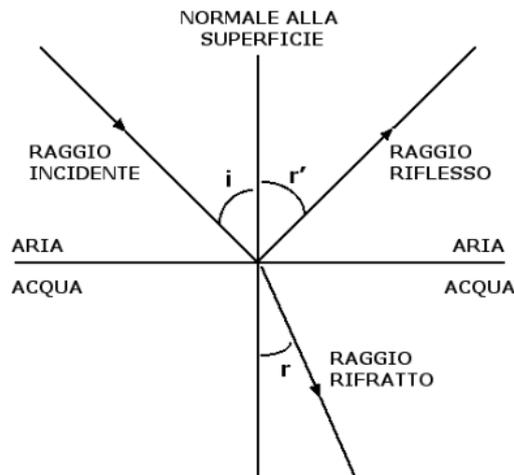
-Sembra proprio il tramonto! Sta diventando più rosso!

Ripeto l'esperimento con le luci monocromatiche ma in nessun caso si verifica il fenomeno che i bambini hanno chiamato “tramonto”.

La spiegazione sta nel fatto che le particelle dell'atmosfera terrestre, quando vengono colpite dalla luce del sole, si comportano similmente ai filtri colorati con cui abbiamo avuto a che fare nei precedenti incontri: esse lasciano passare solo alcune lunghezze d'onda della luce, e ne trattengono altre. Più precisamente, quando la luce del sole attraversa l'atmosfera, passando dal vuoto all'aria, viene deviata per mezzo del fenomeno chiamato *rifrazione*: quando la luce passa da un mezzo ad un altro, otticamente differente, il suo percorso viene deviato. Differentemente dalla riflessione, l'angolo di incidenza della luce sulla superficie, ha una misura diversa rispetto a quello rifratto, secondo la *seconda legge di Snell*:

- La prima legge della rifrazione afferma che il raggio incidente, il raggio rifratto e la normale alla superficie di separazione tra i due mezzi trasparenti giacciono sullo stesso piano.

- La seconda legge della rifrazione afferma che, variando l'angolo di incidenza, il rapporto tra il seno dell'angolo di incidenza i e il seno dell'angolo di rifrazione r è costante: $\text{sen } i / (\text{sen } r) = \text{costante}$. Tale costante dipende dalle caratteristiche dei due mezzi che prendiamo in considerazione. In particolare, se introduciamo l'indice di rifrazione assoluto n_x di una sostanza x la seconda legge della rifrazione può essere riscritta come $\text{sen } i / (\text{sen } r) = n_r / n_i$, dove n_r ed n_i sono gli indici di rifrazione dei mezzi nei quali si trovano il raggio rifratto e il raggio incidente rispettivamente. Il rapporto n_r / n_i prende anche il nome di indice di rifrazione relativo tra i due mezzi.



Nel caso dei colori del sole e del cielo, le particelle d'aria deviano il percorso delle onde corte (colore blu-violetto) che sono le prime ad essere “allontanate” e vanno a formare il colore azzurro del cielo. Le onde medie e lunghe, invece (giallo-rosso), penetrano negli strati dell'atmosfera e conferiscono il caratteristico colore al sole.

Al tramonto, invece, siccome il sole è più lontano dalla Terra e quindi i suoi raggi devono attraversare più strati d'aria, le onde blu-violetto vengono allontanate molto prima che i raggi giungano “nel nostro cielo”, dunque ad essere deviate sono le onde arancio, rosse e gialle, le quali conferiscono al cielo il suo romantico aspetto.

7.2.4 Il disco di Newton: classe Terza

Dopo aver raccontato ai bambini dello scienziato di nome Newton e del suo esperimento, affermo con grande orgoglio che quel giorno avremmo replicato il suo disco, anche se in modo più rudimentale. Con i bambini di Terza decido di non utilizzare la cordicella, ma di far ruotare il disco come una trottola, utilizzando una matita.

Dopo aver preso la forma del CD e piegata a formare otto spicchi (anche in questo caso ne ho fatto uno in più per una questione di comodità), abbiamo colorato usando i colori dell'arcobaleno e praticato un foro al centro del disco, per poi inserirci una matita.

All'inizio è stato complicato farlo ruotare, poiché nessuno ne era capace. Così, sono passata tra i banchi a dare una mano e, seppur dopo diverse prove, finalmente i bambini hanno visto il bianco.

L'attività è piaciuta particolarmente al nostro Mario ed alla sua insegnante di sostegno, la quale ha approfittato del disco di Newton per aiutare il bambino a riconoscere i colori, posizionando su ogni spicchio un pennarello. Gli altri alunni della classe sono stati ben felici di collaborare con lui e si è creato- forse per la prima volta- un clima realmente inclusivo e positivo.





Abbiamo ricapitolato insieme le scoperte fatte quel giorno:

“Cosa possiamo concludere, bambini? Quali scoperte abbiamo fatto oggi?” chiedo.

-Che l'arcobaleno si forma quando la luce passa negli oggetti trasparenti o un po' nebbiosi come l'igienizzante.

-Che la luce bianca può cambiare colore e diventa gialla e anche arancione!

-Però con le luci colorate non succede. Le luci colorate restano sempre così e non fanno formare l'arcobaleno.

-Sì, e poi le luci colorate colorano le cose del loro colore, la luce bianca lascia tutti i colori uguali a prima...e si riflette diventando un arcobaleno!

-Che Newton aveva scoperto i colori della luce e li ha messi su un CD.

-Il CD gira e si vede il bianco.

“Domanda da un milione di dollari: ma i colori sul CD si mischiano come quando usiamo le tempere?”

-No...

“E allora il bianco da cosa deriva?” chiedo per sfidarli.

-Maestra...sono i colori della luce bianca...cioè l'arcobaleno diventa bianco...

“E quindi forma di nuovo la luce bianca?”

-Eh sì...

“Ma se i colori non si mischiano davvero, come si forma il bianco?”

A questa domanda nessuno sa rispondere. Li aiuto:

“Pensate un attimo: l’arcobaleno sta nella luce. Quindi i suoi colori sono i colori dei pennarelli?”

-No! Sono i colori della luce!

-Sono luci!

“Quindi quando si mischiano e formano il bianco, non sono pennarelli ma sono...?”

-Sono luci!!

“Questi colori sul CD rappresentano delle luci. La prossima volta ve lo dimostrerò nel concreto”

Anche con loro, mostro il funzionamento di uno spettroscopio.



Saluto i bambini lasciandoli con questo piccolo dubbio. Infatti, sebbene abbiano seguito il mio discorso e siano stati molto bravi a mantenere l’attenzione e comprendere le scoperte fatte, per loro non è semplice considerare “luci” ciò che sono abituati a vedere come “colori concreti”, cioè derivanti da pennarelli, tempere o oggetti materiali. Per loro la luce è qualcosa di astratto, riconducibile, semmai, alle torce colorate che porto sempre in aula, ma non compatibile con il concetto di raggi di luce emanati dagli oggetti (argomento che affronteremo a breve). Nel prossimo incontro mostrerò sperimentalmente come si sommano i colori della luce.

7.3 La sintesi additiva- luci che si sommano

7.3.1 Ombre colorate: classe terza

Sono molto emozionata per questo incontro, perché so già che ai bambini piacerà moltissimo.

Una volta entrata in classe, mi faccio aiutare dalle colleghe di sostegno per tappezzare le finestre della classe in modo da creare il buio totale. I bambini sono, come al solito, emozionati per i nostri incontri scientifici, al punto da preferirli alle altre materie che affrontiamo insieme.

-Maestre, ma che state combinando oggi?

-Ci vuoi far dormire, maestra?

-Oh io ho paura del buio, così è troppo!

“State tranquilli, vedrete che sarà emozionante!”. Così dicendo, dopo aver creato un buio davvero sufficiente, mi avvicino alla cattedra e, insieme ai miei alunni, ripercorro i punti salienti dello scorso incontro.

“Vi ricordate che abbiamo detto che le luci dell’arcobaleno si uniscono e formano il bianco?”

-Sì!

“E abbiamo detto che non si mischiano come i colori delle tempere, perché sono...?”

-Luci!

-L’avevo detto io!

-Anche io me lo ricordavo, maestra!

“Mi fa piacere. Vogliamo vedere come si sommano le luci??

-Sii!

Prendo le torce monocromatiche ed inizio a puntarle sullo schermo bianco della LIM due alla volta, con sorpresa dei bambini.



“Che colore si forma quando metto la luce verde insieme a quella blu?”

-Wow! Si forma l'azzurro!

“E adesso guardate se avvicino la rossa alla blu”

-Nooo bellissimo! Il fuxia!

“Questo colore si chiama magenta, e l'azzurro si chiama ciano”.

Mostro che la luce rossa e la verde formano il giallo, dopodichè sovrappongo tutte e tre le luci RGB (Red, Green, Blue).



“Riuscite a dirmi tutti i colori che vedete?”

-Rosso, verde, blu, azzurro, magenta e giallo.

“E in mezzo?”

-Uh, si vede il bianco!!!

Il nostro M., bambino con DSAu, con la felicità alle stelle per via della sua attrazione verso i colori, raggiunge la LIM e, con stupore degli altri bambini, le sue ombre sul muro prendono forma e si colorano. Quindi, chiamo pochi bambini alla volta e lascio che si divertano giocando con le ombre, invitandoli a descrivermi che cosa succede.



“Quante ombre vedete, bambini?”



-Tutte quelle dell'arcobaleno!!

“Guardate bene, indicatemi i colori!”

-Blu, azzurro, verde, giallo, rosso, magenta e nero!

“Proviamo ad avvicinare e allontanare un oggetto dalle luci!” propongo. Prendo una stecca di carta stagnola poiché, essendo longilinea, mostra bene la distinzione delle ombre.



-Maestra, quando sei vicina alle luci si vedono tre ombre della stecca: magenta, azzurro e giallo.

-Quando ti avvicini alla LIM le ombre si uniscono...

-Diventano più piccole!

-C'è anche il nero, prima non c'era!

“Esatto. Provo con la mano, guardate”

-Sembrano i colori di TikTok!

“Ma perché le ombre sono magenta, ciano e giallo? Le luci sono rossa, blu e verde”

-Perché sono le luci che si uniscono! Il magenta è blu più rosso!

“Come mai si vede il nero?”

-Perché c'è l'ombra!

“E lì le luci colorate arrivano?”

-Noo!

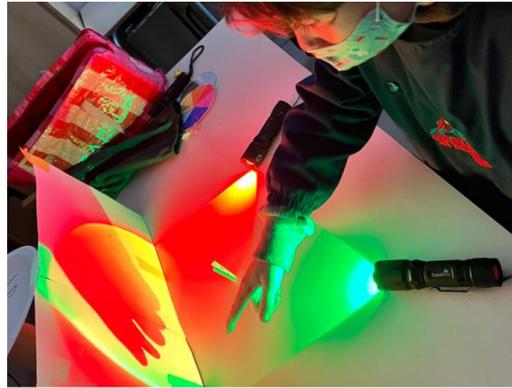
Mi accorgo che per i bambini di otto anni non è semplice comprendere che i colori magenta, ciano e giallo si formano perché l'oggetto scherma alcune luci e ne fa passare altre, quindi pongo un quesito:

“Vi ricordate quando abbiamo parlato delle ombre? Se abbiamo una sola luce quante ombre avremo?”

-Una sola!

-Invece con due luci due ombre!

Preparo un nuovo setting in modo che i bambini seguano il mio ragionamento. 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.



-La luce blu sta a sinistra e l'ombra va a destra perché segue la direzione della luce!

“Di che colore è l'ombra?”

-Nera! Perché le ombre sono sempre nere, lì la luce non ci passa...

“Adesso accendo solo la torcia rossa”

-Maestra, l'ombra va a sinistra ed è sempre nera.

“Attenzione: ora le accendo entrambe”

-Adesso ci sono due ombre, una rossa e una blu.

-Uh maestra, le ombre si invertono! Dove c'è la luce blu c'è l'ombra rossa e viceversa!

“Ma se le ombre sono nere, come mai si colorano?”

-Perché ci sono due luci...

G. arriva silenzioso dal fondo dell'aula, proprio lui che difficilmente resta attento durante le lezioni. Si avvicina ad un nuovo setting con luci rossa e verde, ed esclama:

-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.

Il tema della sottrazione di luci non è molto semplice, dunque ne approfitto dell'attenzione dei bambini per dividerli in gruppetti, dopodiché mi sposto su ogni banco in comune e punto le tre torce colorate in modo da formare i cerchi dei colori della sintesi additiva. Invito i tre bambini di ogni gruppo a posizionare su ogni intersezione una matita.



“Fate caso alle ombre che si formano: sapete dirmi nel giallo quali ombre vedete?”

-Rossa e verde!

“E perché rossa e verde?”

-Perché lì si uniscono le luci rossa e verde!

“Ma come mai non si vede l'ombra blu?”

I bambini non hanno dubbi ora:

-Maestra, la luce blu non va in quello spazio!

-Infatti, resta qui da questo lato (dice V., indicando il cerchio di luce blu).

“Bravissimi. Vediamo cosa succede dove c'è la luce magenta”.

-Maestra posso dirlo io?? La luce magenta è la somma di rosso e blu, quindi lì si formano le ombre rossa e blu.

“E perché non si vede l'ombra verde?”

-Perché la luce verde è troppo lontana, non tocca quel punto.

“Adesso vediamo se siete bravi: quale luce non arriva nello spazio in cui si forma il ciano?”

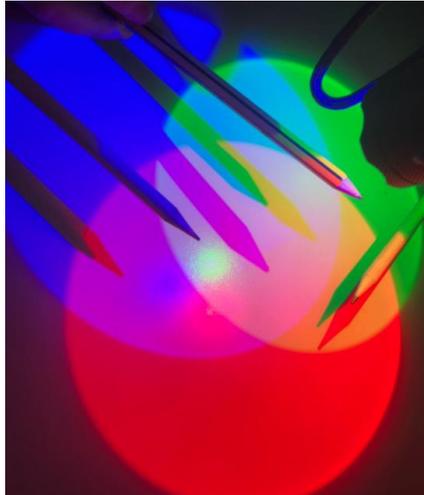
-La luce rossa!!

-Sta all'opposto!

-L'avevo detto io però...

-In questa unione ci sono il blu e il verde, ma il rosso non ci arriva, quindi non si può formare l'ombra rossa.

Soddisfatta delle affermazioni dei bambini, li invito a sistemare una matita nel centro di tutte le intersezioni, proprio dove si forma la luce bianca.



-Aspetta maestra, io ho un'intuizione! Adesso nel bianco si formano tutte le ombre perché qui ci vanno a finire tutte le torce!

-Quindi si possono formare tutti i colori dell'arcobaleno!

Spiego che questo fenomeno di somma di luci si chiama *sintesi additiva*, quindi chiedo se hanno mai sentito la parola *addizione* ed ovviamente loro mi rispondono di sì:

-Quando tu aggiungi le cose!

-Quando facciamo il più.

“Esatto. Questo significa che facciamo una somma di luci, cioè le luci si sovrappongono ed il totale di tutto genera il...?”

-L'arcobaleno!!

