

Università degli Studi
Suor Orsola Benincasa



FACOLTÀ DI SCIENZE DELLA FORMAZIONE

CORSO DI LAUREA

SCIENZE DELLA FORMAZIONE PRIMARIA

TESI DI LAUREA
IN
DIDATTICA DELLA FISICA

La complessità del banale: il colore
*Progettazione e sperimentazione di un percorso didattico nella
scuola primaria*

Relatore
Prof.re
Emilio Balzano

Candidata
Carmela Mungiguerra
Matricola
208001348

Anno accademico 2018/2019

Sommario

Introduzione	5
Capitolo I	8
1.1 La natura del colore.....	8
1.1.1 Rifrazione, riflessione e diffusione	14
1.2 I colori atmosferici.....	16
1.3 Il colore degli oggetti.....	20
1.4 La percezione visiva.....	25
1.5 I colori primari della sintesi additiva	30
1.6 I colori primari della sintesi sottrattiva	34
1.7 Storia del colore nell'arte.....	36
1.8 Gli attributi del colore	41
Capitolo II	48
2.1 La percezione visiva prenatale e postnatale	48
2.2 Relatività linguistica	52
2.3 Le influenze sociali: il significato simbolico dei colori.....	57
2.4 La psiche e i colori	61
2.5 Non vediamo solo con gli occhi.....	68
2.5.1 Le illusioni ottiche.....	72
2.6 Le illusioni reali.....	79
Capitolo III	84
3.1 Cenni storici: la pedagogia	84
3.2 L'attivismo	89
3.3 Il costruttivismo.....	93
3.4 La zona di sviluppo prossimale.....	97
3.5 La mediazione didattica	103
3.6 Proposta didattica	106
3.7 Attuazione della proposta	108
Primo incontro.....	108
Secondo incontro.....	117
Terzo incontro.....	126
Quarto incontro.....	133
Quinto incontro.....	141

Sesto incontro	146
Settimo incontro	150
Ottavo incontro.....	157
Nono incontro	163
Decimo incontro.....	170
Undicesimo incontro	175
Dodicesimo incontro	179
Tredicesimo incontro	184
3.8 Valutazione.....	193
Quattordicesimo incontro.....	194
Conclusioni.....	208
Ringraziamenti	213
Bibliografia	218
Sitografia	219

*In un mondo a colori
la luce è sempre accesa*

Introduzione

Cos'è il colore? Come influisce sulle nostre vite? Qual è il significato che si attribuiva e si attribuisce ad ogni colore? Muta al variare del contesto sociale? Quand'è che ci si inizia ad interrogare rispetto al legame tra arte e scienza? Quali scoperte sono susseguite? Quanti colori siamo in grado di distinguere e come si realizza il meccanismo della visione? Perché il cielo è azzurro mentre lo spazio interstellare è perennemente buio? Come si genera l'arcobaleno? È possibile attribuire alla scelta di un colore un significato interpretativo?

Queste e molte altre domande costituiscono il motore che ha alimentato la realizzazione dei primi due capitoli, cui intento è dimostrare quanto *il colore sia molto più di un semplice mezzo fisico con cui gli artisti possono costruire le loro immagini*¹.

Fin da bambini, a scuola come a casa, sperimentiamo il disegno e i suoi colori: imbrattiamo fogli, scarabocchiamo sui muri, individuiamo il rapporto tra gesto e segno, preferiamo un pennarello di una certa tonalità piuttosto che di un'altra, attribuiamo un significato allo scarabocchio, gli diamo forma, lo perfezioniamo. Non a caso, la riconosciuta valenza espressiva e comunicativa del disegno e dei colori, attraverso i quali il bambino ci dice qualcosa di sé e della sua personalità, li rende i principali protagonisti delle attività proposte nel contesto didattico, soprattutto nella scuola dell'Infanzia, la quale contribuisce significativamente all'apprendimento della nomenclatura delle tinte basilari e delle loro miscele, i cui risultati attraggono i più piccoli quasi come se fossero spettatori di un fenomeno magico e inspiegabile. Ma non solo, i colori continuano ad accompagnare ognuno di noi durante tutto l'arco della vita; nella scelta di un prodotto alimentare al supermercato, quando consideriamo la colorazione di un frutto indicatore della sua

¹ Philip Ball, *Colore. Una biografia. Tra arte storia e chimica, la bellezza e i misteri del mondo del colore*, Biblioteca Universale Rizzoli, 2004.

qualità; nel linguaggio comune, quando descriviamo il nostro umore utilizzando riferimenti cromatici (oggi sono nera dalla rabbia); nella psicologia, quando la preferenza di un colore viene considerata rivelatrice di un determinato carattere; nella decisione delle mete per le nostre vacanze, quando, se vogliamo rilassarci, preferiamo paesaggi naturali i cui colori dominanti siano sfumature di blu e di verde; nella scelta di un abito in relazione ad un evento, quando ci vestiamo di nero in seguito ad un lutto, o di bianco il giorno del nostro matrimonio, o ancora, quando evitiamo una maglietta nera se il clima è afoso; per non parlare di quanto il colore possa essere strumento identificativo, penso alla tonalità della pelle di un soggetto, al colore simbolo di una squadra di calcio, a quelli che costituiscono la bandiera della propria nazione e così via. Insomma, il colore è parte costitutiva della nostra esistenza e troppo spesso se ne ignora la natura, il significato scientifico, oltre che psicologico, storico, sociale e artistico.

Quanto può essere decisiva l'istituzione scolastica nella stimolazione della curiosità, dell'esplorazione e della conoscenza scientifica alla base dei fenomeni naturali e quotidiani con cui tutti, prima o poi, ci misuriamo? È possibile affrontare con i bambini temi così complessi e così plurali? Ma soprattutto, è possibile farlo restando fedeli ai principi del costruttivismo e attivismo² pedagogico?

Il terzo capitolo descrive una progettazione didattica, pensata per una terza primaria, e la sua attuazione. Con la documentazione e la descrizione di quanto eseguito, si intende dimostrare la fattibilità di un obiettivo che sembrerebbe essere fin troppo ambizioso. L'approccio olistico con cui si esamina il tema del colore risulta essere un affronto concreto alla separazione delle discipline e alla frammentazione del sapere, che viene, da molti, considerato un aspetto limitante dell'insegnamento odierno poiché non garantisce né favorisce la piena consapevolezza della complessità del reale. "L'intelligenza che sa

² Il cui promotore fu il pedagogista statunitense Dewey.

solo separare spezza il complesso del mondo in frammenti disgiunti, fraziona i problemi, unidimensionalizza il multidimensionale³”, afferma Morin a proposito della necessità di riformare pensiero e insegnamento.

Ecco allora che diviene fondamentale proporre una didattica che, oltre a riaccendere la curiosità e l’interesse selezionando accuratamente temi e situazioni che siano vicini all’esperienza degli alunni, dia la possibilità concreta di esplorare e interpretare fenomeni facendo riferimento a tutte le conoscenze e competenze possedute, utili per costruirne di nuove, non imputabili esclusivamente ad un unico ambito disciplinare. L’obiettivo principale è quello di condurre gli alunni dalla *zona di sviluppo attuale* alla *zona di sviluppo prossimale*⁴, raggiungibile solo grazie al supporto dell’insegnante.

Il suddetto capitolo si conclude con la valutazione dei risultati ottenuti e le eventuali considerazioni.

³ Edgar Morin, *La testa ben fatta*, Raffaello Cortina Editore, 1999.

⁴ Concetto cardine della teoria di Vygotskij.

Capitolo I

IL COLORE TRA SCIENZA E ARTE

1.1 La natura del colore

L'uomo, affascinato dai fenomeni naturali cui assistiamo ogni giorno, ha da sempre cercato di comprendere e dare un senso al mondo in cui vive, ma difficilmente è giunto a spiegazioni condivise in tempi brevi, anzi, ancor oggi le nuove scoperte scientifiche mettono in discussione quelle precedenti, caratterizzando un progresso continuo e inarrestabile verso la conoscenza. Per quanto riguarda il colore e la sua essenza, già Platone, nel V sec. a.C., ne aveva ipotizzato il legame con la luce, in assenza della quale, affermava, è impossibile per l'occhio cogliere i colori, che restano invisibili.

Ma cos'è la luce e perché è chiamata in causa se si parla di colore?

Nei processi di trasformazione della materia l'energia liberata si propaga sotto forma di raggi luminosi e calore, basti pensare all'evento da cui, secondo la comunità scientifica, ha avuto nascita l'intero Universo, il Big Bang, al quale è associata la comparsa della luce stessa. Per lungo tempo si è pensato alla luce e al suono come due onde in grado di trasportare energia, le cui varie frequenze e lunghezze d'onda genererebbero differenti colori nel primo caso e note nel secondo. Di fronte alla principale disuguaglianza tra i moti ondosi di riferimento, e cioè che il suono non si propaga nel vuoto a differenza della luce, Aristotele ipotizzò l'esistenza di una sostanza impercettibile e misteriosa, l'etere, che avrebbe avuto la funzione di garantire la propagazione della luce anche nel vuoto. Solo nel XIX sec. questa idea fu esclusa da Michelson e Morley, i quali dimostrarono l'inesistenza dell'etere calcolando l'influenza del flusso dell'etere generato dal moto della terra sulla velocità della luce, che si rivelò essere la stessa anche quando viaggiava 'contro

corrente’.

L’esistenza incerta di questa sostanza ambigua non era l’unico problema che interessava le ricerche scientifiche seicentesche, le quali assistettero ad una vera e propria contrapposizione di idee rispetto la natura corpuscolare e ondulatoria della luce stessa.

Newton fu un convinto obiettore della seconda, ma prima di descrivere la sua posizione a tale proposito, è bene ricordare che è attraverso quello che lui definisce *Experimentum crucis*⁵ che si giunse alla prima conquista teorica sul colore. Egli non fa altro che perfezionare l’esperimento già messo in atto da Cartesio, Hooke e Boyle: posiziona un prisma triangolare verso i raggi del sole e lo allontana notevolmente dalla superficie sulla quale i raggi si proiettano; osserva l’arcobaleno generatosi sul muro ed esegue la prova decisiva. Per dimostrare che non è il prisma che colora la luce, tra esso e la parete interpone uno schermo su cui ha inciso un piccolo foro, attraverso il quale fa passare solo una piccola parte dello spettro, la quale a sua volta attraversa un secondo prisma e colpisce la parete restando invariata. Utilizzando infine una lente convergente attraversata da tutte le componenti dello spettro visibile, osserva nel suo fuoco la riformazione della luce bianca, ottenuta dalla somma dei colori precedentemente scomposti.

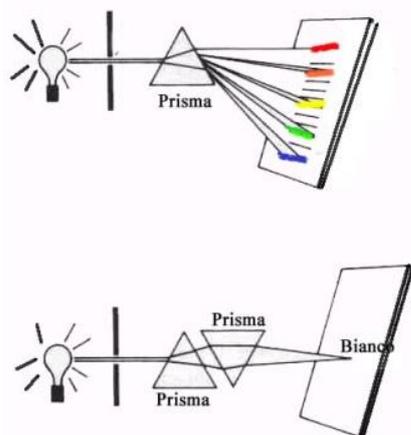


Figura 1 Rielaborazione grafica di due dei tre esperimenti condotti da Newton; la luce bianca scomposta nel primo caso viene ricompattata utilizzando un prisma capovolto nel secondo.

⁵ Esperimento cruciale, di cui Newton parla in un articolo pubblicato nel 1672 in cui espone la sua idea sulla luce e sui colori.

Furono queste le prove schiaccianti che decretavano una volta e per tutte come la formazione dei colori non dipendesse dal prisma, o meglio, quanto esso contribuisse semplicemente a scomporre la luce scoprendone le parti costitutive. La luce, dunque, veniva a definirsi come *una mescolanza eterogenea di raggi diversamente rifrangibili*⁶, ma ancora poco si conosceva rispetto la sua natura.

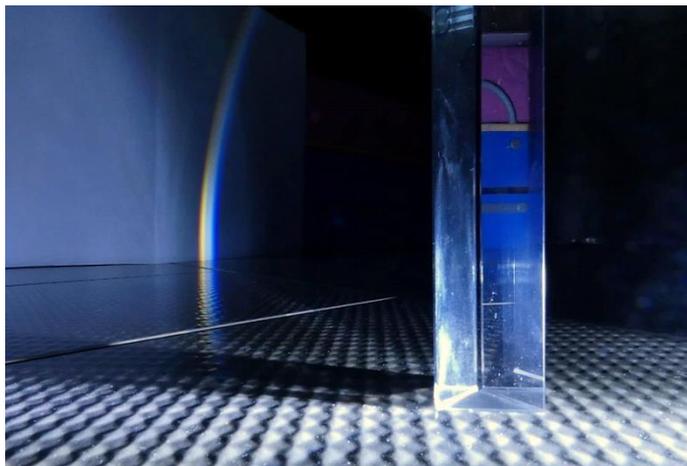


Figura 2 Scomposizione della luce bianca proveniente da una torcia utilizzando un prisma di vetro triangolare.

Newton sapeva che le onde avessero la capacità di aggirare gli ostacoli: se tra chi emette uno stimolo sonoro e chi lo riceve viene frapposto un paravento, il suono si diffonde comunque nell'ambiente oltre l'ostacolo; ma ciò non accade se il paravento è colpito da un fascio luminoso. Lo scienziato spiegava questo fenomeno ipotizzando che la luce fosse composta da piccolissime particelle che ad una elevata velocità si separavano dalla sorgente luminosa, e, colpendo gli oggetti, li faceva apparire illuminati. Tuttavia, quest'idea contrastava fortemente con quella di Huygens, considerato il fondatore della teoria ondulatoria della luce, che sembrò essere confermata da alcuni esperimenti che Young eseguì un secolo più tardi. Se si invia un fascio luminoso verso un cartone sul quale sono stati praticati due forellini abbastanza vicini tra loro, su uno schermo bianco distante dal cartone non si osservano due macchie luminose corrispondenti ai due fori,

⁶ Newton, *Nuova teoria sulla luce e sui colori*.

ma bande luminose intervallate da zone scure. Le onde luminose, in questo caso, si comportano in maniera analoga a quelle del mare quando battono su un molo, a patto che quest'ultimo sia di lunghezza minore della distanza tra due creste successive, proprio come i fori sul cartone devono essere più piccoli della lunghezza delle onde luminose. Ma ciò che prova, con quest'esperienza, la natura ondulatoria della luce è, secondo Young, la comparsa di bande luminose alternate a bande d'ombra, conseguenza definita 'interferenza': le onde si sovrappongono ora annullandosi ora intensificandosi a vicenda, basti pensare a quando si lanciano due sassolini in acqua e si generano onde concentriche che si incontrando causando, in alcuni tratti, l'appiattimento delle onde stesse.

Oggi, in seguito anche all'analisi dell'effetto fotoelettrico da parte di Einstein all'inizio del XX sec., si attribuisce alla luce una doppia natura: onde e corpuscoli rappresentano due aspetti complementari di una stessa realtà. *La luce è emessa e assorbita sotto forma di quanti o fotoni, ma quando viaggiano attraverso lo spazio queste particelle di luce appaiono come campi elettrici e magnetici variabili, che presentano tutti i comportamenti caratteristici delle onde. Le particelle sono anche onde e le onde sono anche particelle⁷.*

Appurato ciò, c'è da approfondire ancora una cosa lasciata in sospeso: se il fenomeno luminoso è caratterizzato da un moto ondoso, come fa ad attraversare il vuoto? Le onde non hanno bisogno di materia per essere propagate? Queste domande trovano risposta nel XIX sec., quando Maxwell, un fisico scozzese, dimostrò con un'equazione il legame tra elettricità, magnetismo e luce, affermando l'esistenza di radiazioni elettromagnetiche capaci di propagarsi nel vuoto anche a distanze elevate.

A Faraday si deve la scoperta dei campi elettromagnetici: egli notò che laddove fluiva corrente elettrica alternata, si generava un campo magnetico; laddove oscillava una calamita, si produceva energia elettrica in una bobina di filo metallico. Questo avviene

⁷ Fritjof Capra, *Il Tao della fisica*, Adelphi.

solo con campi magnetici ed elettrici variabili; a tal proposito, Frova asserisce: ‘non è possibile pensare a un’onda magnetica (cioè ad un’oscillazione del campo magnetico che si propaga nello spazio) senza pensare che con essa viaggia un’analogica onda di tipo elettrico, e viceversa’.

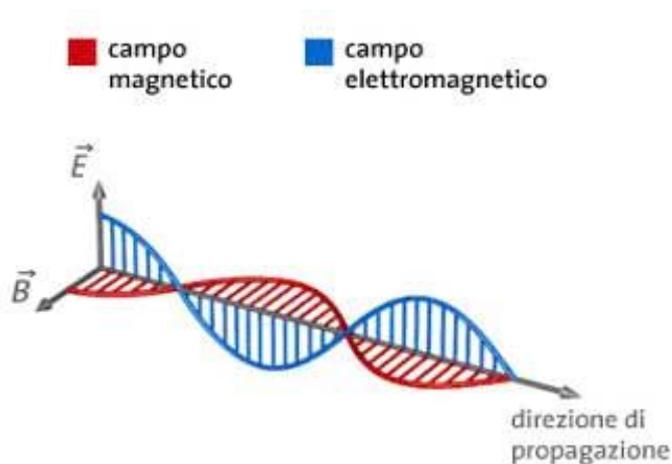


Figura 3 Rappresentazione grafica di un’onda elettromagnetica, la quale è caratterizzata da due onde trasversali le cui oscillazioni sono perpendicolari tra loro e alla direzione di propagazione .

Maxwell non fece altro che calcolare la velocità di tali onde, che coincideva con quella della luce, ossia 300.000 km/s. Ma la luce non è l’unica radiazione elettromagnetica esistente, ce ne sono molte altre che ci raggiungono senza che i nostri occhi possano percepirle e che si distinguono tra loro per frequenza e lunghezza d’onda. La prima rappresenta il numero di oscillazioni che le onde del campo elettromagnetico compiono in un secondo e si misura in Hz (10.000 Hz corrispondono a 10.000 oscillazioni delle cariche elettriche al secondo e, di conseguenza, 10.000 onde al secondo); la seconda indica, come suggerisce la parola, la lunghezza dell’onda, ossia la distanza, espressa in nanometri, tra due creste successive. Le due grandezze sono tra loro inversamente proporzionali: più la frequenza è elevata, più l’onda è corta, diversamente più l’onda è lunga, più la frequenza è ridotta. La frequenza, a sua volta, è direttamente proporzionale all’energia: un’onda con una certa frequenza equivale ad una particella che ha più energia e che si muove con elevata velocità.

La porzione di onde elettromagnetiche a cui l'occhio umano è sensibile è davvero piccola ed è caratterizzata dalle onde con frequenza tra 790 THz (terahertz, 10^{12} Hz) e 395 THz, le cui lunghezze d'onda corrispondono rispettivamente a 380 nm e 760 nm. Le onde elettromagnetiche precedenti e successive quest'intervallo non sono direttamente visibili, tuttavia, l'uomo può percepirle in modi diversi, come attraverso il calore. In ordine di lunghezza d'onda (dalle più lunghe alle meno lunghe), esse sono: le onde radio, le microonde (che a differenza delle precedenti, sono assorbite dal corpo al quale cedono parte della loro energia; non a caso, sono utilizzate nei forni a microonde, dalle quali deriva il nome), i raggi infrarossi (percepiti dall'uomo come calore, corrispondono alle onde elettromagnetiche subito anteriori alle onde dello spettro visibile), i raggi ultravioletti (responsabili della nostra abbronzatura, hanno lunghezza d'onda inferiore ai 380 nm), i raggi x (utilizzati in medicina e radiologia, attraversano la materia organica senza danneggiarla⁸) e i raggi gamma (dannosi per gli organismi viventi).

La luce solare è costituita da tutte le frequenze dell'intervallo visibile, ognuna delle quali corrisponde ad un colore, ma a noi appare bianca perché non siamo in grado di distinguerle né di scomporle; ne osserviamo il risultato complessivo ottenuto dalla loro sovrapposizione. In poche parole, l'uomo non è in grado di fare con la luce bianca ciò che Newton fece fare al prisma. La dispersione della luce attraverso il prisma avviene a causa della rifrazione: il raggio luminoso quando passa da un mezzo (aria) ad un altro (vetro) cambia velocità, deviando il suo percorso. La deviazione ha entità maggiore per le onde di lunghezza inferiore, mentre si riduce gradualmente con le onde di lunghezza superiore.

⁸ I raggi x utilizzati nel campo medico sono quelli definiti 'duri', che presentano, cioè, lunghezza d'onda - minore rispetto ai raggi x 'mollì'.

Sebbene i colori dispersi siano tantissimi poiché ad ogni onda con relativa frequenza e lunghezza corrisponde una luce monocromatica (di un solo colore), l'uomo riesce a distinguerne sei principali.

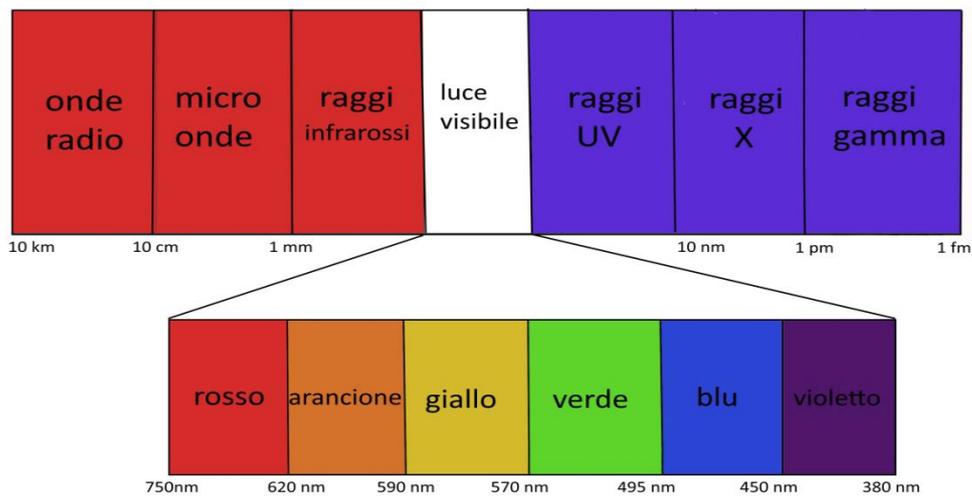


Figura 4 Onde elettromagnetiche in ordine di lunghezza d'onda.

1.1.1 Rifrazione, riflessione e diffusione

Stabilita la duplice natura della luce, è bene soffermarci brevemente sui suoi possibili comportamenti quando incontra e colpisce una superficie. A tal proposito, abbiamo già menzionato il fenomeno della 'rifrazione', reale causa della scomposizione del raggio solare nei colori che costituiscono lo spettro visibile quando attraversa un prisma di vetro. Il raggio luminoso, in questo caso, penetra in un mezzo diverso, ossia il vetro, più denso dell'aria, e subisce una deviazione: esso si avvicina alla retta perpendicolare al piano passante per il punto di incidenza del raggio con la superficie stessa. I due angoli che si vengono a formare, di incidenza e di rifrazione, risultano essere disuguali: il primo maggiore

del secondo. Lo stesso fenomeno, in maniera inversa, si verifica quando il raggio fuoriesce dal vetro e ritorna a viaggiare in aria.

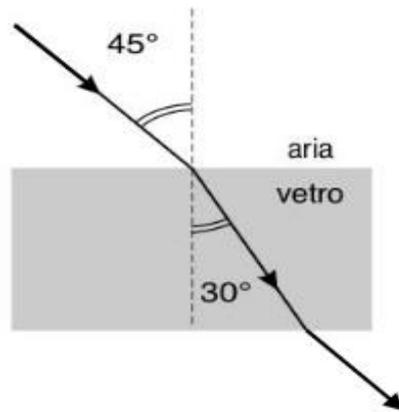


Figura 5 Rappresentazione del percorso di un raggio luminoso che attraversa due mezzi di trasmissione differenti.

Ma a cosa sono dovuti questi cambi di direzione? Principalmente alla variazione della velocità della luce, dovuta alla densità del mezzo di trasmissione, ma non solo. Il raggio devia il suo percorso a causa dell'asincronia con cui i punti dell'onda luminosa diminuiscono o aumentano la loro velocità: quando il raggio incidente arriva obliquo a toccare il piano, solo la parte di esso che per primo attraversa il materiale registra una variazione della velocità, mentre quella che ancora non ha oltrepassato il secondo mezzo continua indisturbata il proprio cammino. È la contemporanea differenza di velocità di due punti opposti di un medesimo fronte d'onda a causare lo spostamento del raggio in questione.

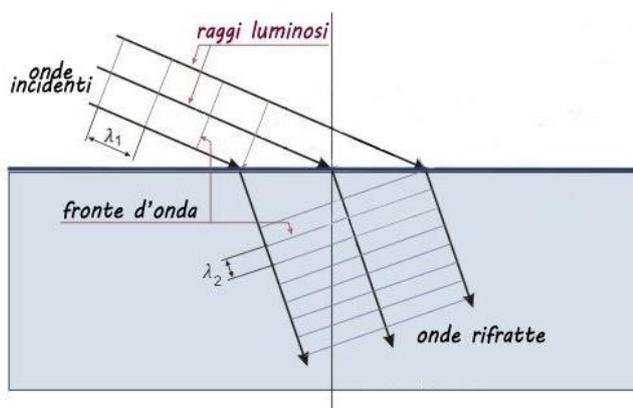


Figura 6 Riproduzione grafica del fenomeno in questione.

Ovviamente, quando la luce colpisce una superficie in modo perpendicolare, questo fenomeno non sussiste poiché il cambiamento della velocità è simultaneo in tutti i punti che costituiscono il raggio luminoso incidente.

Ogni volta che la luce colpisce una superficie piana, oltre a rifrangersi, si riflette: il raggio tocca la superficie in questione e “rimbalza” in maniera perfettamente speculare. In questo caso, l’angolo di incidenza, il cui vertice è rappresentato dal punto di intersezione tra la perpendicolare alla superficie e il raggio incidente, è uguale all’angolo di riflessione, delimitato a sua volta dalla perpendicolare stessa e dal raggio riflesso. Quando, invece, la superficie di separazione tra i due mezzi non è liscia, si verifica un terzo fenomeno, detto ‘diffusione’. Sebbene i raggi riflessi siano sempre speculari a quelli incidenti, i primi, a causa della superficie frastagliata, non sono paralleli tra loro, a differenza dei secondi.

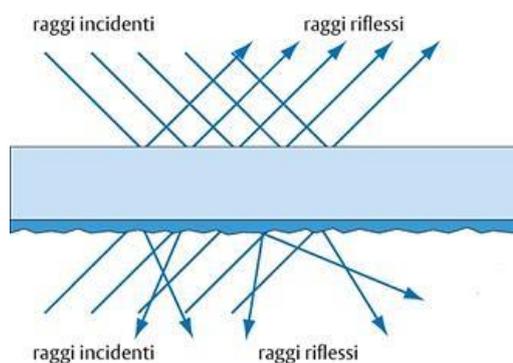


Figura 7 Riflessione e diffusione a confronto.

1.2 I colori atmosferici

Quanto spesso ci soffermiamo ad osservare il cielo e i suoi colori? Le tinte rosse e arancioni del tramonto hanno ispirato i più svariati artisti, come pittori e poeti, ma, bisogna pur ammetterlo, anche noi appena assistiamo ad uno spettacolo naturale del genere siamo subito pronti ad immortalarlo con il nostro smartphone.

Per comprenderne la causa dobbiamo, prima di tutto, sapere che la luce segue sempre percorsi rettilinei e, per poterla vedere, dobbiamo trovarci sulla traiettoria che essa sta

seguendo, salvo che non sia diffusa da ostacoli posti sul suo cammino. Facciamo un esempio: il raggio luminoso emesso da un laser non è visibile lateralmente, a meno che non agitiamo nello spazio circostante polvere di gesso o borotalco, allo stesso modo non sarà visibile in acqua, almeno fino a quando non inseriremo nell'acqua stessa altre particelle, come del sale. La luce incontra degli ostacoli (il pulviscolo nel primo caso e il sale nel secondo) posti sul suo tragitto che contribuiscono a diramarla in tutte le direzioni, compresa quella sulla quale si trova l'osservatore, il quale potrà, così, vedere il raggio luminoso.

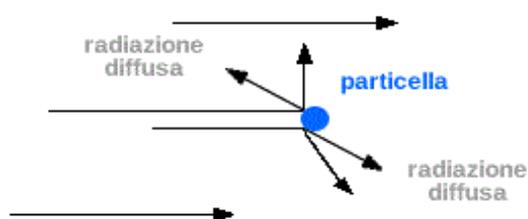


Figura 8
Esempio del comportamento della radiazione luminosa all'incontro di un ostacolo.

Questo fenomeno prende il nome di 'diffusione', ed è il fattore causante la colorazione azzurra, rosa, viola o arancione del cielo e gialla, arancione o rossa del sole a seconda dei momenti della giornata. Verso la metà del XIX sec. fu il fisico inglese Rayleigh a darne una prima interpretazione, rivelatasi successivamente corretta.

Differentemente da quanto avviene nello spazio, dove il cielo appare nero a causa dell'assenza di ostacoli che diffondono la luce solare, questa, una volta raggiunta la Terra, entra in contatto con le particelle che costituiscono l'atmosfera, tra le quali le molecole dei gas risultano essere davvero rilevanti. Mentre polveri e goccioline d'acqua, a causa della loro grandezza, contribuiscono a diffondere tutta la luce visibile⁹, le molecole dei gas, avendo dimensioni inferiori, influiscono di più sul tragitto delle onde di lunghezza inferiore, come quelle viola e blu; le lunghezze d'onda superiore, invece, scavalcano con

⁹ Come accade con la nebbia o le nuvole, le quali, non a caso, ci appaiono bianche.

più facilità le molecole in questione proseguendo nel loro cammino rettilineo. Il sole ci appare giallo perché la sua luce, durante il cammino nell'atmosfera, perde le radiazioni blu, che, a loro volta, si diffondono nelle altre parti del cielo caratterizzandone la colorazione. Se ci trovassimo su Marte durante una bufera che solleverebbe nell'atmosfera polveri di ossido di ferro (provenienti dai basalti marziani, ricchi di ferro), il cielo ci apparirebbe rosso a causa delle dimensioni superiori delle suddette polveri, che contribuirebbero a diffondere in modo migliore le radiazioni con lunghezza d'onda maggiore.

Quando osserviamo il Sole calante, ne ammiriamo la caratteristica tinta rossa, attribuibile anch'essa al fenomeno della diffusione. In questi casi, la luce solare compie un percorso più lungo all'interno dell'atmosfera e le uniche radiazioni che ci giungono sono quelle rosse poiché tutte le altre sono state diffuse, non è un caso se durante il tramonto il cielo inizia a colorarsi di arancione. Inoltre, in direzione opposta al Sole che sta scomparendo all'orizzonte, appare un arco rosa, chiamato 'cintura di Venere', dovuto ai raggi solari tangenti alla Terra che attraversano l'atmosfera due volte divenendo rosseggianti.

E come si spiega la colorazione lilla, rosa e viola di cui si contraddistingue il cielo dopo che il Sole è tramontato? Una volta che il Sole scompare all'orizzonte, i raggi luminosi continuano a viaggiare attraverso l'atmosfera percorrendo, però, tragitti più lunghi per raggiungerci; una parte di essi attraversa una zona distante circa 20 km dalla Terra e che segue la sua curvatura, una calotta ricca di polveri, le quali, essendo in presenza elevata rispetto alle altre zone dell'atmosfera stessa, riescono a diffondere anche la luce rossa. Questa, sommandosi alla luce blu proveniente dalle parti più esterne dell'atmosfera, dà vita alle tinte precedentemente accennate.

Il discorso è differente nel caso dell'arcobaleno, che, pur essendo uno spettacolo naturale di indubbia bellezza paragonabile a quelli già trattati, non è spiegabile con il fenomeno

della diffusione. La necessaria presenza della pioggia purché un arcobaleno sia visibile è conoscenza comune, questo perché la luce solare necessita di un mezzo attraverso il quale possa avvenire la rifrazione e, di conseguenza, la dispersione del raggio luminoso.

La luce colpisce la gocciolina d'acqua generando la prima rifrazione delle radiazioni luminose che la compongono; quando ognuna di queste colpisce la parete opposta della goccia in piccola parte esce, subendo una nuova deviazione, e in larga parte viene riflessa sulla parete opposta, la stessa dalla quale la luce è entrata. A questo punto la luce scomposta esce all'esterno deviando nuovamente il proprio percorso.

Cartesio dimostrò che l'arco colorato si genera esclusivamente in alcune circostanze; egli calcolò l'angolo che si viene a formare tra i raggi incidenti (i primi che entrano nella goccia) e quelli emergenti diretti verso l'osservatore, scoprendo che l'unico valore di tale angolo per cui la luce emergente è massima è 42° . In poche parole, egli sosteneva che l'arcobaleno ha questa forma caratteristica ad arco poiché l'osservatore percepisce ogni luce colorata solo quando, uscendo dalla goccia, essa forma un angolo di 42° rispetto ai raggi solari. Newton, successivamente, precisò che il valore di 42° era quello della massima luminosità per la luce rossa, diversamente il viola ha un angolo di luce massima un po' più piccolo, per questo l'arco del violetto appare al di sotto del rosso, mentre tutti gli altri colori presentano un comportamento intermedio.