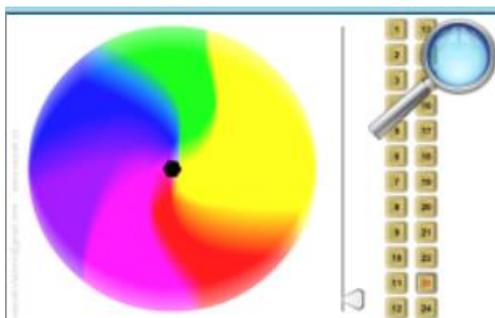
-Noo! Il bianco!

“Vi ricordate il disco di Newton? Non era una somma di colori dei pennarelli, ma di luci! Avete capito, come si sommano?”

-Sì maestra!

“I colori blu, rosso e verde si chiamano *primari* della sintesi additiva, perché non si possono formare con altre luci, mentre gli altri si chiamano *secondari* perché si formano con le altre luci”.

Mostro ai bambini un’esperienza digitale del disco di Newton, collegandoci al sito www.vascak.cz/physicsanimations.php ed i bambini ne rimangono estasiati.



Propongo di fare dei disegni sul quaderno per documentare le attività di oggi, poi appuntiamo in che modo si generano le luci colorate.



7.3.2 Pixel e dischi di colore: classe terza

La sintesi additiva non ha a che fare solo con le torce. Ci sono infatti tre modalità con cui si verifica questo fenomeno:

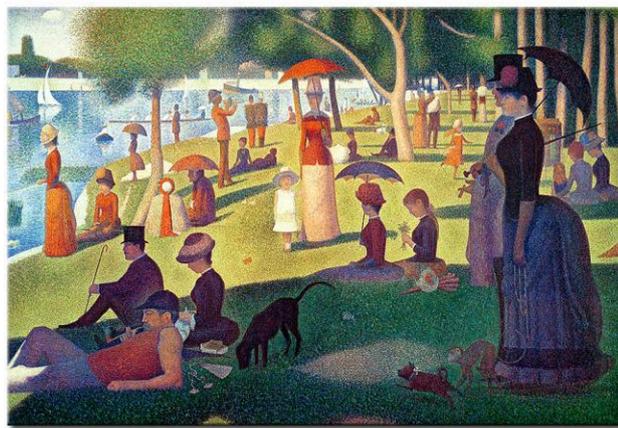
- Sovrapposizione di stimoli (è il caso di due o tre fasci di luce proiettati nello stesso punto, in modo che si sovrappongano).
- Rapidità degli stimoli (su un disco come quello di Newton, che viene fatto girare molto velocemente, i colori non arrivano all’occhio separati,

ma si fondono in modo additivo dal momento che sulla stessa area della retina cade una rapida successione di raggi luminosi, tali che l'occhio percepisce un unico colore).

- Vicinanza degli stimoli, chiamata anche *sintesi ottica* (piccole aree colorate contigue trasmettono raggi luminosi all'occhio incidendo sulla stessa area della retina, dando origine alla percezione di un unico colore. È quello che accade, per esempio, nella pittura puntinista o nel monitor di computer e smartphone, dove entrano in gioco i pixel, piccole cellette costituite da tre sub-pixel che proiettano ognuno una luce monocromatica Red, Blue, Green. Quando i tre sub-pixel sono al massimo della loro luminosità, il pixel appare bianco).

Il mio intento in questo incontro è mostrare ai bambini come si verifica, concretamente, il meccanismo della sintesi additiva.

Impostando una lezione prettamente incentrata sull'uso del pc, mostro ai miei alunni l'immagine del dipinto del pittore francese Georges Seurat, intitolato *Una domenica pomeriggio sull'isola della Grande Jatte*⁵³.



⁵³ Immagine presa da www.artgeist.it/quadri/riproduzioni-quadri/una-domenica-pomeriggio-sullisola-della-grande-jatte-38100/ 23/04/2022.

Spiego che questo pittore inventò la tecnica del Puntinismo, basata sul dipingere le immagini per mezzo di puntini colorati messi vicini tra loro senza mescolarsi. Ingrandendo l'immagine notiamo, ad esempio, che il prato non è solo *verde brillante*, ma contiene al suo interno numerosissimi puntini di colore, in particolar modo il rosso-arancio, che essendo complementare del verde ci consente di percepire quel prato come luminosissimo, grazie ad un effetto di contrasto simultaneo⁵⁴.



“Vedete” dico “i puntini sono vicinissimi tra loro, talmente vicini che si comportano come se fossero torce colorate”.

“Se volessimo ottenere il magenta, che luci dovremmo usare?” chiedo.

-Blu e rossa!

“Bene. Accostando puntini blu e rossi, il nostro occhio percepisce il viola”.

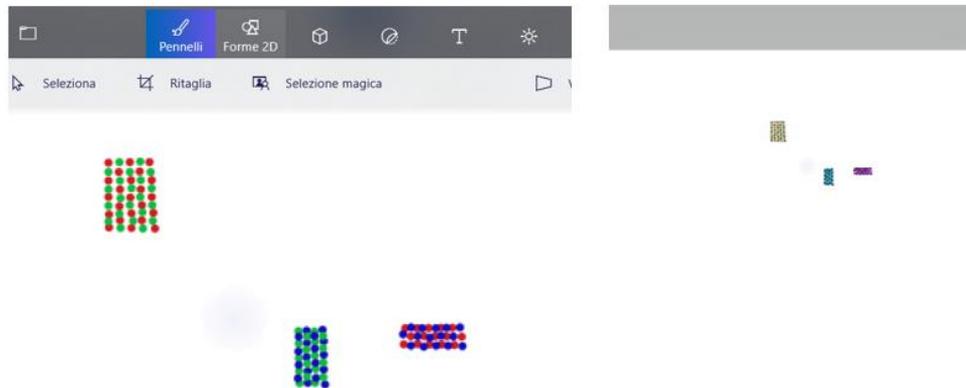
-Infatti la giacca del signore se la guardiamo bene sembra un po' violetta perché ci sono il rosso e il blu!

Quindi apro il programma Paint che abbiamo nel pc dell'aula per realizzare un quadrato composto da piccoli puntini ravvicinati rossi e blu, ed un altro formato da puntini blu e verdi. Siccome i bambini non vedono quali colori sto usando, dopo aver terminato diminuisco un po' lo zoom e chiedo loro di guardare, da lontano, lo schermo del pc, per dirmi di quali colori sono le figure disegnate.

Per il primo quadrato mi rispondono “Fuxia”, mentre per il secondo mi dicono “Azzurro”.

⁵⁴ Il contrasto simultaneo è il fenomeno che si verifica tra colori vicini che si influenzano a vicenda, cambiando la nostra percezione di quei colori (più o meno saturi, più o meno luminosi). Da www.alberodelcolore.com/cose-il-contrasto-simultaneo/, 23/04/2022.

Allora aumento lo zoom della figura e chiedo ai bambini di avvicinarsi: il quadrato che sembrava magenta è formato da puntini rossi e blu, mentre quello che sembrava azzurro è formato da blu e verde.



-Maestra, ma allora sono colori virtuali!

“In che senso sono virtuali?”

-Non esistono davvero! Sono irreali!

R. utilizza spesso la parola *irreale* e ormai capisco bene che cosa intende. In un certo senso, ha ragione, perché nel colore di reale c'è davvero ben poco. Spiego che i nostri occhi, quando vedono dei puntini di colore molto piccoli e molto vicini, non riescono a distinguerli e li vedono “sovrapposti” come se fossero delle luci.

A dimostrazione di ciò che ho detto, chiedo di provare a disegnare sul quaderno dei piccoli quadratini contenenti puntini di rosso e blu/ blu e verde/ verde e rosso. Osserviamo, a turno, questi quadratini da lontano, e tutti rimangono stupiti.



-Maestra è vero! Succede come al computer!

-Si sommano come le luci!

“Di che colore vi sembra questo quadrato (indico quello con i puntini rossi e verdi)?”

-Giallo!!

-Un giallo-arancione! Ma è una magia!

“Non è una magia. È il nostro occhio che vede i colori in modo diverso perché sono troppo vicini, quindi li somma come succedeva con le luci”.

“Sapete cos’altro funziona in questo modo?”

-Che cosa maestra??

“Lo schermo del cellulare, o del computer!”

Mostro ai bambini il mio smartphone, sul quale ho messo uno sfondo bianco.

“Che colore vedete?”

-Tutto bianco.

“Siete sicuri?”

-Maestra mica siamo ciechi!

“Ma lo schermo è luminoso secondo voi, oppure i colori dello schermo sono quelli dei pennarelli?”

-No maestra sono luci!

-Infatti io di notte abbasso la luminosità!

“Bravissimi, anche se di notte dovrete dormire...”

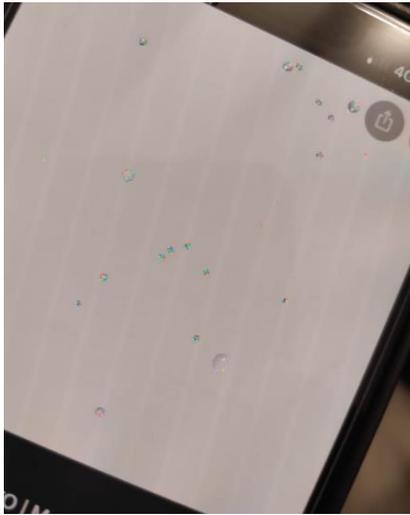
“Comunque, vi ricordate che la luce bianca in realtà è...?”

-Arcobaleno.

-Di tutti i colori!

“Bravi. Dunque questo schermo bianco in realtà non è bianco... volete vedere?”

Così dicendo, lascio cadere sullo schermo del telefono qualche gocciolina d’acqua...i bambini si entusiasmano nel vedere che le goccioline hanno preso il colore dell’arcobaleno.

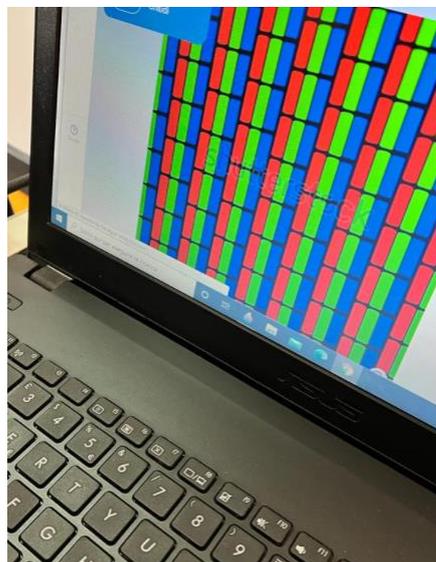


-Perché la luce quando passa nell'acqua diventa arcobaleno!!

-Tu ci hai messo l'acqua sopra!

“Giusto, vi ricordate bene! Ora vi faccio vedere come sono fatti i pixel del telefono”.

Mostro ai bambini un'immagine dei pixel al computer, e a loro sembra tutto molto più chiaro.



“Guardate: quando la luce rossa e la luce blu sono accese, ma la verde si spegne... quale luce esce fuori?”

-La fuxia!

-Magenta!

“Esatto! E quando sono spente tutte?”

-Il nero!!!

-Non c'è luce!

-Oddio maestra, quindi quando il telefono di mia mamma ha lo schermo tutto nero è come se i pixel si fossero addormentati!

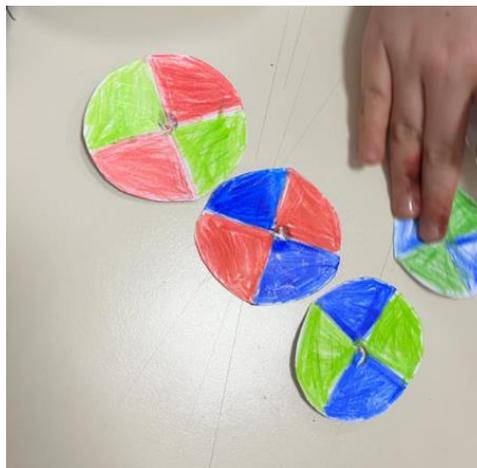
“In un certo senso, sì, bravo!”

“Questi pixel sono minuscoli, più piccoli dei puntini che abbiamo disegnato. Quindi per noi sono lontanissimi, per questo possiamo vedere i colori che si formano”.

Detto ciò, apro sul mio cellulare l'immagine di tanti pixel RGB. Lascio il telefono in fondo alla classe e porto i bambini sul lato opposto. Chiedo di guardare lo schermo e loro sono tutti d'accordo: sembra quasi bianco!

Spiego, poi, che c'è un altro modo per vedere i colori mescolati insieme senza mescolarli davvero.

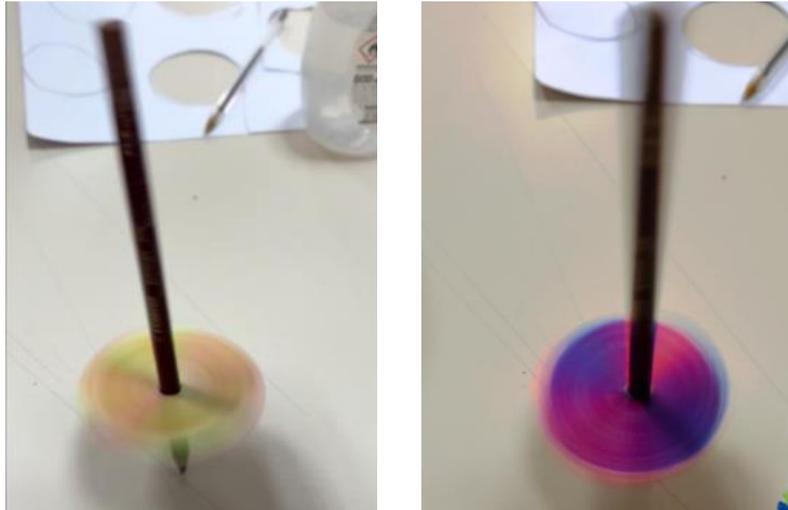
Distribuisco dei piccoli cerchietti di cartoncino divisi in quattro spicchi ciascuno e li coloriamo con le coppie di colori che ormai conosciamo bene: rosso+ verde, rosso+ blu, blu+ verde. Poi, li buchiamo al centro per creare la stessa trottola che avevamo realizzato tempo fa.



-Maestra, come il disco di Newton!

“Bravissimi, è proprio la stessa cosa!”

Facciamo ruotare i dischi, uno alla volta... inutile dire che i bambini erano increduli.



-Noo non ci credo! Questo si vede giallo (si riferisce al disco rosso e verde).

-Questo è il mio preferito! È magenta! (Disco blu e rosso).

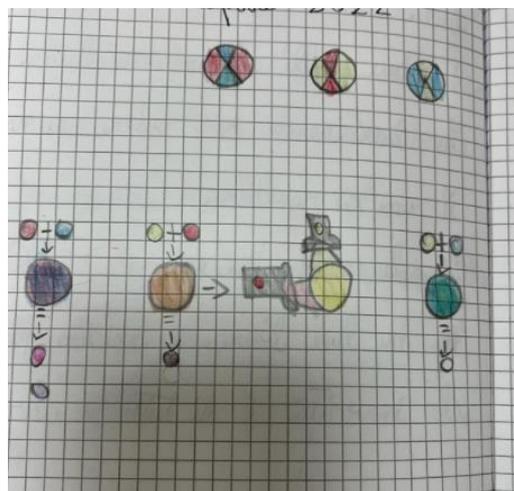
-E questo si vede azzurrino-verde acqua (disco blu e verde).

“Vedete, in questo caso il nostro occhio non riesce a distinguere i colori, perché il disco gira così veloce che sembrano delle luci che si sommano”.

-Come se si mischiassero virtualmente! Ripete R.

“Proprio così! Si mescolano per finta, è il nostro occhio che li meschia perché vanno troppo veloci. Vi farò vedere un altro caso in cui le immagini si muovono talmente veloci che l’occhio le vede in modo unito”.

Come sempre, chiedo di fare una rappresentazione di ciò che abbiamo imparato oggi e alcuni disegni sono davvero molto belli.



7.3.3 Somma di luci: classe Prima

Come per la classe Terza, anche in Prima ho portato le tre torce monocromatiche, che i bambini avevano già visto durante i primi incontri. L'entusiasmo è stato davvero enorme considerando che si faceva a gara per poter tenere in mano una torcia. Ci siamo posizionati vicino allo scaffale bianco dell'aula, poiché in classe c'era troppa luce e non era possibile creare il buio. Dunque, ho iniziato poggiando due torce sul piano dello scaffale in modo che le luci puntassero sulla parete. I bambini hanno notato che blu e rosso formavano una luce color magenta.



-Wow maestra, che bello!

-Il fuxia!

“Questo colore si chiama Magenta. Vogliamo rivederlo?”

-Maestra ma rosso e blu formano viola!

“Questo è un viola?”

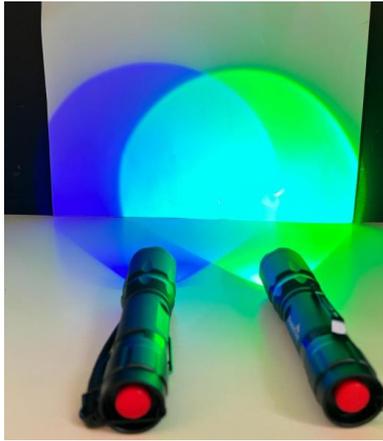
-No perché il viola è più scuro.

“Vediamo cosa succede se unisco blu e verde? Secondo voi cosa esce?”

-Rosa!

-Bianco!

Posiziono le due torce blu e verde e le lascio convergere verso la parete. I bambini notano il nuovo colore.



-Azzurro!!!

-Il mio colore preferito!

-Secondo me è verde acqua!

Proviamo anche ad unire rosso e verde ed i bambini sono decisamente stupiti nel vedere il giallo.



Prima di procedere con la sintesi di tutte le luci, ho voluto testare se i bambini si ricordassero delle ombre formate dalle luci.

“Bimbi, vi ricordate quante ombre si formano se ci sono due luci?”

-Due!

Adesso metto questo regolo tra le due luci... di che colore saranno le ombre?

-Nere! Maestra io mi ricordo che l'ombra è sempre nera, l'altra volta te l'avevo detto.

M. ha ragione, poiché è stato l'unico a farmi notare che, illuminando un oggetto con una luce monocromatica, l'ombra resta sempre nera.

“Ti ricordi perché l'ombra è sempre nera?”

-Perché nell'ombra non va la luce!

“Okay. Vediamo adesso cosa succede”.

Posiziono un regolo tra le due luci e gli alunni notano che, con le due luci rossa e blu, si formano ombre dello stesso colore, ma invertite.

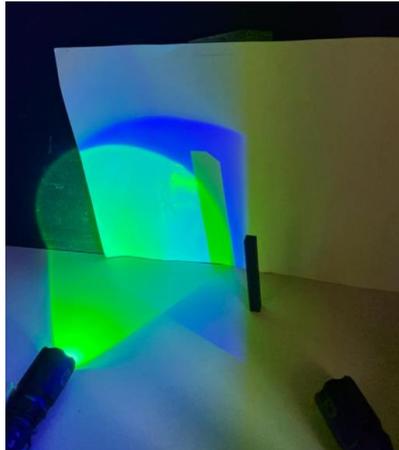
Chiedo di indicarmi in che direzione va il fascio di luce delle torce. Una bambina mi fa notare che la torcia blu dovrebbe andare a finire proprio dove si forma l'ombra rossa.



-Come mai l'ombra è rossa e non blu?

I bambini, che non hanno dimestichezza con questo nuovo fenomeno, mi dicono che l'ombra è rossa perché di fronte c'è la luce rossa, mentre l'altra ombra è blu perché di fronte c'è la luce blu, nonostante questo contrasti con l'affermazione precedentemente fatta.

Allora prendo una torcia blu ed una verde, riposiziono il regolo e allontano una delle due torce pian piano, facendo notare come l'ombra diventa nera se rimane una sola luce e come si colora di un altro colore se la torcia viene rimessa al suo posto.



-Maestra, è la luce verde che colora l'ombra blu di verde!! Esclama C. ad un certo punto.

“E perché con una sola luce si vede solo l'ombra nera?”

-Perché non c'è nessun'altra luce che la colora.

“Vediamo cosa succede se metto tre luci tutte insieme?”

-Sii!

-Secondo me si forma l'arcobaleno!

Posiziono le tre torce in modo da far convergere i loro fasci luminosi nello stesso punto e chiedo che colore si vede (la foto non rende bene, i colori appaiono falsati).



-Il bianco!

-Maestra bianco perché l'arcobaleno è bianco!

“Bravissimi! Proprio come la luce bianca si trasforma nell'arcobaleno, anche l'arcobaleno può formare il bianco. In questo modo, se sommiamo le luci, si ottiene il bianco”.

“Secondo voi si può formare il nero?”

-No!

"Perché?"

-Perché l'arcobaleno non ha il nero!

-Il nero non è un colore.

Poi finalmente qualcuno dice:

-Il nero non è luce!

Ci spostiamo vicino all'armadietto della classe e lascio giocare i bambini con le proprie ombre colorate.



Invito i miei alunni a fare un disegno della sintesi additiva, elencando come si sommano le luci e quali sono le combinazioni di colori. Utilizzando moltissimo la metodologia *C.L.I.L.* durante le sperimentazioni, voglio abituare i bambini all'inglese, evitando di trascrivere i colori in italiano. Questo li aiuterà a memorizzare l'acronimo RGB.



“Nel prossimo incontro vi farò vedere cosa significa sommare le luci anche senza usare le torce” concludo, lasciando campo libero all’immaginazione.

7.3.4 I “pixel” dei fumetti: classe Prima

È il momento di mostrare anche ai bambini della Prima come avviene la somma di luci, nel concreto. Per prima cosa mostro un’immagine presa da internet realizzata con la tecnica del fumetto (Roy Lichtenstein, *Crying girl*, 1964)⁵⁵.



Chiedo ai bambini di descrivermela e loro, avvicinandosi e allontanandosi dallo schermo, mi dicono:

-Maestra, è fatta tutta a puntini!

-Sono minuscoli!

“Di che colore sono?”

-Rosa.

-A me sembrano un po’ rossi.

Ingrandisco l’immagine e faccio notare che, come aveva ipotizzato qualcuno, i puntini sono rossi, ma siccome sono disposti l’uno accanto all’altro lasciando degli spazietti bianchi, il nostro occhio fa una somma di luci, percependo il rosa. “Bimbi, è come se quei puntini fossero delle luci bianche e rosse sovrapposte. Il bianco schiarisce il rosso e lo rende un po’ rosa”.

Ricordo di quando abbiamo realizzato il disco di Newton e del colore bianco che si formava facendolo girare molto velocemente.

“Abbiamo mischiato davvero i colori?”

-No!

⁵⁵ Immagine presa da www.boscarol.com/blog/?tag=sintesi-additiva, 23/04/2022.

“Il nostro occhio, quando girano veloci, non li distingue più, li vede come tante luci che formano il bianco”.

Adesso vi faccio un indovinello.

Mostro, come ho fatto in classe Terza, i quadrati pixelati realizzati con Paint, chiedendo di descrivermi i colori. Anche in questo caso, le risposte sono state “Azzurro, Magenta, Giallino-marrone”. Zoomando l’immagine, ho dimostrato che, in realtà, l’azzurro era formato da blu e verde, così come il magenta era formato da blu e rosso.

“Vi ricordate che questo succedeva anche con le luci? Bene, adesso ditemi: se volessi fare un quadratino bianco, di quali luci avrei bisogno?”

Inizialmente mi hanno risposto “bianco” ma poi, riformulando meglio la domanda, ho spiegato che il bianco era un colore che avremmo dovuto ottenere mescolando le luci.

-Ah, il rosso, blu e verde!

-Come le torce!

“Adesso cercate un’immagine bianca al computer”.

I bambini mi mostrano un punto in cui lo schermo è bianco.

“Facciamo finta che lo schermo sia fatto di tanti puntini colorati che sono come delle piccole torce: se è bianco significa che le torce hanno dei colori che insieme formano il bianco...”

-Verde, rossa e blu.

“Vogliamo vedere se funziona?”

I bambini annuiscono, io mostro un’immagine di pixel RGB e anche stavolta ci spostiamo sul fondo dell’aula per osservarla.

-Sembra bianco!!

-Oddio è vero!

Spiego come sono formati i pixel ed in che modo sono collegati alla sintesi additiva. Inoltre, aggiungo che i pixel sono presenti non solo sul computer ma su qualsiasi schermo elettronico.

-Come il telefono!

-La televisione!

-Maestra, pure il tablet!

Concludiamo il nostro incontro ricapitolando tutto il discorso fatto fino a quel momento. I bambini mostrano di aver compreso la differenza tra luci e colori, ed io prometto che nell'incontro successivo scopriremo cosa succede mescolando plastilina o pennarelli.

7.4 La sintesi sottrattiva: luci che si sottraggono

7.4.1 Plastilina, pastelli e post-it: classe Prima

Per spiegare ai bambini di Prima il tema della sintesi sottrattiva, argomento certamente non semplicissimo, decido di iniziare ricordando quello che succede sommando le tre luci monocromatiche Red, Blue, Green. Seppur con qualche imprecisione, alla fine i bambini ricordano che le tre luci insieme formano il bianco, e che sommate a due a due danno origine a Magenta, Cyan, Yellow. Ci tengo a precisare che l'utilizzo dei termini inglesi per i colori è a mio avviso fondamentale per aiutare i piccoli a prendere dimestichezza fin dalla tenera età con termini tecnici e con una seconda lingua, nella convinzione che le parole difficili, se ripetute, non abbiano problemi a fissarsi nel cervello. Così facendo, sto applicando la metodologia C.L.I.L., la quale invita a proporre l'argomento di una disciplina, però in lingua inglese.

Per prima cosa, invito a disegnare sul quaderno dei cerchietti colorati che corrispondono ai colori della sintesi additiva, primari e secondari. Dopo aver dato la plastilina, chiedo di mischiare il rosso, il blu (che in realtà è un azzurro, dato che il blu non lo avevo) ed il verde a due a due e tutti insieme per vedere se escono gli stessi colori delle luci.

Gli alunni non sembrano molto soddisfatti, perché il colore che è uscito fuori somiglia ad un marroncino che nulla ha a che fare con il bianco.

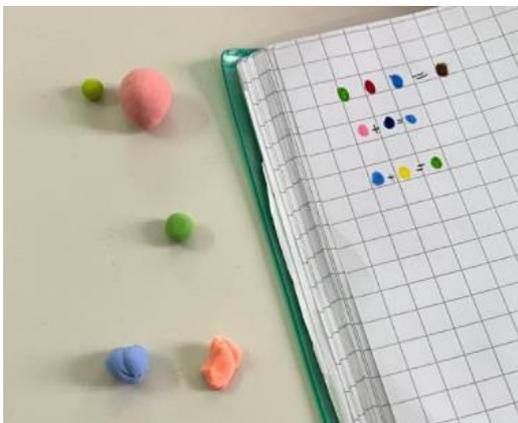


Allora propongo di provare a mischiare i colori che stanno nelle parti intermedie tra i cerchi, cioè il magenta, ciano e giallo. Seppur il risultato non sia precisissimo per via dei colori non proprio efficienti della plastilina, siamo riusciti ad ottenere le seguenti colorazioni:

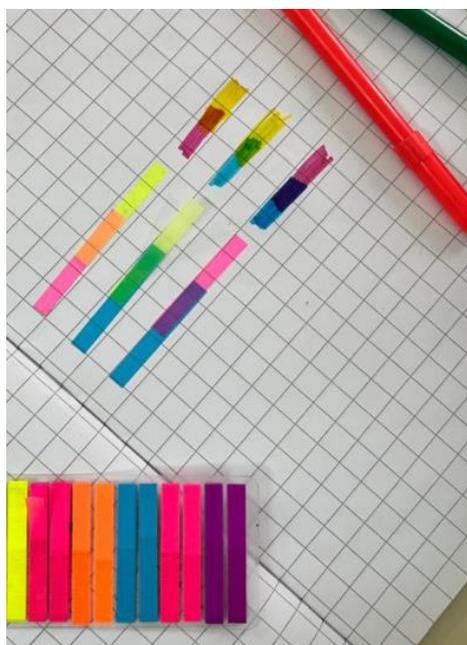
- Ciano + giallo = verde
- Ciano + magenta = bluette/viola
- Magenta + giallo = rosso/arancio



I bambini si divertono a mischiare vari colori, e scoprono che è possibile ottenere diverse tonalità di verde, a seconda di quanto giallo o blu mischiamo e la stessa cosa vale per il rosso ed il blu.



Propongo un altro metodo per mischiare i colori, cioè quello di “metterli uno sull’altro”, proprio come avevamo fatto con le luci. Consegno a tutti dei post-it colorati e dico di unirli proprio come abbiamo fatto con la plastilina, utilizzando sempre il ciano, magenta e giallo. Suggerisco di rappresentare ciò che succede con i post-it anche con un disegno fatto con i pennarelli.



-Maestra che bello! Si forma il verde!

“Come lo hai formato?”

-Con azzurro e giallo!! Anche negli adesivi verdi succede questo!

-Maestra ce li possiamo portare a casa?

“Certo, questo è il vostro quaderno e dovete ricordare tutto quello che facciamo in classe. Sapete dirmi cos’è successo?”

-Gli adesivi hanno formato i colori della plastilina!

-Anche i pennarelli, però con i pennarelli si vede meglio!

-E se proviamo con i pastelli?

Colgo al volo l’occasione per far ripetere l’esperienza utilizzando i pastelli.

-No vabbè, troppo bello!

-Ho messo il giallo e il fuxia ed è uscito proprio il rosso!

-A me sembra arancione.

-No no, guarda che è rosso!!

-Non si chiama fuxia, si dice magenta!

Tuttavia, propongo di far vedere in che modo uniamo i colori, utilizzando l’*addizione*, che stiamo affrontando insieme in matematica.

“Come facciamo a far capire che per formare il blu ci vogliono il magenta ed il ciano? Dobbiamo usare il *più* oppure il *meno*?”

-Il più! Li dobbiamo mettere insieme.

-Dobbiamo aggiungere!