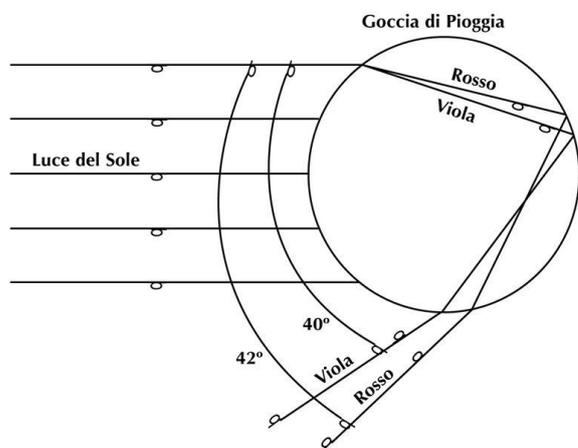


Figura 9 Raffigurazione dei processi di riflessione e rifrazione che avvengono all'interno di una goccia di pioggia.

Spesso, insieme ad un arcobaleno principale, è possibile notare anche l'arco secondario che appare generalmente più in alto, meno intenso del primo e con i colori invertiti. Esso si genera a causa di una parte della luce solare che si riflette due volte all'interno della goccia d'acqua, motivo dell'inversione dei colori e della minore intensità luminosa.

Poiché la luce proveniente dal Sole determina la colorazione azzurra del cielo, è altrettanto decisiva nel caso del colore del mare? O questo è semplicemente frutto di un riflesso della volta celeste? In questo caso la spiegazione è davvero molto semplice: l'acqua assorbe la luce in modo differente a seconda dell'energia dell'onda luminosa. Le frequenze minori (rosso, arancione) sono assorbite immediatamente dall'acqua poiché meno energetiche, mentre quelle maggiori (come il blu) riescono a penetrare più in profondità, determinando la classica colorazione di mari e oceani.

1.3 Il colore degli oggetti

Durante la nostra esperienza quotidiana utilizziamo ed interagiamo con un elevato numero di oggetti, i cui colori differiscono tra loro non soltanto per la tonalità; infatti, questi possono apparire lucidi, opachi, trasparenti a seconda del modo in cui la luce interferisce con la materia.

Ciò che spinse Einstein e Planck ad analizzare il concetto di 'fotone' nel XX sec. furono alcuni esperimenti condotti dal fisico tedesco Philipp Lenard il quale sosteneva che un metallo, attaccato ad un circuito elettrico, è in grado di attivarlo se colpito da luce monocromatica, che genera l'emissione degli elettroni dal metallo stesso causandone lo spostamento. È Lenard che iniziò ad ipotizzare l'esistenza di 'pacchetti di energia', poiché

si accorse che aumentando l'intensità¹⁰ del fascio luminoso, il numero di elettroni che fuoriuscivano dal metallo era maggiore, pur presentando, però, la stessa velocità. Egli provò ad ottenere lo stesso effetto con frequenze differenti, si accorse che con la luce verde nessun elettrone si spostava, ma aumentando progressivamente la frequenza della luce eccitante, la velocità di questi aumentava a sua volta. Dedusse che ogni luce monocromatica fosse caratterizzata da pacchetti energetici uguali tra loro e che gli elettroni, per muoversi, avessero bisogno ognuno di una data quantità di energia, al di sotto della quale (come nel caso dei 'pacchetti' della luce verde) lo spostamento non avveniva. Einstein e Planck, successivamente, parlarono di 'fotone' la cui energia, ceduta quando incontra un elettrone, dipende dalla frequenza dell'onda elettromagnetica¹¹, come già accennato: la luce viola ha fotoni con energia maggiore rispetto a quella verde, i cui fotoni a loro volta sono più energetici di quelli della luce rossa. Bohr, fisico danese che ben conosceva le capacità di un gas di assorbire esclusivamente luce di una specifica frequenza (diversa per ogni gas), decise di scoprire in che modo il fotone, a contatto con l'atomo, veniva assorbito. Pensò alle orbite sulle quali si muovono gli elettroni dell'atomo, orbite di diametro differente che circondano il nucleo; affinché un elettrone possa passare da un'orbita a quella successiva ha bisogno di una quantità energetica ben precisa, poiché non gli è permesso restare a metà strada tra due orbite. Quando la luce colpisce il gas viene ceduta solo l'energia di un fotone specifico tra quelli caratteristici di ogni onda elettromagnetica, energia che serve all'elettrone per saltare verso orbite esterne e che viene irradiata quando esso ritorna nella propria orbita stabile. In questo caso, come con gli oggetti in generale, le cariche che oscillano e creano onde elettromagnetiche sono

¹⁰ Ciò equivarrebbe ad aumentare il numero di pacchetti di energia, non l'energia dei pacchetti; di fatti, Lenard utilizzò sempre la stessa luce monocromatica per eseguire questo esperimento.

¹¹ $E = h \times f$, dove E sta per energia del fotone, h per costante di proporzionalità e f per frequenza della luce.

proprio gli elettroni degli atomi. Differentemente, gli elettroni di un metallo non ruotano intorno ad orbite prestabilite ma viaggiano liberi, a causa della vicinanza dei suoi atomi ai quali sfugge il loro controllo; vi è un livello energetico oltre il quale gli elettroni possono spostarsi solo se supportati da energia esterna, come quella proveniente dalla luce. Essendo gli elettroni liberi, ognuno di essi necessita di un quantitativo energetico differente, per questo motivo il metallo assorbe tutti i fotoni, ma non ci appare nero perché, a differenza della superficie nera che non riemette le frequenze a meno che non sia portata ad incandescenza, il metallo le riemette immediatamente, ed è questo che lo rende un materiale riflettente oltre che un conduttore.

Anche se può apparire complesso, è questo il processo che sta alla base del colore delle cose che ci circondano. La luce colpisce la superficie di un oggetto, entra in contatto con gli elettroni, i quali non viaggiano liberi ma sono legati agli atomi e necessitano di un quantitativo energetico specifico per spostarsi negli stati vuoti, ma, a differenza dei gas, gli atomi appaiono tra loro ravvicinati e gli elettroni si influenzano vicendevolmente causando un bisogno energetico meno limitato. La frequenza minima necessaria agli elettroni per spostarsi viene definita ‘soglia di assorbimento ottico’, e l’assorbimento stesso viene qualificato come ‘selettivo’. La velocità con cui avviene questo fenomeno è elevata, gli elettroni coinvolti sono tantissimi e i fotoni di volta in volta riemessi costituiscono le onde elettromagnetiche irradiate dall’oggetto che l’uomo percepisce come colore. Dunque, se si volesse fornire una definizione fisica del colore, esso risulterebbe essere una proprietà dei materiali, al pari del loro peso o del loro volume¹². Un materiale il cui quantitativo energetico necessario agli elettroni per muoversi è relativamente basso, potrebbe presentare una superficie di colore arancione poiché

¹² Vedremo più in avanti che non è così semplice definire il concetto di ‘colore’, poiché a questa definizione fisica ne subentra una psicofisiologica.

tratterrebbe tutte le frequenze superiori tranne quelle comprese tra il rosso e il giallo; una superficie bianca (ricordiamo che la luce bianca è costituita dall'insieme di tutte le frequenze) non ne trattiene alcuna, tutte le componenti della luce incidente vengono riflesse restituendo all'occhio dell'osservatore la percezione del bianco; una superficie nera si comporta in modo opposto, trattiene tutte le frequenze ma, a differenza del metallo, non ne riemette nessuna.

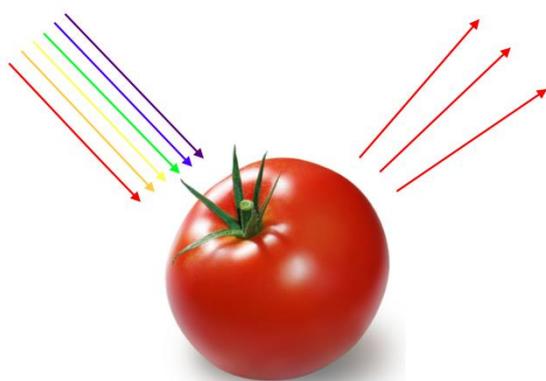


Figura 10 Un esempio di assorbimento selettivo.

Ma come si spiega, allora, la trasparenza di un oggetto di plastica o di vetro? In questo caso la soglia di assorbimento cade nell'ultravioletto, ossia gli elettroni del materiale necessitano di quantità energetiche superiori, corrispondenti a lunghezze d'onda inferiori a 400 nm, di conseguenza le radiazioni luminose attraversano il materiale senza essere alterate.

Stabilito il motivo alla base della colorazione degli oggetti, cerchiamo ora di comprendere perché alcuni di essi appaiono opachi ed altri lucidi. Tutto dipende dalla struttura caratteristica del materiale. Quando la luce colpisce un oggetto, oltre ad essere assorbita o riemessa, può anche essere riflessa. Se la superficie di un oggetto appare omogenea e regolare, come nel caso dei liquidi, dei metalli, delle vernici delle auto, la luce che la colpisce viene riflessa in maniera speculare, determinandone l'effetto lucido. Viceversa, se la superficie è granulosa la luce riflessa viene diffusa, e l'oggetto apparirà opaco. Allo

stesso modo, se la struttura interna del materiale è omogenea, le componenti non assorbite della luce non sono trattenute, ma attraversano l'oggetto rendendolo trasparente, mentre quelle riemesse ne determinando il colore. Esistono, però, alcuni casi intermedi, quando cioè la luce attraversa il materiale ma in maniera diffusa, causandone l'effetto traslucido (gli oggetti posti oltre la superficie in questione sono visibili, ma in maniera meno definita).

Un discorso a parte meritano quelle superfici il cui aspetto viene classificato come 'iridescente', ne sono un esempio le bolle di sapone. Queste sono costituite da un mezzo (acqua saponata) che presenta densità e proprietà ottiche diverse rispetto l'aria, infatti, quando la luce le attraversa, come nel caso del prisma o delle gocce di pioggia, cambia velocità e devia la sua direzione.



Figura 11 Il fenomeno dell'iridescenza osservabile sulla patina di una bolla di sapone.

Quando la luce attraversa la patina, viene riflessa e rifratta due volte; la prima quando la colpisce, infatti una parte del raggio luminoso viene riflessa e una parte, quella che entra nel materiale, rifratta; quest'ultima, a sua volta, subisce una riflessione quando colpisce il fondo della patina e una rifrazione quando fuoriesce da essa. Di conseguenza avremo, di un unico raggio luminoso, due onde emergenti, le quali si scontreranno intensificando l'effetto di alcune luci colorate e annullandone di altre, secondo le regole dell'interferenza. A prova di ciò si potrebbe illuminare una bolla di sapone con una luce monocromatica, essa apparirebbe a tratti scura e a tratti del colore della luce. Poiché la

forza di gravità tende a far fluire verso il basso la miscela saponata, lo spessore della patina subisce delle variazioni che influiscono sui colori risultanti nelle varie zone della bolla: laddove la patina è più spessa potrebbero risultare in accordo di fase (e quindi essere intensificate) determinate onde luminose (come quelle del blu), le quali si annullerebbero a vicenda in zone meno spesse della patina stessa, garantendone una percezione cromatica differente.

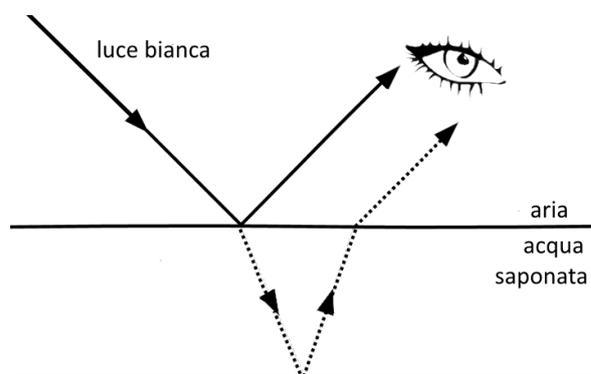


Figura 12 Riproduzione della doppia riflessione e rifrazione precedentemente descritta.

L'iridescenza non si verifica esclusivamente con i materiali descritti, essa è la causa della colorazione delle ali di alcuni insetti o delle code dei pavoni. Fu Hook ad interrogarsi rispetto al motivo per cui, vista da angolazioni differenti, la coda del pavone cambiasse colore. Egli, osservandone una piuma al microscopio, scoprì che era costituita da tante piccole creste regolari. Oggi sappiamo che le creste in questione sono responsabili della scomposizione e riflessione della luce incidente, la quale arriva al nostro occhio sotto forma del colore risultante dalle interazioni delle onde luminose riflesse.

1.4 La percezione visiva

Oscar Wilde, nel XIX sec., riassumeva con queste semplici parole il processo complesso della percezione visiva: “È dentro il cervello che il papavero è rosso”. Cosa intendeva dire? A differenza degli antichi Greci, i quali consideravano il colore come una proprietà

intrinseca dell'oggetto, anche Newton riteneva che la luce colorata fosse inesistente e considerava *il colore una questione di percezione, una conseguenza dell'effetto delle onde elettromagnetiche sull'occhio e sul cervello*¹³. Ma la conoscenza del reale funzionamento del meccanismo percettivo si deve principalmente a Young, scienziato britannico particolarmente interessato ai processi luminosi di cui abbiamo già parlato, la cui spiegazione della visione dei colori è ancora oggi considerata valida. Prima di approfondire la teoria tricromatica, è bene conoscere la complessa struttura anatomica cui facciamo riferimento: l'occhio.

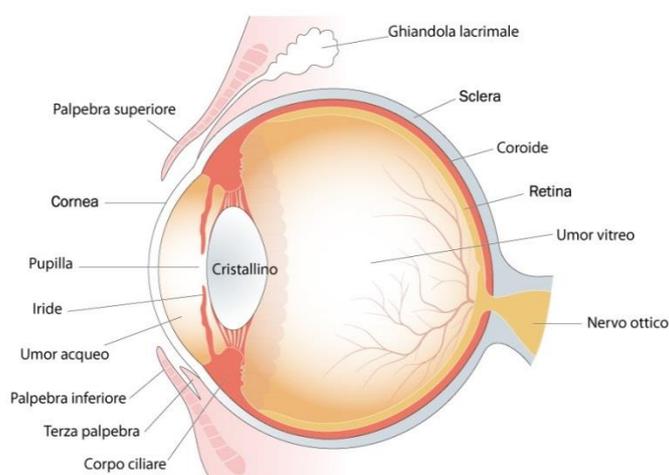


Figura 13 Rappresentazione anatomica di un globo oculare.

Esso presenta la forma di un globo, al centro del quale troviamo la pupilla, questa, attraverso l'aumento o la riduzione del suo diametro, permette alla luce di entrare nel nostro occhio e colpire la retina, una membrana ricca di cellule nervose posta nella parte interna e posteriore del globo. Le cellule nervose situate in questa zona dell'occhio vengono definite 'fotorecettori', si attivano quando ricevono segnali provenienti dal cristallino per inviare impulsi elettrici alla corteccia cerebrale. Essi possono essere di due tipi: i bastoncelli, responsabili della visione notturna, detta anche scotopica; e i coni, responsabili della visione diurna, detta anche fotopica. Ciò che li contraddistingue è,

¹³ Philip Ball, *Colore. Una biografia. Tra arte storia e chimica, la bellezza e i misteri del mondo del colore*, Biblioteca Universale Rizzoli, 2004.

prima di tutto, la forma; i bastoncelli sono più lunghi e cilindrici, i coni sono più piccoli e affusolati, la loro porzione superiore ricorda una punta. I primi forniscono informazioni prevalentemente acromatiche poiché sono ciechi alle radiazioni superiori ai 600 nm, sono presenti in quantità maggiori rispetto ai secondi e sono distribuiti soprattutto nella zona periferica della retina, questo spiega perché al buio un oggetto osservato con la coda dell'occhio sembra avere contorni più definiti rispetto a che lo si guardi frontalmente. I secondi, invece, grazie all'estremità dalla forma affusolata, riescono a fornire immagini più nitide, sono distribuiti nella parte centrale della retina, la fovea (zona di maggior acuità visiva), si attivano per la maggior parte durante il giorno e sono responsabili delle informazioni cromatiche inviate al cervello. L'assorbimento della luce da parte dei fotorecettori determina un loro sbiancamento, più è intenso il raggio luminoso, più aumenterà l'entità dello sbiancamento, a causa del quale i fotorecettori producono sostanze chimiche in grado di generare impulsi nervosi. Young si interrogò rispetto il modo in cui i fotorecettori inviassero stimoli cromatici al cervello, deducendo l'impossibilità dell'esistenza di tanti fotorecettori, attivabili ognuno da un preciso stimolo cromatico, quante fossero le frequenze luminose. Egli ipotizzò l'esistenza di tre tipi di coni principali, ognuno sensibile ad una tinta primaria (rosso, blu e verde), la cui stimolazione simultanea genererebbe diverse triplette di segnali corrispondente alle diverse radiazioni luminose. Oggi sappiamo che i tre coni di cui parlava Young contengono ognuno un pigmento con sensibilità differente a seconda delle lunghezze d'onda, i coni L (long) rispondono meglio alle lunghezze d'onda lunghe, i coni M (medium) a quelle medie e i coni S (short) a quelle corte. Fino a non poco tempo fa questi coni prendevano il nome del colore cui erano più sensibili, ma si è ritenuto opportuno modificarlo poiché *i recettori sono sensibili alla radiazione, e non al colore*¹⁴.

¹⁴ Renata Pompas - Lia Luzzatto, *Lezioni di colore*, Il Castello, 2015.

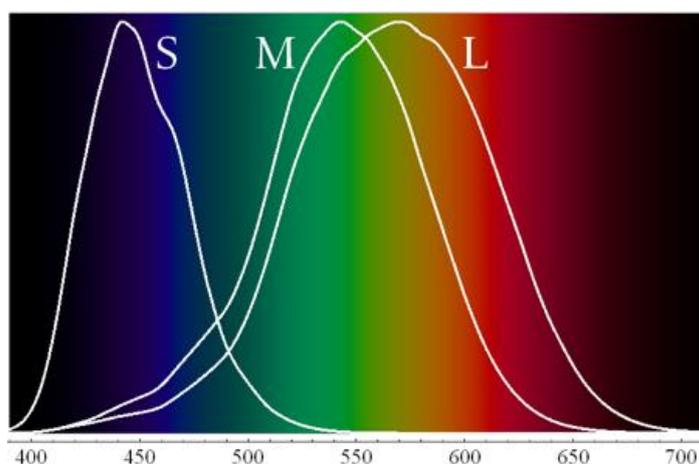


Figura 14 Picchi di assorbimento dei tre conici.

Nel caso di persone che difettano nella distinzione dei colori, come i daltonici che confondono il verde e il rosso, la causa è riconducibile all'assenza di conici sensibili ad un colore primario. Nel caso in cui la persona in questione fosse priva dei conici L^{15} , sensibili al rosso, e osservasse un oggetto proprio di questo colore, si attiverebbero i conici M , che comunque presentano, seppur in maniera lievemente ridotta, sensibilità al rosso, generando, però, la percezione del verde. Queste problematiche percettive sono il motivo principale per cui il semaforo rosso è sempre più grande del verde ed è posto in alto; addirittura, in alcuni paesi, il semaforo verde presenta forma quadrata affinché possa essere maggiormente riconoscibile.

La visione in bianco e nero, sebbene per l'uomo sia condizione rarissima (3 persone su 1000) dovuta ad un mal funzionamento dei conici, per alcune specie animali è, invece, la normalità. Ogni animale, nel corso del tempo, ha sviluppato capacità visive ben specifiche, adatte al proprio habitat: il gatto, ad esempio, possedendo solo due conici distingue esclusivamente il blu e il verde, ma nell'oscurità presenta un'acuità visiva maggiore dell'uomo; la talpa, invece, riesce a distinguere solo la luce del buio e si orienta prevalentemente con l'olfatto e l'udito; il toro, diversamente a quanto si crede, non

¹⁵ È il caso della protanopia, condizione risultante dall'assenza dei conici L . Al contrario, se mancassero o risultassero mal funzionanti i conici M , si parlerebbe di deuteranopia.

possiede nessun tipo di cono, quindi non riesce a distinguere i colori; il serpente è in grado di percepire i raggi infrarossi, ossia il calore emanato da un corpo, e così via.

Sebbene il funzionamento dei tre coni sia ben chiaro, il modo in cui gli impulsi nervosi sono trasportati e il tragitto che essi compiono dalla retina al cervelletto sono ancora sconosciuti. La teoria più accreditata è quella dell'opponenza cromatica, che trova le sue basi teoriche nelle osservazioni avanzate da Hering, il quale riteneva che il giallo, al pari degli altri tre colori individuati, dovesse essere un colore primario. Egli, spinto dalla consapevolezza dell'inesistenza di un colore blu-giallastro o verde-rossastro, avanzò l'ipotesi dell'esistenza di quattro recettori. Nonostante queste supposizioni rispetto il numero dei coni fossero errate, la sua intuizione sul comportamento anomalo del giallo fu giusta. La teoria dell'opponenza cromatica, infatti, riconosce le due coppie di colori individuati da Hering (blu-giallo, rosso-verde), a cui si aggiunge la coppia del bianco e del nero, come i tre canali attraverso cui viaggiano gli impulsi nervosi provenienti dai recettori. Ogni punto della fovea sarebbe costituito dai tre fotorecettori, i quali, a loro volta, sarebbero collegati a tre canali trasmissivi, costituiti da cellule ad opponenza semplice.

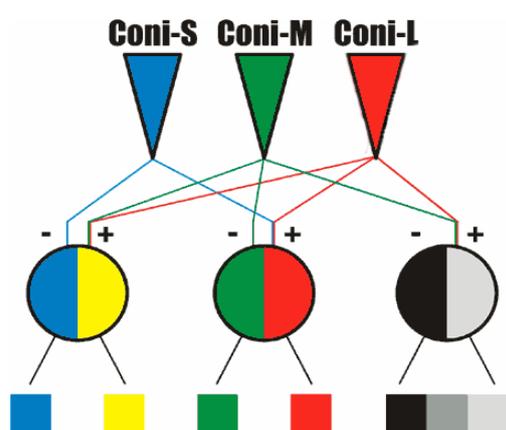


Figura 15 Tragitto degli impulsi nervosi provenienti dai fotorecettori secondo la teoria dell'opponenza cromatica.

Ogni canale, a seconda della stimolazione dei coni, si attiverebbe in due modi diversi, ognuno dei quali corrisponderebbe all'invio di un'informazione cromatica ben precisa

(nel caso del primo canale o blu o gialla). Se in una certa zona del campo visivo la tripletta inviata dai recettori stabilisce la percezione di un certo colore, ad esempio rosso, in quella stessa zona è inibita la visione del verde poiché i neuroni ad opposizione cromatica, in questo caso, comparando l'intensità dell'impulso proveniente dai coni M e L e riconoscendo quella dei secondi più elevata, si attiverebbe in un modo piuttosto che in un altro, inibendo così il passaggio dell'informazione relativa alla percezione del colore verde. I colori giallo-bluastro e verde-rossastro non sarebbero visibili perché *la combinazione di due luci (coppie cromatiche opponenti) porta alla reciproca soppressione della risposta*¹⁶. L'azione combinata dei due canali cromatici e il canale della luminosità, il quale riceve impulsi da tutti e tre i coni rilevandone l'intensità luminosa, genererebbe la visione di un certo colore. Inoltre Hering notò come alcune tinte, ad esempio il marrone, non fossero presenti nello spettro visibile ottenuto dalla scomposizione della luce e ipotizzò che la sua percezione dipendesse dalla relazione con lo sfondo. Egli riteneva che un oggetto arancione o giallo è percepito come marrone quando la quantità di luce proveniente dalla zona circostante è maggiore di quella riflessa dall'oggetto colorato, che di conseguenza apparirebbe più scuro. Di questo fenomeno sarebbero responsabili ulteriori cellule nervose, le cellule a doppia opposizione, il cui funzionamento non è ancora del tutto conosciuto.

1.5 I colori primari della sintesi additiva

Perché Young individuò il blu, il rosso e il verde come i colori ai quali i tre coni erano rispettivamente più sensibili? E come possono questi tre colori dare vita a tutta la gamma cromatica semplicemente combinandosi?

¹⁶ David H. Hubel, *Occhio, cervello e visione*, Zanichelli, 1989.

Già Newton sosteneva che fosse possibile ottenere cambiamenti cromatici unendo e mescolando raggi luminosi, egli, infatti, scriveva: “Se l’azzurro e il giallo sono mescolati insieme sembrano mutati nel verde, ma se vengono separati mediante rifrazione tornano nel colore originario [...] proprio come le polveri azzurre e gialle, quando accuratamente mescolate, appaiono verdi all’occhio, e tuttavia [...] osservate con un microscopio esse appaiono ancora, in modo disseminato, azzurre e gialle¹⁷”.

Più tardi, fu Young ad individuare le regole costituenti la sintesi additiva dei colori. Egli eseguì alcuni esperimenti utilizzando faretto colorati e miscelandone i raggi luminosi riflessi su una parete bianca. Con quest’esperienza dedusse che, affinché si potessero ottenere tutte le tinte dello spettro, i colori dei tre faretto dovessero insieme produrre bianco e nessuno dei tre dovesse essere ottenuto miscelando gli altri due.

Non a caso, sovrapponendo a due a due luci blu, rossa e verde si ottengono colori differenti da quelli di partenza, e illuminando contemporaneamente una stessa area della parete con i tre faretto si origina luce bianca. Quando si sovrappongono due radiazioni monocromatiche, come il verde e il rosso, esse sembrano fondersi in modo tale da garantire la percezione di un unico colore, in questo caso il giallo, la cui lunghezza d’onda viene riconosciuta come quella dominante. Come sostiene Ball, ciò non significa che le lunghezze d’onda di partenza si combinano, il giallo scaturisce dalla percezione contemporanea bensì indipendente del rosso e del verde, ma non è intrinseco nel segnale luminoso¹⁸. Allo stesso modo, quando si sommano luci di colore blu e rosso, si ottiene una luce magenta; mentre con la mescolanza di luci blu e verde si genera una luce di colore ciano.

¹⁷ Isaac Newton citato in Renata Pompas – Lia Luzzatto, *Lezioni di colore*, Il Castello.

¹⁸ A tal proposito Newton affermava: “I raggi non devono essere di colore giallo perché si possa captare questa tinta”.

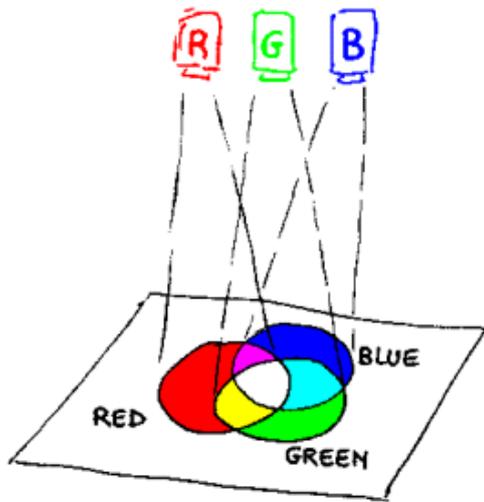


Figura 16 Rappresentazione dell'esperimento eseguito dal fisico Young.

Ma i colori che osserviamo nella nostra esperienza comune non sono più dei sei nominati? Assolutamente sì, e Young dimostrò come essi potessero essere ottenuti variando semplicemente l'intensità dei faretto utilizzati.

La sintesi additiva, oltre ad essere alla base del meccanismo della visione, può verificarsi anche in altre circostanze quotidiane. Innanzitutto c'è da dire che la scelta di una parete bianca per eseguire la sovrapposizione delle luci non è casuale, ricordiamo, infatti, la capacità di una superficie bianca di rimettere le radiazioni luminose che la colpiscono, se fosse stata di un altro colore, ad esempio nero, le frequenze sarebbero state trattenute annullando l'effetto cromatico descritto. Di conseguenza, il comportamento della parete bianca è analogo a quello di una sorgente luminosa, come il display di uno smartphone o di un televisore.

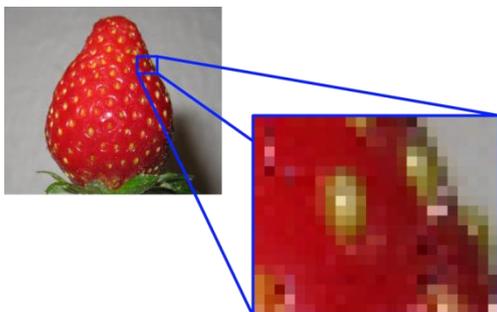


Figura 17 Sezione di un'immagine digitale zoomata.

Come sappiamo, ogni schermo digitale è costituito da piccole unità elementari, definite pixel, disposte in modo tale da formare una griglia; ogni pixel assume un colore differente e, a causa delle piccolissime dimensioni, sembra fondersi con gli altri producendo un'unica immagine. Il colore che il pixel assume è garantito proprio dalle regole della sintesi additiva: ogni unità elementare dell'immagine, infatti, è suddivisa a sua volta in tre piccole cellette, chiamate 'subpixel', rispettivamente del colore blu, verde e rosso, le cui attivazioni e combinazioni contribuiscono alla produzione del colore finale del pixel stesso. Se si osserva il monitor di un cellulare attraverso un microscopio si possono facilmente notare le celle che compongono ogni pixel, le quali assumano forma differente a seconda del modello dello smartphone utilizzato.

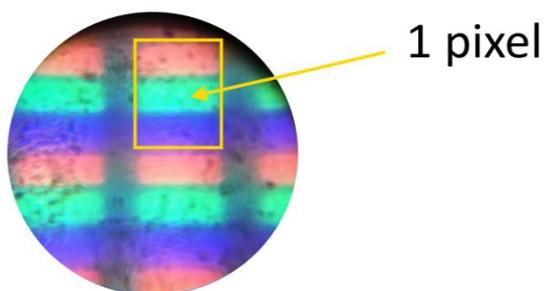


Figura 18 Display di un Ipod Touch osservato al microscopio.

Ma l'addizione dei raggi luminosi non è un processo legato esclusivamente alla dimensione digitale, esso si verifica anche in situazioni che eludono luce artificiale o tecnologie informatiche. Pensiamo ai pittori puntinisti che, verso la fine del XIX sec., dipingevano i propri quadri con accostamenti di piccole macchie colorate, dalle quali deriva il nome 'puntinismo'. Quando si osserva da lontano un quadro appartenente a questa corrente artistica, la sensazione di colore che si percepisce per ogni area del dipinto è quella risultante dalla miscela additiva dei puntini colorati che la compongono. Allo stesso modo è possibile percepire il colore bianco se facciamo girare velocemente il

disco dei colori di Newton, sebbene presenti settori circolari ben distinti rappresentanti ognuno i colori spettrali, la rotazione ne assicura la sovrapposizione.

1.6 I colori primari della sintesi sottrattiva

Nonostante quanto detto fino ad ora, ogni pittore sa bene di non poter ottenere una tinta bianca dalla miscela dei pigmenti blu, rosso e verde, né si sognerebbe mai di creare, a partire da questi, tutta la gamma cromatica esistente. Analogamente, se ci aspettassimo che dalla sovrapposizione di un filtro rosso ed un filtro verde si generi il giallo, resteremmo ben presto delusi nel constatare che l'unico colore risultante ricorda, invece, il marrone, la cui lunghezza d'onda è prossima a quella del giallo, diversamente alla sua intensità (molto più bassa). Questo avviene perché le regole della sintesi additiva non valgono per tutti gli oggetti presenti in natura, i quali, non costituendo sorgenti luminose, trattengono le frequenze cromatiche riemettendone solo alcune. Il filtro rosso sottrae alla luce bianca due delle frequenze primarie, riemettendo esclusivamente quella rossa, che ne determina il colore; lo stesso avviene per il filtro blu e quello verde. Quando questi si posizionano uno sull'altro, *gli effetti della sottrazione si accumulano*¹⁹, determinando la percezione del nero. Detto con altre parole, il filtro rosso assorbe la radiazione blu proveniente dal filtro blu, il quale, a sua volta, trattiene quella rossa proveniente dal filtro rosso, processo che si determina ugualmente con il filtro verde. È possibile, allora, utilizzare un'altra terna di colori per ottenerne degli altri? Il giallo, il ciano e il magenta (gli stessi colori ottenuti dalla somma a due a due delle luci monocromatiche) si adattano alla perfezione a tale proposito. Un filtro giallo sottrae alla luce esclusivamente la componente blu, riemettendo quella rossa e quella verde; un filtro magenta, da parte sua, riemette quella blu e quella rossa; ecco allora che dalla loro sovrapposizione si percepirà

¹⁹ Andrea Frova, *Luce, colore e visione*.

la radiazione cromatica che entrambi gli oggetti riemettono, ossia quella rossa, mentre le altre due saranno vicendevolmente assorbite. Alla stessa maniera, attraverso le restanti due combinazioni di filtri (ciano e magenta; giallo e ciano) otterremo il verde ed il blu, completando la triade primaria dei processi additivi.

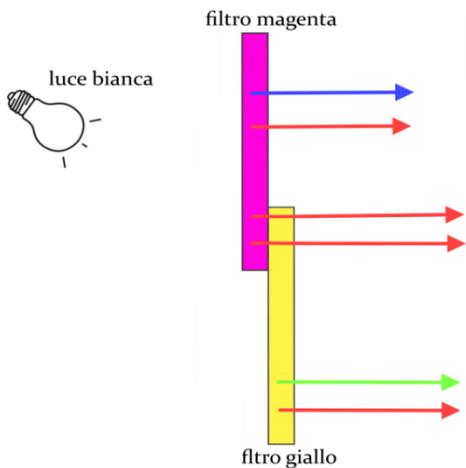


Figura 19 Rappresentazione grafica del processo additivo.

Non a caso, nella stampa industriale gli inchiostri utilizzati sono proprio il ciano, il giallo e il magenta, grazie ai quali, laddove vigono le regole della sintesi sottrattiva, si possono produrre tutti gli altri colori. Questo metodo di stampa, chiamato tricromia, è stato sostituito con un nuovo metodo, detto quadricromia, il quale prevede l'aggiunta di un quarto inchiostro ai tre già indicati, affinché possa essere utilizzato un colore nero più intenso, rispetto a quello generato dalla mescolanza dei tre inchiostri primari, che Luzzatto e Pompas definiscono 'teorico e non effettivo', più simile ad un marrone molto scuro.

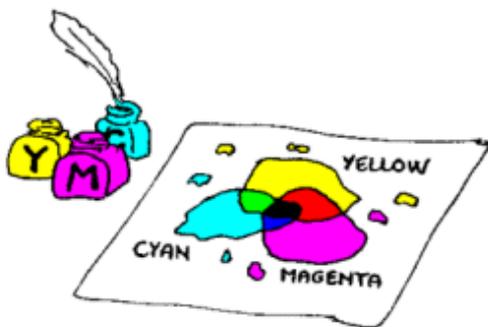


Figura 20 Mescolanza dei colori primari della sintesi sottrattiva.

In conclusione, possiamo riassumere quanto detto appellandoci alle parole di Philip Ball relative all'argomento: "Fondendo raggi luminosi di diverse lunghezze d'onda, si sintetizza colore sommando varie componenti che assieme stimolano la retina dell'occhio a creare una determinata sensazione di colore. Questa sintesi si chiama, per questo, additiva. [...] Una miscela di pigmenti, al contrario, sottrae lunghezze d'onda alla luce bianca; cioè i pigmenti non sono la fonte della luce che provoca una sensazione cromatica, ma sono mezzi che agiscono su una fonte di illuminazione esterna [...] la miscela di pigmenti con cui si preparano i colori si chiama dunque sottrattiva".

1.7 Storia del colore nell'arte

Riconosciute le due triplete primarie della sintesi additiva e sottrattiva, immediatamente ci accorgiamo di quanto, nessuna delle due, corrisponda alla terna di colori primari insegnati generalmente a scuola: il blu, il rosso e il giallo; considerati da molti la scelta più pratica (ma non la più affidabile) per ricostruire i colori spettrali. Frova, a tale proposito, definisce questa terna di colori *artisticamente attraente, tanto che è sempre stata preferita dagli artisti, ma non la scelta migliore tra quelle fatte con il giallo*. Prima di analizzare l'evoluzione delle combinazioni cromatiche in pittura, è bene fare alcune puntualizzazioni rispetto la concezione che si ha avuto del colore durante il corso storico.

Fin dall'antichità il colore era considerato superfluo. I Greci ritenevano che, per soddisfare l'occhio di chi guarda, bastasse una figura disegnata alla perfezione su uno sfondo bianco, un disegno realizzato con una matita, la quale costituiva l'unico mezzo necessario per la riproduzione fedele del mondo. L'arte greca è definita 'incolore', grazie a Plinio sappiamo che gli unici pigmenti adoperati erano il bianco, il nero, il rosso e il giallo; le cui tonalità mal si adattavano alla rappresentazione di paesaggi naturali, e, per questo, poco utilizzate.

Perché la pittura greca presentava questo schema quadricromatico particolare? Molti sostengono che la scelta dei colori sia legata ad un significato metafisico piuttosto che artistico, essi ricorderebbero, infatti, i quattro elementi aristotelici: terra, aria, fuoco e acqua. Tra l'altro, i Greci scoraggiavano fortemente la miscela dei pigmenti indicati, come prova quanto afferma Plutarco nel I sec a.C.: “Mescolare produce conflitto”, o Artistotele stesso, il quale sosteneva che miscelare equivalesse ad una vera e propria ‘deflorazione’. A giustificare questa riluttanza convinta verso la mescolanza dei pigmenti convergono le idee che in epoca classica si avevano rispetto i colori ottenuti dalle miscele, i quali erano considerati nettamente inferiori a quelli ‘puri’²⁰, poiché più degradanti, scuri e meno luminosi. Ciò si verificava proprio a causa dell'utilizzo di pigmenti puri che non coincidevano con i primari individuati. Differentemente, l'arte romana appare ben più ricca e varia, anche se sembra proseguire la predilizione di pigmenti puri (nel frattempo aumentati grazie all'influsso di nuove tecniche e materiali), adoperati in lavori di devozione a Dio durante il Medioevo. Quest'ultimo fu un periodo di fondamentale cambiamento artistico, che vede l'impiego di colori costosi (il rosso vermiglione, il blu oltremare, il giallo oro) che suscitassero ammirazione e venerazione negli occhi dell'osservatore. In questo caso *l'uso del colore non è complesso: l'abilità non consisteva nel creare sfumature o usare lumeggiature e ombreggiature, ma solo sistemare sulla scena pigmenti crudi in modo armonioso [...] non esisteva prospettiva né dinamica nei quadri, lo scopo propagandistico della Chiesa esigeva che si raccontasse una storia senza usare parole: ognuno dei personaggi doveva essere chiaramente identificato in una posizione e una dimensione adeguate al ruolo*²¹. A partire dal XI sec., ai colori costosi menzionati, se

²⁰ I pigmenti puri sono quelli naturali (inorganici e organici) ottenibili da minerali o vegetali, come nel caso delle terre, degli ossidi di ferro, del bruno di seppia e così via.

²¹ Francesca del Rosso, *Il piano e l'immagine. Chimicartec. La chimica legge l'arte, la tecnologia ne ha cura*, StreetLib.

ne aggiunsero di altri, come il verde iris (ricavato dai fiori di iris), il guado (una sfumatura di blu estratta da piante spagnole), lo zafferano e il folium (un rosso-porpora ottenuto da piante coltivate in Provenza). Tuttavia, con l'avvento del Rinascimento e sotto l'influenza di grandi artisti come Alberti, Michelangelo e Raffaello, si abbandonarono le tecniche artistiche medievali a favore della riproduzione fedele della natura e delle sue sfumature, le quali erano certamente in quantità maggiori rispetto ai pigmenti che i pittori stessi avevano a disposizione. Questo dimostra quanto il problema della produzione di tutta la gamma dei colori partendo da alcuni selezionati esista già da prima degli studi compiuti da Itten.

Esaminando in primo luogo la ruota dei colori di Newton, ci accorgiamo che egli li dispone seguendo l'ordine con cui appaiono in seguito alla scomposizione tramite rifrazione, senza attribuire grande importanza al concetto dei colori primari e secondari.

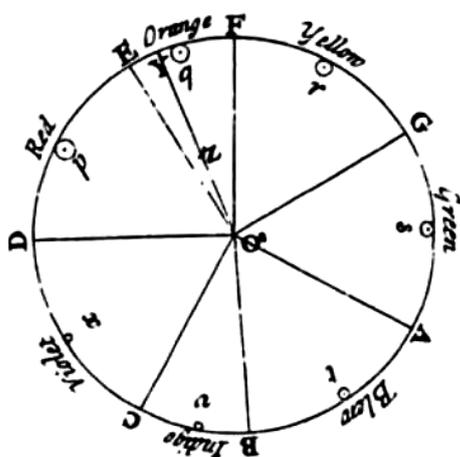


Figura 21 Ruota cromatica di Newton.

La suddivisione dei colori nelle suddette categorie, e come la si intende oggi, si deve proprio a Itten, pittore e architetto svizzero, che individuò nel blu, rosso e giallo i pigmenti a partire dai quali è possibile ottenere tutti gli altri. Questa scelta, che si perpetua ancor oggi, è fortemente criticata da Frova: "Itten era un artista, non uno scienziato; non aveva fatto studi sistematici come quelli di Young". Affinché il cerchio sia attendibile, i

colori contrapposti devono risultare tra loro complementari, ma ciò non accade con quello di Itten. Due tinte si dicono complementari quando, sommate, danno un colore molto simile al nero; contemporaneamente, dalla sovrapposizione di due luci monocromatiche complementari si genera una luce bianca.



Figura 22 Se si considera il cerchio di Itten, si riconoscerebbe come complementare del rosso il verde, ma sappiamo bene che la sovrapposizione di queste due luci genera giallo e non bianco.

È scontato supporre che gli esatti complementari ai colori individuati da Young, oltre il giallo, siano magenta e ciano anziché blu e rosso. Il cerchio risultante fu proposto, un secolo prima, da Goethe nel suo libro ‘Teoria dei colori’. Il cerchio in questione non fa altro che riassumere i colori primari additivi e sottrattivi, contrapponendo esattamente quelli complementari tra loro, come ad esempio verde e magenta.

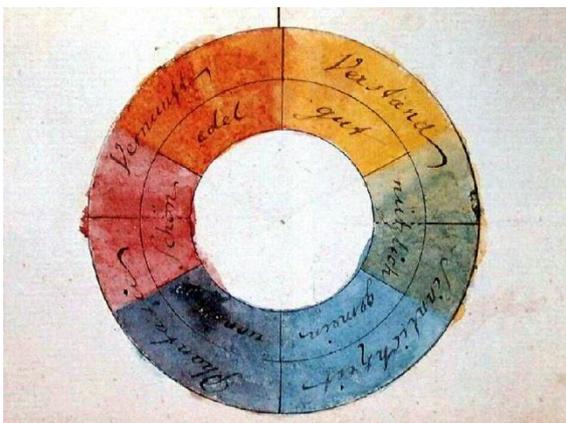


Figura 23 Cerchio cromatico di Goethe.

A tal proposito, sorge spontanea una domanda: perché, nell’arte e nella pittura, sono da sempre utilizzati e considerati primari il blu, il rosso e il giallo? *La scelta è dettata*

*esclusivamente da motivi di convenienza pratica, in mescolanza additiva è impossibile ottenere il giallo*²². Miscelando tra loro rosso e verde non creeremmo il giallo, piuttosto marrone; mentre il verde si produce facilmente dalla miscela del blu e del giallo. Tra l'altro, bisogna considerare anche la scarsa disponibilità dei pigmenti primari sottrattivi prima che intervenisse la chimica, la quale ha contribuito notevolmente alla loro sintetizzazione preservandone la purezza.

L'organizzazione circolare dei colori è diventata, nel corso del tempo, *un punto di riferimento delle teorie coloristiche*²³; la ruota, infatti, oltre ad essere usata come contributo indispensabile all'esposizione delle problematiche relative le tinte primarie e secondarie, ha rappresentato anche una supporto allo studio delle armonie cromatiche. Chevreul, ad esempio, servendosi del cerchio di Itten come riferimento, ha elaborato possibili combinazioni armoniche di colori con l'intento di ridurre la percentuale di contrasto percepito da quelle sgradevoli. Egli riconosceva come colori armonici tra loro quelli adiacenti (come giallo e arancione, o verde e blu), ma anche quelli complementari, i quali, secondo il chimico, se accostati si esaltano a vicenda. Queste, però, rappresentano solo le combinazioni armoniche più frequenti, alle quali Chevreul ne aggiunse delle altre, come l'armonia dei complementari sdoppiati, che potrebbe essere considerata una somma delle combinazioni precedentemente riconosciute, o l'armonia degli accordi triadici, che corrisponde alla combinazione del blu, del rosso e del giallo. Certamente, lo studio dei colori e delle loro miscele ha contribuito alla nascita di una nuova disciplina, la colorimetria, cui obiettivo consiste nella misurazione precisa dei colori e nella loro classificazione internazionale.

²² Andrea Frova, *Luce, colore e visione*, Editori Riuniti.

²³ Philip Ball, *Colore. Una biografia. Tra arte storia e chimica, la bellezza e i misteri del mondo del colore*, Biblioteca Universale Rizzoli, 2004

Complementari sdoppiati



Triadica

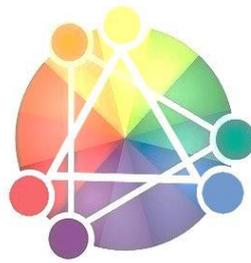


Figura 24 Due delle quattro combinazioni armoniche individuate da Chevreul.

1.8 Gli attributi del colore

Ogni qualvolta pensiamo ad un colore, esso non si esaurisce esclusivamente nella definizione della sua tonalità poiché presenta altre caratteristiche, definite 'attributi', che ne influenzano la percezione. Tutti siamo a conoscenza delle diverse sfumature che uno stesso colore può presentare pur restando all'interno di un'unica famiglia cromatica, la natura ce ne da continua prova con le molteplici tonalità blu del cielo o verde della vegetazione.

La tonalità di un colore, o tinta, rappresenta il primo degli attributi cromatici; è diversa per ogni lunghezza d'onda e corrisponde alla percezione visiva che di essa si ha, la quale ci consente di riconoscere quel dato colore e ci permette di classificarlo. Le tinte possibili sono infinite, ma l'uomo tende a confondere lunghezze d'onda tra loro prossime riuscendo a distinguerne circa 200; queste si definiscono 'tinte cromatiche', in contrapposizione a quelle percezioni visive che non corrispondono ad una lunghezza d'onda, come il bianco, il nero e il grigio. Il primo consiste in una miscela completa di tutte le tinte, il secondo nell'assenza di queste e il terzo presenta un comportamento

intermedio: esso assorbe parzialmente tutte le lunghezze d'onda, venendosi a caratterizzare come 'un bianco con volume abbassato'²⁴.

Il secondo attributo si riferisce alla purezza di un colore, meglio conosciuta come intensità o saturazione; indica la percentuale della tinta presente rispetto alla quantità di bianco, grigio o nero contenuta in essa. Se confrontiamo tra loro il rosa e il rosso, nel primo prevale la componente bianca, nel secondo quella cromatica, di conseguenza, tra i due il colore più saturo è il rosso.

La luminosità, terzo attributo, corrisponde alla quantità di luce che una tinta riflette. Quando una superficie trattiene poche frequenze, il colore percepito sarà generato da una quantità maggiore di frequenze riemesse risultando più luminoso. Se consideriamo il giallo e il viola, non c'è dubbio sul fatto che la luminosità del primo sia maggiore, in quanto colore prossimo al bianco, differentemente dal viola, molto più cupo.

C'è chi ritiene sia necessario distinguere luminosità e brillantezza, spesso tra loro confuse. La luminosità corrisponderebbe alla quantità di luce riflessa da un oggetto paragonata a quella riflessa da una superficie bianca illuminata allo stesso modo, la brillantezza considera esclusivamente la quantità di luce percepita e proveniente da un oggetto colorato. Se osservassimo una luce di colore bianco poco intenso, la definiremmo comunque bianca; ma se la confrontassimo con una superficie bianca, essa ci apparirebbe improvvisamente grigia, a patto che siano entrambe sottoposte alla stessa illuminazione, al variare della quale il rapporto tra le due luminosità non cambierebbe, garantendo comunque la percezione rispettiva di grigio e bianco.

Le svariate e infinite combinazioni di tinta, saturazione e luminosità rendono arduo, se non impossibile, il tentativo di attribuire ad ognuno di esse un nome. Chiunque avrebbe difficoltà a riconoscere l'uguaglianza tra due colori, ma l'esigenza industriale e artistica di

²⁴ Così definito da Ball nel suo libro 'Colore'.

riprodurli in modo oggettivo e standardizzato conduce alla nascita della colorimetria, già menzionata, che oggi si serve del diagramma cromatico CIE (Commission Internationale de l'Eclairage²⁵) per individuare tutte le combinazioni cromatiche possibili. Il cammino che porta all'elaborazione di questo diagramma non è breve, tutt'altro; inizia nei primi anni del secolo scorso con Munsell, il primo in assoluto a tentare, in maniera oggettiva, di classificare i colori a seconda dei loro attributi. Egli riteneva fosse necessario un grafico tridimensionale affinché si potessero rappresentare tutte le variazioni di luminosità, tinta e saturazione possibili. Al centro di una circonferenza, sulla quale dispose cinque tinte pure (rosso, giallo, verde, blu e viola) e altrettante tinte intermedie, Munsell posizionò un asse verticale diviso in undici segmenti, rappresentanti ognuno un grado di luminosità, ottenuto dalla miscela di bianco e nero, i colori dei segmenti posti alle due estremità. Perché il passaggio dal nero al bianco attraverso i nove grigi intermedi fosse graduale e uniforme, elaborò combinazioni delle due componenti acromatiche tutt'altro che equilibrate: ad esempio, il grigio posto esattamente a metà sull'asse, anziché presentare quantità eguali, contiene appena il 18% di bianco, a causa della sua elevata capacità riflettente che lo rende immediatamente percettibile, mentre la medesima quantità di luce nera scurisce a stento il colore. In ultimo, rappresentò la saturazione dividendo i dieci settori circolari in cinque zone ognuno, lungo le quali distribuì le varie combinazioni di tinta e di bianco (o grigio o nero a seconda della posizione dell'asse), passando dalla tinta pura sulla circonferenza al bianco acromatico sull'asse centrale. Anche in questo caso le quantità di tinta e bianco previste per ogni zona sono asimmetriche, il suo obiettivo era fornire all'occhio un passaggio graduale. Così facendo, per ogni tinta ottenne 55 quadretti: ogni zona del settore circolare di un colore, che ne determina la purezza, può essere combinata con undici possibili valori di luminosità. Identificò ogni tinta risultante

²⁵ Commissione Internazionale dell'Illuminazione.

attraverso un codice alfanumerico come R4/3, dove R rappresenta la tinta, 4 il valore della luminosità e 3 quello della saturazione.

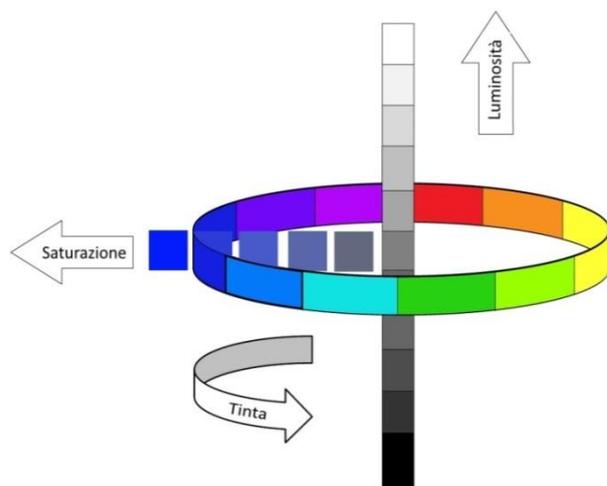


Figura 25 Atlante di Munsell.

Per quanto il sistema appena descritto fosse del tutto applicabile e ben funzionante, i colori scelti da Munsell non corrispondevano a quelli primari, e la nomenclatura attribuita ad ogni tinta non poteva essere considerata oggettiva. Ben presto si ritenne opportuno adoperare i tre colori primari additivi come punto di riferimento, stabilendone, per ogni tinta, la rispettiva concentrazione. Maxwell elaborò un triangolo cromatico, ai cui vertici posizionò i colori di Young e lungo i lati le loro miscele così da avere nei punti medi le rispettive tinte risultanti: il giallo, il ciano e il magenta. Ottenne, così, un triangolo il cui perimetro é costituito da colori puri, nella zona centrale il punto O coincide con il bianco ottenuto dalla combinazione di rosso, blu e verde ($V = R = B = \frac{1}{3}$), mentre le linee interne indicano la saturazione delle tinte, che diminuisce verso il centro. I punti di intersezione delle linee parallele ai lati indicano la quantità di ogni tinta presente da 0 a 1, così da avere per ogni colore una tripletta di valori ben precisa. Purtroppo, anche questo schema si rivelò poco affidabile poiché con esso non si riuscivano ad ottenere tutte le possibili varietà cromatiche. Nel 1931 la Commissione dell'Illuminazione ha perfezionato il triangolo cromatico di Maxwell variandone prima di

tutto la forma; il diagramma CIE ricorda, infatti, una campana. Essa è ottenuta dall'individuazione di tre primari immaginari, ossia colori la cui saturazione non è percepibile dai fotorecettori umani e per questo posti all'esterno del diagramma, *tutte le possibili cromaticità comprese nella regione del visibile cadono all'interno del diagramma*²⁶, sul cui confine sono poste quelle sature. Lungo la linea curva sono rappresentati i colori spettrali associati alle relative lunghezze d'onda, mentre sul segmento rettilineo alla base del diagramma sono riportate tutte le miscele ottenibili dalla combinazione di rosso e blu, miscele non spettrali alle quali, di conseguenza, non si attribuisce nessuna lunghezza d'onda. X e Y rappresentano rispettivamente rosso e verde, ma, poiché la somma dei tre primari corrisponde a uno, il valore del blu, indicato con Z, è facilmente calcolabile ($Z=1-X-Y$).

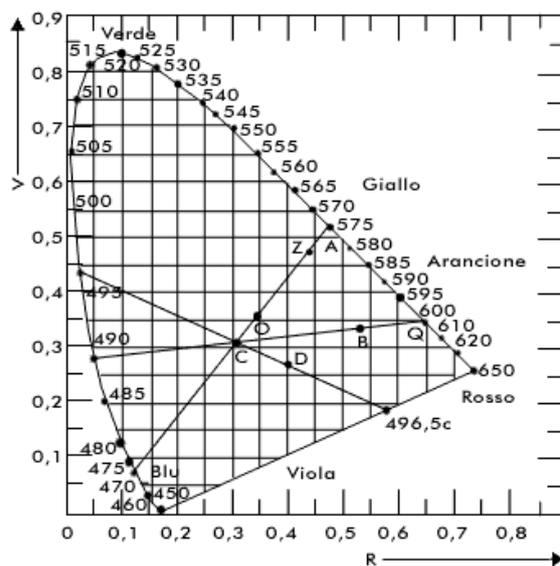


Figura 26 Diagramma CIE.

Anche in questo caso il punto O corrisponde al bianco, leggermente al di sotto del quale troviamo il punto C, anche detto illuminante CIE, che costituisce il grado di luminosità uguale a tutte le tinte e rappresenta la luce diurna media. Attraverso l'utilizzo di tale diagramma è possibile sia individuare il complementare di un colore che la lunghezza

²⁶ Andrea Frova, *Luce colore e visione*, Editori Riuniti.

d'onda dominante ottenuta dalla miscela di due colori. Nel primo caso basta partire da un punto preciso del perimetro del diagramma e tracciare un segmento passante per C; il punto di intersezione tra il suddetto segmento e il confine opposto della campana designa la tinta complementare, ma questo vale anche per tutti i punti intermedi del segmento: quelli equidistanti da C si configurano ognuno come il complementare dell'altro. Il segmento che unisce C ad un punto qualsiasi del confine del diagramma individua tutti colori aventi la stessa lunghezza d'onda dominante ma con purezza cromatica crescente o decrescente a seconda di come la si guarda. Infine, lungo la linea che unisce due punti rappresentanti ognuno una tinta si ottengono tutte le possibili mescolanze dei colori di partenza, ogni punto di tale segmento, se fatto passare per C e congiunto con il perimetro, ne individua la lunghezza d'onda dominante e il grado di saturazione. A questo punto occorre fare un'ultima osservazione: nel diagramma mancano colori come il marrone o il verde oliva, questo perché esso fa riferimento alle mescolanze additive e sappiamo bene che non esiste una luce marrone, diversamente da oggetti e vernici. Nonostante ciò, il diagramma può adattarsi anche alla mescolanza dei colori secondo le regole sottrattive, variando ad esempio il bianco centrale con il grigio e rappresentando le probabili miscele tra due tinte di riferimento mediante curve di percorrenza i cui punti dovranno essere stabiliti in seguito a prove ed esperimenti.

Indipendentemente dalla necessità di una classificazione internazionale delle tinte, i valori di luminosità e saturazione rivestono un ruolo fondamentale anche in fotografia poiché consentono di modificare immagini migliorandone le caratteristiche. A tal proposito, leggendo istruzioni e consigli online per l'utilizzo di macchine fotografiche digitali, la Nikon scrive: "Aumentando la saturazione avremo colori più intensi, perfetti per andare in stampa direttamente senza passare dal PC quando stiamo fotografando oggetti in una giornata nuvolosa oppure anche quando semplicemente vogliamo rendere più ricca

l'immagine. Viceversa possiamo ridurre la saturazione quando abbiamo davanti a noi una scena con toni fortissimi. [...] Un'immagine si dice contrastata quando esiste una netta differenza tra le parti chiare e scure, ossia quando il suo contenuto si concentra nelle luci (zone chiare) e nelle ombre con una scarsa presenza di toni intermedi. Una situazione tipica in cui aumentare il contrasto è quando il cielo nuvoloso elimina le ombre sottolineando i toni intermedi. Una situazione in cui, invece, ridurlo, è nella foto di soggetti in pieno sole che produce ombre molto nette e spesso fastidiose sul viso. Un secondo parametro che va a braccetto con il contrasto è la luminosità. Quest'ultima sposta il peso dell'immagine in direzione di un maggiore dettaglio nelle ombre con perdita di dettaglio nelle luci o viceversa”.

Capitolo II

COLORI E SVILUPPO

2.1 La percezione visiva prenatale e postnatale

Come sappiamo, il sistema visivo di un bambino inizia a svilupparsi già durante la gestazione e continua a maturare anche dopo la nascita, fase in cui si registra una successiva crescita fisica delle strutture neuronali.

Circa quaranta giorni dopo il concepimento si formano i coni e i bastoncelli che costituiscono la retina, il cui compimento completo si raggiunge intorno al sesto mese di gravidanza; intanto cominciano a formarsi neuroni, aree e strati delle strutture corticali e subcorticali visive che, entro la fine del secondo trimestre, si attivano permettendo al feto di aprire gli occhi. Al contrario di quanto avviene per gli input uditivi, percepiti dal neonato prima della nascita come testimoniano le innumerevoli connessioni neuronali che si registrano nelle aree corticali associate, l'aumento sinaptico nelle aree visive si verifica solo quando il bambino conosce definitivamente il mondo extrauterino, momento che coincide con l'inizio dell'esperienza visiva. Nel periodo immediatamente successivo, le sinapsi possono rafforzarsi o indebolirsi in base alle esigenze ambientali e sensoriali: esse sono preservate nei circuiti corticali in funzione, ma eliminate in quelli inattivi. Tutto ciò contribuisce a riconoscere, anzitutto, il ruolo giocato dall'esperienza nello sviluppo visivo, ma anche le capacità che i bambini posseggono: *essi nascono capaci di vedere*²⁷, certo con qualche limitazione. A causa delle strutture corticali non del tutto mature, i neonati, oltre a possedere un campo visivo ridotto che non consente loro di vedere le cose in lontananza e percepire la profondità, presentano un'acutezza visiva scarsa: non sono in grado di cogliere i piccoli dettagli. Nonostante ciò, da alcuni esperimenti condotti

²⁷ Scott P. Johnson, *Development of visual perception*, John Wiley & Sons 2010.

negli ultimi anni, è emerso che i bambini appena nati interagiscono attivamente con l'ambiente e lo analizzano utilizzando anche il sistema visivo. A due settimane iniziano a coordinare i muscoli oculari e riescono a vedere in maniera distinta gli oggetti distanti dai loro occhi circa 20-25 cm, come il volto della propria madre, oltre il quale appare tutto sfuocato. Dal primo mese di vita, quando esposti ripetutamente ad uno stimolo visivo familiare si verifica un consistente calo dell'attenzione, distolgono lo sguardo, sono meno incuriositi; contrariamente, se sottoposti ad un nuovo stimolo i tempi di fissazione aumentano e l'attenzione cresce. In questo modo, il neonato dimostra di avere memoria dello stimolo presentato più volte durante l'addestramento e comunica una preferenza, definita 'visiva', verso ciò che ancora non conosce e lo interessa maggiormente. Intorno al terzo mese impara a controllare i muscoli del collo riuscendo a non distogliere lo sguardo quando l'oggetto di attenzione si allontana dal suo campo visivo poiché è in grado di seguirlo muovendo il volto. A quattro mesi compare la vista binoculare, ossia fonde le immagini provenienti dai due occhi, e a sei mesi inizia a percepire la profondità.

I bambini non si impegnano a caso con il mondo che li circonda, hanno delle preferenze, tradite da quanto tempo fissano una cosa rispetto un'altra²⁸; ed è proprio attraverso l'attenzione visiva, caratterizzata da una combinazione di movimenti oculari, definiti 'saccadi', e fissazioni della zona di interesse, che si è proceduto ad analizzare le abilità visive dei neonati e valutarne, a proposito dei colori, la visione cromatica. Se durante i primi tempi il bambino fatica a distinguere i colori e tutto assume i toni del grigio, già dopo il primo mese egli inizia a discriminare, sebbene in maniera approssimativa, il rosso e il verde, soprattutto quando sono tra loro in forte contrasto²⁹. Tuttavia, a causa

²⁸ Angela Saini, *Newborn babies may be more developed than we think*, articolo pubblicato su The Guardian, 2013.

²⁹ Chiara Palmerini, *Il mondo visto con gli occhi di un neonato*, Focus, 2017.

dell'immatùrità della retina, le differenze di colore molto sottili e le loro sfumature, come l'arancione nel caso del rosso, non risultano distinguibili.

Dunque, le prime tinte riconosciute dai bambini corrispondono, non a caso, a due delle tre verso cui i coni sono maggiormente sensibili, e cioè rosso e verde, mentre, la percezione del blu e del giallo avverrebbe soltanto intorno ai quattro mesi. Da quando i bambini iniziano a riconoscere e distinguere le differenti componenti cromatiche, maturano verso queste una forte attrazione, valutabile in qualsiasi momento della loro infanzia: essi sono attratti da giochi colorati e prediligono le attività manipolative che coinvolgano pastelli e pennarelli. A tal proposito, David Katz ha compiuto numerosi studi rispetto la loro propensione verso il colore a svantaggio della forma, asserendo che i bambini, dai due ai cinque anni, discriminano gli oggetti secondo il colore e non la forma, la quale prevale sul colore solo successivamente.

Oltre le capacità percettive, negli ultimi decenni i ricercatori si sono interessati anche alle competenze cognitive che i bambini presentano durante il primo anno di vita, come dimostrano le ricerche condotte dall'Università della California: dopo aver mostrato a bambini di sei mesi una scatola piena di palline rosa e pochissime di colore giallo, pescando da questa una pallina gialla, si constatava sorpresa tra le espressioni che i bambini assumevano, prova della loro capacità di distinguere le due tonalità incluso il rosa, la cui saturazione è inferiore al già citato rosso, ma anche di saper ragionare in termini di probabilità. Allo stesso modo, Schulz, professore di scienze cognitive al Massachusetts Institute of Technology, contesta l'idea che i bambini non sappiano comprendere alcune leggi fisiche, come la forza di gravità esercitata sugli oggetti, o la solidità di questi ultimi. Ad esempio, afferma Schulz, essi osservano più a lungo azioni che tradiscono regole universali, come una macchinina giocattolo che sembra muoversi attraverso un muro, piuttosto quelle che rispettano le suddette regole fisiche.