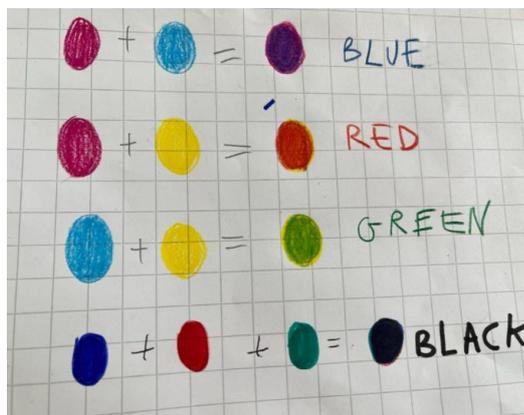
“Ottimo. Quindi disegniamo due cerchietti e in mezzo ci mettiamo il segno +. Poi mettiamo l’uguale e disegniamo accanto all’uguale il cerchietto che si forma”.

-Possiamo scrivere il colore che si forma?

“Sì, ma in inglese, mi raccomando”.

“Alla fine, fate tre cerchietti e unite tutti e tre i colori!”

Aiuto i bambini nella composizione di queste importanti addizioni, decidendo poi di far sovrapporre blu, rosso e verde insieme, piuttosto che i colori magenta, ciano e giallo, per il semplice motivo che sia più chiaro come i colori secondari della sintesi additiva (rosso, verde e blu) invece di dare origine al bianco, come accade per le luci, formano il nero. In questo modo appare chiaro che il risultato delle addizioni è a sua volta una nuova addizione che, alla fine del processo, ci restituisce un unico grande risultato: Black.



“Bambini, ma com’è possibile che con le tre torce si formava il bianco e invece usando i pennarelli esce il nero?”

-Maestra ma è semplice: le luci sono luminose, i pennarelli no!

“Cosa intendi?”

-Che i pennarelli non sono luminosi, nemmeno la plastilina...non fanno luce!

Ammetto che non avrei mai immaginato di sentirmi rispondere in questo modo. La risposta di M. mi ha praticamente spiazzata: un bambino di soli sei anni ha compreso un fenomeno che risulta difficile persino per noi adulti.

Non posso che complimentarmi e ritenermi davvero fortunata ad avere dei piccoli alunni così svegli!

7.4.2 Il gioco della sintesi sottrattiva: classe Prima

Prima di iniziare con un gioco che ho inventato al fine di rendere davvero semplicissimo il concetto di assorbimento e riflessione della luce, inerente al concetto di sintesi sottrattiva, ho fatto con i miei alunni un breve ripasso relativo alla somma delle luci, partendo dalla mia domanda-stimolo:

“Vi ricordate di che colore è la luce che ci sembra bianca?”

-Di tutti i colori!

-Arcobaleno!

“Bravissimi. E quando tutte le luci si mettono una sull’altra che luce esce?”

-Bianca!

-Come quella del sole!

Allora ho chiesto se si ricordassero delle tre torce che avevo portato in aula e quali luci spuntassero fuori man mano che le sovrapponevamo.

-Erano rossa, verde e gialla!

-Noo, non c'era il giallo! Era il blu.

“Quindi rosso, verde e blu, giusto?”

-Sì maestra.

“Vi ricordate cosa formavano il blu ed il verde, che sono colori dell'acqua?”

-L'azzurro!

-Maestra lo hai chiamato con un altro nome.

“Il ciano, bravissimo. Invece rosso e blu?”

-Giallo?

“No, pensateci bene”.

-Ah sì, il magenta!!

“Ottimo. E l'ultimo?”

-Il giallo, che si fa con rosso e verde.

“Benissimo. Però questo succede quando sommiamo le luci. Se invece usiamo le matite, i pennarelli, oppure la plastilina... succedono le stesse cose?”

-No maestra, cambiano i colori!

-Non si forma il bianco ma il nero.

“Quando si forma il nero?”

-Quando mischiamo tutti i colori.

-Sì perché il nero si mangia tutta la luce!

Ve li ricordate anche i filtri colorati? Che cosa facevano?”

-Non facevano passare alcune luci!

-Si vedeva tutto colorato!

“Esatto, vi ricordate bene. Allora adesso facciamo un gioco”

-Sì! Maestra ma un gioco sui colori?

“Certo! Un gioco per vedere se vi ricordate tutto!”

Dunque, ho distribuito ai bambini delle striscioline di cartoncino e ho detto loro di colorarle con i colori dell'arcobaleno. Poi ho consegnato dei cerchi di cartoncino e ho chiesto di colorarli prima con i colori delle torce che avevo

portato in classe (Red, Blue, Green) e poi con i colori che uscivano fuori dalla sovrapposizione delle luci (Magenta, Yellow, Cyan).

Dopodichè, ci siamo seduti per terra ed ho spiegato il gioco:

“Adesso darò le striscioline ad alcuni bambini, che formeranno la luce dell’arcobaleno. Qualcun altro farà il filtro, cioè terrà in mano un filtro colorato e deciderà quale luce può passare e quale no. Siete pronti?”

-Ma è bellissimo!! Maestra io voglio fare il filtro!

-Anche io!

“Tranquilli, ognuno farà a turno ogni cosa”.



Chiamato il filtro rosso, prontamente il bambino che doveva tenere il filtro si posiziona in piedi al centro dell’aula. Senza alcun dubbio, i bambini mi dicono:

-Maestra, deve andare il rosso!

-Solo il rosso può passare!

Chiedo, allora, una dimostrazione pratica.



I bambini si mettono davanti al filtro rosso e soltanto colui che teneva in mano la strisciolina rossa si pone al di là del filtro.

“Bravissimi. Ora proviamo con gli altri filtri”.

Andiamo avanti provando con il filtro blu e poi con il filtro verde, finchè ho deciso di sederci tutti a terra in modo da rendere meglio l’idea.



Decido di rendere il gioco un po' più complicato. Chiamo il filtro magenta (non avendo veri filtri del colore magenta e ciano, ho preso un cartoncino). A quel punto, i bambini mi dicono che non c'è il colore magenta nell'arcobaleno.

Dunque chiedo se si ricordano quali luci, insieme, formavano il magenta.

-Il blu ed il rosso!!

“Quindi, quali luci possono passare?”

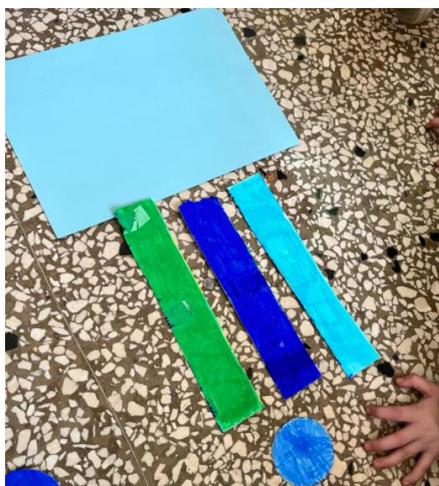
-Proprio il blu e il rosso maestra!

Una bambina, che aveva l'incarico di controllare i cerchietti colorati, mi dice:

-Maestra, io prendo il cerchio magenta e lo metto qui (lo posiziona sotto le striscioline blu e rosse, per far capire che insieme formano il magenta.



Ripetiamo il gioco con altri filtri che consentono il passaggio di più luci, i bambini sono bravissimi.



Propongo, poi, di mettere tre filtri rosso, verde e blu uno sull'altro e gli alunni, che ricordavano l'esperienza fatta giorni prima, mi hanno subito riferito che nessuna luce sarebbe passata, perché tutti insieme formano il nero.



Decido allora di concludere il gioco con gli ultimi filtri: nero, bianco e trasparente. Quando dico “filtro trasparente” i bambini non hanno dubbi: tutta la luce può passare.

-Ma è ovvio maestra, il trasparente lascia passare tutto attraverso perché è trasparente!

Poi, quando mettiamo sul pavimento il foglio nero, i bambini mi rendono davvero orgogliosa delle risposte che mi danno:

-Con il nero non passa nulla!

-La luce viene inghiottita.

-La luce viene mangiata dall'oscurità.

“Quindi nel nero c'è luce?”

-Per niente!

“Allora adesso vi faccio un'ultima domanda... Cosa succede con un filtro bianco?”

Prima che il foglio bianco fosse posto a terra, i bambini mi hanno detto:

-Il bianco fa passare tutta la luce, perché il bianco è l'arcobaleno!

“In che senso?”

-Perché tutte le luci insieme fanno il bianco!



“Bambini, ma allora avete capito perché, se mettiamo il filtro verde, rosso e blu l'uno sull'altro si forma il nero?”

-Si maestra, perché non passa la luce!

-Si bloccano tutte le luci perché sono come tre buttafuori!

“E perché la luce verde, più la rossa e la blu non formano il nero?”

-Perché le luci sono luminose, non possono mai formare il nero!

Sono molto soddisfatta da questo gioco e dalle affermazioni dei bambini. Forse questa attività, più di tutte, mi ha fatto capire quanto possa diventare semplice

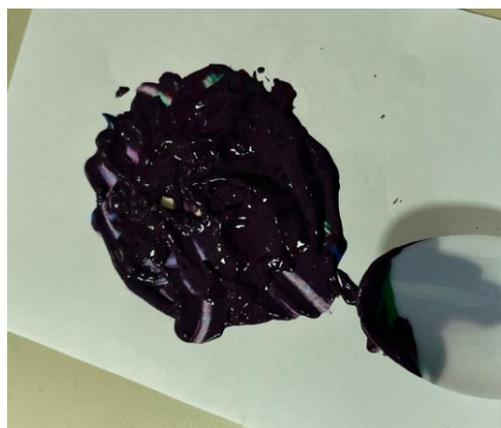
un fenomeno se si fa in modo di renderlo davvero semplice e tangibile. Nonostante fosse passato del tempo da un incontro e l'altro, i miei alunni ricordavano il meccanismo della sintesi additiva e della sintesi sottrattiva, seppur io non avessi dato troppe indicazioni teoriche in merito.

Abbiamo concluso l'incontro con un bel cartellone esplicativo, sul quale abbiamo inserito tutti i fenomeni relativi al colore, affrontati finora. Sono stati i bambini a propormi di utilizzare i post-it per mostrare come avviene la somma di pigmenti nella sintesi sottrattiva.



7.4.3 Mescoliamo le tempere: classe Terza

In classe terza ho pensato di affrontare il tema della sintesi sottrattiva con le tempere, per venire incontro al bambino con DSAu, il quale adora pasticciare con i colori. Dopo aver fatto un ripasso generale relativo alla somma di luci, ho proposto di ripetere il fenomeno, utilizzando però le tempere.



-Maestra, esce un viola prugna!

-No, sembra nero!

“Ragazzi, che cos’è successo? Perché non esce il bianco?”

-Perché i colori sono scuri!

-Si scuriscono sempre di più.

“E invece perché le luci sommate formano il bianco e non il nero?”

-Il nero non c’è nella luce!

-Maestra perché il massimo della luce è il bianco!

“Se usassimo i pennarelli ed i pastelli uscirebbe il bianco?”

-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.



-Maestra! Si sono riformati i colori delle luci!

-Il verde, rosso e blu!

“Con le torce si potevano formare questi colori, a partire dagli altri?”

-No, maestra, perché tu hai portato le torce rossa, verde e blu e da quelle hai formato gli altri colori.

“Bravissimi. I colori rosso, verde, blu sono i primari della sintesi additiva. Si chiamano così perché nessuna luce può formare rosso, verde e blu. Gli altri sono i secondari della sintesi additiva. Quando invece usiamo i pennarelli, le tempere o i filtri, parliamo di sintesi sottrattiva. I colori primari, in questo caso, sono giallo, magenta e ciano, perché da questi si formano tutti gli altri”.

-Ho capito, è all'incontrario!

-Il viceversa!

“Esatto, proprio così!”

Disegniamo insieme i due cerchi, quello della sintesi additiva e quello della sintesi sottrattiva.

7.4.4 Il gioco della sintesi sottrattiva: classe Terza

Quel giorno avevo quattro ore con i bambini di Terza, quindi ne ho approfittato per riproporre il gioco della sintesi sottrattiva che ho inventato per la Prima. Ho pensato di coinvolgere, in particolar modo, gli alunni con ADHD, per catturare la loro attenzione. Uno di loro tiene in mano i filtri, l'altro decide quale strisciolina di luce può passare. La parte più interessante è quella in cui decido di sovrapporre i tre filtri rosso, blu e verde.

-*Il verde può passare!* Dice G., che vede il filtro verde davanti agli altri due.

“Giusto, passa, ma dietro al filtro verde cosa c’è?”

-*I filtri blu e rosso.*

“E qui ci può andare il verde?”

-*Mmm...no. Allora resta bloccato in mezzo.*

“Proviamo con il rosso”

-*Ah sì maestra, il rosso può passare.*

“Perché può passare?”

-*Perché è l’ultimo filtro.*

-*No! Stai sbagliando! Se è l’ultimo filtro non può passare perché viene bloccato dagli altri due.*

-*Non può passare nessuno!*

-*Infatti se li mettiamo tutti insieme si vede nero!*

“Proprio così. Ogni filtro fa passare una sola luce, ma blocca tutte le altre, e alla fine vengono bloccate tutte le luci dell’arcobaleno. Per questo si chiama *sintesi sottrattiva*: si tolgono lunghezze dalla luce, fino ad ottenere il nero”.

Propongo di riportare sul quaderno il gioco appena fatto, dividendo la classe in due gruppi: quello dei maschietti e quello delle femminucce. Do il compito di tagliare striscioline del colore dell’arcobaleno, mentre io aiuto a ritagliare i rettangoli che fungeranno da filtri.



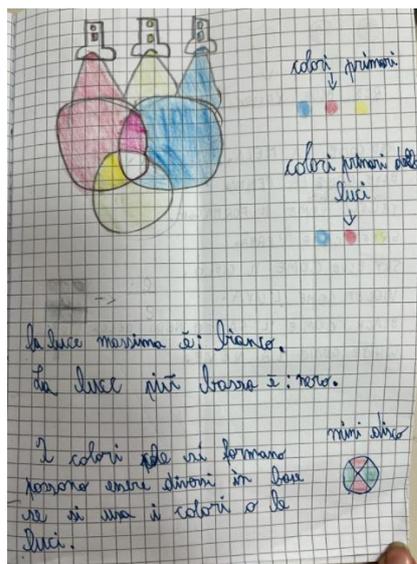
Poi, ogni bambino incolla sul quaderno le striscioline a mo' di raggi del sole e, posizionando al centro un filtro, mostra quale strisciolina della luce può passare.