Appurata l'esistenza di competenze che il bambino possiede prematuramente, un ulteriore studio³⁰ sulla visione cromatica infantile, condotto recentemente dall'Università del Surrey, merita di essere menzionato, sebbene la sua validità risulti ancora dubbia. A 18 adulti di lingua inglese e 13 bambini di quattro mesi è stato mostrato un bersaglio colorato su uno sfondo colorato. I primi dirigevano più velocemente lo sguardo verso il bersaglio quando questo era di una tinta differente dallo sfondo (ad esempio, blu e verde) rispetto a quando bersaglio e sfondo presentavano sfumature diverse dello stesso colore (ad esempio, blu). Questo processo, definito 'percezione categoriale' poiché discrimina più efficacemente categorie cromatiche diverse rispetto a quelle della stessa categoria, avveniva quando i colori erano presentati nel campo visivo destro, dal quale si ha accesso migliore alle aree di elaborazione linguistica (area di Broca) nell'emisfero sinistro. Secondo i ricercatori, ciò dimostrerebbe il legame concreto tra lingua e percezione visiva. Cosa c'entrano, allora, i bambini? I risultati ottenuti con i più piccoli non corrispondevano a quelli descritti per gli adulti, al contrario, i bambini mostravano un effetto di percezione categoriale quando lo stimolo era presentato nel campo visivo sinistro, coinvolgendo, di conseguenza, l'emisfero destro. L'iniziale categorizzazione innata del colore avverrebbe nell'emisfero opposto a quello coinvolto nell'età adulta, e questa consecutiva inversione sarebbe successiva all'apprendimento linguistico, provandone l'enorme potere nello sviluppo cognitivo. Nonostante ciò, il trasferimento di informazioni da un emisfero all'altro potrebbe essere giustificato a causa dell'integrazione dei due emisferi non ancora compiuta a quattro mesi, per non considerare i tempi di sviluppo diversi dei due campi visivi corrispondenti ai rispettivi emisferi. Queste corrispondono solo a due delle tante considerazioni che hanno impedito di valutare

³⁰ Descritto da Rick Hanley in un articolo intitolato *Do Infants See Colors Differently?* pubblicato nel 2008 su una rivista scientifica americana: 'Scientific American'.

quest'ipotesi come certa; tuttavia, gli studi riguardanti l'influenza linguistica esercitata sulla percezione cromatica sono proseguiti, e ciò che emerge da una ricerca recente³¹ pubblicata su PNAS³² relativa all'attenzione visiva presentata dai bambini esaminati rispetto a differenti stimoli cromatici, sembrerebbe avvalorare la tesi precedente. I colori identificati dai bambini *sarebbero universali, non dovuti all'apprendimento del linguaggio [...] Su queste categorie innate la cultura agirebbe nel tempo, portando a privilegiare il riconoscimento di certe sfumature piuttosto che di altre*³³.

2.2 Relatività linguistica

Come abbiamo visto nel capitolo precedente, riconoscere in maniera oggettiva un colore etichettandolo con un codice alfanumerico o con una tripletta di valori è interesse esclusivo dell'industria, dove è indispensabile disporre di una definizione matematica precisa e convenzionalmente accettata. Nell'esperienza comune sarebbe certamente poco pratico doversi servire di sigle prestabilite per indicare i vari colori, ecco perché ricorriamo a termini linguistici per condividere con gli altri una specifica sensazione visiva. L'assegnazione di un nome alle diverse componenti cromatiche riduce ulteriormente la parte dei colori discriminabili, i quali, ricordiamo, sono circa 200. Ogni cultura presenta una quantità di nomi più o meno elevata, e, secondo alcuni studiosi, questo influirebbe sulla percezione stessa dei colori. Prima di indagare quest'aspetto, è bene valutare la nomenclatura cromatica esistita, così diversa e ridotta rispetto a quella esistente, che pur differisce per cultura e contesto geografico.

Gli scritti classici sull'uso del colore nell'arte presentano non poche ambiguità, tra cui la più singolare corrisponde ad una frequente confusione tra il verde e il rosso. Plinio

³¹ Skelton, Catchpole, Abbott, Bosten e Franklin, *Biological origins of color categorization*, 2017.

³² Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, rivista scientifica statunitense.

³³ Chiara Palmerini, *Il mondo visto con gli occhi di un neonato*, Focus, 2017.

utilizzava spesso il termine sinopis (Sinope, località del Mar Nero in cui si produceva un pigmento di ocre rossa) per indicare contemporaneamente i due colori, così come il sostantivo latino caeruleum poteva denotare contemporaneamente sia il giallo che l'azzurro. Contrariamente a quanto si potrebbe pensare, ciò non significa che le popolazioni antiche confondessero tra loro tinte così diverse, semplicemente avevano strategie di distinzione cromatica differenti dalle nostre. I Greci, per esempio, contrassegnavano i colori per la quantità di chiaro o scuro che li determinava. Essi *vedevano uno spettro diverso, col bianco (o meglio il chiaro) a un'estremità e il nero (o meglio lo scuro) all'altra; tutti i colori si trovavano sulla scala cromatica fra questi due estremi: miscele di chiaro e scuro in differenti proporzioni*³⁴. Il rosso e il verde erano ritenuti equivalenti, in entrambi vi sarebbe la medesima quantità di chiaro e scuro, questo motiverebbe l'utilizzo di un unico termine per riconoscerli. La scala cromatica greca, grazie ai dotti medievali che facevano tesoro dei testi classici, si tramandò per lungo tempo, alcuni testi risalenti al X sec. classificano ancora le componenti cromatiche come bianco, nero e intermedio. Tra l'altro, questa peculiare classificazione è considerata da molti la causa dell'individuazione di soli quattro colori da parte dei Greci: l'azzurro e il blu sarebbero stati visti come sfumature di nero, per questo non menzionati tra le tinte esistenti. Invece, la spiegazione alla base della corrispondenza tra giallo e azzurro potrebbe essere esclusivamente linguistica, Ball, dal canto suo, ipotizza che questi fossero semplicemente chiamati con il nome del materiale da cui si ricavano entrambi. L'abitudine odierna è sicuramente quella di distinguere i colori facendo riferimento alla loro tinta, cosa che, in definitiva, sembrava interessare poco ai Greci rispetto alla brillantezza o luminosità, unico fattore ritenuto degno di attenzione.

³⁴ Philip Ball, *Colore. Una biografia. Tra arte storia e chimica, la bellezza e i misteri del mondo del colore*, Biblioteca Universale Rizzoli, 2004.

Nonostante sia comune a tutte le società più complesse la corrispondenza tra colore e tinta, ogni lingua segmenta lo spettro visibile etichettandone le parti cromatiche in maniera ora simile ora disuguale. È curioso constatare quanto lo stesso significato del termine ‘colore’ sia ambiguo, Paul Green-Armytage ne identifica diversi, tra cui: colore come sostanza, colore come profilo spettrale, colore psicofisico, colore percepito. Effettivamente la pluralità di interpretazioni sorprende e non poco, si potrebbe pensare al colore come la percezione visiva scaturita dalla visione di una determinata lunghezza d’onda, la quale, però, varierebbe nel caso in cui fossimo daltonici, o ancora se ci trovassimo in una condizione di illuminazione particolare. Inoltre, spesso si pensa al colore come materia, appunto, sostanza; il pigmento, la vernice o il semplice pastello che usiamo per dipingere.

Come si potrebbero trovare affinità linguistiche tra le varie culture se già nell’individuazione di un significato condiviso incontriamo non poche difficoltà? I fautori dell’universalismo linguistico, corrente di pensiero contrapposta al relativismo, ritengono sia possibile. Secondo la teoria innatista, o universalismo, esistono termini cromatici basilari a prescindere dal contesto, poiché il linguaggio è connaturato nel nostro DNA, esso dipende da matrici biologiche comuni a tutta la specie umana, al pari della capacità di vedere, anch’essa *esito di un programma biologico definito ‘prima’ dell’esperienza*³⁵. Secondo quanto sostiene Noam Chomsky, le lingue corrisponderebbero a dei dialetti derivanti da un linguaggio universale, allo stesso modo la percezione del colore sarebbe uguale per tutti. Ad avvalorare quest’ipotesi fu uno studio compiuto nel XIX sec. da Geiger, il quale ipotizzò che i termini emersi per classificare i colori seguano una gerarchia ben precisa, e che questa sia uguale dappertutto. Brent Berlin e Paul Kay, negli anni ’70 del Novecento, condussero una ricerca simile, sottoponendo a diversi gruppi

³⁵ Lia Luzzatto- Renata Pompas, *Lezioni di colore*, Il Castello, 2015.

linguistici l'Atlante Cromatico Munsell e osservando le modalità con cui i colori venivano suddivisi. Nonostante sia stata individuata dai due antropologi una sequenza evolutiva della categorizzazione dei colori (i primi ad essere riconosciuti sarebbero il bianco e il nero, successivamente il rosso, poi il verde e il giallo, dopodiché il blu e il marrone, solo infine il viola, il rosa e l'arancione); non sono mancate critiche e difformità relative l'indagine. Sebbene sia stata confermata l'identificazione del rosso come primo colore dopo il bianco e il nero, questa rappresenterebbe l'unica regola rimasta invariata: per alcune lingue, infatti, il marrone è stato menzionato prima del blu; mentre i colori principalmente riconosciuti non sarebbero undici, ma sei, ognuno corrispondente alla parte focale della tinta, ossia l'area percettiva 'ugualmente distante dai due colori limitrofi'. Certamente, si deve pure considerare l'esistenza di termini unici presenti in alcune lingue per indicare il blu e il verde, oppure l'utilizzo di nomi differenti, come nel caso del russo, per distinguere il blu chiaro dal blu scuro. A ciò si aggiunge la possibilità che ogni uomo, appartenente a qualsiasi cultura, ha di distinguere sfumature delle quali non conosce il nome e che non riesce a classificare.

In opposizione, il relativismo linguistico, detto anche corrente culturalista, attribuisce al linguaggio un ruolo secondario, esso sarebbe conseguenza dell'evoluzione culturale e delle esigenze comunicative che variano a seconda del contesto sociale di appartenenza. Secondo questa teoria l'evoluzione linguistica di ogni popolo deriva dalle esperienze che esso vive, dalle quali nascono modi di pensare differenti, comprensibili solo dal proprio interno. La percezione cromatica si viene a costituire come un processo di cui si ha conoscenza e concettualizzazione proprio grazie alla lingua madre; di conseguenza, ogni cultura riconosce confini, nomi e numeri dei colori diversi, per questo non condivisibili. Ad esempio, come sostiene Benjamin Lee Whorf, le grandi distese bianche dei ghiacciai e il tragitto obliquo della luce che colpisce la zona artica offrirebbero all'occhio

dell'osservatore colori che nella zona mediterranea non sarebbero percepibili, contribuendo alla diversa classificazione delle sfumature di bianco, specifica e varia per le tonalità acromatiche dell'artico, oltre che al loro riconoscimento. Detto con altre parole, mentre nei paesi caldi esistono vocaboli ridotti per indicare il bianco della neve e del ghiaccio, nei paesi freddi, come nel caso delle popolazioni artiche, questo sarebbe impensabile. Ovviamente, c'è anche chi sostiene che le disuguaglianze linguistiche derivino semplicemente da differenze grammaticali, la lingua degli eschimesi utilizza suffissi per esprimere concetti che nella nostra lingua corrisponderebbero a intere frasi e questo spiegherebbe il numero maggiore di termini per indicare le diverse sfumature di bianco.

Tutt'oggi è difficile appoggiare una teoria a discapito dell'altra, anche perché, come afferma Veronica Valdegamberi, entrambe sosterrrebbero la stessa idea evidenziandone aspetti diversi, *l'universalismo mette in luce gli universali facilmente identificabili tra le diverse lingue, minimizzando le differenze; il relativismo fa esattamente l'opposto*³⁶.

Tra l'altro, studi etnologici suggeriscono di valutare, oltre i vocaboli corrispondenti a specifiche tonalità cromatiche, anche le classificazioni basate su altri fattori: come accadeva già nella civiltà greca, i colori possono essere ordinati secondo la loro luminosità (brillante), o secondo le loro proprietà fisiche (opaco, spento), la loro superficie (liscio, ruvido), la loro temperatura (caldo, freddo) e così via. Per di più, anche all'interno dello stesso popolo vi sarebbero espressioni linguistiche differenti per indicare le sensazioni cromatiche, come ci dimostrano i dialetti, anche se con l'avvento della globalizzazione queste differenze intra e interculturali vanno diminuendosi. Pensiamo al tentativo compiuto da Nathan Moroney nel 2008 con il suo 'Lessico dei colori', Un database online che riporta, con l'intento di consolidarne la diffusione, i termini cromatici utilizzati

³⁶ Veronica Valdegamberi citata in *Lezioni di colore*, Il Castello, 2015.

prevalentemente nell'ambito scientifico (scienze cognitive, semiotica, colorimetria), ricavati analizzando circa 30.000 nomi raccolti da 5000 volontari di lingue diverse. Per quanto ci riguarda, l'Accademia della Crusca, oltre i termini 'tecnico-scientifici' univoci, considera validi anche quei vocaboli comuni, definiti cromonimi di fantasia, usati nella moda, nel marketing, o che fanno riferimento a prodotti e personaggi (rosso Valentino, rosso Ferrari, color cioccolato, petrolio..).

C'è da dire che in una società prevalentemente visiva come la nostra, il colore sta acquisendo sempre più rilevanza venendosi a costituire come il perno di strategie comunicative efficaci, che lo rendono il simbolo identitario di prodotti, aziende, oggetti. Ciò contribuisce ad ampliare ulteriormente il vocabolario cromatico comune e, in alcuni casi, internazionale (pensiamo alle tinte utilizzate nei social network, nei loghi dei fast-food o in quelli di alcuni franchising di abbigliamento e così via), oltre a potenziare le nostre capacità di riconoscerne le rispettive tonalità.

2.3 Le influenze sociali: il significato simbolico dei colori

In termini di colori, ciò che contraddistingue un dato contesto culturale da un altro non è soltanto la personale classificazione delle radiazioni cromatiche, bensì anche il significato simbolico che ad esse si attribuisce. Il colore si è rivelato, fin dall'inizio dei tempi, un mezzo attraverso cui l'uomo ha interpretato e rappresentato il mondo, contribuendo alla diffusione ed elaborazione culturale di archetipi, leggende e simboli, di cui possiamo riconoscere tutt'oggi le influenze. Dall'analisi degli archetipi cromatici, *simboli metastorici che illustrano forme del pensiero e dell'immaginario umano che si ritrovano in ogni cultura*³⁷, possiamo giungere alla conoscenza delle antiche religioni e delle idee originarie

³⁷ Carl Jung menzionato in Pompas-Luzzatto, *Lezioni di colore*, Il Castello, 2015.

relative la nascita dell'uomo e dell'universo, oltre che dei miti nati con l'intento di dare un senso a ciò che non si riusciva a decifrare.

Il nero e il bianco costituiscono la prima coppia, tra l'altro acromatica, dal significato avverso. Il primo rimanda inevitabilmente a quell'oscurità, insieme assenza e presenza, che da origine al cosmo; esso è il colore dell'inizio, contiene in sé il bene e il male, ed è quest'ultimo che generalmente si trova a rappresentare, pensiamo alla sua associazione con la morte, con il lutto, con l'ignoto, ma anche con la sottomissione (per lungo tempo è stato il colore dei grembiuli di lavoro). Il secondo raffigura la luce che organizza il caos e dalla quale nasce la vita. La civiltà greca che, ricordiamo, era politeista, attribuiva la comparsa della luce all'arrivo di Phanes, una divinità ermafrodita responsabile della creazione dell'Universo e, con esso, del bagliore luminoso; compito assegnato, invece, a Dio dalla tradizione cristiana: in entrambi i casi, comunque, al bianco si fa corrispondere l'idea di energia vitale; esso è il colore dell'assoluto, della luce rivelatrice, dell'epifania divina. Si è rivelato presto sinonimo di attributi divini per eccellenza, come la purezza, il candore, l'innocenza e le qualità morali; nell'antica Roma, ad esempio, bianca era la toga del candidato alle cariche politiche, la cui veste doveva contrassegnarne l'onestà; come per le spose cattoliche, a partire dal XIX sec., bianco è il vestito, che ne testimonia la verginità. Ciò che occorre precisare è il diverso uso che si fa del bianco nei paesi orientali, esso, infatti, viene a costituirsi come colore simbolo del lutto. Questo non vuol dire che il bianco assume connotazioni negative, né che è associato all'ignoto e al mistero; semplicemente la considerazione della morte in Oriente è diversa dalla nostra: essa è vista come un nuovo inizio, il passaggio ad un altro stato, la reincarnazione dell'anima e, per questo, un punto di svolta positivo.

Per quanto concerne le tonalità cromatiche, Luzzatto e Pompa le organizzano dividendole in coppie archetipiche opposte: il verde e il rosso da una parte; il blu e il

giallo dall'altra. Il verde, per le civiltà proto-storiche, si costituì da subito come immagine della natura, di cui esalta principalmente la fertilità e la prosperità; una natura che si rinnova ciclicamente e che ben ispirò le popolazioni dell'antico Egitto alla fede della resurrezione, alla quale facevano riferimento utilizzando la singolare espressione 'farsi verde' (ossia 'rivivere'). Oggi è il colore che più di tutti si fa portavoce di messaggi globali rivolti al sostegno di politiche ecosostenibili: la tutela e il rispetto del verde comportano la protezione della propria e altrui salute, oltre che quella della natura stessa. Tuttavia, nei paesi islamici, prevale un significato spirituale del verde, stendardo del profeta e simbolo del paradiso.

In contrapposizione alla vita vegetale si trova quella 'superiore', così definita nell'Antico Testamento, che ha inizio con la nascita del primo uomo, Adamo, che in ebraico vuol dire 'rosso' e 'vivente'. Secondo il testo Sacro, il corpo di Adamo fu impastato con una sostanza universale, l'argilla rossa, che, non a caso, è dello stesso colore del sangue, utilizzato in altri miti mediterranei per creare uomini e animali, in quanto, ritenuto sede del soffio vitale. Non c'è dubbio sulla potenza metaforica del rosso, allegoria della forza, della vita, dell'eros. *Nel passato fu a lungo simbolo di potere, di lusso e di ricchezza, fu intimamente legato al concetto di sovranità per la sontuosità e lo splendore dei tessuti e per la difficoltà e l'alto costo della sua produzione, segni che restano ancora oggi nelle vesti della magistratura e nelle cerimonie regali*³⁸. Eppure rosso è il sangue, rosso è il fuoco: esso può, quindi, assumere anche un'accezione negativa, legata alla crudeltà, lo spargimento di sangue, la distruzione; di fatto il fuoco e il rosso costituiscono l'emblema del luogo infernale.

Per l'ultima coppia cromatica il discorso è altrettanto interessante, benché entrambi i colori siano stati per lungo tempo poco considerati a causa della somiglianza dell'uno al

³⁸ Renata Pompas, Lia Luzzatto, *Lezioni di colore*, Il Castello, 2015.

nero e dell'altro al bianco, con cui condividevano il significato simbolico. Il blu ha acquisito individualità nell'araldica prima, dove rappresentava lealtà e giustizia, e nel Rinascimento poi, durante il quale indicava l'amore fedele, non soggetto a tentazioni. Attualmente gli si riconosce il legame con il cielo, di conseguenza, con la spiritualità; anche se le tonalità più scure rimanderebbero a sentimenti cupi come l'angoscia e la tristezza. Al giallo, invece, corrisponde l'immagine del Sole, centro materiale della luce del principio divino, grazie al quale è possibile la vita sulla terra. L'oro, per le sue tonalità, era considerato dagli egizi la solidificazione della rugiada solare; mentre in Occidente il giallo incarnava, analogamente al rosso, il segno della romanità, almeno fino a quando Giotto non lo utilizzò per rivestire Giuda in un suo celebre quadro, causandone una rivalutazione del tutto negativa. Differentemente, in Oriente è stato ed è simbolo di potere imperiale oltre che di saggezza, per questo, colore sacro per il Buddismo.

La corrispondenza simbolica dei colori menzionati non può essere presa per definitiva, come sostiene Umberto Galimberti: "Il simbolo è il solo modo di dire quello che non può essere detto altrimenti e che non è mai stato detto una volta per tutte, e che quindi può, e deve essere, continuamente rideciftrato".

I significati simbolici e gli archetipi attribuiti alle diverse componenti cromatiche rientrano in un codice definito 'volontario': è l'essere umano che fornisce di un colore un'interpretazione, influenzandone la considerazione. Esiste, però, anche il colore 'involontario', è quello biologico del nostro corpo, dei nostri capelli, dei nostri occhi; un colore che ci identifica, ma che non siamo tenuti a scegliere perché dipeso da fattori genetici e ambientali, oltre che salutari. Ad esempio, quando stiamo male, il colorito del nostro volto può rivelarsi un indizio fondamentale ai fini della comprensione del nostro stato di salute, così come può svelare l'arrivo di una forte emozione: anche in questo caso, non siamo noi che scegliamo di arrossire o impallidire, è un comportamento

propriamente involontario. Come involontario è il colore della nostra pelle, dipeso dalla quantità di melanina necessaria alla protezione dai raggi UV nelle zone equatoriali e alla sintesi della vitamina D nei paesi nordici. Il colore dell'incarnato, scuro nel primo caso e chiaro nel secondo, è il risultato di un adattamento biologico all'ambiente che ha assicurato una produzione superiore di melanina nell'epidermide delle popolazioni africane, esposte a radiazioni solari estremamente forti che possono compromettere la funzionalità dei folati, vitamine presenti nel sangue e fondamentali per la crescita; al contrario, per le popolazioni nordiche, i raggi solari eccessivamente deboli possono limitare la produzione della vitamina D, indispensabile per l'assorbimento intestinale del calcio e per la sanità del sistema scheletrico. La melanina, pigmento bruno prodotto dai melancociti, è maggiore quando aumenta l'esposizione ai raggi UV, che essa converte in piccole quantità di calore innocuo; e minore quando diminuisce, essendo, in questo caso, maggiore il bisogno di assorbire calore per la sintesi vitaminica. Il colore della pelle non è altro che una conseguenza del processo descritto, rappresentato dalle due situazioni estreme, e non di certo il fattore che determina l'inferiorità di un popolo, come hanno sostenuto durante il secolo scorso le leggi razziali, condannate definitivamente dalla Dichiarazione dei Diritti dell'Uomo promulgata dalle Nazioni Unite nel 1948.

2.4 La psiche e i colori

“I colori, come i lineamenti, seguono i cambiamenti delle emozioni” affermava il pittore Pablo Picasso, riconoscendone la capacità di esprimere stati d'animo e sentimenti profondi. Attraverso il colore l'uomo comunica le sue esperienze interiori, i suoi affetti, i suoi conflitti inconsci, ma non solo, dal colore egli può anche essere influenzato poiché, come descritto nel paragrafo precedente, ad esso attribuisce determinati archetipi.

Ognuno di noi esprime la propria soggettività attraverso l'arte, ed è l'utilizzo che si fa del colore a suggerire qualcosa sulla nostra personalità. L'interpretazione del disegno infantile, in neuropsichiatria, è uno degli strumenti più validi per una valutazione cognitiva e psichica di quei bambini che non ancora sono in grado di esprimersi verbalmente. Oltre a valutare quali e quante tonalità il bambino sceglie, il neuropsichiatra osserva come le stende sul foglio e con quanta energia, controllandone la disposizione e lo spazio occupato. Generalmente, si riconosce in chi utilizza colori freddi e tenui una personalità introversa e una condizione di tristezza, mentre colori caldi e vivaci descrivono un carattere estroverso e curioso; in estremo, un disegno acromatico è considerato rivelatore di vuoto affettivo e tendenza antisociale. Anche la quantità dei colori utilizzati costituisce un mezzo interpretativo non trascurabile, i bambini che decorano la pagina con almeno cinque colori diversi rivelano un buon andamento dei processi adattivi, contrariamente a chi ne utilizza appena due. L'atto stesso del colorare, secondo gli specialisti, aumenterebbe le capacità creative e la fiducia in se stessi, chiarendo il grande interesse verso questo tipo di attività soprattutto da parte della scuola dell'infanzia.

A proposito di corrispondenza tra colore ed emozioni, sono molte le ricerche che si sono proposte di indagare la validità della relazione utilizzando svariate metodologie.

La strategia del 'differenziale semantico', ad esempio, prevedeva l'utilizzo di coppie bipolari composte da aggettivi contrapposti (felice-triste, bello-brutto, positivo-negativo, forte-debole, amichevole-ostile) per descrivere alcuni campioni di colori, catalogando le diverse associazioni fornite in base al genere, all'età e al luogo di appartenenza dei soggetti intervistati. Chi ha utilizzato la scala PAD³⁹, invece, ha indagato la suddetta relazione chiedendo agli interrogati di giudicare una data componente cromatica attribuendole un valore specifico per ogni scala opponente: valutazione (piacere-dispiacere), potenza

³⁹ Pleasure Arousal Dominance, elaborata da Albert Mehrabian e James Russell nel 1997.

(eccitazione-non eccitazione) e attività (dominanza-sottomissione). Frutto di uno studio sistematico ad opera dello psicologo americano Paul Ekman è la terza metodologia di riferimento, il Facial Action Coding System, la quale si avvaleva di sei espressioni facciali per indicare l'emozione scaturita dalla visione di una certa tinta cromatica. Ekman sentenziò l'universalità delle emozioni e delle loro manifestazioni esterne, indipendente dall'appartenenza culturale, riconoscendone sei principali: la rabbia, la sorpresa, l'allegria, la tristezza, il disgusto e la paura. I risultati ottenuti dalle tre ricerche non fanno che denotare la distinzione tra colori caldi e freddi, ai quali sono attribuite rispettivamente emozioni ben distinte, ma non per questo solo positive o solo negative: ne è un esempio la rabbia, nella maggior parte dei casi associata al rosso, contemporaneamente simbolo di forza e vivacità. Ciò che emerge con più prerogativa da questi studi è il condizionamento che anche l'intensità, o saturazione, può avere sulle reazioni emotive: più essa è elevata e più provoca gioia, dinamismo, felicità; al contrario una tinta impura provocherebbe debolezza e vaghezza.

Indubbiamente una distinzione approssimativa tra reazioni positive e negative non fornisce una visione chiara e definita delle potenzialità evocatrici che una tinta realmente possiede; occorre, dunque, approfondire questa corrispondenza, ben nota già in tempi antichi, quando si preferiva lo scarlatto come colore dell'abbigliamento militare affinché spronasse al coraggio e all'aggressività, doti indispensabili nelle battaglie. Da sempre si sceglie, anche se inconsapevolmente, il colore del capo da indossare che meglio rappresenta il proprio stato d'animo; così come si preferisce una tinta rispetto ad un'altra quando si acquista un oggetto o quando si devono tingere le pareti della propria camera, per non parlare del colore che fin da piccoli si riconosce come 'preferito'. Le scelte cromatiche che si compiono dipendono fortemente dalle reazioni che i colori sono in grado di determinare in ognuno di noi.

Per motivi pratici, è bene suddividere le tonalità in due macro-aree, quella calde e quelle fredde, alle quali, come già anticipato, si associano emozioni contrapposte.

I colori caldi, così definiti perché suscitano sensazioni di calore in ricordo del Sole e del fuoco, favorirebbero principalmente l'azione, il movimento, la vitalità, generando in alcuni casi turbamento e agitazione.



Il giallo esprime energia, felicità, gioia di vivere, libertà e bisogno di movimento. “Se si guarda un paesaggio attraverso un vetro giallo”, riteneva Goethe, “specialmente in grigie giornate d’inverno si avverte nel mondo più netto

un effetto di calore. L’occhio ne viene allietato, il cuore si allarga, l’animo si rasserenato”.

L’arancione è il colore di transizione per eccellenza, collocato tra il rosso e il giallo, ne condivide alcune peculiarità. Si associa all’allegria, alla gioia, ma anche alla tolleranza, alla simpatia, alla loquacità e all’attività mentale.



Se tendente al giallo, l’energia prevista si traduce in agitazione priva di obiettivi.

Il rosso, di cui abbiamo già ampiamente parlato, è sicuramente sinonimo *dell’attività in*



*tutte le sue manifestazioni*⁴⁰: dal dinamismo all’istintività, dall’estroversione all’aggressività.

Stimola un aumento delle fondamentali attività vitali [...] determina prontezza, reazione agli stimoli [...] è

*anche energia aggressiva e distruttiva, desiderio di potenza e conquista*⁴¹. Spesso a scuola è utilizzato come stimolatore, soprattutto se si ha a che fare con bambini pigri e poco coinvolti.

⁴⁰ Renata Pompas-Lia Luzzatto, *Lezioni di colore*, Il Castello, 2015.

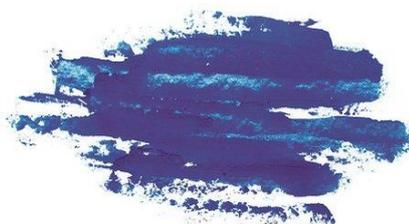
⁴¹ Claudio Widmann citato in Pompas-Luzzatto, *Lezioni di colore*, Il Castello, 2015.

Al contrario, i colori dal blu al verde, definiti freddi perché ricordano le tonalità del ghiaccio e della notte, susciterebbero reazioni più pacate, come la calma e la quiete, sebbene non siano escluse influenze deprimenti e opprimenti.



Il verde è considerata la tonalità del perfetto equilibrio, generato dal bilanciamento delle energie contrapposte di giallo e blu (dalla cui miscela si determina, come ben sappiamo). Rappresenta la stabilità, l'ambizione, la tenacia e l'autoaffermazione, può essere utilizzato in momenti di stress poiché calmante e riposante.

Allo stesso modo, anche il blu può assicurare calma, riservatezza, concentrazione e riflessività, esso è immagine della profondità dei sentimenti, infatti designa l'amicizia, l'affidabilità, la comprensione,



l'affettività. Nelle tonalità più profonde diventa più intenso e acquista un effetto interiore più caratteristico, richiamando l'uomo verso l'infinito⁴².

Terminiamo con il viola, definito da Pompas e Luzzatto il colore più 'irrequieto', 'complesso' e 'instabile'. Spesso associato alla magia, al sogno e al surreale, esprime sensibilità, raffinatezza, suggestionabilità, inquietudine; è un riferimento indispensabile per la stimolazione dell'intuito e dell'immaginazione.



Malgrado estranei alle due macro-aree designate, anche il bianco e il nero, con annessi tutti i grigi intermedi, rivestono un ruolo fondamentale nell'interpretazione psichica di un soggetto, che li utilizza per esprimere se stesso al pari di tutti gli altri colori. Il primo è

⁴² Vassily Kandinsky, *Tutti gli scritti*, Feltrinelli, 1974.

immagine di leggerezza, libertà, ma può indicare anche freddezza, solitudine, innocenza, oltre che la logica e la ragione; Kandinsky lo definisce ‘un muro indistruttibile che ci conduce al silenzio’, un silenzio in cui si vagliano tutte le possibilità, in cui si percepisce il vero senso di infinito. Anche il secondo può essere associato alla solitudine, una solitudine che assume, però, connotazioni differenti; essa è rivelatrice di rinuncia, distanza, protesta e rifiuto ostile. Il nero se da un lato viene definito da molti psicologi pericoloso, con un elevato effetto depressivo poiché metaforicamente è un colore che annulla la luce e, di conseguenza, la speranza; dall’altro gli viene riconosciuta anche un’accezione positiva: eliminando l’intralcio di tutte le altre tinte, garantirebbe una ricerca di se stessi e un’esplorazione del proprio mondo interiore del tutto autentica. Se utilizzato spontaneamente da un bambino, diviene testimone di un disagio profondo che non riesce ad esprimere altrimenti. In ultimo, il grigio, si configura come il colore neutrale per eccellenza, simbolo di mancata energia e assenza di investimenti emotivi, spesso associato alla paura e al timore di affrontare le difficoltà. Solitamente, chi presenta questo stato d’animo non manca di descriverlo con espressioni linguistiche tipiche come ‘vedo tutto grigio’; ebbene, un recente studio condotto dagli scienziati dell’Università di Friburgo e pubblicato sulla rivista *Biological Psychiatry*⁴³, dimostrerebbe che la suddetta locuzione non è casuale. Stando a quanto emerso dall’indagine, eseguita con due gruppi di persone (senza e con disturbo dell’umore) alle quali sono state misurate le risposte elettriche della retina alla visione di immagini in bianco e nero con graduale riduzione del contrasto, la depressione altera notevolmente la percezione che il soggetto ha del mondo, riducendone la capacità di percepire le differenze di luminosità cromatiche. Come afferma il dottore artefice della sperimentazione, Ludger Tebartz van Elst, questo metodo

⁴³ Rivista internazionale ad opera della *Society of Biological Psychiatry*, il cui scopo è diffondere le conoscenze e le innovazioni scientifiche ed educative che riguardano i meccanismi e le terapie dei disturbi del pensiero.

di analisi, oltre a costituire un mezzo con il quale si potrebbe valutare oggettivamente la gravità del disturbo, si è rivelato essere da subito una notevole fonte di conoscenza, grazie ad esso, infatti, si è dimostrata la corrispondenza tra depressione e percezione cromatica.

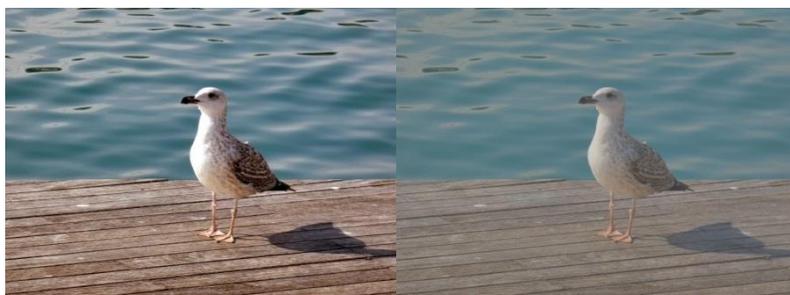


Figura 27 Di lato, due immagini aventi rispettivamente contrasto cromatico maggiore e minore.

La relazione tra colore, stato psicologico e comportamento ha indotto molti studiosi (psicologi, antropologi ma anche pittori) del secolo scorso a elaborare test proiettivi del colore, alcuni dei quali sono ancora utilizzati. Lo psicoanalista svizzero Hermann Rorschach, al fine di individuare eventuali disturbi della personalità, nel 1921 progettò dieci tavole, sulle quali riprodusse macchie di forme differenti: in quattro delle dieci tavole le tonalità presenti erano esclusivamente bianco e nero, in una prevaleva il grigio, in tre aggiunse il rosso come unica componente cromatica e nelle restanti inserì svariate tinte acquerellate. Secondo Rorschach la visione dei colori nelle ultime tre tavole avrebbe dovuto produrre nel soggetto sollecitazioni affettive e reazioni emotive, di conseguenza, qualora fosse stata registrata una scarsa attenzione al colore, egli la associava ad un soffocamento dell'affettività e dell'impulso. Max Luscher, circa trent'anni più tardi, presentò il suo personalissimo test dei colori, sostenendo che il significato emotivo che il colore assume è strettamente connesso agli archetipi ad esso attribuiti, immagini primordiali presenti inconsciamente in ognuno di noi. La preferenza della tonalità cromatica tra quelle messe a disposizione descriverebbe un aspetto della personalità del soggetto: il blu richiama la tranquillità, il giallo la disponibilità al cambiamento, il rosso l'energia, e il verde l'autostima. Il test di Luscher completo conta 72 colori e 7 forme, in

base all'organizzazione delle quali si determinano 23 profili comportamentali differenti. Anche Federico Navarro, neuropsichiatra italiano, si interessò dell'analisi di patologie psicologiche attraverso l'utilizzo dello strumento cromatico. Nel 1981 pubblicò il suo test, che consisteva in quattro gruppi di cinque figure da colorare ognuna: esseri umani, animali, oggetti e ambienti. I soggetti delle figure rimandavano rispettivamente a significati simbolici che si volevano indagare: l'affettività, le paure, la dimensione materiale e quella esistenziale. Il soggetto, dopo aver scelto di volta in volta un'immagine, doveva colorarla avendo a disposizione solo dieci matite: *il calcolo delle percentuali dei colori cromatici forniva la diagnosi*⁴⁴. Oggi quest'ultimo è un test ormai in disuso, e come esso molti altri, anche se alcuni sono stati non soltanto divulgati, bensì perfezionati ulteriormente. Insomma, l'attenzione condivisa nei confronti della preferenza del colore come strumento valutativo ne testimonia l'enorme valenza interpretativa e, quindi, diagnostica. A tal proposito, il fondatore dell'Istituto di Psicologia di Monaco nonché primo presidente dello IACC⁴⁵, Heinrich Frieling, afferma: "I colori preferiti possono essere suggeriti da influenze materiali e spirituali [...] La scala dei colori preferiti si trasforma naturalmente con l'età e tendenzialmente i bambini amano più dei grandi i colori intensi. La variazione di uno stato d'animo o di una condizione esterna posta con sé anche la variazione della valutazione dei colori".

2.5 Non vediamo solo con gli occhi

Considerare il meccanismo percettivo come l'esito dell'eccitazione retinica da parte di stimoli cromatici, e più in generale visivi, ridurrebbe a semplice un processo che, invece, ha tutta l'aria di essere ben più complesso. Nonostante i diversi fattori che entrano in

⁴⁴Pompas-Luzzatto, *Lezioni di colore*, Il Castello, 2015.

⁴⁵ International Association of Colour Consultants/Designers

gioco nel funzionamento visivo, e di cui parleremo a breve, sono gli occhi, la retina e i coni ad essere comunemente considerati imprescindibili, strutture senza le quali non riusciremmo a distinguere un colore da un altro. Eppure c'è chi sostiene che la visione di immagini colorate grazie all'utilizzo di un senso diverso da quello della vista sia possibile, come nel caso della percezione dermo-ottica. Secondo alcuni studiosi l'immagine dei colori si può generare a livello corticale oltrepassando la barriera della vista: i ciechi primari, benché non siano capaci di percepire fisicamente il colore, possono distinguerlo attraverso l'utilizzo del tatto, con il quale avvertono le differenze di lunghezza d'onda che connotano le radiazioni cromatiche. Come sostengono le teorie cognitive, questo avviene perché ciò che vediamo è il frutto di interpretazioni cognitive elaborate a partire dalle esperienze pregresse conservate in memoria. Fogli di carta colorata generano ognuno differenti impressioni tattili il cui apprendimento garantisce la lettura del colore anche per i non vedenti. Già Yvonne Dupleix, filosofa francese, aveva documentato e descritto casi simili verso la fine dello scorso secolo; oggi la ricerca prosegue con l'italiana Lidia Beduschi, il cui obiettivo è creare un codice sinestetico attraverso cui riconoscere i colori associandoli a ciò che è più familiare per il soggetto non vedente: un odore, un suono o una sensazione tattile. Questo già potrebbe, da solo, bastare a descrivere quello visivo come un meccanismo tutt'altro che banale, in cui psiche, memoria, esperienza quotidiana e condizioni ambientali influiscono non poco su ciò che vediamo, o, in alcuni casi, crediamo di vedere. Ciò che percepiamo, infatti, non sempre corrisponde esattamente alla realtà; mondo fisico e mondo percepito possono non coincidere perfettamente, ecco perché gli esperti ritengono opportuno distinguere la sensazione dalla percezione: la prima corrisponde alla stimolazione ad opera di informazioni visive o sonore di un organo di senso, con la seconda, invece, si fa riferimento all'attività cerebrale di organizzazione, elaborazione e interpretazione delle stesse. Questi processi rielaborativi

avvengono mediante il coinvolgimento di diversi meccanismi cognitivi, che corrisponderebbero alle capacità dell'uomo di prestare attenzione, di ricordare, di categorizzare e di comunicare. Come sostengono le teorie top-down, le quali si interrogano sulla modalità con cui gli input sensoriali vengono sviluppati, sono l'esperienza e le competenze possedute che ci permettono di dare un significato a ciò che vediamo, per cui non basta osservare la realtà circostante, come, invece, ritengono le teorie bottom-up.

Quando osserviamo l'ambiente e i suoi colori selezioniamo automaticamente le caratteristiche salienti degli stimoli di riferimento, mentre escludiamo quelli che reputiamo meno importanti. La percezione che segue risulta fittizia; dell'immagine riconosciamo e vediamo solo alcune parti, dimostrandoci incapaci di individuare e utilizzare la totalità dell'informazione visiva. Oltre l'attenzione, anche la memoria influisce notevolmente sul processo conoscitivo, in particolar modo sul riconoscimento di un colore. Anzitutto c'è da dire che l'associazione tra colore e forma facilita decisamente l'identificazione di un certo oggetto: se questo presenta un colore inusuale (diverso da come lo ricordiamo) diviene certamente più arduo il suo riconoscimento immediato, pensiamo ad una banana blu o ad un'arancia viola. Ma non solo, la memoria di una data tinta determina anche quel processo singolare che viene normalmente definito come 'costanza cromatica', *un'operazione messa in campo dall'organismo per cancellare gli elementi disturbanti e ottimizzare il compito visivo*⁴⁶. Ad esempio, una superficie bianca ci apparirà della stessa tonalità sia in condizioni di illuminazione diretta che in penombra. È inevitabile attribuire al sistema visivo la tendenza a vedere il mondo e la realtà circostante nella maniera più stabile possibile, usufruendo di informazioni in memoria per conservare la sensazione percettiva di riferimento. *La costanza verrebbe spiegata dalla*

⁴⁶ Renata Pompa- Lia Luzzatto, *Lezioni di colore*, Il Castello, 2015.

*constatazione che il rapporto tra luminanze adiacenti rimane costante al variare dell'illuminazione comune, mentre il contrasto sarebbe dovuto alla differenza del rapporto tra la luminanza dei target e dei rispettivi sfondi*⁴⁷. Inutile specificare che questo processo si verifica esclusivamente con oggetti esposti alla luce solare, o comunque a sorgenti luminose che contengono in esse tutte le radiazioni cromatiche; se su una superficie bianca è proiettata una luce monocromatica, come quella rossa, la zona di interazione diverrà rossa e non resterà bianca.

Oltre le funzioni psichiche, anche altri aspetti concorrono ad influenzare i fenomeni percettivi; come la distanza e la forma di un oggetto, oppure la tipologia di illuminazione. All'aumento della prima corrisponde una diminuzione della grandezza dell'oggetto in questione e una variazione cromatica apparente, che lo rende più chiaro o scuro a seconda dell'illuminazione diurna o notturna e delle condizioni climatiche. Dalle caratteristiche della forma, invece, conseguono sfumature cromatiche diverse nelle zone di penombra dell'oggetto. A tale proposito, è bene ribadire che in questo caso non si può parlare di costanza del colore perché non è l'intero oggetto, e l'ambiente in cui si trova, ad essere poco illuminato; bensì una piccola parte di esso, sulla quale la luce arriva parzialmente o affatto. Per quanto riguarda la luce, il discorso è davvero intuitivo; come cambiano i colori se illuminati da una torcia rossa? Anche in questo caso un oggetto che appare nero potrebbe non esserlo realmente. Non solo, il colore dei nostri capelli, dei nostri abiti, per le donne il colore del proprio rossetto, può subire delle variazioni a seconda della luce solare o artificiale, e se questa è calda (giallastra) o fredda (bianca). Questo è il motivo principale per cui certi abbinamenti ci sembrano adatti fino a quando non facciamo una passeggiata e ci specchiamo nella vetrina di qualche negozio: con la

⁴⁷ Alessandra Galmonte, *Psicologia generale*.

luce naturale i colori dei nostri vestiti sembrano assumere sfumature cromatiche del tutto nuove.

Contrariamente a quanto sostenuto fino ad ora, anche il colore può essere un decisivo elemento condizionante poiché da esso possono dipendere interpretazioni sensoriali diverse da quelle visive. Il condizionamento tra due o più sensi è chiamato ‘sinestesia’, ben conosciuta da Kandinsky, che aveva fatto delle associazioni tra suono e tinta l’essenza originale della sua arte. Nonostante la peculiarità del fenomeno, esperienze di contaminazione tra sensi possono essere abbastanza frequenti e comuni; pensiamo ad un profumo la cui fragranza ricorda l’odore della frutta di bosco, come la fragola; ebbene, l’odore risulterà più facilmente riconoscibile se il profumo stesso sarà del colore rosso, diversamente non potrebbe essere identificato se il liquido è marrone o giallo. Oppure immaginiamo di dover mangiare esposti ad una luce rossa, la quale renderebbe nero il verde brillante delle verdure riducendo immediatamente il nostro appetito.

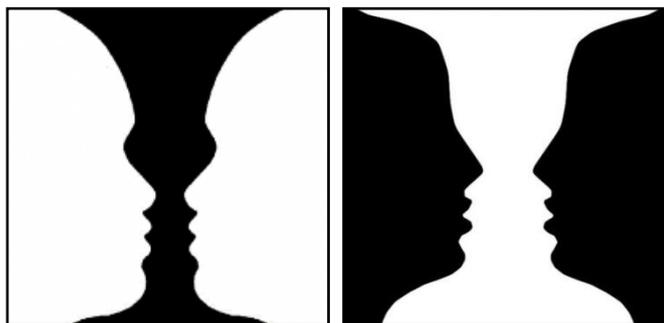
Il colore, dunque, non può essere considerato semplicemente come la percezione visiva associata alla lunghezza d’onda di una radiazione luminosa; esso *esiste in interazione con l’ambiente circostante*⁴⁸ ed è il frutto di elaborazioni psichiche e cognitive costruite alla luce delle esperienze pregresse. Tutti questi elementi che interagiscono tra loro influenzandosi a vicenda possono, in alcuni casi, condurre ad una visione distorta della realtà, determinando quelle che tutti conosciamo come illusioni ottiche.

2.5.1 Le illusioni ottiche

Stando a quanto detto rispetto l’attenzione percettiva, una delle prime illusioni ottiche ad essa legata è quella di Rubin, generata dall’ambiguità tra la figura e lo sfondo.

⁴⁸ Ernesto M. De Nora, *Cenni di teoria e percezione del colore*, Imago, 2017.

Figura 28
Illusione ottica
di Rubin.



Le due possibilità interpretative non possono essere percepite contemporaneamente: *il risalto che assume una delle due immagini causa la perdita del carattere di “figura” dell’altra, che diventa “sfondo” e pare estendersi dietro alla “figura”, nonostante la stimolazione retinica resti immutata*⁴⁹. Generalmente assume ruolo di sfondo la porzione acromatica che occupa uno spazio maggiore, situazione abituale della nostra esperienza quotidiana, ma possiamo invertire l’attribuzione istintiva scegliendo autonomamente quale parte della figura avrà la funzione dello sfondo. Quest’ambiguità è alla base di una delle opere più famose di Escher⁵⁰, in cui angeli e diavoli si alternano rappresentando il contrasto simbolico tra male e bene; la difficoltà nel prevalere degli uni sugli altri è dovuta all’uguale percentuale di spazio occupato sia dalla sezione bianca che da quella nera.

Figura 29 “Paradiso e inferno” di Escher esposto al Palazzo delle Arti di Napoli.



⁴⁹ Alessandra Galmonte, *Psicologia generale*.

⁵⁰ Maurits Cornelis Escher, grafico olandese famoso per le sue opere singolari; forte era la sua passione per motivi e forme geometriche il cui incastro genera quadri di difficile comprensione e realmente disorientativi.

Oltre questa, ad Escher si deve la realizzazione di opere definite ‘impossibili’, costituite da diverse chiavi interpretative, frutto di una rappresentazione prospettica ambigua, in cui i riferimenti quotidiani risultano completamente stravolti e finiscono per disorientare l’osservatore. Ma cos’è la prospettiva e qual è la sua funzione? L’organizzazione del nostro apparato visivo ci consente di percepire la profondità e le distanze esatte a cui si trovano gli oggetti: *il nostro sistema visivo invia al cervello, con la visione congiunta degli occhi, due immagini del medesimo oggetto in altrettante angolazioni*⁵¹; dalle cui elaborazioni si ottiene la visione stereoscopica dell’oggetto in questione, ossia tridimensionale. A prova di quanto detto, provare a toccare l’orlo di una bottiglia con l’utilizzo di un solo occhio risulterà con ogni probabilità difficile, se non impossibile. La prospettiva, di conseguenza, è la riproduzione tridimensionale di un oggetto o di un ambiente; sebbene il supporto utilizzato sia bidimensionale, le proporzioni tra grandezze e distanze permettono di dare l’effetto illusorio della terza dimensione. Escher rispetta le regole proporzionali, ma in maniera del tutto personale; i suoi disegni diventano presto l’esempio lampante del concetto di ‘bistabilità’.

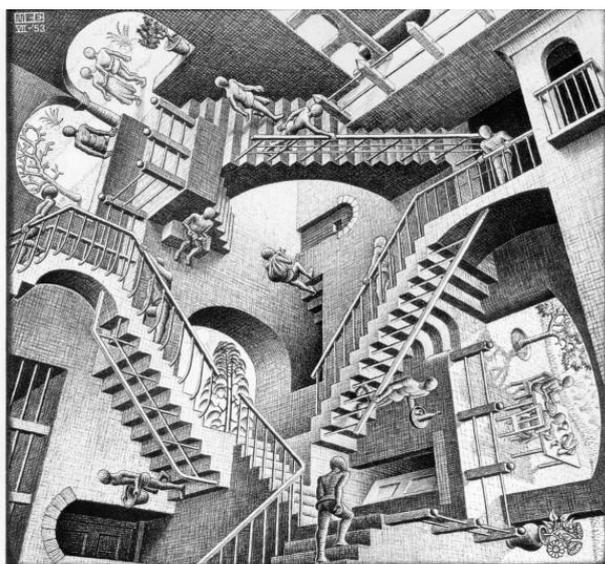


Figura 30
‘Relativity’ di Escher.

⁵¹ Ernesto M. De Nora, *Cenni di teoria e percezione del colore*, Imago, 2017.

Un'immagine si dice bistabile quando possiede due interpretazioni possibili e plausibili, a causa della mancanza di riferimenti prospettici precisi l'osservatore ha difficoltà ad individuare la parte anteriore e posteriore della figura.

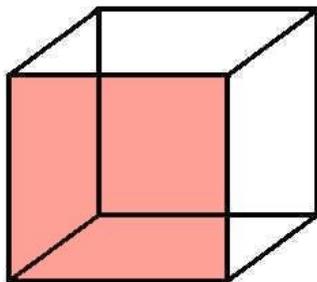


Figura 31 Cubo di Necker. Alcune ricerche sostengono che la parte evidenziata sia quella comunemente percepita come anteriore, perché considerata dai più come la faccia più vicina.

Che l'interpretazione di disegni bistabili non sia semplice è evidente, soprattutto perché questi coinvolgono implicitamente l'esperienza di ognuno di noi: siamo immersi in un mondo a tre dimensioni; la capacità di stimare la distanza ci permette di attraversare la strada quando le auto sono ancora lontane, e ci accorgiamo della lontananza dalle loro dimensioni ridotte. Una figura non prospettica, come il cubo di Necker così strutturato, non ci fornisce abbastanza informazioni per un'interpretazione credibile.

In alcuni casi, lo sforzo costante, dovuto certamente ad un'abitudine, di vedere la tridimensionalità anche nelle rappresentazioni bidimensionali determina percezioni di grandezze imprecise, come ci dimostrano le frecce di Muller-Lyer o i binari di Ponzo.

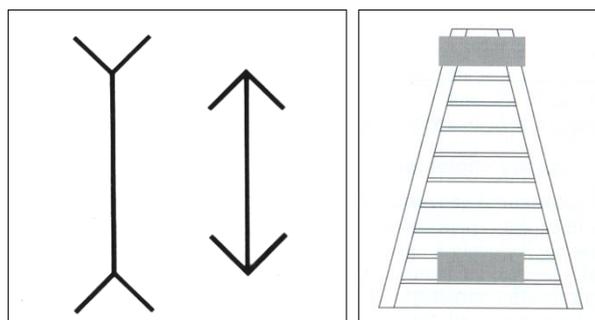


Figura 32 Le illusioni ottiche di Lyer e Ponzo.

Per quanto concerne l'illusione delle frecce, l'effetto di diversa lunghezza delle aste verticali è così marcato che abbiamo bisogno di misurarle per provare la loro uguaglianza. *L'asse verticale della freccia normale appare come lo spigolo esterno di un parallelepipedo, come potrebbe essere una casa. Gli spigoli, come tutte le cose sporgenti, tendono a venire verso di noi, e in genere sono l'elemento più vicino di un oggetto. Nel caso della freccia con le ali rovesciate avviene il contrario. Essa è assimilabile all'angolo interno di una stanza⁵². Lo stesso effetto sortisce l'illusione di Ponzo: la convergenza delle linee parallele all'orizzonte restituisce all'osservatore l'idea di profondità, la quale influisce sulle considerazioni delle due barre orizzontali che, sebbene di uguale dimensione, appaiono una più lunga dell'altra.*

A questo punto, dopo un necessario riassunto relativo l'influenza reciproca tra esperienza e percezione, verrebbe da pensare che il colore c'entri ben poco con la sensazione illusoria; ad esso, invece, si devono fenomeni percettivi così realistici da rivelarsi ancora più interessanti e entusiasmanti rispetto a quelli visti finora.

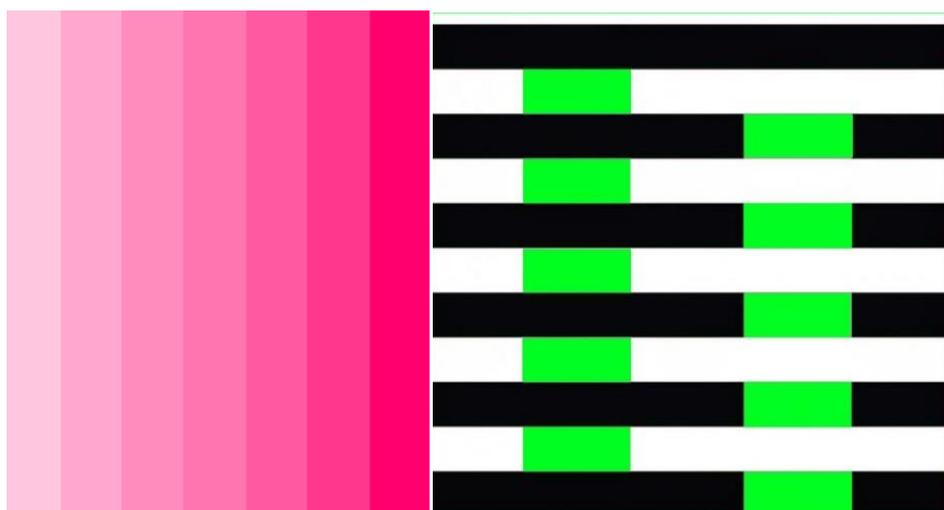


Figura 33 Da sinistra, l'illusione di Mach e quella di White.

⁵² Andrea Frova, *Luce, colore e visione*, Editori Riuniti.

Le illusioni cromatiche possono essere di chiarezza o di tonalità, in entrambi i casi è la vicinanza di due tinte ad alterare uno o più attributi di una delle due.

Tra le prime individuiamo le bande di Mach e l'effetto White, sopra riportate. Mach si accorse che avvicinando tra loro bande della stessa tinta, ma con valori di chiarezza variabili, nei margini rettilinei il colore della tinta appare più scuro se seguito da una banda più chiara. Egli attribuì questo fenomeno al funzionamento delle cellule a doppia opponenza ma ancora oggi non si conosce bene la ragione di queste illusioni, c'è anche chi ritiene siano frutto di un errore di confronto tra le esperienze in memoria e l'immagine osservata. Secondo White, invece, è il colore circostante a modificare la percezione cromatica di un elemento, effetto che chiama 'assimilazione'. In questo caso gli elementi cui fa riferimento l'autore sono le strisce verdi che si alternano tra le bande bianche e nere, disponendosi a sinistra sullo sfondo bianco e a destra su quello nero. Si ha immediatamente la sensazione di osservare strisce verdi di chiarezza diversa, più scure quando circondate dalle bande nere, più chiare nella situazione opposta.

Diversamente, per le illusioni di tonalità, non è la chiarezza di una tinta ad essere modificata, bensì la percezione cromatica stessa. Si tratta del contrasto successivo e simultaneo, fenomeni legati in qualche modo alla stimolazione dei recettori, i quali determinano la sensazione illusoria di una tinta diversa da quella reale.

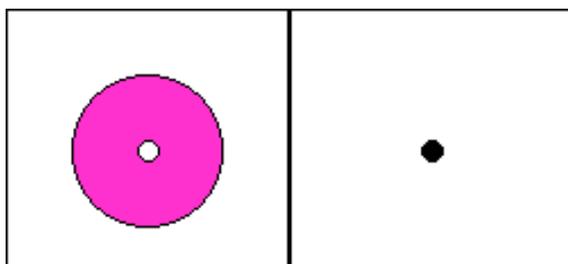


Figura 34 Contrasto successivo: dopo aver osservato per circa 30 secondi il cerchio magenta, spostare lo sguardo sul puntino nero del quadrato adiacente. Apparirà un cerchio delle stesse dimensioni, ma verde.

Nel primo caso il colore percepito su uno sfondo bianco in seguito l'osservazione di una macchia colorata è sempre quello complementare alla macchia stessa. Ciò

è dovuto all'affaticamento dei recettori verso lo stimolo cromatico di riferimento (il magenta in figura), che ne determina l'esclusiva sensibilità per le componenti della luce bianca residue, complementari al colore non percepibile negli istanti successivi all'affaticamento stesso.

Per quel che concerne il contrasto simultaneo, come suggerisce il termine stesso, la percezione di sfumature cromatiche complementari in una macchia di colore posta sopra un certo fondo sarà contemporanea.

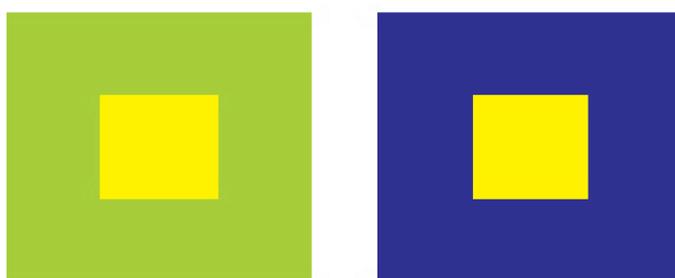


Figura 35 Il giallo sembra essere più intenso quando accostato al suo colore complementare: il blu.

Questo processo viene definito anche induzione cromatica, la causa corrisponderebbe all'inibizione laterale ad opera dei fotorecettori della retina che ostacolerebbero nelle zone immediatamente adiacenti ad una macchia di colore la sua stessa percezione, provocando una sensazione contraria. Ancora una volta il fenomeno sarebbe dovuto all'attività delle cellule a doppia opponenza, la cui struttura singolare ne permetterebbe l'attivazione per un certo colore in periferia e simultaneamente l'inibizione dello stesso nel centro del campo recettivo.

Ciò determina il diverso comportamento dei colori su fondi diversamente colorati: un quadrato giallo su fondo bianco sarà appena avvertibile, diversamente esso apparirà più luminoso su fondo nero; allo stesso modo un cerchio rosso sovrapposto ad uno sfondo arancione perderà intensità, mentre su uno sfondo verde la acquisterà.

Questa esaltazione reciproca delle tinte complementari accostate è ben conosciuta dai pittori antichi e moderni, i quali riescono a individuare il perfetto equilibrio cromatico ‘pesando’ le aree colorate. Quando due colori non complementari e aventi differenti luminosità, come il giallo e il viola, occupano due aree della medesima dimensione, quello più luminoso predominerà inevitabilmente sull’altro. Variando l’estensione delle due superfici colorate in modo inversamente proporzionale alla luminosità, come lo stesso Goethe⁵³ aveva suggerito, si raggiungerà un bilanciamento cromatico tale da riuscire a percepire entrambe le tinte senza che l’una domini sull’altra.

2.6 Le illusioni reali

Contrariamente a quelle ottiche, le illusioni definite reali non sono dovute alle interpretazioni ingannevoli degli stimoli visivi a livello cerebrale, ma alle proprietà fisiche dell’aria, del vetro o dell’acqua, e cioè del mezzo che si interpone tra l’oggetto osservato e l’osservatore.

La prima tra queste illusioni è legata al fenomeno della rifrazione della luce, la quale cambia velocità e tragitto al passaggio da un mezzo ad un altro, proprio come avviene nel prisma utilizzato da Newton per scomporre la luce bianca. Pensiamo ad un cucchiaio o una matita immersa in un bicchiere d’acqua, chi di noi non ha mai notato l’affascinante variazione apparente della forma dell’oggetto immerso? Esso sembra piegarsi, abbandonando la sua originaria forma rettilinea.

⁵³ Goethe attribuì ai colori spettrali un valore numerico indicante la luminosità, ad esempio al giallo 9 e al viola 3, che veniva invertito quando si doveva colorare una superficie con le due tinte: in quel caso il rapporto di estensione tra le due diveniva di 3-9.



Figura 36 Variazione illusoria della forma della matita.

Questo avviene perché i raggi luminosi che provengono dalla parte finale della matita attraversano l'acqua viaggiando in linea retta, ma quando raggiungono la superficie di separazione con l'aria, essendo l'indice di rifrazione minore, si allontanano dalla perpendicolare, piegandosi di più. Il cervello però, forte della conoscenza della propagazione rettilinea della luce, è convinto che i raggi percepiti non abbiano subito deviazioni e che siano partiti dal punto esatto in cui l'estremità della matita sembra trovarsi.

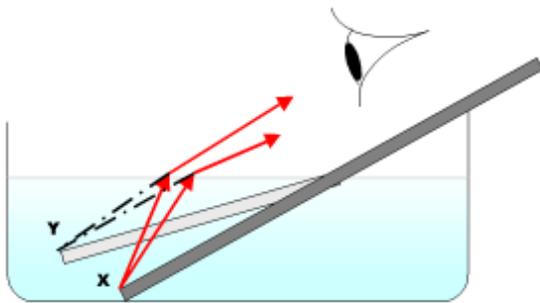


Figura 37 Rappresentazione grafica del fenomeno di rifrazione della luce proveniente da un mezzo con indice di rifrazione maggiore, come l'acqua.

Il suddetto fenomeno si verifica per qualsiasi oggetto immerso; a tale proposito, alcuni uccelli come i gabbiani sono molto abili a considerare questa variabile illusoria nel momento in cui raggiungono la superficie dell'acqua in attesa di avvistare e afferrare la loro preda.

Il secondo evento insolito a cui capita di assistere, soprattutto d'estate, è sempre dovuto alla rifrazione dei raggi luminosi, la cui deviazione, però, non dipende dal passaggio da un mezzo di trasmissione ad un altro, ma da ben altri fattori. È il caso dei miraggi, come l'apparizione di un'oasi nel deserto, o più semplicemente la percezione di pozze d'acqua sull'asfalto quando viaggiamo in automobile e fa molto caldo. L'aria in prossimità dell'asfalto, a causa della sua capacità di assorbire raggi solari, è particolarmente calda, e *quanto più è calda, tanto meno è densa e dunque meno rifrangente*⁵⁴. Questo comporta una appena percettibile variazione dell'indice di rifrazione, che genera un leggero incurvamento dei raggi luminosi, i quali, dopo essersi avvicinati al suolo senza mai toccarlo, cambiano il loro percorso dirigendosi verso l'osservatore. Il risultato è lo stesso che si otterrebbe se in quel punto preciso dell'asfalto ci fosse una superficie piana riflettente, come una chiazza d'acqua. Quest'ultima sembra spostarsi all'avvicinarsi dell'osservatore: poiché cresce l'angolo formato dai raggi luminosi e la strada, la lieve variazione di indice di rifrazione non riesce più a flettere i raggi, i quali riescono a colpire l'asfalto e ne vengono assorbiti.

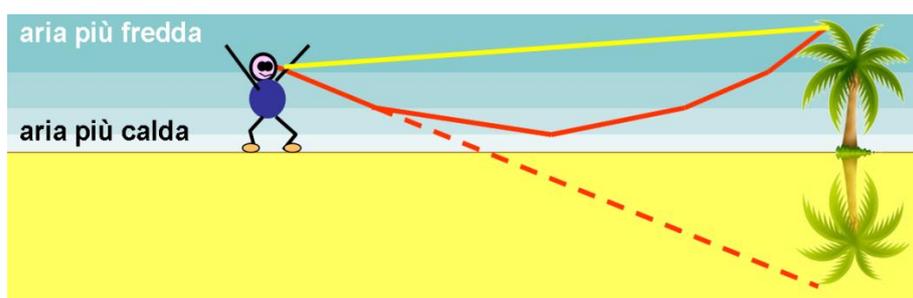


Figura 38
Raffigurazione grafica del miraggio.

Questo tipo di miraggio viene catalogato come 'inferiore' in quanto la sensazione illusoria è percepita al di sotto dell'oggetto che la produce. Se c'è necessità di specificare che si tratta di un miraggio inferiore è perché, di contro, esiste anche quello 'superiore', del cui

⁵⁴ Andrea Frova, *Luce, colore e visione*, Editori Riuniti.

nome è semplice, a questo punto, comprendere il motivo. Anche in questo caso le variazioni di temperatura dell'aria determinano l'immagine illusoria. Ciò che contraddistingue questi miraggi dai precedenti è l'impossibilità di ricevere un feedback successivo che ne testimoni l'inganno, così come avviene con la pozza d'acqua che scompare quando ad essa ci si avvicina. Ed è proprio questo il motivo principale per cui non ci rendiamo conto di quanto, invece, i miraggi superiori siano frequenti. C'è, ovviamente, un fattore di rilievo non trascurabile che ne determina la differenza rispetto ai miraggi inferiori: in questo caso la variazione della temperatura dell'aria è inversa, essa è più fredda vicino al suolo (soprattutto laddove esistono grandi distese d'acqua) e più calda in altitudine. Ciò comporta la possibilità di vedere oggetti che si trovano al di sotto della linea d'orizzonte, i quali sembrano emergere dall'acqua in una visione quasi evanescente: i raggi luminosi raggiungono la zona più calda e subiscono una deviazione che li conduce dritti agli occhi dell'osservatore. Un marinaio in alto mare, a causa di questo fenomeno, crederà di essere vicino alla terra ferma ancora prima che questa compaia realmente.

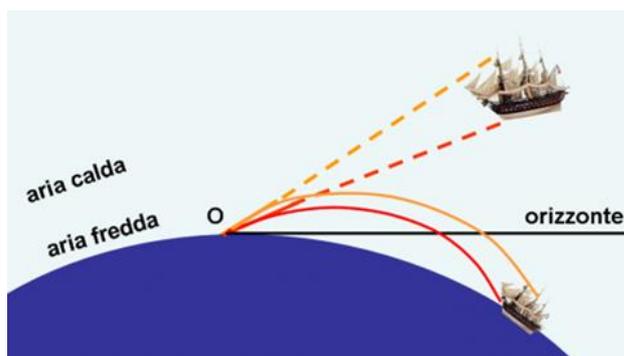


Figura 39 Il miraggio superiore che percepisce chi viaggia in mare.