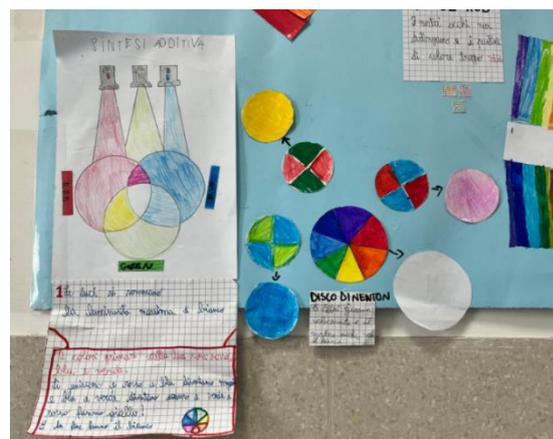
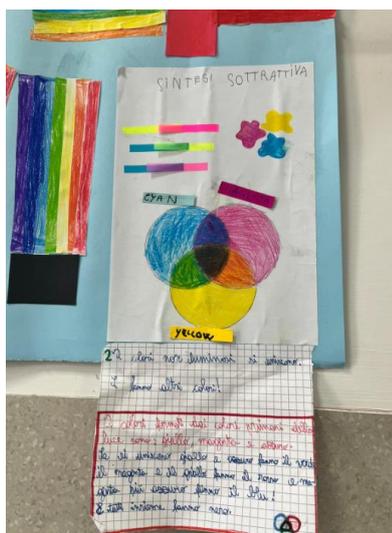
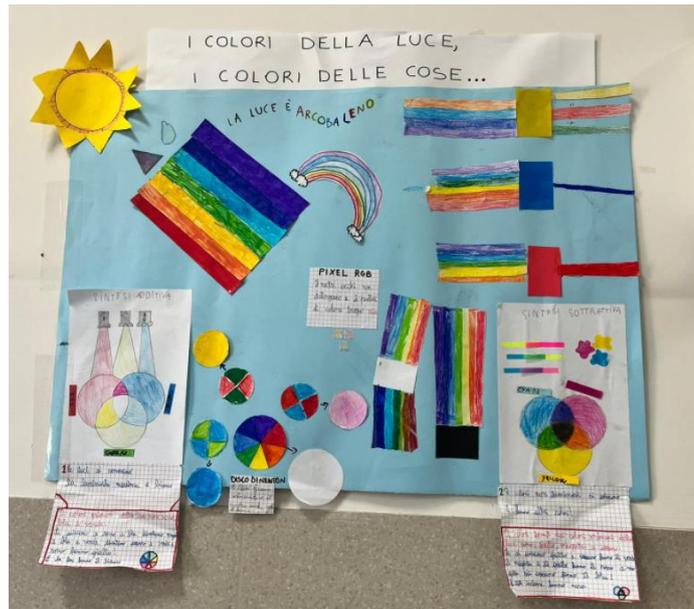
Noto con piacere che i bambini non hanno difficoltà nel comprendere il concetto. Inoltre, disegnamo insieme il cerchio della sintesi additiva e della sintesi sottrattiva, per notare somiglianze e differenze.



Mi colpiscono, come al solito, i disegni di M. che, in totale autonomia, riporta tutte le esperienze fatte in classe, senza che sia io a chiedergli di farlo. In questo disegno si può notare la sovrapposizione di luci nella sintesi additiva, e la differenza tra “colori primari” riferiti ai pigmenti e “colori primari della luce”, riferiti alle luci.



Decido, quindi, di realizzare assieme alla classe un bel cartellone che riassume le esperienze relative ai colori nella luce ed ai colori delle cose. Niente è lasciato al caso: divido gli alunni in gruppetti, dando a ciascuno di questi un compito: chi ritaglia le striscioline dell'arcobaleno, chi prepara i disegni, chi scrive le vignette, chi incolla. Tutti sono indaffarati, impegnati e felici di concorrere alla realizzazione di qualcosa di unico che verrà affisso nell'aula. I disegni di M., sempre precisi ed esplicativi, sono il punto di partenza per il manufatto ed il bambino si sente molto gratificato per questa scelta. Avendo ormai compreso i gusti dei miei scolari, le passioni e gli interessi, so bene in che modo coinvolgerli per tenere alta la motivazione. Infatti, per la prima volta noto, con immenso piacere, che persino C. si propone di collaborare, di dare una mano agli altri ed a me, chiedendomi di potersi rendere utile. Per me è motivo di orgoglio osservare questi grandi cambiamenti che dimostrano quanto sia efficace la didattica laboratoriale impostata in questo modo, poiché consente ad ognuno di esprimersi e tirar fuori il meglio di sé, e a me di fare leva sui loro talenti e punti di forza.



8. Non credere sempre ai tuoi occhi: le illusioni

Gli ultimi incontri sperimentali con gli alunni di Prima e di Terza sono dedicati all'argomento delle illusioni ottiche (cfr. par. 6 del cap. 2). In linea con il titolo della mia tesi, l'intento è quello di dimostrare, "toccando con mano", come la visione sia un processo complesso, che non coinvolge soltanto gli occhi, ma ha a che fare con un centro di comando in grado di dare "suggerimenti": il nostro cervello, infatti, contribuisce ad attribuire un significato alle immagini che

vediamo, a volte ingannandoci, altre volte portandoci a vedere quello che non c'è.

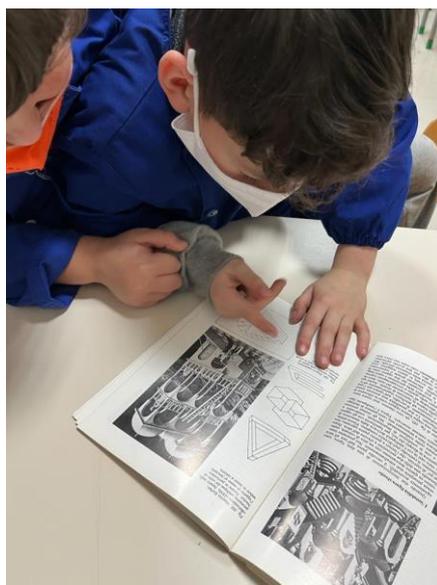
Le illusioni, come gli esperimenti di fisica, hanno contribuito a rendere gli alunni autonomi ed attivi nel personale processo di apprendimento, consentendo loro di fare ipotesi, deduzioni ed abbozzare teorie.

8.1 Ingannare la mente: classe Terza

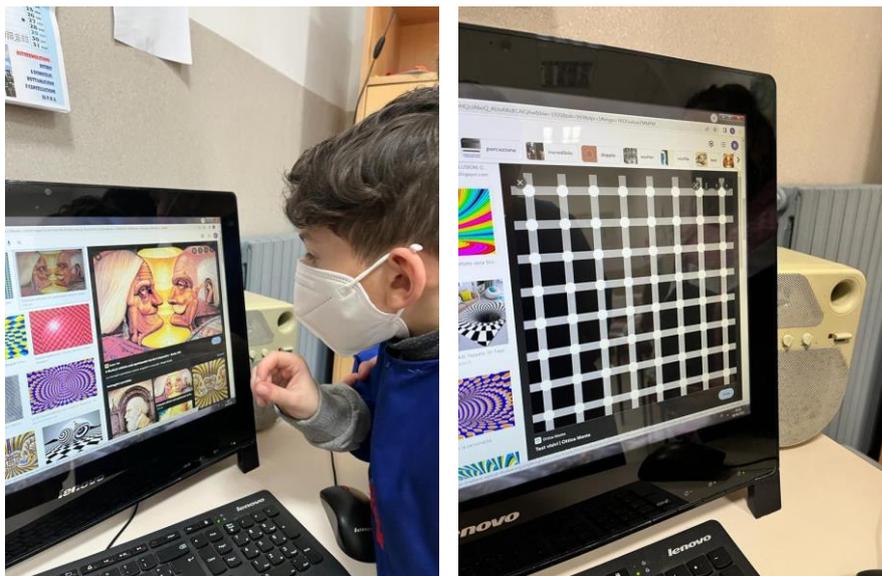
L'incontro dedicato alle illusioni, in classe Terza, è stato particolarmente gratificante perché, per la prima volta, i miei alunni si sono trovati di fronte a situazioni talmente ambigue da esserne fortemente incuriositi.

8.1.1 Immagini ambigue

Ho mostrato loro alcune illusioni dal libro *Luce colore visione* di Andrea Frova.



Dopodichè, ho proposto varie versioni moderne, colorate, visionate al pc.



All'inizio, per qualcuno, è stato difficile interpretare le figure ambigue, e c'era chi aiutava a vedere ciò che gli altri non riuscivano a scorgere nella figura.

Successivamente, ho invitato tutti a sedersi ed ho chiamato, un po' per volta, gli alunni alla cattedra, per mostrare loro le illusioni che avevo stampato per loro, lasciando che si aprissero dibattiti.

Le illusioni più controverse sono state le figure ambigue.



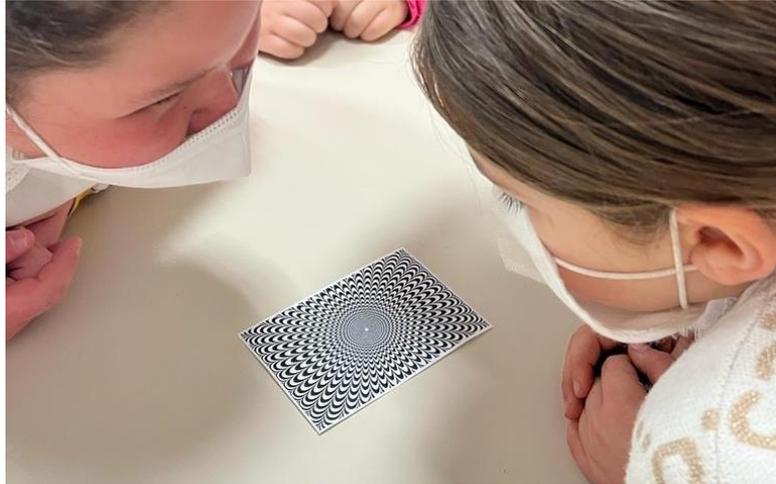
-Ma io non la vedo la coppa!

“Devi guardare lo sfondo, la parte bianca”.

-Io vedo solo le due facce... ah sì!! Ora la vedo!

-Ma come fai a vedere un coniglio?

-Devi girare la figura, mettila così!



L'illusione di movimento ha tenuto i bambini con gli occhi incollati al foglio, seppur qualcuno si lamentasse:

-Maestra, mi fanno male gli occhi!

-Sembra che ci stanno ipnotizzando!

-Come fa a muoversi?

“Sono i piccolissimi e numerosi movimenti dei nostri occhi, anche involontari, che fanno sì che l'immagine appaia in movimento”.

-Io non la vedo muoversi...

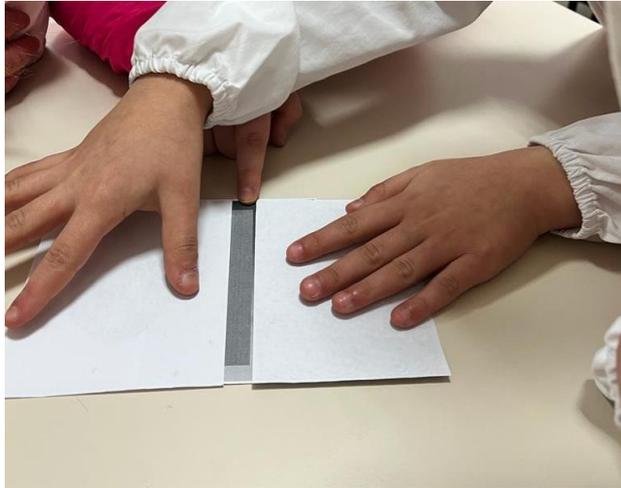
L'illusione del contrasto simultaneo, invece, ha lasciato tutti a bocca aperta.



-Maestra, ma si vede troppo bene che la barra è di due colori.

-No, secondo me è di un unico colore! Dice M., che ormai aveva capito il “trucco”.

“Volete vedere che la barra è di un unico colore? Proviamo ad isolarla dallo sfondo”.



8.1.2 Contrasto successivo e simultaneo

“Bambini” ho detto “Ma voi pensate che i nostri occhi ci dicano sempre la verità?”

-No maestra, perché ci illudono!

-Ci fanno credere cose che non sono vere.

“Infatti, era questo il senso del nostro incontro di oggi”.

“Sapete, le illusioni funzionano anche con i colori!”

-Oddio voglio vedere!

“Ve lo dimostro subito”. Così dicendo, ho distribuito ad ogni bambino un quadratino di cartoncino colorato, posizionato su un foglio bianco. Ho detto:

“Guardate fisso il quadratino e, dopo un bel po’ di tempo, spostate lo sguardo sul foglio bianco e ditemi che colore vedete!”.

I bambini, super eccitati per questo “gioco”, si sono messi all’opera.



Inutile dire che, di fronte alle affermazioni dei compagni (*Mi è uscito il verde!* *Mi è uscito rosso!*) chi aveva il quadratino del colore simile temeva che l'esperimento non riuscisse, quindi si concentrava al punto da dire *Sto sforzando gli occhi ma non lo vedo!*

Per la maggior parte degli alunni l'illusione ha funzionato: il colore percepito dopo aver distolto lo sguardo dal quadratino era il suo complementare. Ho spiegato che questo fenomeno – chiamato *contrasto successivo* (cap. 2, par. 6.4.1) accade perché i nostri occhi, a furia di fissare, ad esempio, il giallo, si abituano a questa lunghezza d'onda, quindi ne risultano meno sensibili. Così, quando il giallo “scompare”, l'immagine che resta nell'occhio è un quadrato viola, poiché l'occhio è diventato più sensibile alle altre lunghezze d'onda che non comprendono il giallo.

Successivamente, senza dare troppe spiegazioni, ho distribuito alla classe alcune strisce di cartoncino, nere e arancioni. Chiamando i discenti in gruppetti alla cattedra, ho suggerito come posizionare le strisce incollandole in modo tale da replicare l'*illusione di Munker-White*, nella quale le strisce colorate adiacenti alle strisce scure, appaiono diverse per saturazione e luminosità rispetto alle stesse strisce colorate, poste accanto a quelle bianche.



L'illusione non è stata percepita immediatamente, ma quando ho sollevato il foglio per mostrare alla classe quello che avevamo realizzato, c'è stato un *Oooh* generale, ed i bambini si sono alzati in piedi per verificare, più volte, il ripetersi dell'illusione.

-Maestra, ma le strisce arancioni erano proprio uguali?

“Certo, ve le ho fatte vedere inizialmente!”

-Ovvio che sono uguali, solo che quando le strisce arancioni sono sul nero sembrano più chiare!

“Ma come fa il colore a cambiare?”

-Eh maestra, ce lo devi dire tu!

-È un mistero?

“Vi ricordate le immagini di Napoli di giorno, di notte e al tramonto?”

-Ah maestra ho capito!! La luce modifica i colori!!

“Esatto! Quindi i colori esistono realmente o dipendono da come li vediamo?”

-I colori sono tutta un'illusione!!

“Lo sfondo ci fa percepire i colori in maniera diversa. Quindi ogni colore dipende dal colore che gli sta accanto”.

Poi mi è venuta un'idea.

“Guardate M.V., che ha questa bella carnagione mulatta”.

“Immaginatelo vestito tutto di nero... Poi immaginate uno di voi con la pelle molto, molto chiara, tipo...”

-Come N!

“Ecco. Secondo voi, con un vestito nero, chi risulta più *illuminato*?”

-N!! Perché M.V. è già scuro, e con un vestito scuro sembrerebbe ancora più scuro!!

“Esattamente! Questo è ciò che succede alle strisce che abbiamo realizzato. Se mettiamo un colore chiaro sopra un colore scuro, il chiaro risulta ancor più chiaro e luminoso!”.

Il fenomeno del *contrasto simultaneo* (cap. 2, par. 6.4.1) è alla base dell'illusione di Munker-White.