Un ultimo effetto riconosciuto come miraggio superiore accade spesso al tramonto, quando osserviamo l'immagine del Sole nonostante esso sia già tramontato. A differenza di quanto avviene per l'illusione della terra ferma in mare, la luce luminosa proveniente dal Sole non devia il suo percorso a causa della temperatura dell'aria, ma della sua

rarefazione: gli strati atmosferici divengono meno densi all'allontanarsi dalla superficie terrestre, e all'aumentare della rarefazione cresce la capacità di rifrangere i raggi luminosi.

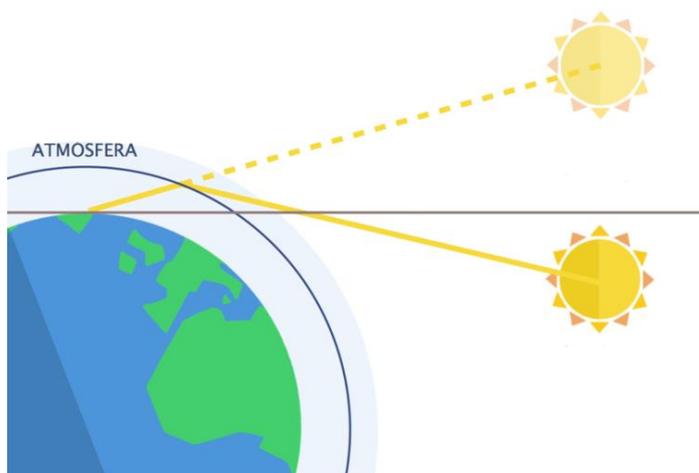


Figura 40 La linea orizzontale che separa la posizione apparente del sole (in alto) da quella reale (in basso) è l'orizzonte. La curva che circonda la terra corrisponde alla zona di minore rarefazione dell'atmosfera.

Talvolta è possibile osservare, negli istanti immediatamente successivi alla scomparsa del Sole, un flash di luce verdastra all'orizzonte. Come abbiamo potuto constatare con il comportamento delle radiazioni cromatiche all'attraversamento del prisma, la rifrazione è massima per il blu e minima per il rosso; quindi i diversi raggi colorati, una volta raggiunta la zona atmosferica di interesse, deviano il loro cammino in maniera più o meno rilevante. In tal caso le radiazioni dal blu al verde si piegano di più e all'osservatore sembrerà di percepire l'immagine di un Sole che sfuma in basso verso il rosso e in alto verso il blu.



Figura 41 Il raggio verde del Sole: fenomeno tanto bello quanto raro, soprattutto alle nostre latitudini; per poterlo vedere in maniera ottimale occorrerebbe spostarsi verso il Polo⁵⁵.

⁵⁵ Andrea Frova, *Luce colore e visione*, Editori Riuniti.

Capitolo III

LA DIDATTICA DEL COLORE

3.1 Cenni storici: la pedagogia

Nell'antica Grecia il significato di pedagogia era ben lontano dal senso che vi attribuiamo oggi; infatti, erano identificati come *paidagogós* gli schiavi che si dedicavano alla cura dei fanciulli, preoccupandosi di accompagnarli nel tragitto da casa a scuola. Diversamente dall'educazione spartana, che lasciava poco spazio all'apprendimento della scrittura e della lettura a causa dell'importanza attribuita all'addestramento guerriero, in quella ateniese erano la filosofia, la scrittura, l'oratoria e la musica ad essere al centro dell'interesse formativo. Ed è proprio alla civiltà ateniese che si deve la nascita, intorno al V sec a.C., della *paideia*, modello educativo della tradizione greca antica rivolto ad ogni uomo, la cui formazione e istruzione era finalizzata al bene della polis. Con l'avvento dei Sofisti, le cui prestazioni erano destinate a chiunque fosse in grado di pagarle, cominciò a diffondersi l'apprendimento dell'*ars oratoria*, ossia l'utilizzo della parola, attraverso la quale si diveniva capaci di amministrare affari pubblici e privati. La formazione iniziò ad assumere un carattere sempre più personale con Socrate e Platone; il primo, in completo contrasto con le esigenze della polis, considerava l'educazione come strumento di liberazione e di risveglio interiore, il cui compito principale era condurre l'uomo ad un approfondimento sempre maggiore dei concetti affinché li potesse riformulare in maniera critica e autonoma; il secondo elaborò un proprio modello pedagogico, che prevedeva un'educazione distinta a seconda della classe di appartenenza dei fanciulli ai quali era destinata (i governanti, i guardiani o i produttori). A partire dal IV sec. a.C., in seguito alla morte di Alessandro Magno, la cultura greca iniziò ad estendersi a tutti i territori da lui

conquistati, costituendo l'essenza di quel periodo storico che viene indicato come 'Ellenismo'. Il declino della polis determinò l'affermarsi dell'individualità, il soggetto iniziava a riconoscersi come uomo e non più come cittadino. La cultura ellenistica assumeva funzione formativa antropologica, l'apprendimento della lingua e della letteratura era considerato una priorità, non a caso fino ai dodici anni gli allievi ricevevano gli insegnamenti minimi per la lettura, dai dodici cominciavano a scrivere. Gli studi scientifici erano previsti soltanto in seguito; la formazione superiore poteva, infatti, concentrarsi su discipline come l'astronomia, la medicina e la geografia; ma risultava essere sempre inferiore all'educazione umanistica, considerata l'unica in grado di rendere l'uomo colto. Allo stesso modo, anche Roma, forte dell'influenza della cultura greco-ellenistica, predilesse un'istruzione che fosse concentrata sulla grammatica e sulla lettura. Dal I sec. a.C., lo studio della grammatica e della retorica divenne indispensabile per chi volesse intraprendere la strada politica, diversamente, l'apprendistato, il lavoro manuale e l'educazione tecnica erano destinati ai ceti inferiori, ai quali pur veniva riconosciuta l'esigenza di luoghi di apprendimento specializzati e, per questo, nacque il 'pedagogium', considerata la prima vera scuola professionale responsabile dell'alfabetizzazione propedeutica alla formazione tecnica.

Con l'avvento del Cristianesimo, la cultura ellenistica e romana fu presto disprezzata, poiché superficiale ed enciclopedica, oltre che priva dello spirito cristiano e dei valori religiosi. Ben presto la Chiesa divenne l'unica agenzia formativa legittimata a provvedere all'educazione di tutta la comunità, in particolare di quella ecclesiastica, con l'insegnamento del latino, delle Sacre Scritture e degli autori cristiani. *Il percorso scolastico, però, era l'unica strada per formare funzionari di alto livello. Il potere civile comprese, già in epoca carolingia, di non poterlo lasciare del tutto nelle mani della*

*chiesa*⁵⁶. Fu Lotario, re d'Italia, a istituire nell'825 nove scuole sul territorio nazionale, nelle quali, oltre alle scienze religiose, si apprendevano anche le arti liberali (*quadrivio* - aritmetica, geometria, astronomia, musica- e *trivio* - grammatica, retorica, dialettica-). Dopo l'anno mille si registrò un notevole cambiamento nell'assetto sociale, che divenne più dinamico e mobile, a causa della rinascita del commercio, dello sviluppo economico e della formazione di nuove classi come la borghesia. Un'offerta educativa come quella ecclesiastica non era più sufficiente; questi nuovi ceti avevano bisogno di imparare, oltre al latino, a fare i conti, a distinguere le diverse monete, ad utilizzare le varie unità di misura. Queste esigenze contribuirono alla nascita dell'insegnante professionista, che lavorava dietro compenso e non per vocazione. Iniziarono a sorgere, contemporaneamente, scuole laiche gestite da privati o dai municipi, dove era possibile acquisire nozioni e competenze necessarie per diventare artigiani o mercanti. Gli ultimi secoli del Medioevo videro la convivenza di un doppio sistema educativo, da un lato gli ecclesiastici e dall'altro gli insegnanti salariati. Le strategie didattiche erano ancora povere, i libri di testo non erano usuali, prevaleva, infatti, l'apprendimento mnemonico: il maestro leggeva un libro e gli studenti lo ripetevano. Con l'invenzione della stampa, nel 1455, e dei supporti di testo si diffusero pratiche didattiche nuove, non più basate sulla ripetizione collettiva ma sulla lettura silenziosa. Il periodo immediatamente successivo passa alla storia come Umanesimo, durante il quale si registrarono importanti avvenimenti, primo tra tutti l'interesse verso l'infanzia in quanto tale. Le famiglie divennero ormai nucleari e i legami affettivi subirono un decisivo rafforzamento, il che portava i genitori a desiderare la miglior preparazione alla vita per i propri figli. Proprio per questo la formazione umanistica, e rinascimentale poi, si concentrava essenzialmente sul rilancio della paideia classica, sullo studio di tutte quelle discipline 'humanae', tipiche

⁵⁶ Roberto Roveda, *La scuola nel medioevo*.

del mondo greco e romano, come la grammatica, la retorica, la filosofia, la letteratura, l'arte, il latino e il greco. Queste erano considerate le uniche discipline in grado di provvedere ad una formazione completa dell'uomo, che aveva a tutti gli effetti surclassato Dio nella posizione centrale della ricerca e dello studio. Per educazione classica non si intendeva soltanto lo studio delle discipline già citate, ma anche la cura del corpo e dell'anima; si tentava di eguagliare a tutti i costi i modelli antichi così da raggiungere quel senso di equilibrio e armonia ad essi attribuito. Verso la metà del XVI sec., Erasmo da Rotterdam, filosofo e umanista olandese, iniziò a porre l'attenzione sulle doti fisiche e mentali dell'individuo cui si rivolgeva l'educazione e al metodo utilizzato dagli insegnanti. Con le sue riflessioni, egli anticipò le ricerche pedagogiche del secolo successivo, le quali riconoscevano nel sapere educativo un paradigma complesso e frastagliato. Comenio, ad esempio, fu il primo ad affermarne il carattere di disciplina autonoma rispetto alla filosofia e alla teologia, riconoscendone le enormi potenzialità, come quella di garantire una convivenza pacifica tra popoli, o ancora, di aprire all'educando (senza distinzione di sesso ed età) le porte del mondo, trasmettendogli i fondamenti di tutte le cose che lo riguardano. Tra l'altro, Comenio suggeriva anche di limitare la severità, perché l'onestà, la delicatezza e la dolcezza pervenivano alla più completa formazione umana. Questo periodo di riflessioni e ipotesi circa il processo di insegnamento-apprendimento condusse all'organizzazione del sistema scolastico così come lo intendiamo oggi, con la strutturazione di ordini scolastici basilari (come quello elementare) e l'introduzione di pratiche didattiche più attente ai processi naturali di apprendimento. Inoltre, iniziarono ad essere prodotti libri di testo differenti per ogni disciplina e utilizzati strumenti di controllo come appello e registri; i metodi di insegnamento si avviavano a prevedere fasi ben precise: spiegazione, interrogazione, esercizio e verifica. Sebbene il processo di rielaborazione e interpretazione pedagogica fosse già così ricco, non aveva nessuna

intenzione di fermarsi. Dopo Comenio, fu il turno di Locke, filosofo e medico britannico che divenne in poco tempo il padre dell'empirismo. Egli sembrò condurre una battaglia quasi contraria a quella portata avanti da Comenio, in quanto riteneva fosse indispensabile pensare ad un'educazione che potesse guidare la formazione del ceto dirigente destinato ad amministrare la nazione. Locke era convinto che la mente del fanciullo fosse come una tabula rasa e potesse essere riempita solo con concetti elaborati dall'esperienza diretta, l'unica in grado di generare conoscenza. Quest'ultima idea è, da molti studiosi, reputata la prima esaltazione assoluta di un metodo didattico basato sul *learning by doing*.

Nel quadro pedagogico settecentesco, a causa del riconoscimento dell'identità razionale di ogni uomo, si attribuirono all'educazione finalità prevalentemente civili e laiche, l'obiettivo era formare un cittadino responsabile e attivo nel proprio contesto sociale. Al XVII sec. si fanno risalire le prime considerazioni della psiche infantile, in particolare si comincia a ritenere fondamentale la stimolazione della fantasia e dell'immaginazione dei più piccoli e non è un caso se è proprio in questo periodo che nascono i primi libri di letteratura per l'infanzia. Rousseau ben si inserisce in questo sfondo storico, essendo dai più appellato come il vero rivoluzionario della pedagogia contemporanea. Egli pose, per la prima volta nella storia, il bambino, i suoi limiti e i suoi bisogni al centro di qualsiasi piano educativo. Secondo quanto sosteneva il filosofo, l'età infantile ha caratteristiche proprie non assimilabili al mondo degli adulti, e le scelte didattiche non possono essere frutto delle necessità di questi ultimi. Affinché il fanciullo possa sviluppare le sue doti intellettuali e morali, l'apprendimento e la motivazione devono coesistere, così come una certa nozione deve essere realmente utile all'educando, e cioè legata alla sua esperienza concreta. Queste considerazioni sembrano anticipare una corrente pedagogica novecentesca, che ha fatto del puerocentrismo il suo cavallo di battaglia.

In seguito alla rivoluzione francese la scuola e la pedagogia europea riconosceva nella libertà il principio cardine della sua essenza. Istruirsi equivaleva ad emanciparsi, ritornò presto in vigore l'apprendistato ai fini di inserire i poveri nel mondo del lavoro. Tra i principali pensatori del tempo ritroviamo Pestalozzi, il cui ideale educativo ben riassume le caratteristiche pedagogiche dell'800: la scuola non poteva preoccuparsi esclusivamente dell'istruzione in quanto tale, bisognava conciliare le esigenze dello spirito con il lavoro materiale; anche la preparazione fisica e manuale, infatti, doveva rivestire altrettanta importanza poiché preparatrice al lavoro agricolo e industriale. È questa la tendenza prevalente durante tutto il periodo che precede la rivoluzione cognitivista: si esalta il fare, il gioco, ma la pratica didattica resta ancorata alla trasmissione di 'pezzi di informazione' difficilmente utilizzabili, indipendentemente dalla finalità della stessa.

I primi cambiamenti in tal senso li avremo solo con l'avvento del secolo successivo, il XX, durante il quale la pedagogia inaugura il suo dialogo con altre discipline scientifiche, come la psicopedagogia e la sociologia, intensificando il proprio studio sui processi di insegnamento e apprendimento, sul valore formativo dell'ambiente scolastico, sullo sviluppo del bambino e sul suo funzionamento cognitivo.

3.2 L'attivismo

La ricerca psicologica che ha origine nei primi anni del secolo scorso introdusse nuove riflessioni rispetto l'infanzia, considerata ormai il periodo formativo più produttivo dell'uomo. Alla centralità dell'adulto, che definiva obiettivi e metodi del processo educativo, si sostituì presto quella del bambino, cui bisognava, secondo gli esperti dell'epoca, lasciare spazio e tempo affinché crescesse secondo le sue leggi e la sua misura. A cavallo tra l'Ottocento e il Novecento era già emersa l'esigenza di una riorganizzazione dell'eredità scolastica ormai arretrata e non rispondente alle esigenze sociali di un mondo

in rapido cambiamento. Si cercava, dunque, di creare un raccordo tra la vita in società e la scuola, affinché quest'ultima non fosse relegata a mero luogo di istruzione e ascolto passivo fine a se stessi, ma divenisse il mezzo attraverso cui ognuno potesse sviluppare le proprie energie individuali e metterle al servizio di una società più collaborativa e unita. A tale proposito, soprattutto l'Inghilterra, vide la trasformazione e l'istituzione di nuovi college ispirati a queste ideologie innovative che rigettavano l'impostazione severa ed enciclopedica del sapere, i cui principi risalivano all'educazione religiosa e militare. In America queste iniziative furono estese anche all'istruzione dei più piccoli, sebbene, in principio, coinvolgessero soltanto le classi sociali più agiate. Continuavano ad esistere, infatti, problemi sociali non trascurabili, come l'analfabetismo infantile, dovuto al ridotto periodo formativo, e la povertà, che costringeva i bambini a dedicarsi al lavoro abbandonando o trascurando gli studi. In questo clima di effettivo cambiamento, John Dewey divenne presto il fautore di riflessioni teoriche e pedagogiche che andarono via via a costituire il fulcro di un nuovo approccio educativo, passato alla storia con il nome di 'attivismo'. Alla base di questa corrente ideologica vi era la convinzione del carattere non sociale della scuola tradizionale, la quale, attraverso l'imposizione di regole comportamentali ben precise (come la pretesa del silenzio), limitava la libertà di espressione e movimento e, di conseguenza, la riflessione e il pensiero, senza i quali non poteva esserci reale conoscenza. Inoltre, Dewey descriveva la didattica diffusa e a lui contemporanea come 'contemplativa': l'alunno era uno spettatore di un sapere completamente gestito dall'insegnante, il quale trasmetteva contenuti e concetti preconfezionati, uguali per tutti. Per i maestri era solito considerare la testa del discente come un contenitore da riempire e, qualora questo versamento non fosse riuscito, la responsabilità era attribuita tutta all'educando, ritenuto incapace di assimilare. L'idea che ne conseguiva, presente anche in Italia a ridosso dei primi anni Venti, era che bastasse

conoscere i fondamenti di ogni disciplina per poterla insegnare. Ecco perché l'attivismo assume, ad oggi, un'identità estremamente rivoluzionaria, che ha segnato concretamente il pensiero pedagogico del secolo scorso fino a consegnarci l'idea di una didattica completamente rinnovata. Ma in cosa consiste questa innovazione ideologica? Per Dewey l'alunno doveva passare dalla condizione di 'spettatore' a quella di 'attore', ossia di protagonista indiscusso del processo di apprendimento, calibrato e adattato alla propria dimensione infantile. Il compito dell'educatore, allora, doveva essere non più quello di velocizzare il passaggio del fanciullo all'età adulta, né di trasmettere conoscenze prestabilite, quanto quello di facilitare il processo di scoperta e sviluppo della propria intelligenza. A tale fine, occorreva abbandonare pratiche severe e contemplative a favore della valorizzazione di un'interazione spontanea e biologica, quella tra il bambino e l'ambiente: è attraverso il rapporto con il mondo circostante che egli si adatta ad esso, interviene sulle cose e ne osserva le risposte dalle quali elabora un pensiero e una modifica del comportamento. Consapevole della potenzialità del fare, Dewey ne fece il momento centrale dell'apprendimento, infatti, il pedagogo stesso in una delle sue opere, *Democrazia e educazione*, affermava: "Un'oncia di esperienza è meglio di una tonnellata di teoria, semplicemente perché è soltanto dall'esperienza che una teoria può avere un significato vitale e verificabile". L'esperienza rappresenta, dunque, tutto ciò che ci circonda, tutto ciò che subiamo e proviamo; per Dewey è da essa che bisogna partire, perché dall'azione e dall'osservazione delle sue conseguenze si può giungere ad un'elaborazione del significato intrinseco all'attività stessa. Il dubbio legato alle situazioni che ancora non si sono concluse diventa conoscenza qualora la soluzione proposta produca le conseguenze attese e l'ipotesi iniziale venga accettata come valida. Il lavoro manuale assume i connotati di esperienza solo se seguito da un'autentica riflessione: l'interpretazione del fenomeno è già una forma di comprensione del mondo e del suo

funzionamento. Oltre al principio di interazione tra alunno e ambiente, Dewey riteneva altrettanto importante l'esigenza di continuità e connessione tra un'esperienza e l'altra. Affinché un'attività pratica sia realmente efficace, essa deve suscitare gli interessi e la motivazione degli studenti, collegandosi con le esperienze precedenti e stimolando quelle successive.

Sebbene fino a questo momento sia concentrato esclusivamente sulla pratica didattica, il pensiero pedagogico di Dewey non escludeva ulteriori implicazioni, soprattutto quelle legate al risvolto sociale che una scuola attiva poteva avere. Produrre idee rispetto un'eventuale situazione problematica è alla base della vita comunitaria; così come esaminare eventi e fenomeni, interpretandoli autonomamente e condividendo le proprie riflessioni, garantisce alla didattica quella ricchezza e creatività necessaria all'apprendimento di nuove conoscenze e, in modo specifico, alla risoluzione del problema proposto. La collaborazione diviene allora il fondamento di una didattica che sia scientifica, ma anche democratica. Per Dewey la scuola doveva rappresentare il laboratorio di progresso sociale per eccellenza, all'interno del quale gli alunni sperimentano la vita associata e collaborativa, attraverso la comunicazione raggiungono l'estensione degli interessi comuni e si mostrano disponibili al cambiamento reso possibile dal confronto tra le diverse opinioni; in poche parole, è grazie a questo tipo di educazione che si può determinare il consolidamento di una società democratica, strettamente connessa all'apertura mentale, allo spirito di iniziativa e di indagine.

Fin da subito il movimento attivista riscosse un grande successo, diffondendosi in Germania, in Francia e in Italia, la cui esponente principale fu Maria Montessori, sostenitrice convinta dell'esistenza di forze interne al bambino che ne guidano l'interazione con l'ambiente, il quale, dunque, non viene subito ma vissuto attivamente. Come Dewey, anche la Montessori considerava l'esperienza come l'unica dimensione

formativa del bambino, attribuendo alle mani il ruolo di strumento d'intelligenza dell'uomo. Ella suggeriva di realizzare *un ambiente preparato scientificamente, contenente materiali e attività progettate appositamente per favorire l'interesse di chi apprende, in tutti i campi del sapere, dalle attività di vita pratica fino all'algebra e alla geometria*⁵⁷. Secondo quanto sosteneva la pedagogista, il bambino deve procedere individualmente all'esplorazione del mondo circostante, correggendo autonomamente i propri errori attraverso il fare e il rifare, mentre gli insegnanti si limitano a dirigere e controllare il corretto utilizzo dei materiali a disposizione. Una descrizione così sommaria male si adatta alla complessità e varietà del metodo in questione, che meriterebbe certamente un ulteriore approfondimento, non consono in questa sede.

3.3 Il costruttivismo

Prima di intraprendere l'analisi della successiva evoluzione del pensiero pedagogico e psicologico, è bene individuare i fattori che ne determinarono lo sviluppo: primo fra tutti, il già citato attivismo, cui si aggiunse la crisi del comportamentismo. Lo studio della mente riprese vigore negli Stati Uniti a partire dagli anni Cinquanta, determinando il crollo definitivo di un paradigma psicologico che riconosceva nella consequenzialità la relazione esistente tra ambiente e uomo. In poche parole, per le teorie comportamentiste, tutto ciò che si desiderava sapere rispetto al funzionamento della mente umana era direttamente osservabile attraverso il comportamento e le risposte che l'uomo stesso forniva agli stimoli ambientali. La risposta comportamentale e gli input provenienti dal mondo esterno venivano a costituirsi, dunque, come una relazione di causa-effetto, secondo la quale il soggetto avanzerebbe nel mondo subendo tali input e reagendo a essi in maniera immediata. L'educazione diveniva, di conseguenza, un processo in cui si ricorreva a

⁵⁷ Dal sito online della Fondazione Montessori Italia.

stimoli definiti 'rinforzi', negativi o positivi, utilizzati per consolidare o meno le risposte degli alunni a determinati problemi, potenziandone l'apprendimento. La prima critica al suddetto approccio provenne da Chomsky, linguista statunitense, che analizzò l'elaborazione del linguaggio da parte dei più piccoli, affermandone sì la concreta capacità di ripetere le parole ascoltate prima, ma anche quella di produrre frasi nuove grammaticalmente corrette, senza per questo averle mai udite. Ben presto si comprese che, come il linguaggio, tutti i processi mentali superiori, quali il ragionamento, l'apprendimento e il pensiero, non potevano essere spiegati attraverso una teoria così semplice e superficiale, causandone la crisi e la conseguente nascita del paradigma cognitivo. La responsabilità dell'apprendimento non poteva essere attribuita esclusivamente al contesto ambientale né agli stimoli da esso provenienti; si comprese, infatti, che anche il soggetto è decisivo nel suddetto processo: egli, seppur condizionato dal mondo nel quale è immerso, può agire su di esso generandone il cambiamento. Dunque, l'interazione tra ambiente e uomo continuava ad essere il fulcro attorno al quale si ergevano le nuove teorie, con la differenza sostanziale delle capacità interpretative, elaborative, decisionali e mnemoniche riconosciute al secondo, grazie alle quali elabora un personale retaggio di conoscenze, che lo guida in ogni esperienza supportandone la scelta comportamentale. Inoltre, la soggettività delle interpretazioni che un individuo può elaborare rispetto un dato input spiegava, per la prima volta, la varietà di risposte possibili registrate in occasione di una medesima stimolazione. Anche lo psicologo svizzero Piaget riconobbe l'interazione tra soggetto e ambiente come una relazione mutevole, durante la quale si alternano fasi di rottura e di equilibrio, quest'ultimo, in particolare, è reso possibile grazie all'adattamento dell'individuo all'ambiente, che non significa regolazione passiva dei suoi comportamenti in funzione degli stimoli provenienti dal contesto, tutt'altro; Piaget sosteneva che lo sviluppo cognitivo di un soggetto avviene mediante

l'utilizzo vicendevole di due processi: l'assimilazione, che gli consente di utilizzare schemi comportamentali già acquisiti per decodificare eventi nuovi, e l'accomodamento, responsabile dello sviluppo cognitivo e comportamentale per accogliere nuove situazioni ignote.

L'incombenza di queste nuove teorie pedagogiche e psicologiche, l'attivismo e il cognitivismo, condusse velocemente alla nascita, intorno agli anni Sessanta, di un nuovo approccio educativo: il costruttivismo. Secondo quest'ultima teoria, l'apprendimento può essere paragonato ad un'attività di costruzione; l'individuo raccoglierebbe dati e materiali che l'ambiente fornisce e, analizzandoli, comparandoli, agendo su di essi, creerebbe conoscenza. Il sapere, perciò, non può avere valenza oggettiva, non può essere assimilato in modo passivo poiché è costruito a partire dalle rielaborazioni personali e soggettive della realtà circostante. Quest'ultima, attenzione, non esiste indipendentemente dall'uomo, né rappresenta la custode di informazioni preconfezionate. È l'organizzazione che l'individuo fa dell'ambiente a determinare proprietà e relazioni; è l'esperienza che vive a generare conoscenza, che per questo diviene individuale e 'situata', condizionata dal linguaggio, dalle credenze, dalle emozioni. L'insegnante, dunque, non può gestire direttamente l'apprendimento dell'alunno, il quale possiede conoscenze pregresse e scopi personali che lo guidano nell'attribuzione di significato e nell'elaborazione cognitiva. Ecco perché non è possibile considerare, secondo il paradigma costruttivista, l'apprendimento individuale come la successione di fasi uguali per tutti; non esiste mai un unico modo di fare le cose, ognuno interagisce diversamente con la realtà ora individuandone una particolarità, ora manipolandone gli oggetti, ora osservandone il cambiamento e ora costruendo una rete di significati. Per il costruttivismo, in particolare quello 'sociale' rappresentato da Vygotskij, l'interpretazione dell'ambiente non può fermarsi a un'attività

individuale, anzi, essa si arricchisce attraverso la condivisione e negoziazione collettiva di significati affinché si possa arrivare ad un sapere socialmente condiviso.

Il processo interpretativo, sia individuale che collettivo, consentirebbe non solo l'acquisizione di concetti, bensì anche lo sviluppo di una metodologia di apprendimento che rende il soggetto sempre più autonomo nell'acquisizione del sapere. A tale proposito è opportuno fare riferimento alle riflessioni e considerazioni avanzate in quegli anni da Bateson riguardo i tre livelli di apprendimento esistenti. *Il primo livello*, il protoapprendimento, *corrisponde a quella che solitamente chiamiamo "istruzione" [...] e consiste nell'assimilazione di conoscenze e abilità legate ai vari saperi curricolari; l'apprendimento 2*, o deuteroapprendimento, *è rappresentato da un cambiamento dell'apprendimento 1 [...] rendendolo più rapido, per esempio fanno parte di questa tipologia di acquisizioni: l'imparare ad apprendere, il transfer dell'apprendimento, e l'acquisizione di abiti mentali (formae mentis, stili cognitivi ecc.); il terzo livello di apprendimento consiste in una modificazione dell'apprendimento 2, che diviene più rapido e flessibile*⁵⁸. In poche parole, l'approccio costruttivista visto attraverso le riflessioni di Bateson, avrebbe come obiettivo lo sviluppo di un apprendimento di tipo due, responsabile dell'interiorizzazione di strategie di apprendimento flessibili e autonome, non legate all'acquisizione mnemonica di informazioni, bensì all'attività di indagine e interpretazione, adattabile a qualsiasi 'perché' cui si voglia trovare risposta e di volta in volta migliorabile grazie alla plasticità⁵⁹ del sistema neuronale. Anche Papert, esponente principale proprio del costruzionismo, affermava: "Il vero sapere che si deve promuovere è quello che aiuterà ad acquisire altro sapere".

⁵⁸ Massimo Baldacci, *I livelli logici del curricolo*.

⁵⁹ Per plasticità s'intende la capacità del cervello di riorganizzare le connessioni tra neuroni: le sinapsi. Le esperienze ambientali e cognitive comportano un vero e proprio rimodellamento del cervello, che elimina sinapsi inutilizzate potenziandone di nuove. In poche parole, l'apprendimento stimola nuove sinapsi modificando l'architettura cerebrale iniziale la quale, a sua volta, migliora il processo di apprendimento stesso.

Riassumendo, con l'avvento del costruttivismo, le metodologie didattiche che si volevano definire efficaci cominciarono ad avere delle impostazioni ben precise: esse devono valorizzare la costruzione (e non la memorizzazione e riproduzione) della conoscenza, appellandosi alla complessità di compiti autentici, interessanti, che stimolino la riflessione, il ragionamento e la costruzione critica del sapere. Il costruzionismo, paradigma recente e successivo a quello costruttivista, condivide e amplia la base teorica di quest'ultimo prevedendo l'utilizzo, nella pratica didattica, di 'artefatti cognitivi', ossia oggetti che faciliterebbero la costruzione di quei concetti la cui complessità è dovuta alla carenza di materiali significativi. L'utilizzo di tali prodotti, la possibilità di esaminarli, osservarli, e discuterne garantirebbe l'efficacia di una didattica che favorisce un apprendimento attivo, basato sul 'fare per imparare' e non su 'l'apprendere per applicare'. È attraverso l'esperienza e le attività creative che il soggetto comprende; egli struttura le proprie conoscenze contemporaneamente all'esplorazione e alla costruzione degli artefatti.

È senza dubbio evidente che, con le suddette teorie, *il sistema scolastico viene ripensato per andare oltre un programma lineare e statico verso un percorso flessibile e dinamico in cui sia data ai bambini la possibilità di gestire il proprio apprendimento e di imparare non a dare la giusta risposta alle domande inerenti quello che si è appreso a scuola, ma trovare giuste soluzioni a situazioni che vadano oltre l'ambito scolastico*⁶⁰.

3.4 La zona di sviluppo prossimale

Alla variegata schiera di sostenitori del paradigma costruttivista apparteneva anche Lev Semënovič Vygotskij, cui si deve un importante contributo all'analisi dello sviluppo cognitivo del bambino e delle eventuali influenze esercitate su di esso dalle variabili culturali. Mentre per Piaget lo sviluppo cognitivo del soggetto era costituito da un

⁶⁰ Chiara Laici, *Costruzionismo*, articolo pubblicato sul sito online di Editrice La Scuola.

susseguirsi di fasi prestabilite, durante le quali il bambino impara autonomamente interagendo con gli oggetti e senza che l'ambiente possa determinarne l'apprendimento, lo psicologo sovietico era convinto dell'esatto contrario. Vygotskij, infatti, si interessò particolarmente del ruolo, considerato determinante, che i fattori culturali avevano sullo sviluppo e del funzionamento cognitivo dell'uomo, di cui distingueva processi mentali elementari e superiori; i primi corrisponderebbero a *strutture psichiche condizionate principalmente da determinanti biologiche [...] le seconde emergono nel processo di sviluppo culturale. Lo stadio iniziale è seguito dalla distruzione, ricostruzione e transizione di quella prima struttura a strutture del secondo tipo. Diversamente dai processi reattivi, diretti, queste ultime strutture sono costruite sulla base dell'uso di segni e di strumenti*⁶¹. Questa considerazione non mancò di critiche, sia perché Vygotskij non specificò in modo chiaro la natura delle prime strutture, e sia perché *perfino in bambini molto piccoli i processi psichici sono formati sotto l'influenza dell'interazione verbale con gli adulti e, di conseguenza, non sono 'elementari'*⁶². Indipendentemente da questa digressione, ciò che, per Vygotskij, determina lo sviluppo intellettuale del bambino è l'interiorizzazione della sua esperienza sociale, e cioè la trasformazione di uno strumento, utilizzato per orientarsi nell'ambiente esterno come il linguaggio, in un segno, come il pensiero, mezzo di influenza psicologica diretta a padroneggiare sé stesso. È come se lo sviluppo del soggetto seguisse sempre due livelli: prima intersichico, tra le persone, e poi intrapsichico, dentro il soggetto. Sebbene questa riconosciuta capacità del linguaggio di influenzare e trasformare il pensiero, lo studioso attribuì ai due elementi origini indipendenti, identificando una fase pre-linguistica del pensiero e una fase pre-logica del linguaggio. La prima indica il periodo antecedente al primo anno di vita, in cui il bambino

⁶¹ Vygotskij, raccolta di scritti, *Il processo cognitivo*, Bollati Boringhieri, 1987.

⁶² Berg citato in Vygotskij, raccolta di scritti, *Il processo cognitivo*, Bollati Boringhieri, 1987.

è in grado di produrre generalizzazioni, come quando da un'esperienza ripetuta, ad esempio scottarsi con il cibo, elabora una risposta non verbale ben precisa, in questo caso allontanare il cucchiaino se non è stato raffreddato; la seconda si riferisce all'utilizzo della 'parola frase' accompagnata da un gesto, quale indicare, per comunicare una richiesta. L'incontro tra pensiero e linguaggio avverrebbe intorno al settimo anno di vita del bambino: il primo fornirebbe al secondo l'intelligenza, la capacità di strutturare un discorso secondo logica, di esprimere ragionamenti, di rappresentare verbalmente idee e immagini mentali; il linguaggio, a sua volta, aumenterebbe la capacità di pensiero analitico e sintetico, sia perché fornisce i nomi delle più piccole parti di una situazione orientandone una percezione più dettagliata, sia perché rimanda a immagini che, da sole, racchiudono in sé tutti i concetti simili. Il linguaggio, quindi, nel pensiero vygotkijano, viene ad assumere una doppia funzione, di comunicazione e interazione sociale, ma soprattutto di elaborazione mentale dell'esperienza, che può essere sia pensata nei suoi particolari che concettualizzata in categorie universali. Il linguaggio, in definitiva, viene a costituirsi come uno degli strumenti più ingegnosi e necessari, che distinguono l'uomo dagli animali, poiché egli, attraverso lo scambio comunicativo, è in grado di trasmettere informazioni e produrre conoscenze. È attraverso l'utilizzo della parola che i bambini elaborano le prime rappresentazioni del mondo, sebbene, secondo Vygotskij, il linguaggio prescolastico non permetta loro di avere una visione chiara e precisa del mondo, poiché le conoscenze costruite sono globali e la mancata considerazione delle più piccole parti di una situazione, possibile attraverso l'utilizzo di un linguaggio più scientifico, genererebbe misconcetti. Ecco allora che si inserisce nel discorso l'importante valenza formativa del contesto scolastico. Lo psicologo, a tale proposito, criticava fortemente l'associazione tra un certo tipo di apprendimento e il livello cognitivo minimo necessario, affermando l'impossibilità di studiare e scoprire i rapporti effettivi tra i

processi evolutivi e la capacità di apprendimento se ci si limita a determinare i livelli evolutivi stessi. Per Vygotskij esistono due livelli di sviluppo, il primo, che può essere chiamato anche livello di sviluppo *effettivo*, corrisponderebbe alle funzioni mentali possedute da un bambino, cioè alle cose che il bambino sa fare da solo, alle sue capacità cognitive possedute; il secondo, invece, coinciderebbe con *la distanza tra il livello effettivo di sviluppo così come è determinato da problem-solving autonomo e il livello di sviluppo potenziale così come è determinato attraverso il problem-solving sotto la guida di un adulto o in collaborazione con i propri pari più capaci*⁶³.



Figura 42 Raffigurazione grafica delle zone di sviluppo individuate da Vygotskij.

Se il livello effettivo rimanda alle conoscenze, abilità, funzioni mentali già concluse e che conducono il bambino a fare da solo certe cose, il livello prossimale indica, di conseguenza, ciò che potenzialmente il bambino potrebbe fare se supportato, le funzioni mentali non ancora mature ma in formazione, come il fiore che non è ancora frutto, ma lo diventerà presto. L'assistenza cognitiva è attribuita all'insegnante o a gruppi di studenti più esperti, che guidano il bambino in attività pratiche e riflessioni teoriche. In quest'ottica, il pensiero di Vygotskij è rivoluzionario; prima di allora le ricerche e i test intellettivi consideravano valide per la valutazione cognitiva di un soggetto solo le attività e i ragionamenti che era in grado di fare da solo, relegando all'imitazione una semplice

⁶³ Vygotskij, raccolta di scritti, Il processo cognitivo, Bollati Boringhieri, 1987.

esecuzione passiva di quanto osservato. Nel corso del tempo gli psicologi hanno dimostrato che un bambino può imitare solo quello che è all'interno del suo livello di sviluppo. Nonostante la sua valenza valutativa, però, l'attività imitativa non è sufficiente per condurre il bambino verso nuove acquisizioni perché essa, da sola, orienterebbe l'apprendimento verso i livelli di sviluppo già raggiunti rendendolo inefficace. Secondo la teoria della zona di sviluppo prossimale, un buon apprendimento diventa tale quando è in 'anticipo' rispetto allo sviluppo. Ciò non vuol dire che l'apprendimento coincide con lo sviluppo, tutt'altro: esso, se organizzato in maniera pertinente, genera uno sviluppo mentale ed evolutivo che non sarebbe possibile senza l'apprendimento stesso. Ma come gestire questo legame apprendimento-sviluppo? Il contesto educativo dovrebbe considerare oltre i bambini e il materiale didattico, il valore formativo della 'comunicazione interattiva'; che consente agli alunni di riflettere sulle loro idee e trasformarle, arrivando all'elaborazione di concetti scientifici. Il linguaggio diviene, in quest'ottica, fondamentale per i motivi espressamente detti sopra (il pensiero spontaneo mediante la comunicazione e l'utilizzo di termini oggettivi e scientifici diventa, appunto, scientifico, si arricchisce, si amplia determinando una comprensione chiara, analitica e totale), ma anche perché la sua acquisizione spiega efficacemente il rapporto tra apprendimento e sviluppo: *il linguaggio nasce inizialmente come un mezzo di comunicazione tra il bambino e le persone del suo ambiente, solo in seguito, dopo la conversione al linguaggio interiore, arriva ad organizzare il pensiero del bambino [...] La comunicazione produce il bisogno di verificare e confermare i pensieri*⁶⁴.

L'apprendimento del linguaggio è, dunque, collaborativo, e come esso, anche quello di abilità, conoscenze, concetti: è proprio l'interazione la vera rivoluzione del pensiero vygotskijano; un'indicazione, una domanda, un suggerimento sono in grado di

⁶⁴ Vygotskij, raccolta di scritti, Il processo cognitivo, Bollati Boringhieri, 1987.

intensificare il processo evolutivo interiore e, quindi, conoscitivo. Come Vygotskij, anche Bruner definiva l'apprendimento concettuale 'un'impresa collaborativa' e attribuiva all'insegnante il dovere di offrire un sostegno conoscitivo, che definì *scaffolding*. Per lo psicologo statunitense, un docente fa scaffolding quando *svolge quelle parti del compito che lo studente ancora non riesce a padroneggiare, instaurando un'attività cooperativa di soluzione dei problemi con l'intenzione di far assumere all'alunno un ruolo sempre maggiore nell'esecuzione del compito [...] una volta afferrate le basi delle capacità in questione, il tutor riduce gradualmente la sua partecipazione, fornendo solo qualche suggerimento*⁶⁵. Bruner, quindi, assicurava qualità ed efficacia all'apprendimento grazie al rapporto tra docente e studente, coerentemente con il pensiero di Vygotskij, di cui è necessario dire ancora qualche cosa.

Risulta, infatti, interessante la considerazione che Vygotskij avanzò rispetto l'attività ludica, cui attribuì la stessa valenza formativa del linguaggio: se quest'ultimo è in grado di far evolvere le funzioni mentali dell'individuo in maniera non necessariamente parallela alla crescita cronologica, anche il gioco consente ai bambini di ristrutturare il loro rapporto con la realtà, garantendogli la possibilità di ampliare la propria conoscenza oltre i limiti riconosciuti. L'attività creativa è, secondo Vygotskij, dettata dal bisogno di intervenire sulla realtà e di conoscere il mondo, attraverso essa il soggetto immagina situazioni reali e allarga le proprie esperienze. Sebbene inizialmente il bambino fatichi *a separare il campo del significato dal campo visivo perché c'è una così intima fusione tra significato e quello che è visto [...] tu dici 'orologio' e il bambino si mette a cercarlo: la parola significa originariamente una particolare collocazione spaziale*⁶⁶; nelle attività ludiche prescolastiche egli comincia a separare il pensiero dall'oggetto specifico e la stessa azione è frutto di idee

⁶⁵ Cosimo Laneve, *Manuale di didattica*, Lascuola, 2011.

⁶⁶ Vygotskij, raccolta di scritti, *Il processo cognitivo*, Bollati Boringhieri, 1987.

e non legata all'oggetto di riferimento: egli non avrà bisogno di un cavallo vero, ma gli basterà un bastone per immaginarlo. Il gioco, dunque, supporterebbe il bambino nello sviluppo del pensiero astratto, della volontà, della capacità di fare scelte e di immaginare nuovi scenari. Soprattutto in quest'ultimo caso, il bambino si comporta sempre in maniera superiore alla sua condotta quotidiana (gioca a fare il dottore, la mamma.), *nel gioco è come se lui fosse un palmo più alto di sé stesso, come nel fuoco di una lente di ingrandimento, il gioco contiene tutte le tendenze evolutive in forma condensata ed è esso stesso una fonte principale di sviluppo prossimale*⁶⁷.

3.5 La mediazione didattica

Tenendo conto delle teorie e delle considerazioni degli autori menzionati fino a questo punto, appare evidente il compito di mediatore attribuito all'insegnante, che guida e orienta l'apprendimento dello studente. L'impostazione tradizionale, e cioè trasmissiva e contemplativa, del processo di insegnamento è ormai obsoleta, considerata poco produttiva e soprattutto non più consona ad un contesto sociale come quello odierno che chiede al soggetto di riadattarsi continuamente ai cambiamenti in corso. Affinché l'individuo possa continuare ad apprendere anche in maniera autonoma dopo l'esperienza scolastica è importante che sviluppi quello che Bateson chiama deuterioapprendimento, ossia la capacità di formare abiti cognitivi che lo supportino nell'indagine e nella risoluzione di sempre nuove situazioni problematiche. In quest'ottica, il ruolo del docente cambia radicalmente, non più custode di informazioni preconfezionate da trasmettere ad alunni poco interessati e per niente coinvolti, bensì facilitatore dell'apprendimento degli stessi. Ciò non significa, attenzione, semplificare il processo conoscitivo, né impoverire i concetti disciplinari; anzi, vuol dire controllare e

⁶⁷ Vygotskij, raccolta di scritti, Il processo cognitivo, Bollati Boringhieri, 1987.

predisporre un ambiente formativo che permetta di interagire, sbagliare, analizzare, creare, chiedere aiuto, riorganizzare le proprie azioni, comprendere i propri errori⁶⁸. Ma cosa significa, esattamente, mediare? Il docente deve trasformare il sapere disciplinare e specialistico rendendolo accessibile agli alunni senza che risulti diminuito nella sua valenza conoscitiva, cioè deve proporre e immaginare delle situazioni in cui gli alunni possano mettere in campo le proprie conoscenze, competenze e abilità (ciò che Vygotskij chiamerebbe livello di sviluppo effettivo) e grazie alle quali, col supporto dell'adulto, ricostruire quel sapere disciplinare che si voleva mediare. Per Vygotskij il mediatore, ossia lo strumento, più utile che il docente può utilizzare nella pratica didattica è il linguaggio, senza il quale non si potrebbe né esprimere il proprio pensiero né arricchirlo né raggiungere un'interpretazione condivisa di un fenomeno. Ovviamente, l'uso di mediatori linguistici potrebbe non essere sufficiente in assenza di fenomeni su cui indagare o di materiali su cui agire, aspetti altrettanto necessari se si considera il pensiero di Dewey e il suo interesse verso una didattica laboratoriale basata sull'esperienza. Ecco perché, convenzionalmente, vengono individuati dagli studiosi odierni quattro diversi mediatori didattici: attivi, come esperimenti in cui il soggetto ha la possibilità di manipolare e toccare con mano la realtà che si vuole analizzare; iconici, come immagini, filmati, mappe, grafici; analogici, come drammatizzazioni e giochi di ruolo, simulazioni in cui si rappresenta un'esperienza reale; simbolici, considerati quelli più distanti dalla realtà e che permettono di generalizzare, di cui è un esempio la lezione frontale. Questi strumenti sono predisposti dal docente, e un loro utilizzo alternato a seconda delle necessità

⁶⁸0 A tal proposito è bene soffermarsi con più specificità sugli ultimi due processi: comprendere i propri errori e riorganizzare le proprie azioni. Uno studente che interagisce attivamente con gli altri e con il contesto diventa ben consapevole delle proprie competenze così come delle proprie limitazioni. La possibilità di rivalutare l'intero processo decisionale e di azione gli permette di individuare errori commessi, individuali o collettivi, e porvi rimedio. Questa particolare capacità viene indicata come 'metacognizione', e corrisponde all'abilità di pensare alle proprie competenze cognitive e di apprendimento e potenziarle.

contribuisce sicuramente allo sviluppo conoscitivo; eppure, quanto detto ancora non basta per potersi dire concluso il discorso relativo la mediazione. Secondo la teoria del costruttivismo sociale, l'apprendimento ha natura culturale, esso si determina non soltanto attraverso l'interazione tra docente-studente, bensì anche mediante la comunicazione studente-studente. Di conseguenza, anche i pari possono assumere il ruolo di facilitatori per la costruzione di conoscenza: il lavoro collaborativo e cooperativo⁶⁹ costituisce un'ottima occasione di confronto, modulazione e rielaborazione di significati; inoltre, per molti, l'interazione alimenterebbe anche le componenti affettivo-motivazionali degli studenti, i quali sarebbero stimolati all'apprendimento dal sentimento di appartenenza, di soddisfazione personale, di autostima, di autoconsapevolezza, di competenza. L'interesse verso ciò che si sta facendo gioca un ruolo fondamentale, e oltre le potenzialità della didattica collaborativa, è compito del docente proporre situazioni che stimolino la curiosità e la partecipazione degli studenti; non a caso già Dewey sosteneva la necessità di considerare centrali i bisogni, le esigenze e gli interessi dell'alunno suggerendo di proporre attività educative che si riallaccino alle loro esperienze pregresse e quotidiane.

In definitiva, attività accattivanti e concrete, che pongono gli studenti in condizione di analizzare da vicino una situazione problematica, agire su di essa e ricostruirne il significato implicito e non direttamente comprensibile attraverso la mediazione dei pari e il supporto del docente, sembrerebbero il fondamento di un percorso didattico efficiente. Quest'ultimo non solo garantirebbe l'acquisizione critica di concetti disciplinari e lo sviluppo di un metodo cognitivo sempre più evoluto, ma permetterebbe agli alunni di adoperare tutte le personali conoscenze e competenze (diverse per ogni soggetto e per

⁶⁹ Nel primo caso gli studenti lavorano insieme allo stesso compito, nel secondo, sebbene l'obiettivo sia comune, ognuno si dedica ad un'attività differente a seconda delle proprie capacità e attitudini.

questo preziose) e creare connessioni tra saperi, abbattendo le barriere delle discipline e scoprendo l'unitarietà e complessità del tutto⁷⁰.

3.6 Proposta didattica

I principi dell'attivismo e del costruttivismo, oltre che le riflessioni dei rispettivi esponenti principali, di cui abbiamo analizzato gli aspetti salienti, hanno costituito il punto di riferimento principale per l'elaborazione di un percorso didattico multidisciplinare incentrato sul colore. Sebbene questo tema non sia espressamente presente all'interno delle direttive ministeriali, la sua onnipresenza nella vita di tutti i giorni e al tempo stesso la sua complessità per niente scontata hanno fin da subito orientato la mia attenzione.

Già da piccoli utilizziamo il colore per conoscere il mondo ed esprimere emozioni; certo, nel corso del tempo il riferimento ad esso si fa meno esplicito ma non per questo inesistente, pensiamo ad eventi sociali come la nascita di un bambino e il matrimonio, o il codice della strada che fa del colore un punto di riferimento consistente, come nel caso del semaforo, o ancora la scelta del make-up per le signore, la ricerca di un luogo con determinate caratteristiche cromatiche nei momenti di bisogno e così via. Il colore ci accompagna, direttamente e indirettamente, per il corso della nostra vita, eppure difficilmente sappiamo individuarne le caratteristiche significative; spesso consideriamo colore il materiale colorato, ignorando, invece, che esso ha natura propriamente fisica.

⁷⁰ Argomento, questo, molto caro a Morin, che a tal proposito afferma: "La complessità si presenta con i lineamenti inquietanti dell'acozzaglia, dell'inestricabile, del disordine, dell'ambiguità, dell'incertezza.. Di qui la necessità, per la conoscenza, di mettere ordine nei fenomeni respingendo il disordine, di allontanare l'incerto, vale a dire di selezionare gli elementi di ordine e di certezza [...] ma simili operazioni, necessarie ai fini dell'intelligibilità, rischiano di rendere ciechi se si eliminano gli altri caratteri del *complexus*". Secondo lo studioso, parcellizzare il sapere elude dalla visione della complessità che, in quanto tale, non è mai definitiva né certa, questo il motivo per cui bisognerebbe educare a "pensare senza mai chiudere i concetti, spezzare le sfere chiuse, ristabilire le articolazioni fra ciò che è disgiunto, sforzarsi di comprendere la multidimensionalità, pensare con la singolarità, con la località, la temporalità, non dimenticare mai le totalità integratrici".

Guidare i bambini verso la scoperta sì ludica ma anche scientifica del fenomeno cromatico è il fondamento di tutte le attività proposte nel percorso didattico di riferimento. Queste ultime si strutturano tutte intorno ad esperienze laboratoriali e concrete, in cui un esperimento rappresenta lo stimolo adeguato per motivare l'interesse degli studenti e al tempo stesso analizzare il fenomeno: da esso si parte per costruire un'ipotesi, convalidarla, rimodularla, e non per confermare una definizione fornita loro a prescindere. Come sosteneva Dewey, per suscitare interesse e riflessioni, le attività devono collegarsi alle esperienze pregresse degli alunni. Infatti, le sperimentazioni in questione sono riproduzioni, per la maggior parte collettive, della realtà che i bambini conoscono e dalla quale sono affascinati: esperienze tangibili che si riallacciano al proprio vissuto e che danno loro la possibilità di potersi esprimere senza remore. Tra l'altro, nella maggior parte dei casi, gli alunni hanno costruito personalmente oggetti e materiali indispensabili per le sperimentazioni, e ciò ha contribuito senza dubbio al loro coinvolgimento seguente, garantendo una parziale concretizzazione del paradigma del *learning by doing*. La discussione successiva o contemporanea a qualsiasi esperimento e/o lavoro di gruppo si costituisce come un vero e proprio brain-storming, durante il quale domande-stimolo e spiegazioni parziali hanno supportato la costruzione teorica del concetto e condotto gli studenti in quella che Vygotskij chiama zona di sviluppo prossimale. Talvolta, alla discussione è seguita una trascrizione collettiva e dettagliata delle interpretazioni finali del fenomeno. La successione in cui le attività sono state pensate non è casuale: la precedente è propedeutica alla successiva e il tempo interposto tra le due serve allo studente per consolidare, approfondire o riprodurre quanto svolto in classe. Il numero totale degli incontri previsti ed effettuati è 14, ognuno dalla durata di due ore ad eccezione del primo. L'età media degli alunni coinvolti è di 8 anni, stiamo parlando, dunque, di una classe terza della scuola primaria.

3.7 Attuazione della proposta

Di seguito riporterò, per ogni incontro, la descrizione delle sperimentazioni svolte, delle relative intuizioni teoriche espresse dagli alunni e delle eventuali indicazioni che ho fornito a supporto del processo conoscitivo in atto. Prima di andare avanti credo sia necessario specificare che l'inizio del percorso è stato preceduto da un breve incontro conoscitivo, durante il quale ho chiesto alcune informazioni alla docente di classe (come, ad esempio, se ci fossero bambini daltonici) e presentato il progetto agli alunni, anche se in modo abbastanza vago poiché spinto dalla necessità di conoscere le loro aspettative. Alla domanda 'secondo voi cosa faremo insieme?', *lavoretti con le tempere* è stata, tra le risposte, quella più frequente; in linea di massima gli alunni hanno associato il tema del colore ad una disciplina ben precisa: arte ed immagine, oltre la quale non hanno saputo individuare probabili connessioni con l'argomento di riferimento. Non ho ritenuto doveroso correggere le risposte fornitemi o aggiungerne personalmente delle altre: se è vero che si conosce realmente solo quando ci si rapporta con l'esperienza, sarebbe stata quella a parlare.

Primo incontro

Questa è stata l'unica lezione ad avere avuto una durata maggiore rispetto le altre, e cioè tre ore, la prima delle quali destinata ad un gioco a squadre. Quest'ultimo è servito a favorire un primo approccio all'argomento determinando una riflessione collettiva rispetto a ciò che siamo in grado di vedere grazie ai riferimenti cromatici.

Dopo aver raggruppato tutti i banchi da una parte dell'aula, ho disposto gli alunni in circle-time e mostrato loro due stampe uguali raffiguranti scene complesse, una in bianco e nero e l'altra a colori.



Figura 43 La versione a colori della stampa mostrata ai bambini.

Alla visione dei due disegni, i bambini hanno tutti assunto un'espressione di sorpresa e incredulità, mettendo per un attimo la curiosità da parte. Molti di loro, infatti, faticavano a comprendere cosa ci fosse realmente rappresentato sulle due stampe e qualcuno, ad un certo punto, ha esclamato: "ho già mal di testa!". Senza dare loro la possibilità di osservare i disegni dettagliatamente, ho diviso la classe in due gruppi e chiesto se ci fossero due bambini volontari che partecipassero in linea diretta al gioco in questione e che facessero da 'capitani' del gruppo. Dopo averli individuati, ho consegnato loro una delle due stampe e li ho posizionati al centro esatto del cerchio, uno di fronte all'altro cosicché nessuno dei due potesse sbirciare il disegno del compagno. Alle spalle dei due bambini coinvolti si sono poi sistemati i rispettivi gruppi di appartenenza. Il compito, per ogni gruppo, era quello di trovare Wally, un personaggio ambiguo dalla figura esile e dalla capigliatura spettinata, seguendo le indicazioni vocali di un compagno, precedentemente scelto e l'unico a disporre del disegno di Wally e a saperne esattamente le caratteristiche fisiche.



Figura 44 Wally.

Immediatamente i bambini hanno riconosciuto lo svantaggio attribuito al gruppo con la stampa in bianco e nero, poiché le indicazioni date dall'alunno incaricato erano troppo vaghe e generiche per riuscire ad individuare il personaggio.

Bambino che fornisce le informazioni: Ha un bastone e il borsello..

Che tipo di borsello?

Ma come facciamo a vedere il bastone??

Bambino che fornisce le informazioni: ha una bocca sorridente..

Ma che indizi sono?! (risate)

Si può sapere se è maschio o femmina?

Bambino che fornisce le informazioni: è un uomo ed ha gli occhiali.

Ma per caso sta alzando la mano?

Come sono gli occhiali?!

Bambino che fornisce le informazioni: ha la maglietta a strisce, bianche e rosse, e ha il jeans blu.

Eeeee, come facciamo noi?! (dicono i bambini cui è stato assegnato il disegno in bianco e nero)

A noi sono bianche e grigie!!

Questi indizi non ci aiutano..

Così uno è difficile e uno è facile..



Figura 45 I due gruppi intenti a cercare Wally.

Per pura casualità, il gruppo ad individuare per primo Wally è stato proprio quello cui era stata data la stampa in bianco e nero; nonostante ciò, i bambini si sono detti d'accordo sulla maggiore difficoltà del compito per chi non avesse riferimenti cromatici individuabili, riconoscendo che anche se ci fossero stati solo due personaggi identici ma con il colore della t-shirt diversa, con un disegno acromatico non avrebbero mai saputo indicare quale dei due fosse il personaggio cercato. Inoltre, quando hanno potuto osservare la versione cromatica del disegno, gli alunni del gruppo vincente hanno affermato di riuscire, con i colori, a vedere molte più cose rispetto a quanto non avessero fatto con la stampa assegnata loro.

Con i colori riusciamo a vedere più cose..

Soprattutto quelle più piccole!

Come le torte?

Esatto, sì.. come le torte!!

Io il toro non l'avevo proprio visto..

Senza preavviso, la riflessione postuma al gioco ha portato ad una rivalutazione completa del colore e della sua importanza nella nostra vita. I bambini hanno provato ad immaginare di vivere in un mondo in bianco e nero, ma solo alcuni di loro l'hanno definita un'esperienza da voler fare, la maggior parte ha descritto un mondo acromatico come 'deprimente', 'triste', 'impossibile da vivere', 'che non ci fa scegliere il colore delle scarpe', 'sempre uguale'. Solo a questo punto ho deciso di intervenire, cercando di condurre i bambini verso il riconoscimento del significato sociale dei colori.

Sono d'accordo, secondo me i colori sono davvero importanti nella nostra vita.. riuscite a pensare ad alcune situazioni in cui si usano colori per comunicare qualcosa?

Il Natale.. è tutto rosso

..anche bianco!

Sì..

Quando siamo in macchina con i nostri genitori e ci fermiamo al semaforo..

Giallo, verde e rossoooo

Con il verde possiamo passare!

E perché si usano proprio questi colori?

Il giallo dice che dobbiamo andare piano. Come quando c'è il Sole, noi non vediamo niente perché ci abbaglia quindi dobbiamo andare piano!

Il rosso significa stop.

Il rosso indica rabbia..

Anche un pericolo!

Sangue..

Ci dice che se ci sono tante macchine si può fare un incidente.

C'è un elemento della natura di colore rosso che vi ricorda il pericolo?

Il fuoco!!

La lava.

La brace..

Quindi il rosso ci ricorda il fuoco, la lava, noi lo associamo al pericolo, ecco perché è stato scelto per dire: attenzione, pericolo!

Anche i tori quando vedono il rosso si arrabbiano e diventano pericolosi..

In Spagna fanno il torero!

E se io vi dicessi che non è vero che i tori vedono il rosso?

Eh?²

Non ci credo! Non ci posso mai credere!

Perché il torero usa proprio il mantello rosso?

Perché si arrabbia!

Chi?

Il torooo!

Ma il toro non lo vede il rosso, vede in bianco e nero.

Si ma il rosso indica pericolo lo stesso.

Forse indica pericolo per il torero!

Il toro allora si arrabbia sempre anche se il mantello non è rosso?²

Esatto. Il toro si arrabbierebbe in qualsiasi caso, anche se utilizzassimo un mantello blu.

Viene usato il rosso perché ci ricorda la rabbia, il fuoco, il pericolo.. per gli spettatori è più entusiasmante vedere il toro arrabbiarsi di fronte al mantello rosso, ha più senso.

Si arrabbia perché il torero ha l'aria di sfida, non perché il mantello è rosso.

Forse anche perché il torero sbatte il mantello?²

È l'azione che lo fa arrabbiare.

A questo punto decido di riportare l'attenzione sul discorso iniziale, utilizzando proprio una domanda stimolo.

E invece, secondo voi, perché si utilizza il colore verde nel semaforo per farci passare?²

Se penso al verde a me vengono in mente le foglie!!

L'erba!

Tipo libertà..

Il bosco.

Il verde significa sicurezza.

Il verde è il colore della natura, e nella natura siamo liberi, possiamo fare quello che vogliamo.

Noi nella natura ci sentiamo sereni, ecco perché viene scelto il colore verde al semaforo. Siamo sicuri di poter passare perché tanto non ci succede nulla!

Il discorso si è prolungato più di quanto previsto; oltre ad individuare ulteriori esempi dell'utilizzo sociale dei colori, quale quelli attribuiti al sesso di un bambino alla nascita, ne abbiamo determinato l'indispensabilità per alcuni esseri viventi, come ad esempio per il camaleonte, che si mimetizza per rendersi invisibile e proteggere la propria vita. Per di più, ho chiesto loro se ricordassero dei colori che appartengono ad una categoria diversa da quelli scelti dall'uomo e tutti hanno convenuto sull'esistenza di colori che ci ritroviamo per genetica, come quello dei nostri occhi o della nostra pelle. A tal proposito, abbiamo individuato la giustificazione alle tonalità scure degli africani nella provenienza geografica così come il luogo in cui si abita determina il pallore delle popolazioni asiatiche; ho spiegato loro che in entrambi i casi il colore della pelle è determinato dalla presenza, eccessiva o meno, della melanina, che nel primo caso protegge l'uomo dai raggi troppo caldi del Sole e nel secondo ne garantisce il maggior assorbimento possibile. In seguito la digressione inaspettata del discorso, ho concesso loro una piccola pausa, durante la quale ho recuperato e posizionato nuovo materiale sul pavimento, in attesa che i bambini si disponessero nuovamente in circle-time. Questi, però, non appena si sono accorti dei filtri colorati hanno iniziato a prenderne alcuni ed esaminarli, chiedendomi con insistenza a cosa servissero. Ho lasciato che giocassero da soli, e con sorpresa, quasi subito li hanno accostati ai propri occhi per guardare la realtà circostante diventare monocromatica. Quando finalmente hanno ripreso posto, prima di indagare la capacità della materia di assorbire una certa quantità di colori e rimetterne altri, a turno ho ascoltato le loro prime impressioni riguardo i materiali messi a disposizione.



Figura 46 Gli alunni alle prese con i filtri colorati.

*Con questo io vedo tutto rosso..
Io tutto verde!!
Io giallo.
Io tutto arancione!
È come indossare occhiali da sole.
A me è trasparente, vedo tutto uguale!*

Una volta ascoltati i pareri di tutti, ho fornito loro un mosaico di tessere colorate suggerendo di sovrapporre a turno i filtri che avevano a disposizione e osservare la variazione cromatica delle tessere stesse. Senza indugio i bambini hanno individuato ciò che, a seconda del filtro, restava invariato.

Con un filtro arancione:

*I colori sembrano tutti un po' più arancioni!
L'azzurro cambia.. diventa nero!
Il rosso diventa arancione..
Anche il giallo!!
L'arancione diventa più scuro.
Sì, ma è sempre arancione!*

L'attività di sovrapposizione e osservazione è stata riproposta con più filtri colorati, come verde e rosso, prima di arrivare al filtro blu. A questo punto non ho semplicemente lasciato che gli alunni coprissero il mosaico con il filtro e ne osservassero la variazione dei

colori, ho ritenuto fosse giunto il momento di provare a prevedere come le tinte sarebbero cambiate.

*Tutti i colori diventeranno un po' più blu tranne il blu perché è già blu!
Maestra anche se mettiamo il filtro blu sul grembiule.. il colore del grembiule non cambia.*



Figura 47 L'alunna prova concretamente quanto affermato.

La conversazione è continuata per lunghi tempi, ogni alunno ha voluto fornire un esempio relativo l'uguaglianza del colore di un oggetto e del filtro e, di conseguenza, della necessità di utilizzare un determinato filtro affinché il colore di un materiale non variasse. L'attenzione si è poi spostata sulle altre tonalità: in nessuna occasione i colori diversi da quelli del filtro restavano ugualmente percepibili se li si guardava attraverso il filtro stesso. Inconsapevolmente, i bambini erano già giunti ad una conclusione, la quale necessitava soltanto di essere meglio descritta. Prima di ciò, ho messo da parte tutti i filtri ad eccezione di quelli blu e rossi e ho consegnato loro un foglietto e dei pennarelli dello stesso colore dei filtri rimasti, chiedendogli di scrivere un messaggio in codice scegliendo un colore per scrivere il messaggio e un altro per coprirlo.



Figura 48 Un esempio dei messaggi in codice realizzati dagli alunni.

Nel momento esatto della sovrapposizione dei filtri ai messaggi criptati, sebbene avessero già previsto cosa sarebbe accaduto, l'emozione ha preso allo stesso modo il sopravvento.

Uaaaa

Che bello!!

Quando questo (il pennarello) è blu e uso il filtro blu non si vede nienteeeee!

Anche con il rosso, io ho scritto il messaggio con il rosso e succede la stessa cosa..

Sono tutti e due rossi (filtro e lettere) perciò non le vediamo (le lettere rosse)!

E cosa succede all'altro colore? Se usiamo il filtro rosso, quello che abbiamo scritto in blu cambia?

Si diventa nero!

Cambia, non è più blu però non è nemmeno rosso e lo possiamo vedere.