8.1.3 Trova il punto cieco

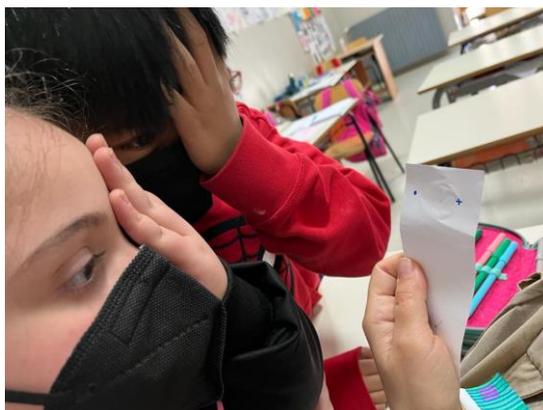
Poi, ho posto la seguente domanda:

“Sapete che, nei nostri occhi, c'è una zona completamente cieca?”.

A sentire queste parole, qualcuno si è spaventato.

“Questa zona, chiamata *punto cieco*, è un piccolo punto presente in ognuno dei due occhi. Per trovarlo dobbiamo fare un test”.

Così dicendo, ho sottoposto i bambini al test del punto cieco, mostrando loro l'immagine di una crocetta ed un punto affiancati l'uno all'altro. Dopo aver suggerito di chiudere uno dei due occhi e di guardare il punto o la crocetta, ho lasciato che muovessero la testa in avanti e indietro fino a non vedere più l'altro elemento.



-L'ho trovato!! L'ho trovato!! Non vedo più il punto!!

-Anche io!! Eccolo!

-No, dai, ma come avete fatto? Io li vedo entrambi!

-Maestra ma quale occhio devo chiudere?

Ho domandato come mai, secondo loro, al posto del puntino comparisse il foglio bianco.

-Perché l'occhio è cieco, quindi non vede niente.

“Non proprio”.

-Perché il bianco è il nulla!

-Il bianco non è un coloreee!!

Ho spiegato che il colore non c'entra nulla: i nostri occhi, quando non riusciamo a vedere qualcosa per via del punto cieco, vengono aiutati dal cervello, che aggiunge il “pezzetto” che manca, prendendolo dal contesto.

“Se abbiamo uno sfondo bianco, il cervello aggiunge il bianco”.

-E se abbiamo uno sfondo nero?

“Indovinate!”.

-Aggiunge il nero!! Il nero maestra!

“Esatto. Aggiunge parte dello sfondo, qualunque sia il suo colore”.

-Che figata!

“Non solo: se avessimo un solo occhio, il cervello non potrebbe aggiungere nessuna immagine. Perché, secondo voi?”

-Perché servono tutti e due gli occhi!

-Lo volevo dire io...

“Giusto. Il fatto di avere due occhi ci aiuta a compensare quello che all'altro occhio manca”.

-Quindi gli occhi si aiutano!

“Gli occhi si aiutano, sì”.

“Ma secondo voi, i nostri occhi vedono le stesse cose?”.

-In che senso?

“L'occhio destro vede ciò che vede il sinistro?”

-Mmm... si?

-Secondo me no!

“Ogni occhio vede un’immagine diversa, ma poi il cervello le mette insieme”.
Per dimostrarlo, ho invitato i bambini a stendere un braccio in avanti, guardare il proprio pollice e farlo, successivamente, chiudendo prima un occhio e poi un altro.



-Maestra! Ma sembra che si sposta!

-Si muove!!

“Perché ogni occhio invia al cervello un’immagine diversa. Quando guardiamo con entrambi gli occhi, il cervello fa un *riassunto* delle due immagini”.

-Il cervello è come un maestro allora!

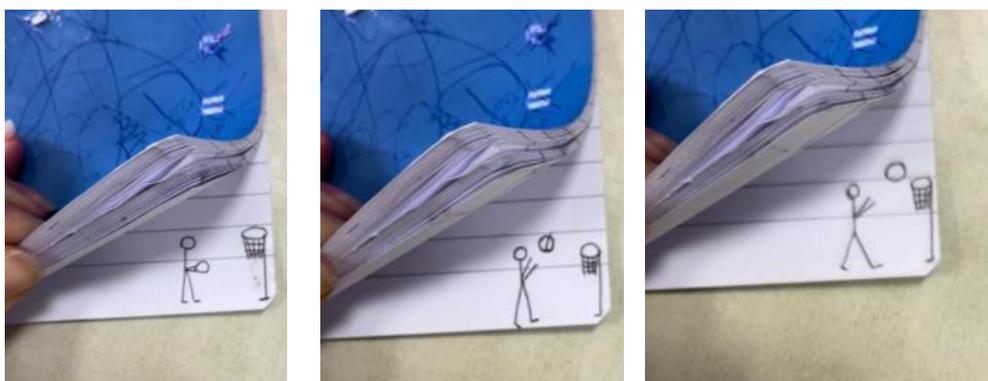
“Proprio così”.

8.1.4 Creiamo un’animazione

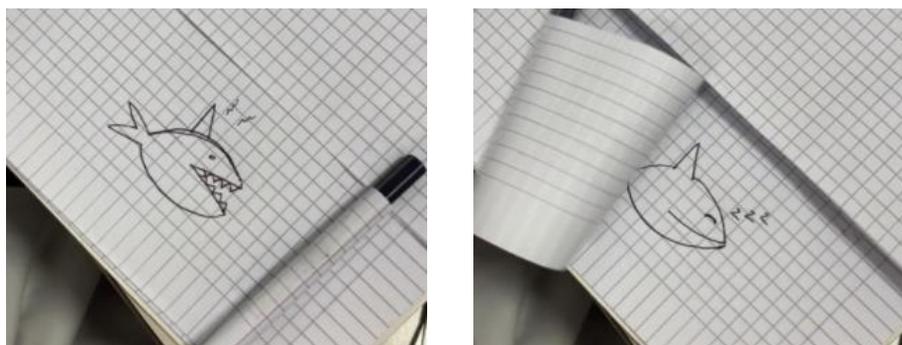
“Adesso, invece, vi mostro una particolarità degli occhi che è alla base della visione dei cartoni animati”.

-Cosa??

Ho mostrato ai miei alunni un quadernino animato, o *flip book*, realizzato con un semplice quaderno sul quale avevo disegnato, su ogni pagina, un frammento di immagine, o *frame*: si trattava di un omino che giocava a basket. Lasciando che le pagine girassero velocemente, l'omino sembrava muoversi e gettare il pallone nel canestro.



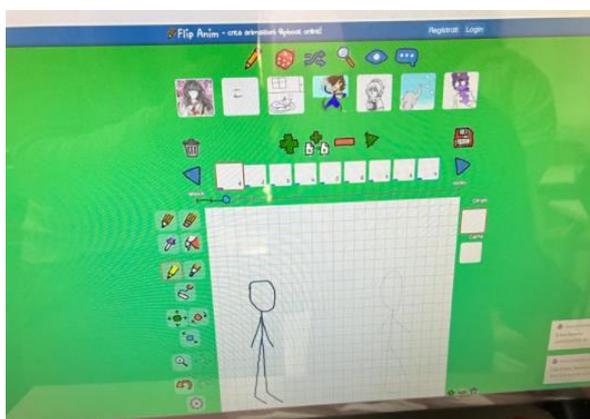
Increduli, i bambini hanno voluto assolutamente replicarlo, quindi qualcuno ci ha provato, qualcun altro ha optato per un metodo più semplice: quello di disegnare un *frame* su un foglio piegato a metà, ed un altro *frame* sulla pagina immediatamente sovrapposta, di modo che, muovendola, uscisse fuori l'immagine animata.



Al di là dello stupore e del divertimento, non è stato difficile, per gli alunni, comprendere il meccanismo sotteso a questo particolare fenomeno: si tratta della *permanenza dell'immagine sulla retina*: il nostro cervello è in grado di trattenere in memoria per qualche attimo l'immagine di un oggetto che si è formata sulla retina, anche dopo che questo è scomparso alla nostra vista. Il cervello, la

memorizza per circa 1/16 di secondo e se, immediatamente dopo, davanti ai nostri occhi passa una seconda immagine, per effetto della persistenza le due si fondono⁵⁶. Ho spiegato che tale principio è alla base del cinema o dei cartoni animati: nei film d'animazione sono proiettati circa 24 fotogrammi al secondo, che il nostro occhio distingue separatamente, percependo così l'effetto del movimento.

Ho voluto dimostrare la veridicità di questa informazione lasciando i bambini liberi di “creare” un'animazione con il computer, attraverso la piattaforma “Flip Anim” all'indirizzo www.flipanim.com/.



Ognuno dei discenti ha provato, dunque, a disegnare le sequenze di movimento di un omino molto stilizzato, per poi osservarle “all’opera”.

8.1.5 Le illusioni in pubblicità

Abbiamo terminato l'incontro realizzando un cartellone sul quale abbiamo incollato le figure stampate delle illusioni ottiche, le strisce di Munker-White ed alcuni quadrati colorati che mostrano l'effetto del contrasto simultaneo dei colori complementari.

Ma abbiamo fatto di più: avendo chiesto alla classe, nei giorni precedenti, di portare a scuola dei ritagli di giornale raffiguranti prodotti alimentari che i bambini sono soliti comprare al supermercato, ho invitato tutti a descrivere i

⁵⁶<https://icacerbi.edu.it/wp-content/uploads/2015/07/macchine-precinema.pdf#:~:text=La%20retina%2C%20posta%20in%20fondo,persistenza%20e%20due%20si%20fondono.> 13/06/2022

colori presenti sul *packaging* dei prodotti, per poi dividere la classe in gruppetti al fine di sistemare i prodotti classificandoli per coppia di colori complementari. Abbiamo notato, infatti, che l'espedito utilizzato dalla pubblicità e dal marketing è proprio quello di utilizzare il colore per rendere un prodotto più appetibile e desiderato: solitamente, si utilizzano colori chiari in contrasto con colori scuri (come accade per le confezioni di *Pan di stelle* o i barattoli di *Nutella*). Le coppie di complementari trovate nei prodotti, sono state:

- Marrone-bianco (simile al bianco-nero)
- Azzurro-arancio o giallo-blu
- Verde-rosso

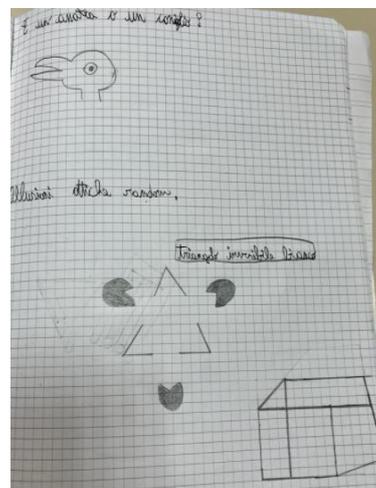
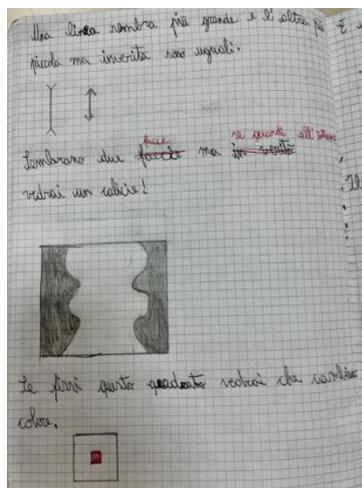


Abbiamo compreso, quindi, che la percezione dei colori non ha a che fare soltanto con un fenomeno fisiologico-percettivo, ma anche psicologico: l'accostamento di colori complementari rende i prodotti brillanti, facilmente individuabili e riconoscibili al supermercato, così da esercitare in noi un'influenza tale da spingerci a preferire proprio quelli, piuttosto che altri.

Il lavoro sulle illusioni è stato particolarmente gratificante, perché la lasciato aperti ampi spazi di discussione e, come al solito, l'entusiasmo per aver realizzato un manufatto da appendere con orgoglio in classe e per il quale il contributo di ognuno è stato fondamentale. Qui di seguito le foto.



Come al solito, c'è chi ha voluto appuntare sul quadernino degli esperimenti le attività fatte in classe, disegnando alcune illusioni ottiche tra quelle viste insieme.



8.2 Ingannare la mente: classe Prima

Con i miei piccoli alunni della Prima ho affrontato il discorso “Illusioni” sulla falsariga di quello portato in Terza, seppur con qualche differenza: con loro, infatti, ho progettato per prima cosa la costruzione di un *triangolo di Kanizsa* e i cerchi dell’*illusione di Ebbinghaus*. La classe si è divertita molto ed è rimasta fortemente stupita.



Una bambina, M., ha fatto un’osservazione molto importante:

-Maestra, con queste striscette abbiamo fatto questo triangolo, però non lo abbiamo costruito veramente.

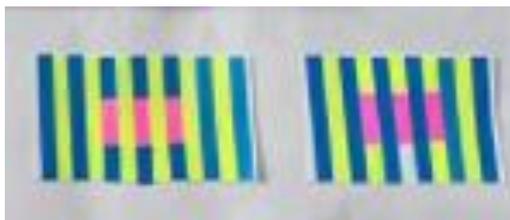
Si riferiva, appunto, alla constatazione del fatto che il triangolo *invisibile* è una percezione del nostro cervello, ma in effetti non c’è alcun dato fisico che ne dimostri l’esistenza.

Ho spiegato che, spesso, che i nostri occhi possono essere ingannati da ciò che il cervello ci suggerisce, o viceversa.

“Sapete perché ho chiamato questo lavoro *Non credere sempre ai tuoi occhi?*” li ho stuzzicati.

-Perché gli occhi non dicono sempre la verità! Ha risposto ad alta voce M.

“Ora ve ne do un’ulteriore dimostrazione”. Così, ho mostrato alla classe un’illusione che avevo trovato su internet e mi ero preparata a casa, sullo stile delle bande di Munker-White. Utilizzato dei semplici post-it gialli, magenta e blu, che ho assemblato come nella figura qui sotto.



Li ho mostrati ai bambini facendoli vedere prima da vicino:

-Maestra non cambia nulla, sono due cose uguali.

Al che, ho invitato la classe ad osservare le due immagini da lontano.

-Oddio! Hanno cambiato colore!!

“Cos’è successo?”

-Lì il fucsia è diventato arancione!!

“Sapete perché è successo?”

-Una magia!!

“Non è una magia. È il nostro cervello che viene ingannato dal fatto che il fucsia si trova una volta sul blu ed una volta sul giallo. È come se i colori si mescolassero nella nostra mente, perché si influenzano a vicenda”.

-Come con le torce?

“Quasi, diciamo che potrebbe essere così. Se ci fate caso, è come se il giallo si mescolasse al fucsia e lo facesse apparire arancio, mentre poi il fucsia si mescola al blu ed appare un po’ più violetto”.

Abbiamo quindi realizzato anche in Prima un piccolo cartellone che ha visto il contributo di tutti.



8.2.1 Giochiamo con la prospettiva

Per terminare il nostro incontro sulle illusioni, ho deciso di far divertire i bambini con una sorta di gioco della prospettiva. Al fine di rendere concreto il modo in cui la nostra mente è abituata alla visione tridimensionale e prospettica, e per comprendere il meccanismo di *costanza delle dimensioni* (cap.2, par. 1), ho disposto i bambini in fila, dopodichè ne ho scelti due a caso ed ho dato loro due compiti: uno doveva reggere in mano un oggetto (un regolo) in modo che il resto della classe potesse vederlo, mentre l'altro compagno doveva posizionarsi più lontano, ma sempre frontalmente al gruppo classe.

Li ho invitati ad osservare prima il regolo e poi il compagno lontano, chiedendo loro di descrivermi come cambiava la visione a seconda dell'oggetto o del bambino da fissare.



-Mi vengono gli occhi storti!

“E perché?”

-Quando guardo il regolo vedo male A., ma quando guardo A. il regolo sembra annebbiato.

-Sfuocato!

“Come conosci questo termine?” domando a C.

-Lo dice mio papà quando fa le foto.

“Bravissimo. Avete presente quando dovete fotografare un oggetto, ma mettete la fotocamera del telefono troppo vicina? L’immagine sembra...”

-Sfuocata, non si vede niente.

“Ecco. I vostri occhi si comportano allo stesso modo. Sanno mettere a fuoco”.

“Volete vedere un altro trucchetto?”

-Siii maestra!

“Ora vi faccio vedere H. con la testa di un quadrato!”.

-Ahaha ma che dici, maestra?

Faccio posizionare H. in un punto, prendo un blocco logico a forma di quadrato e, restando ben lontana da lei, lo tengo in alto con la mano, in modo tale che, grazie alla nostra visione prospettica, esso appaia appoggiato sul collo della bambina. Invito tutti a guardare, sia dal vivo che sulla foto che ho scattato con lo smartphone.



I bambini, oltre a ridere di gusto, vogliono provare loro stessi, così consegno ad ognuno di loro una forma logica, lasciando che, in autonomia, riescano a posizionarla in modo tale da far apparire il compagno di fronte come era apparsa H. nella foto di prima.



Spiego che questa sorta di illusione si verifica perché, grazie alla presenza di due occhi, possiamo percepire la prospettiva e decidere come mettere a fuoco le immagini.

Per concludere, faccio loro un piccolo test.

Chiedo a M. di tenere in mano un quadrato, e di posizionarsi vicino alla cattedra.

Poi, invito L. a tenerne in mano un altro, ma ad una distanza sufficientemente grande da M. a turno, chiamo i bambini invitandoli a posizionarsi davanti a L. per osservare la scena, che appare come nell'immagine qui sotto.



“Dov’è il quadrato più piccolo?” chiedo.

-*Quello che ha in mano M.*

-*Quello più lontano!*

“E quello più grande?”

-*Ce l’ha in mano L.*

“Ma nella realtà, qual è il quadrato più grande?”

-*Maestra, ma sono uguali...*

“E allora perché, così, sembrano diversi?”

H. si avvicina a me e dice:

-*Perché quando guardiamo una cosa che sta lontano, ci sembra piccolissima, tipo... tipo... quando vediamo le barche nel mare.*

“E se la guardiamo da vicino?”

-*Da vicino è normale.*

“Quindi la luna è grande o piccola?”

-*Piccola...*

-*Grande!*

-*Grandissima, ma meno del sole!*

“Giusto. È grande, ma noi la vediamo piccola”.

-*Perché è molto lontana da noi.*

Completo la spiegazione dicendo che questa è una caratteristica fantastica del nostro sistema visivo: poiché siamo abituati a vedere le cose in prospettiva, sappiamo in automatico che un oggetto lontano appare piccolo, ma in realtà ha una grandezza ben precisa.

“Il nostro cervello è capace di *indovinare* la grandezza degli oggetti, anche se non in modo preciso, nonostante appaiano più piccoli o più grandi di quello che sono”.

-*Il nostro cervello è intelligente!* Esclama sorridendo M.

“Proprio così, e quello dei bambini lo è ancora di più!” concludo con orgoglio.

9. Valutazione

La valutazione relativa a questo percorso basato sulle sperimentazioni scientifiche non può che essere basata, prettamente, sulla verifica *in itinere*. Ho valutato l'approccio degli alunni fenomeni osservati, il modo di rispondere, l'atteggiamento attivo nei confronti delle attività, l'attenzione, la partecipazione, la correttezza delle frasi e dei disegni riportati sul quaderno, le domande pertinenti e così via. Inoltre, i numerosi manufatti ed elaborati dei bambini – alcuni realizzati in totale autonomia – mostrano un vivo e sincero interesse, ma confermano altresì l'acquisizione di competenze attraverso l'apprendimento attivo. I miei alunni, abituati al timore di sbagliare, hanno imparato ad esprimere le proprie tesi, e sono diventati particolarmente bravi nel *Problem solving*, unendo l'attenzione al ragionamento logico. Molti di loro possiedono grandi capacità di risoluzione dei problemi, venute fuori soltanto attraverso questa forma di didattica inusuale, che i bambini non avevano quasi mai esperito, soprattutto in classe Terza, dove la rigidità del metodo di insegnamento consueto appiattisce qualsiasi forma di personalità e originalità. In classe Prima, invece, dove il clima di classe è molto più sereno, gli alunni si rivelano particolarmente svegli, propositivi e meno inibiti nell'esprimersi. Grazie ad un'attenta osservazione *in itinere*, perciò, ho constatato con fierezza che i bambini considerati più difficili o “meno studiosi” rivelavano, invece, molte meno difficoltà nel comprendere fatti pratici, che invece sfuggivano ai discenti abituati al pensiero astratto e teorico. Basandomi su queste valutazioni periodiche, ne ho quindi realizzate due generali, una per classe (Tabella 1 e Tabella 2), in linea con i livelli di apprendimento esplicitati nella nuova Ordinanza ministeriale del 2020⁵⁷. Tra i punti considerati oggetto di valutazione, ci sono, essenzialmente: la capacità di fare collegamenti tra i fenomeni e di cogliere la trasversalità con le altre materie; l'intuizione; l'utilizzo intelligente degli strumenti; la correttezza d'esposizione; la memoria; l'abilità di utilizzare correttamente i termini appresi (anche in inglese) e di riferirli alle varie situazioni; l'autonomia; l'autocontrollo; la collaborazione; la partecipazione e l'interesse. I livelli raggiunti, soprattutto in classe Terza, contrastano fortemente con i giudizi che i bambini hanno

⁵⁷ Articolo 3, O.M. 04/12/2020, n. 172.

ottenuto nelle altre materie: il motivo risiede nel fatto che, un lavoro come questo, basato sulle sperimentazioni, consente all'insegnante di non fermarsi alla rilevazione dei classici obiettivi di apprendimento, spesso troppo limitanti e relegati ad una questione burocratica: al contrario, è possibile valutare tutti quegli aspetti fondamentali per la riuscita di un apprendimento che duri nel tempo.

Nelle tabelle, ogni livello è indicato nel modo seguente:

- A = avanzato;
- I = intermedio;
- B = base;
- P.A. = prima acquisizione.

	Me	Em	La	Mi	A	H	S	Ma	Al	L	C
Autonomia	B	B	A	A	A	A	A	A	B	B	A
Partecipazione	A	A	A	A	A	A	A	A	B	I	A
Interesse	A	A	A	A	A	A	A	A	B	I	A
Collaborazione	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	A
Ragionamento	I	I	A	A	A	A	A	A	B	I	A
Organizzazione del lavoro	I	I	I	A	A	A	A	A	B	B	A
Consapevolezza	I	I	I	A	A	A	A	A	B	B	A

Tabella 1 – valutazione classe Prima

	M.F.	N	L	S	V	M	A	I	E	Ch a	C h	C	M. V.	G	D
Autonomia	A	A	A	A	A	B	A	I	B	A	I	B	A	B	I
Partecipazione	A	A	A	A	A	B	A	I	I	A	I	B	A	B	I
Interesse	A	A	A	A	A	B	A	I	I	A	A	I	A	I	I
Collaborazione	A	A	A	A	A	B	A	I	I	A	I	I	A	B	I
Ragionamento	A	A	A	A	A	B	A	I	I	A	I	I	A	I	A
Organizzazione del lavoro	A	A	A	A	I	B	A	I	I	A	I	B	A	B	I
Consapevolezza	A	A	A	A	I	B	A	I	I	A	I	B	A	I	I

Tabella 2 – valutazione classe Terza

Come si evince dalla griglia di valutazione, i bambini presentano un livello degli apprendimenti che oscilla, in media, tra intermedio e avanzato. In particolar modo, tengo a sottolineare come il livello si alzi relativamente alla collaborazione: in effetti, la soddisfazione maggiore l'ho riscontrata proprio nella cooperazione tra gli alunni, che ha visto protagonisti sia quelli solitamente abituati a lavorare in gruppo, che quelli facilmente distraibili e assenti. Tutti hanno compreso che l'unione fa la forza e che ognuno è importante per il contributo che riesce a dare. Inoltre, l'interesse è stato vivo per tutti, ad eccezione di quei pochi bambini che erano scarsamente presenti o che, per via di qualche problematica, non hanno potuto cogliere appieno il senso delle sperimentazioni. 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. Riporto le domande e le risposte medie, che valgono per entrambe le classi (Tabella 3).

Domande	Risposte medie
Ti è piaciuto il percorso <i>Non credere sempre ai tuoi occhi?</i>	Sì
Hai fatto scoperte importanti?	Sì
Ritieni che queste scoperte siano utili nella vita?	Sì
Ti sei sentito utile nel gruppo?	Sì
Ti piace imparare giocando?	Sì
Conoscevi già i fenomeni osservati insieme?	No
Pensi che la scienza si impari solo a scuola?	No
Vorresti fare altri esperimenti?	Sì

Tabella 3 – questionario di gradimento

Conclusioni

Trattare un discorso così straordinario come quello della visione e della percezione, per quanto complesso sia, con bambini in età scolare, ha contribuito a rafforzare in me la convinzione che gli esperimenti scientifici, proposti sotto forma di gioco insieme ad una *Didattica laboratoriale* che lascia agli alunni la possibilità di “fare da soli”, rappresentino uno strumento fondamentale per la l’insegnamento, in quanto rafforzano l’apprendimento, la motivazione, incoraggiano a fare sempre più e meglio, tirano fuori da ogni individuo i particolari talenti che ci rendono unici e che, troppo spesso, restano nascosti all’ombra di una didattica piatta e monotona. Posso affermare senza dubbio che, nel mio lavoro di studentessa ed insegnante, la scienza si è fatta “veicolo di integrazione e sviluppo”, agendo con successo in un contesto fortemente disagiato come quello del mio Istituto, dove dispersione scolastica, abbandono e delinquenza sono i sintomi evidenti della “malattia” che affligge i suoi iscritti. Una malattia tanto silenziosa quanto devastante, che getta le sue radici nella povertà e nell’ignoranza.

Un male che non dovrebbe in alcun modo toccare i bambini ma che, tuttavia, fa di loro le sue prede preferite: proprio loro, che dovrebbero essere pieni di vita e di speranza, si ritrovano a dover crescere in fretta, per strada, lontani dal calore della famiglia o dell’entusiasmo vissuto nel clima di classe.

Eppure, la scuola che dovrebbe sanare, educare e rieducare, talvolta si limita a spostare il problema da un'altra parte, a aggirarlo, senza impegnarsi per debellarlo. Forse perché gli adulti si dimenticano di essere stati bambini, forse perché sono stanchi, oppure perché si finisce per adeguarsi alla società che invita a lasciar perdere, a non insistere perché non c’è speranza.

Invece io ho cercato, nel mio piccolo, di non farmi demoralizzare dalla situazione, al contrario ho voluto trasformare lo spazio d’aula in un laboratorio del mondo, fatto di emozioni, giochi, problemi da risolvere, magie da osservare con gli occhi spalancati.

Mi sono lasciata ispirare dal mio professore di Elementi di Fisica, nonché relatore, Emilio Balzano, un uomo che – prima ancora di essere un docente – è stato con noi allievi un maestro di vita, capace di mettersi al nostro livello,

stupendoci, facendoci ridere, tirando fuori dalle nostre menti talenti che nemmeno noi pensavamo di possedere. Ed ha realizzato il miracolo più grande: farci amare la sua materia, dimostrando che ogni cosa può rivelarsi bella, se con altrettanta bellezza viene proposta.

Come lui, ho provato a mettere nelle mani di ciascuno dei miei alunni una piccola bacchetta magica chiamata *possibilità*: possibilità di esprimersi, di domandare, di toccare, di sbagliare. Volevo che ognuno provasse la bellezza della libertà attraverso la gioia di dire e di fare, in completa autonomia, scardinando quella didattica antiquata e polverosa a cui erano abituati. E devo dire che la bacchetta magica ha sortito i suoi meravigliosi effetti: ho visto bambini taciturni diventare grandi chiacchieroni, alunni timidi prendere l'iniziativa, individui considerati "difficili" trovare le strategie migliori per risolvere un rompicapo fisico, discenti con la riluttanza per lo studio avvicinarsi a me chiedendomi altre attività come quelle provate in classe. Ma, soprattutto, ho visto la forza della gratificazione trasformare radicalmente quei bambini che, inizialmente e da sempre, non credevano in se stessi perché nessuno mai aveva creduto in loro, fino a lasciarli convincere che, a scuola come nella vita, non contavano niente.

La mia valutazione, quindi, non si è basata esclusivamente sul lavoro didattico, ma è andata oltre, in profondità: ha tenuto conto dei progressi di chi non camminava ed ha iniziato a muoversi senza paura, di chi non parlava ed ha compreso come esprimersi, di chi teneva tutto dentro ed ha capito come tirarlo fuori e mostrarlo agli altri.

Tuttavia, la valutazione più importante è stata quella dell'entusiasmo.

Ritengo, senza ombra di dubbio, che finché un bambino è felice di imparare, non tutte le speranze sono perse. Ma, per imparare, è necessario che colga l'importanza dell'apprendimento come occasione di crescita e di riscatto. Inoltre, l'apprendimento dovrebbe sempre lasciare una profonda cicatrice: quella di uno spirito che fuoriesce dalle tenebre del corpo e si rivela in tutto il suo splendore: è l'intelligenza – o meglio le intelligenze – personale ed unica che ogni individuo possiede, e che lo rende speciale in quanto diverso, ma pari a tutti gli esseri umani. Occorre, però, che l'intelligenza venga alimentata costantemente, come una fiamma che brucia, perché basta il minimo soffio di

vento a spegnerla. Nelle mie due classi ho visto molteplici intelligenze guizzare fuori come spruzzi d'onde del mare, finalmente libere di imporsi e lasciarsi guardare. Ho percepito la gioia della cooperazione e dell'apprendimento tra pari, la soddisfazione di sentirmi dire: "Maestra, ci sono riuscito!". Perché è proprio così: tutti possono riuscirci, tutti possono sentirsi fieri.

Il pericolo di fare del male a queste piccole, grandi menti è sempre in agguato: come diceva il grande A. Einstein, «Se si giudica un pesce dalla sua abilità di arrampicarsi sugli alberi, lui passerà tutta la sua vita a crederci stupido». Eppure, «ognuno è un genio».

Pertanto, il compito dell'insegnante è un po' come quello di un mago: tirar fuori i sogni dalle menti dei bambini e lasciare che scoprano il modo di trasformarli in realtà.

La mia speranza, è di aver aperto loro una strada, laddove prima c'erano solo massi.

Ai miei alunni va il mio augurio più grande: non importa se lungo la vostra strada inciampate, o vi perderete. Sappiate sempre rialzarvi, e rimettervi sulle vostre tracce per continuare il cammino.

Ringraziamenti

Non avrei mai pensato di scrivere una tesi in Elementi di Fisica.

Eppure, le materie scientifiche mi hanno affascinata fin da piccola.

Il motivo non risiede, banalmente, nella mera convinzione che la Fisica sia astrusa – sono ben abituata a complicarmi la vita e mi attraggono le sfide – quanto più perché mi immaginavo, per la mia seduta di laurea, forse un lavoro meno razionale e più “poetico”, in modo da conciliarsi ad una personalità sensibile e romantica come la mia.

Ma la vita è sempre imprevedibile ed il destino ha voluto che mi appassionassi a questo insegnamento tanto misterioso quanto temuto.

Il merito non può che andare al mio professore e relatore Emilio Balzano, colui che prima ancora di essere un docente, è un individuo dalla grande umanità, con la capacità di approcciarsi ai suoi allievi come solo un vero *maestro* sa fare.

È a lui che va il mio primissimo ringraziamento: il suo modo di fare, il suo talento nel trasformare concetti astratti in esperienze piene di significato e la sua profonda attenzione ad ogni singolo contributo fornito dagli studenti, hanno fatto sì che divenisse, per me, un punto di riferimento, un faro di luce in grado di illuminare il mio giovane percorso da docente. Da lui ho imparato che la gratificazione è il primo passo verso la motivazione e la motivazione è il gradino che precede l'apprendimento vero. Con i miei alunni ho cercato di replicare, seppur nel mio piccolo, la piacevole esperienza vissuta durante il corso di Elementi di Fisica, scoprendo quanto intensa, profonda e straordinaria sia la Scienza portata in classe e che razionalità e poesia si possono mescolare perfettamente. Sono consapevole che gli insegnamenti del prof. Balzano, uniti al suo unico modo di fare, saranno sempre una guida nel mio percorso lavorativo e di vita. Ho compreso, come mai prima d'ora, che non esistono cose belle o brutte, piacevoli o spiacevoli, interessanti o noiose: esistono persone che ci insegnano a vederle, e se sono molto brave, ci portano ad amarle.

Sono sicura che le cose che ho imparato, il metodo che ho acquisito e la forza di provarci sempre, anche quando la situazione è sfavorevole, mi ricorderanno quanto è potente la forza di un professore che crede sinceramente in te.

Grazie Emilio.

Il secondo pensiero va ad una maestra speciale, che ha reso indimenticabili le mie Elementari, in quei lontani anni '90 di cui sento una fortissima nostalgia. Maestra Alberta, unica e inimitabile, sei tu che mi hai mostrato come viaggiare sulle ali della fantasia, trasformando i sogni in racconti e le emozioni in poesie. Mi hai aiutato a crescere senza dimenticarmi della bambina che sono stata, lasciando in me una traccia così indelebile che ancora oggi, a trent'anni, conservo intatto lo stesso entusiasmo e la stessa voglia di fare di quei giorni trascorsi tra i banchi con te. Nella mia memoria custodisco ancora le storie bellissime che ci raccontavi, i viaggi di cui ci parlavi, i temi che ci facevi elaborare. Con un foglio e una penna ci invitavi a tirar fuori la bellezza dentro di noi: ho continuato a farlo, e in ogni mio scritto, si legge un po' di te.

Vengo ai miei genitori.

Inutile e scontato ringraziarvi per avermi permesso di laurearmi non una, ma due volte. Questo lo sapete già. Forse la cosa più bella che posso dirvi è che la mia soddisfazione più grande è guardarmi allo specchio e vederci dentro il vostro riflesso: da te, mamma, ho preso la grinta, la forza inarrestabile di chi si ferma solo quando ha raggiunto l'obiettivo e la testardaggine di chi, nei propri sogni, ci crede davvero. Da te, papà, ho preso l'allegria, la grande creatività e la leggerezza con cui pesare la vita. Sei da sempre un amico e un compagno di giochi, mi hai trasmesso la pazienza e l'innocenza dello sguardo, la bontà e il talento di guardare con il cuore.

Da entrambi ho ereditato l'amore per i bambini, che si estende come macchia d'olio verso tutte le creature semplici ed innocenti. Ma, più di tutto, ho imparato dai vostri insegnamenti a vedere del bello in ogni piccola cosa, anche la più nascosta, anche la più insignificante.

E se ogni tanto ho sentito il peso delle aspettative, comprendo adesso quanto grande fosse la vostra stima di me, al punto da spingermi a fare sempre di più, sempre meglio, di modo che un giorno non avrei dovuto temere alcuna difficoltà, perché avrei saputo affrontarla.

Grazie perché siete tutto ciò che avrei potuto desiderare.

Anche a te, Giada, sorella e compagna di vita, voglio dire qualche parola. Sei la piccolina di casa, ma sei una grande donna da sempre. Essere la sorella minore

non significa sempre dover prendere esempio dalla più grande: sei tu che mi hai insegnato più di quanto abbia fatto io con te. Ti ringrazio perché mi hai regalato una vita stupenda, fatta di giochi, risate e complicità. Ma ti ringrazio ancor più perché nel tuo silenzio e in quel tuo modo di fare riservato e composto, nascondi una forza ed un affetto incredibile, più vero e concreto di chi lo esterna solo a parole. Te l'ho detto poche volte, ma tra le due sei tu la migliore: sei la parte più bella di me, senza i miei difetti, le mie paure, i miei turbamenti. Grazie perché hai creduto in me più di quanto io non abbia mai fatto. Grazie, perché so che ci sarai sempre.

Al mio fidanzato Salvatore, entrato nella mia vita da soli due anni, ma diventato complice perfetto del mio folle modo di essere, come se ci conoscessimo da sempre, vorrei dedicare un intero libro, ma dovrò limitarmi a queste poche righe. Dopotutto, sei stato tu a farmi capire che non c'è dimostrazione più grande di quella che si accompagna ai fatti, e che le parole sono inutili se restano fini a se stesse. Tu mi hai messo a posto la vita, sistemando ogni pezzo esattamente dove doveva andare. Lo hai fatto senza troppo rumore, come la neve quando cade, ma in poco tempo hai riempito il mio cuore di un'inestimabile magia, che ha ricucito le ferite, sanato le cicatrici, smussato gli angoli più duri del mio carattere. Sei il mio piccolo grande miracolo, perché rappresenti la persona che era destinata a me fin dal principio, anche se c'è voluto molto tempo perché le nostre vite si intrecciassero. Grazie, per avermi sopportato nei miei momenti di incertezza e nei periodi più bui, per l'ascolto che mi dedichi quando metti tutto da parte e ti concentri solo su di me, e per quegli occhi con cui mi guardi come se non avessi visto niente di più bello al mondo. Tuttavia, la maniera migliore di ringraziarti è mostrarti, giorno per giorno, quanto sei importante per me, promettendoti che sarò sempre dalla tua parte e che i tuoi successi saranno anche i miei.

Sei una persona dal cuore nobile, con il grande dono dell'umiltà: è per questo che mi piaci, perché non hai bisogno di urlare per farti notare. La tua semplicità è così luminosa che chiunque ne resta abbagliato.

Non posso che essere fiera di averti accanto, avvolta dalla tua dolce e sottilissima purezza.

Ai miei futuri suoceri, Mena e Michele, un grazie sincero per avermi accolta come una figlia, facendomi sentire a casa anche lontano dalla mia casa. Grazie per la pazienza che mi avete dedicato, soprattutto quando mi chiudevo in camera a studiare e vi vedevo giusto il tempo del pranzo e della cena. Grazie perché non mi avete chiesto nulla, ma mi avete dato tanto, come l'esempio di umiltà e bontà che vi caratterizza. Avete visto in me una persona migliore di quella che sono, facendovi amare sin dal primo giorno. La vostra simpatia ed il vostro carattere solare e frizzante hanno reso il mio rapporto con voi unico e straordinario, così tanto da potermi sentire libera di essere me stessa senza sentirmi giudicata, e di liberare il mio spirito pazzarello che a voi piace così tanto. Siete unici ed inimitabili, vi voglio bene come se foste la mia seconda famiglia.

A Federica, l'unica vera amica conosciuta durante questo percorso di laurea: persona straordinaria, pura di cuore e semplice come pochi ragazzi sanno essere al giorno d'oggi. Ti dedico questo successo, perché hai sofferto e gioito con me, rendendoti disponibile a qualsiasi ora del giorno e della notte, dandomi consigli come una sorella maggiore, salvandomi dalla disperazione che molto spesso mi soffocava.

Ai miei amici sparsi nel mondo, che non ho mai dimenticato anche se non ci vediamo da tempo.

A Gaia, Alessia e a tutti i bambini che hanno provato gli esperimenti scientifici per contribuire ai miei lavori per il corso di Elementi di Fisica.

Ai miei alunni, che ho amato come figli.

Infine, a mia nonna.

Ti ho lasciata per ultima perché a te va il pensiero più importante.

Da quando sei volata in cielo non ho mai smesso di piangere pensandoti.

Ti avrei voluto con me, nel giorno della mia laurea, per renderti orgogliosa e sentirmi orgogliosa di mostrare la tua bellezza al mondo.

Non è stato facile sopportare il peso di non poterti telefonare per raccontarti di un esame andato alla grande, o di una giornata da dimenticare. Non è stato facile abituarmi ad una vita senza di te, che eri la mia migliore amica, la mia confidente, il mio porto sicuro.

Non è facile nemmeno adesso, che scrivo di te e mi sento morire.

Eri il mio uragano di energia, il sorriso del sole, l'amore di una madre.
Forse nessuno potrà mai capire fino in fondo il legame incredibile che ci teneva unite.
Tu, così simile a me, perché come me hai sofferto tanto, mi hai mostrato che la vera forza sta nella capacità di essere fragili.
Non posso vederti, ma posso sentirti, perché è nella tua anima che si rispecchia la mia.
Ovunque tu sia, io sono con te.

Bibliografia

BALZANO E., SILVESTRINI C., SILVESTRINI V., *Fisica Volume 1*, Napoli, Liguori Editori, 1999.

NICOLA BRUNO, *Introduzione alla psicologia della percezione visiva*, Parma, Il Mulino, 2010

STEVE DAKIN, PATRICIA CARLIN, DAVID HEMSLEY, *Weak suppression of visual context in chronic schizophrenia*, *Current Biology*, 25 Ottobre 2005

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

ANDREA FROVA, *Luce colore visione*, Roma, Editori Riuniti, 1984

RICHARD L. GREGORY, *Occhio e cervello, la psicologia del vedere*, Milano, Raffaello cortina editore, 1998

DAVID MILNER, MELVIN GOODALE, *The visual brain in action*, Oxford, Oxford university press, 1995

SERGIO PROZZILLO, *La parola disegnata*, Napoli, Imago sas, 2020

PAUL VALÉRY, *Degas danza disegno*, Milano, SE, 2015

Sitografia

https://www.lumsa.it/sites/default/files/UTENTI/u668/1c_LEZ_PSIC_GENERAL E_Gestalt_copia_STUDENTI.pdf

http://www.fisica.unina.it/documents/12375590/13725490/155_DiCapuaC_18-10-2019.pdf/fbc71df9-32f1-4092-89c8-639acc227179

<https://martini.xoom.it/senis/illusioni.htm>

<https://www.danireef.com/2013/12/06/il-fossile-vivente-nautilus-pompilius/>

<https://visionfuture.it/anatomia-occhio-umano/>

<https://www.iapb.it/fotorecettori-coni-e-bastoncelli/>

<https://www.thedarkroom.it/inthedarkroom/2014/10/la-scoperta-della-camera-obscura-cap-2/>

<https://visionfuture.it/chiasma-ottico/>

<https://www.focusjunior.it/scienza/natura/corpo-umano/come-funzionano-occhio-vista/>

<http://sapientemente.blogspot.com/2011/03/punto-cieco-cose-come-determinare-il.html>

https://www.rivistaitalianadigemmologia.com/en_GB/2017/01/30/tecniche-spettoscopiche-e-spettrofotometriche-uno-sguardo-dassieme/

<https://www.vialattea.net/content/2864/>

<https://www.bg2lab.it/lesperimento-di-yarbus-e-la-natura-attiva-del-sistema-visivo/>

<https://www.aknews.it/locchio-composto-degli-insetti/>

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

https://online.scuola.zanichelli.it/ruffo_fisica-files/SEZIONE_F/ruffo_fisica_F14_6_scheda.pdf

<https://www.lastampa.it/la-zampa/altri-animali/2021/01/24/news/come-vedono-il-mondo-gli-animali-domestici-ecco-le-sorprendenti-immagini-1.39811832#:~:text=La%20maggior%20parte%20dei%20serpenti,che%20assomiglia%20a%20una%20termografia%C2%BB.>

<https://it.pets-guru.net/12012710-what-is-the-vision-of-the-serpent-like>

<https://www.compagnosegreto.it/NUMERO10/libro2.htm>

<https://www.em-consulte.com/it/article/45257/agnosia-visiva#:~:text=L'agnosia%20visiva%20%C3%A8%20un,della%20memoria%20%20dell'intelletto.>

<https://www.stateofmind.it/agnosia/>

<https://www.amedeolucente.it/illusioni-ottiche.html>

<https://ogmag.b-cdn.net/wp-content/uploads/2021/12/anatra-o-coniglio.jpg>

https://www.lescienze.it/news/2005/11/01/news/schizofrenici_ma_non_illusi-584232/

http://ilcervelloumano.altervista.org/test-della-maschera/?doing_wp_cron=1655057688.8084130287170410156250

<https://icfoligno5.edu.it/wp-content/uploads/sites/210/cameradiamesconfinestra.pdf>

https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.cronachedalsilenzio.it%2F2018%2F10%2F18%2Fle-figure-impossibili-un-pensiero-di-penrose-e-larte-di-escher%2F&psig=AOvVaw26wnrcsDrAoJFQ_R5PWuAF&ust=1655161089068000&source=images&cd=vfe&ved=0CAkQjRxqFwoTCKia-t2BqfgCFQAAAAAdAAAAABA0

<https://www.wonews.it/post/illusioni-ottiche>

<https://silviart.altervista.org/blog/wp-content/uploads/2011/02/Colori-complementari.jpg>

www.occhiovolante.it/2017/imparare-a-vedere/

www.vascak.cz/physicsanimations.php

<https://icacerbi.edu.it/wp-content/uploads/2015/07/macchine-precinema.pdf#:~:text=La%20retina%2C%20posta%20in%20fondo,persistenza%20le%20due%20si%20fondono.>

<https://flipanim.com/>

www.metro900hotel.com/cosa-vedere-a-mergellina-7-buone-idee-per-una-giornata-di-vacanza15/03/2022

www.solotravel.it/21042019/napoli-una-volta-assaggiata-non-se-ne-puo-piu-far-a-meno/20695

www.solotravel.it/21042019/napoli-una-volta-assaggiata-non-se-ne-puo-piu-far-a-meno/20695

Applicazioni didattiche

www.vascak.cz/physicsanimations.php

phet.colorado.edu/it/

<https://flipanim.com/>