A tale proposito, ho utilizzato una metafora per condurre i bambini verso la comprensione del fenomeno. Il filtro rappresenta, in quest'ottica, una lastra attraverso la quale solo un colore passa senza essere modificato, mentre tutti gli altri vengono modificati, e cioè assorbiti. I bambini sono stati rapidi nell'individuazione dell'unico colore che attraversa il filtro senza cambiare: "il colore del filtro!", "lo stesso colore del filtro, se è rosso è il rosso che resta uguale!". Nel momento in cui ho chiesto loro il motivo per cui un filtro è proprio di quel colore, gli alunni hanno saputo trovare una risposta chiara e riassuntiva: "perché fa passare solo quel colore, tutti gli altri li assorbe". Ovviamente questo è un discorso molto vario, e i filtri utilizzati non erano opachi, quindi ne permettevano la visione attraverso e l'osservazione concreta della modificazione

(assorbimento) degli altri colori. Quando ho mostrato loro piccole mattonelle colorate, senza nemmeno provare a portarle davanti agli occhi, gli alunni ne hanno individuato l'impossibilità di guardare attraverso. Questo, però, non cambiava le cose e i bambini erano molto convinti nell'affermare che il principio che ne determinava il colore era sempre lo stesso.

Maestra se prendiamo questi due filtri (grigi) e li mettiamo così (li sovrappone) diventano più scuri.

E attraverso questi due filtri sovrapposti, riesci ancora a vedere attraverso?

Non molto..

Maestra io prima ho messo uno sopra all'altro due filtri blu.. anche se non riuscivo a guardare dentro erano sempre blu.

Secondo incontro

A distanza di circa due settimane dalla prima, si è svolta la seconda lezione, tutta concentrata sulla natura del colore. Sebbene avessimo scoperto come il colore di un oggetto dipendesse dalla capacità dell'oggetto stesso di assorbirne degli altri, i bambini non erano ancora in grado di rispondere ad una domanda apparentemente semplice: cos'è il colore? Quando avevamo affermato che esso 'attraversava' il filtro non stavamo descrivendo o conoscendo il colore, piuttosto la spiegazione del perché un oggetto è colorato. Servendomi di materiali ben precisi, che elencherò a poco a poco in modo congruo a come sono stati presentati agli alunni, gli studenti avrebbero osservato la scomposizione della luce bianca e la formazione dell'arcobaleno, comprendendo la natura di raggio luminoso del colore.

I primi oggetti ad essere distribuiti sono stati un reticolo di diffrazione e un cd. Mentre dell'utilizzo di quest'ultimo i bambini hanno da subito compreso il fine ultimo, infatti lo puntavano verso i raggi solari provenienti dalla finestra e ne osservavano il riflesso sulla parete, o ancora individuavano il fascio multicolore generato sulla sua superficie; l'uso del

reticolo di diffrazione ha destato inizialmente delle perplessità. Esso veniva piegato, toccato, molti ancor prima di provare a guardarci attraverso erano affascinati dal suono prodotto dallo sfregamento delle unghie sul reticolo stesso. Solo in seguito a delle mie indicazioni, ‘provate a puntarlo contro la finestra o contro il led sul soffitto e a guardarci dentro’, hanno iniziato a usarlo secondo il suo scopo.



Figura 49 L'osservazione attraverso il reticolo di diffrazione.

*Uaaa che bello!
Tutti i coloriii ..
Ma come si chiama?!
Dove si compra? Lo voglio comprare!
Maestra ma dentro ci sono le righe!*

Dopo aver permesso a tutti di osservare la formazione dei colori attraverso il cd e il reticolo, ho ascoltato le loro domande e soddisfatto le loro curiosità riferendo il nome di quest'ultimo. Cogliendo l'occasione al volo, ho chiesto loro se sapessero il significato della parola 'diffrazione', e prontamente mi hanno risposto con un secco: "no!". Decisa a scoprirlo insieme, ho raccolto le loro opinioni rispetto a quanto osservato e le differenze che avevano individuato tra i due oggetti utilizzati.

Si vede l'arcobaleno!!

Si, però la differenza con quell'altro è che il CD è liscio.

Infatti, non ci sono le righe!!!

A cosa servono i CD?

Guardare un film..

Ascoltare la musica!!

Le canzoni!

I videogame!

E come si fa a mettere la musica, un film su un CD?

Si mettono nel computer..

Con una penna?!

Sono registrati tutti i dati sulla parte grigia! Qui dentro ci sono i dati!!!

Maestra io già lo so perché un mio amico e suo padre li fanno, vengono messi con una macchina..

Maestra se lo alzi si vede tutto l'arcobaleno, se lo abbassi (mima con le mani il gesto) si vede di meno.

Se lo abbassi la luce non arriva.

Stabilito ciò che i bambini hanno potuto osservare con il reticolo e il cd, e che entrambi abbiano fori o righe che rendono la superficie ruvida (sebbene quelli del cd siano poco percettibili), abbiamo cercato di individuare gli elementi indispensabili affinché si osservasse l'arcobaleno. Inizialmente gli alunni hanno indicato l'acqua come uno di questi elementi, associando il fenomeno a ciò che più comunemente riconoscono come 'arcobaleno'. Quando ho chiesto loro se l'acqua fosse presente nell'esperienza fatta, hanno immediatamente corretto le loro risposte.

Sono il CD e il..

Reticolo o lente di diffrazione.

.. a creare l'arcobaleno!

E cos'hanno in comune?

I buchini!

I fori..

Sono i buchini a creare l'arcobaleno!

È il riflesso della luce che colpisce i buchi e fa creare l'arcobaleno.

Di che riflesso parli?

Il riflesso sul CD della luce del sole!

Si, perché quando li puntiamo alla luce vediamo i colori!

Le prime intuizioni rispetto il legame tra luce solare o del led e l'arcobaleno hanno reso più semplice la comprensione del termine 'diffrazione', il cui significato è stato inizialmente un po' tentato, e successivamente condiviso: divisione, in questo caso, della luce bianca. Divisione che, per altro, avviene anche attraverso l'utilizzo di altri 'mezzi'. Prima ancora di dare la possibilità a tutti di osservare concretamente quelli successivi, alla sola visione dei flaconcini classici per le bolle di sapone, alcuni bambini hanno anticipato la relazione di queste con quanto visto in precedenza.

Le bolle sono come tutte le cose che ci hai fatto vedere, perché dentro si vede l'arcobaleno!

Si perché c'è la schiuma!!

Non è vero, sono trasparenti..

A tal proposito, c'è un dettaglio che voglio precisare. Più della maggioranza degli studenti presenti in classe si è mostrata d'accordo con l'ultima affermazione: le bolle sono trasparenti. Ho ritenuto opportuno comprendere a fondo cosa intendessero per 'trasparenti': che permettono a chi le osserva di guardarvi attraverso o che sono acromatiche? Tutti mi hanno risposto che non ricordavano particolari colori sulla superficie delle bolle, scontrandosi, ovviamente, con i pochi che sostenevano il contrario. Questo è un classico esempio di come, mediante l'esperienza diretta e l'attenzione a nuovi particolari, sia possibile rivalutare le proprie convinzioni e correggerle.

A gruppi di quattro, tutti i bambini hanno creato bolle di sapone: chi non era momentaneamente impegnato nella loro produzione le osservava attentamente. Abbiamo faticato nello scegliere il luogo più opportuno affinché si potesse verificare, se quello che sostenevano in pochi era vero, la formazione dell'arcobaleno sulla patina saponosa: se per dividere la luce abbiamo bisogno di un mezzo e della luce stessa, allora dovevamo fare in modo che questi s'incontrassero. Lo spazio anteriore alle finestre ci è sembrato, infine,

quello più consono; era lì che si concentrava la maggior parte della luce solare proveniente dall'esterno.



Figura 50 I bambini intenti nella produzione di bolle di sapone.

Uaaaaaaaaa
Scintillano!
Quanti colori!!!!!!
Si vedono tutti i colori!
Avevo ragione io!
Io non ci avevo mai fatto caso!!

Terminato con le bolle e approfittando dei raggi solari perfettamente visibili all'interno dell'aula, ho subito coinvolto un bambino in un successivo esperimento. Egli doveva fare in modo che la luce del Sole colpisse uno specchietto immerso in un contenitore d'acqua e che questo ne riflettesse la componente luminosa sul soffitto. Inizialmente non è stato semplice e in suo aiuto sono accorsi anche alcuni dei suoi compagni, i quali però, tentando di ottenere il risultato sperato, riscontravano le medesime difficoltà. Riuscire a convogliare i raggi solari sul soffitto richiede la capacità di prevederne la direzione, capacità che si acquisisce solo quando si capisce che il raggio riflesso dallo specchietto è il simmetrico di quello incidente e che l'asse di simmetria è perpendicolare alla superficie speculare e passa per il punto in cui la luce colpisce quest'ultima. Sebbene

apparentemente complesso, questo è un fenomeno molto più semplice e comune di quanto si creda; pensiamo, ad esempio, al movimento delle palle da biliardo quando colpiscono il bordo del tavolo da gioco. Una volta compresa questa relazione, è molto più semplice prevedere la direzione che la pallina, o, in questo caso il raggio luminoso, prenderà.

Dopo una serie di tentativi, un alunno è riuscito nel compito e immediatamente sul soffitto si è materializza la luce rifratta e riflessa.



Figura 51 L'esperimento eseguito.

Non ci credoooo!

Eccolo, eccolo!!!

Brian stai fermo, se ti muovi si muove il riflesso!!

Si vede un sacco, guarda il viola!!!

Solo dopo che tutti avevano ammirato l'effetto generato dalla combinazione di acqua e specchietto, ho chiesto al bambino di togliere il secondo dal contenitore e, dopo averlo asciugato per bene, puntarlo verso la luce proveniente dalla finestra in modo tale da ottenerne nuovamente il riflesso sul soffitto.

L'arcobaleno non si forma più perché non c'è l'acqua!!

Ci vuole l'acqua!!!

Come avevano già dimostrato i primi tentativi di spiegazione della formazione di luci colorate con il reticolo e il cd, l'acqua è il mezzo più comunemente associato alla formazione del fenomeno cromatico; per questo, non è stato complicato individuarne la necessità per riprodurre nuovamente la macchia arcobaleno sui muri dell'aula e l'indispensabilità dello specchietto per controllare la direzione dei raggi luminosi.

L'ultima esperienza cromatica della lezione è stata quella scientifica per eccellenza, ossia la riproduzione dell'esperimento cruciale effettuato da Newton, per il quale sono serviti un prisma ottico triangolare e una torcia. Prima di procedere con la sperimentazione, ho detto loro che quello che stavamo per fare era stato un esperimento fondamentale per la storia e per la scienza, ed era stato eseguito da un signore di nome Newton, di cui qualcuno ha rivelato 'è uno scienziato', qualun altro 'è morto'.



Figura 52 La scomposizione della luce bianca attraverso il prisma. Tengo a precisare che la foto è stata scattata in condizioni di poca luce e da un telefono cellulare.

Sta sul bancoooo!

Quant'è bello sto fatto!

Sarebbe bello se ci fosse un vero arcobaleno..

Ma questo è vero!!!!

Infatti, non lo vedi?

Sta sopra la mia mano!!!

In questa stanza ci sono lampade colorate?

No..

C'è solo la luce bianca della torcia!

Maestra è l'effetto della luce sul vetro.

I colori che vedete fanno parte dello 'spettro visibile', cioè sono tutti i colori che noi possiamo percepire.

Tranne il nero..

Ricordate i filtri dell'altra volta? Cosa succederebbe se guardassimo attraverso un filtro nero?

Tutto nero, nessun colore!

Vediamo tutto nero.

Esatto, tutti i colori venivano modificati dal filtro, oppure? Come avevamo detto?

Assorbiti?!

Assorbiti..

Quando un oggetto è nero è perché non lascia passare nessun colore, li assorbe tutti. Il nero si genera solo quando non ci sono i colori, infatti di notte è sempre tutto nero.

Ricordo che questa piccola precisazione, in quell'istante, mi ha fatto pensare a cosa avrei potuto fare se avessi avuto a disposizione i filtri utilizzati durante la lezione precedente: quando si interpone un filtro blu, ad esempio, tra la parete su cui riflette l'arcobaleno e il prisma, l'unico colore visibile sulla parete stessa è il blu. Un'attività del genere avrebbe garantito ai bambini un'osservazione concreta della scomparsa (assorbimento) di tutti gli altri colori che colpiscono il filtro ad eccezione della radiazione cromatica riemessa; mentre, utilizzando un filtro nero, nessun colore si sarebbe proiettato sulla parete.

Il confronto con il nero, però, mi è servito per analizzare ciò che già dall'inizio è stato il centro tematico della lezione: il bianco.

Maestra se io metto la mano qua (appoggia la mano tra la torcia e il prisma, ostacolando il percorso della luce) non si vede più l'arcobaleno!

Perché copri la luce, e se la luce non va sul prisma non può fare l'arcobaleno!

Ma allora la luce bianca cos'è?

È un multicolor!!

No!! È bianca, come fa ad essere multicolor?!

Ma a contatto con il vetro del prisma forma l'arcobaleno e lei scompare.

È l'insieme di tutti i colori, cioè come quando c'è la pioggia, l'acqua stacca il bianco, divide il bianco.. e si fanno tutti i colori dell'arcobaleno..

Rispetto quest'ultima osservazione non tutti sono stati d'accordo poiché molti asserivano che il Sole fosse giallo e, conseguentemente, la sua luce non poteva essere bianca. Sul momento mi sono limitata ad assicurare loro che, al pari della luce della torcia, anche quella proveniente dal Sole è bianca, perché altrimenti tutto il mondo ci apparirebbe come se lo osservassimo attraverso un filtro giallo. Sul momento, questa semplice annotazione è sembrata bastare a far crollare quelle che fino a poco tempo prima erano certezze, ma, indipendentemente da quanto fossero convinti della cosa, ho detto loro che nelle seguenti lezioni avremmo affrontato in modo migliore l'argomento e che, per questo, non dovevano dimenticarsene.

L'incontro si è concluso con la prova di quanto sostenuto dai bambini. Alla visione del cerchio di Newton⁷¹ tutti hanno mostrato incertezza, faticando a comprendere il suo meccanismo e soprattutto la sua utilità nel validare l'interpretazione condivisa della luce bianca. Dopo un'attenta analisi delle tinte presenti su di esso e del supporto in cui era inserito, qualcuno ne ha suggerito correttamente il funzionamento.

Maestra ma sono i colori dell'arcobaleno!!

I colori dello spettro visibile. Secondo voi come funziona?

Se lo metti vicino alla luce..

Cosa doveva dimostrare Newton con questo esperimento?

Che il bianco è tutti i colori!

Che la luce bianca è un contenitore di tutti i colori!

Tutti i colori dell'arcobaleno formano il bianco..

Bravissimi, noi prima avevamo la luce bianca, e dalla luce bianca abbiamo creato l'arcobaleno. Ora abbiamo i colori dell'arcobaleno, cosa dobbiamo creare?

Biancooo!

La devi girare..

Esatto. Guardate i colori sul CD mentre lo faccio girare.

È diventato bianco!!

È tutto biancoooo!

⁷¹ Creato con un dischetto inserito in un pastello alla cui estremità è stata infilata una pallina di pongo per evitare che il cd, durante la rotazione, sfuggisse dalla matita. Sulla superficie del disco è stato attaccato un cartoncino, diviso successivamente in settori circolari asimmetrici rappresentanti ognuno un colore dello spettro visibile.

Eccoloo!

Al termine dell'esperimento ho chiesto ai bambini cosa fosse, allora, il colore. Dopo un'iniziale tentennamento, hanno fornito le seguenti risposte: 'luce', 'le parti della luce bianca', 'un raggio di luce'.

Terzo incontro

Durante la programmazione del percorso in questione avevo già previsto ci dovesse essere un intervento tutto concentrato sull'analisi dei colori che ci circondano (il cielo, il Sole, il mare), ma i dubbi nati nel corso dell'ultimo incontro rispetto il colore dei raggi solari hanno reso questa lezione ancora più sensata e necessaria. I motivi per definirla tale sono plurimi, ma, sicuramente, tre sono quelli più rilevanti: il suo legame evidente con l'esperienza quotidiana, vissuta troppo spesso passivamente e della quale accettiamo i fenomeni senza mai interrogarci realmente su ciò che li determina; il suo tentativo di condurre, dunque, verso una visione critica del mondo; infine, la sua ambizione di assicurare una riscoperta della bellezza dei fenomeni analizzati attraverso la conoscenza.

Prima di introdurre l'attività prevista, ho domandato agli alunni se qualcuno tra loro avesse potuto descrivere l'esperienza fatta la settimana precedente ai bambini che erano stati assenti. La disponibilità in tal senso non è mancata e tutti, chi più chi meno, hanno saputo riferire con precisione ed entusiasmo di quanto sia stato bello scomporre la luce bianca e creare l'arcobaleno. Tra l'altro, la ripetizione si è rivelata un ottimo trampolino di lancio per l'argomento del giorno, poiché a proposito dell'associazione tra la luce solare e il bianco ho ricordato loro che qualcuno aveva mostrato perplessità.

Nel frattempo avevo predisposto i bambini tutti intorno un grande tavolo lungo ottenuto dall'avvicinamento di più banchi singoli e recuperato il materiale che ci sarebbe servito:

un recipiente trasparente rettangolare riempito con dell'acqua; latte in polvere e una torcia bianca. Alla sola visione di questi oggetti, gli alunni si sono mostrati già convinti di sapere cosa sarebbe successo e non hanno aspettato l'inizio dell'attività per esprimere le loro ipotesi.

Mettiamo l'acqua e il latte dentro, poi tu mischi e esce fuori il colore.

Dobbiamo mischiare il latte e l'acqua e si forma un buco di liquido..

Secondo me si forma un colore.

Secondo me esce il giallo..

Avendo ascoltato le ipotesi iniziali dei bambini, che avevano affermato di aspettarsi cambiamenti cromatici nel colore dell'acqua solo quando ad essa sarebbe stato aggiunto il latte; mi sono stupita della meraviglia mista a delusione che, invece, ha dipinto i loro volti nel constatare che, effettivamente, non era successo nulla degno di nota dopo che la torcia era stata accesa e la sua luce fatta passare attraverso il recipiente colmo d'acqua.



Figura 53 La fase iniziale dell'esperimento.

Si vede uguale, è bianca!

È limpida..

Ma chi l'ha detto che questa luce diventa gialla? Io non la vedo gialla!

Si vede uguale, è bianca!

Convinti della svolta cromatica che il liquido avrebbe preso una volta inserita la giusta quantità di latte, hanno atteso in silenzio quasi religioso che procedessi con l'esperimento, bisognosi di sapere cosa sarebbe successo. Una volta terminato con i preparativi ho

avvicinato nuovamente la torcia al recipiente e l'ho accesa. I bambini hanno immediatamente riacquisito il sorriso.



Figura 54 Il recipiente visto lateralmente.

Siiiiiii

Secondo me è troppo poco il latte.

Ma io come vedo?!

Il celeste!

Dove sta il celeste?²

Ma vedono solo loro!

Poiché il recipiente poteva essere visto secondo quattro prospettive differenti, ho chiesto ai bambini che condividevano la visuale laterale (quella in foto) di descrivere quanto osservato. Generalmente chi si trovava in prossimità della torcia non riusciva ad individuare le sfumature gialle che, invece, ha indicato chi sedeva più lontano dalla stessa. Contemporaneamente, chi poteva osservare il recipiente dal lato colpito dalla luce bianca una volta che ha attraversato l'acqua, ha affermato di non riuscire a vedere nessuna sfumatura celeste, bensì soltanto arancione.



Figura 55 Il recipiente visto frontalmente.

Vicino la torcia l'acqua è azzurra, però perché c'è il latte, se non c'era non succedeva.

Ah il latte!

L'acqua la fa diventare arancione..

All'inizio è più celeste perché la torcia è più vicina.

Quindi è l'acqua che fa diventare arancione la luce?

No, il latte!

Il latte nell'acqua!

E i colori ottenuti cosa vi ricordano?

Una piscina di notte..

L'azzurro.. mh..

Il Sole e il cielo.

Rivelata l'analogia, non ci restava che stabilire il legame tra la torcia e il Sole, tra l'acqua e l'atmosfera e tra il latte e le particelle di gas. Ipotizzando la complessità del tema trattato, ho fin da subito cercato di supportare gli alunni nel ragionamento parallelo, ma questi, ancora una volta, si sono dimostrati osservatori esperti dalle intuizioni geniali.

Noi stiamo paragonando la luce del Sole alla luce della torcia, mentre la luce della torcia attraversa l'acqua in cui ci sono piccole particelle di latte, il Sole..

La luce del Sole attraversa l'aria!

E l'aria da cosa è composta?

Ossigeno..

Mhh..

Azoto, anidride carbonica, insomma tanti gas.

Che non si possono vedere a occhio nudo.

Esatto. In questo esperimento, i colori blu e giallo, secondo voi, da dove provengono?

Dal latte.

Dalla torcia! se spegni la torcia non si vedono!!

A questo punto ho suggerito all'alunna di provare a spegnere la torcia e vedere realmente cosa sarebbe accaduto al colore dell'acqua. Costatata la validità dell'intuizione, abbiamo riacceso la torcia e continuato il nostro lavoro interpretativo.

La luce bianca proietta il blu e la luce gialla perché c'è il latte.

La luce gialla e la luce blu vengono dal bianco della torcia.

Questa è un'affermazione giusta, perché noi abbiamo dimostrato che il bianco è l'insieme..?

Di tutti i colori!

Ma allora perché non riflettono tutti i colori e solo blu e arancione?

Il Sole quando è acceso emette luce come la torcia.
Il Sole si spegne quando di notte la Luna ci passa avanti e forma l'eclissi.
Non è che si spegne, di notte va dall'altra parte della Terra!
Si fa il giro del mondo.
Il Sole fa luce perché è infuocato..
Maestra ma allora se qualcuno va sul Sole si accende i piedi?
Eh direi proprio di sì. Il Sole ci appare giallo..
Però è bianco.
E perché ci appare giallo?
Perché è lontano.
La luce del Sole attraversa tutto il mondo e in tutto il mondo abbiamo detto che c'è l'acqua..
No, nel mondo c'è l'aria!!
La luce attraversa l'aria e nell'aria ci stanno i gas.
Qua colpisce il latte..
È colpa del latte se si dividono i colori.
Come nell'atmosfera ci sono piccole particelle di gas, in questo recipiente quali particelle abbiamo?
L'acqua..
Latte..
PARTICELLE DI LATTE!!
L'ho detto prima io!
Quando la luce bianca della torcia incontra le particelle di latte, viene..
Divisa.
Scomposta!
Divisa in giallo e blu.
E secondo voi è la stessa cosa che avviene con il Sole e l'atmosfera?
No?
Più o meno.
Ciò che cambia è che qui abbiamo acqua e latte, e lì aria e gas, ma anche in quel caso la luce del Sole..
Colpisce l'aria, i gas!
Qua colpisce il latte, nell'aria i gas.
Li colpisce e si divide in celeste e giallo.
I colori blu, azzurro, quando colpiscono i gas dell'atmosfera vengono allontanati, come se prendessero un percorso diverso. (mi aiuto con i gesti)
Come un treno!
.. quindi tutto il cielo prende il colore del blu, quali sono i colori che restano sul proprio percorso?
Verde, rosso..
Giallo..
L'insieme dei colori che restano..

È giallo!

Perciò è giallo, il Sole!!

Bravissimi! Questo fenomeno si chiama diffusione.

Diffusione?²

Quindi il Sole ci appare giallo perché il blu viene allontanato, cambia percorso..

La luce del Sole è bianca, e nel cielo incrocia i gas e quindi si diffonde in tutto il cielo il celeste!

Nonostante avessimo compreso il processo alla base delle tinte del cielo e del Sole, era rimasto ancora un elemento da analizzare: il mare. Quando ho chiesto agli alunni il motivo del colore delle grandi distese marine, la maggior parte ne ha evidenziato la capacità riflettente, considerata responsabile delle relative sfumature cromatiche. In seguito ho mostrato loro un documentario sull'esperienza fatta da James Cameron nel 2012: egli si immerse con l'obiettivo di toccare il fondo della fossa delle Marianne e filmò l'intera impresa. Prima della visione del breve video, ho raccomandato loro di prestare attenzione alla variazione dei colori con la progressiva discesa dell'esploratore.

Ma è vero?²

Ma le profondità marine sono uno spettacolo.

Diventa sempre più scuro!!

C'è più luce sopra, sotto non ci arriva più.

Mentre ascoltavo le loro impressioni, ho recuperato un grafico che avevo realizzato sulla base delle informazioni raccolte rispetto le componenti cromatiche presenti ad ogni profondità, e l'ho posizionato al centro esatto del lungo tavolo.

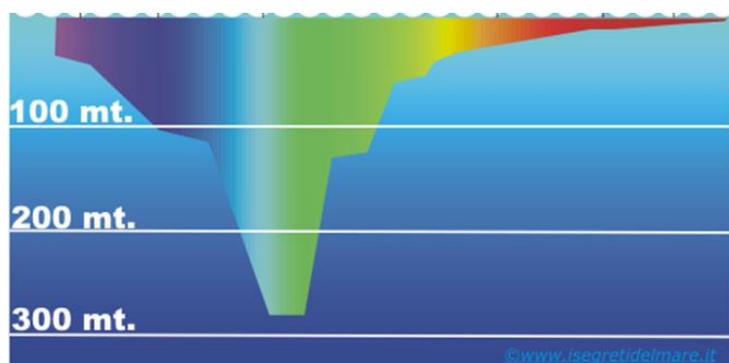


Figura 56 Versione digitale del grafico riprodotto.

È una montagna..

Non è una montagna, è la profondità!

E quello è l'arcobaleno!

Sono i metri di profondità.

È il Sole che nel mare riflette..

Ho capito io! Ci dice come vediamo..

Cosa?

I colori!!

Ho capito!! Vediamo i colori che arrivano.. vediamo celeste e verde!

Aaaaaah! A 100 metri viola celeste e verde..

E quando siamo circa a 20 metri?

Tutti i colori..

E dopo i 300 metri?

Tutto blu..

Blu!

Ecco perché i mari sembrano blu, perché il blu è l'unico colore che non viene subito assorbito.

Prima di salutare i bambini, li ho coinvolti con un ultimo esercizio: ho consegnato loro foto scattate al di sotto della superficie marina, ognuna a distanze ignote e diverse, incaricandoli di individuarne le profondità approssimative. I bambini sono stati in grado di portare a termine il compito senza particolari difficoltà, hanno saputo posizionare correttamente le foto sul grafico utilizzando come punto di riferimento i colori presenti in esse.

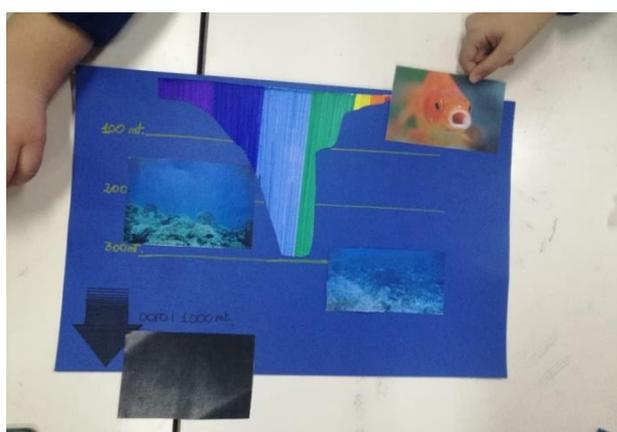


Figura 57 Il grafico e le foto associate alle relative profondità. Da notare la presenza di una freccia nera in basso a sinistra: essa indica il colore presente dopo i mille metri di profondità.

Quarto incontro

Giunti alla quarta lezione, era arrivato il momento di condurre i bambini verso la comprensione del funzionamento del meccanismo visivo mediante l'individuazione delle regole della sintesi additiva. Avevamo, fino ad allora, scoperto il motivo della colorazione degli oggetti, la natura di raggio luminoso del colore stesso e la diffusione che le onde elettromagnetiche subiscono a contatto con l'atmosfera; eppure, la curiosità verso la percezione visiva, dopo un interesse iniziale (ricordiamo come durante il primo incontro avevamo affrontato il discorso sulla visione acromatica del toro), si era completamente dissolta: era, di conseguenza, necessario ripristinarla. A questo scopo sono servite le ombre colorate, ottenute dalla combinazione delle luci di tre torce, come quelle utilizzate da Young per studiare il fenomeno in questione, proiettate sull'unico spazio bianco disponibile in aula: la LIM. Prima di iniziare la suddetta esperienza, però, ho ritenuto opportuno discutere con gli alunni dell'aspetto generale delle ombre, del loro colore abituale e della loro formazione.

L'ombra è quando c'è il Sole e si fa l'ombra, noi camminiamo e pure l'ombra cammina.

Quando c'è il Sole, il Sole batte su di noi e a terra si forma l'ombra.

L'ombra è un'immagine proiettata..

E come avviene questa proiezione? Dove c'è l'ombra cos'è che non passa?

La luce.

La lucee?!?!

La luce non passa e fa sì che si crei l'ombra. Ma di che colore è l'ombra?

Nera!!!

Neraaaa.

Se il cielo è nero, infatti, la nostra ombra non si vede.

No, la nostra ombra non si forma proprio perché non ci sta la luce del Sole.

A prova di quanto detto, abbiamo riprodotto con il corpo delle ombre sulla lavagna multimediale e, affinché queste conservassero il colore che i bambini avevano indicato, ho acceso a turno, e mai contemporaneamente, ognuna delle tre torce a disposizione, anche con l'intento di rivelarne le luci colorate.



Figura 58 Un alunno appoggiato alla superficie bianca, intento ad osservare le variazioni di forma e dimensione della sua ombra.

Durante l'attività descritta, abbiamo analizzato insieme la scelta di proiettare la luce di ogni torcia su una superficie bianca e non, ad esempio, nera.

Per riflettere la luce!

Se fosse di un altro colore non si vede bene l'ombra!!

Se è di un altro colore si mischiano..

Quando metti la luce rossa su una parete nera, l'ombra non viene..

Una volta compreso che su qualsiasi altra superficie, al di fuori della bianca, si sarebbe comunque formata un'ombra ma il colore della luce emessa dalle torce sarebbe cambiato a contatto con il piano in questione, siamo passati alla fase successiva dell'esperimento: valutare le ombre che si ottengono accendendo solo due torce alla volta.



Figura 59 Le ombre ottenute dalle tre combinazioni possibili delle luci: a sinistra, verde e rossa; al centro, blu e rossa; a destra, blu e verde. Per ottenere quest'effetto, le due torce accese devono essere proiettate in modo tale che le due luci convergano in uno stesso punto della parete.

La prima combinazione di ombre colorate ottenute (verde e rossa, in figura) ha subito entusiasmato i piccoli studenti, la cui attenzione, però, si è orientata immediatamente verso il colore che lo spazio circostante alle ombre aveva assunto.

*Un'ombra è rossa!!!
Hai visto?!*
Lo sfondo sembra mezzo arancione..
Sembrano il colore della bandiera dell'Italia..
Gialloooooo, è diventato giallo!
Le ombre sono rosse e verde!
Una mano è rossa e una mano è verde.
Però c'è anche l'ombra nera!!

Per esaminare al meglio la situazione, ho proposto ai bambini di analizzare ogni ombra separatamente e di iniziare proprio da quella di cui avevamo già parlato, ossia la nera.

Nessuna luce passa.
Perché è come se non ci fosse proprio luce!
Le luci vengono bloccate da Stefano.

Dopodiché è stata la volta delle due ombre colorate.

Già quando tu metti la mano si forma l'ombra nera.. se sono accese le torce, la luce rossa e la luce blu vanno sotto la tua mano e si formano le ombre rossa e verde.
Il verde e il rosso passano davanti a Stefano e vanno sopra l'ombra nera, e si fa così.

Per facilitarne l'intuizione, ho suggerito loro di considerare singolarmente il percorso che le due luci compiono e cosa succede quando incontrano un ostacolo, in questo caso il corpo del bambino coinvolto.

La luce verde va a finire su Stefano, e si forma l'ombra.
Bravissimo. Si ferma su Stefano e crea un'ombra. La luce rossa arriva sull'ombra che ha creato la torcia verde?
Non batte su Stefano, quindi sì..
Questo cercavo di dire prima..
Allora, la luce (ombra) rossa è creata dalla torcia rossa, ma è la torcia verde che la fa proiettare lì! (e indica con il dito l'ombra rossa formata sullo schermo).

La riflessione è continuata con le successive combinazioni di luci ed ombre. Anche in questi casi la primissima cosa a cui i bambini si sono interessati è il colore emerso dalla convergenza della coppia di luci utilizzate, dicendosi increduli delle sfumature cromatiche

che si generavano sulla superficie bianca nonostante l'assenza di torce che emettessero direttamente quel colore.

Si forma il viola!

Assomiglia al fucsia!

Maestra il blu e il verde insieme creano una specie di verde acqua..

No, mi sembra più celeste.

A questo proposito, ho rivelato loro i nomi 'esatti' dei colori ottenuti, ossia magenta e ciano. Se sul primo non hanno mostrato particolari dubbi, per il secondo sono sembrati un po' più perplessi, infatti, mi hanno domandato di ripeterlo nuovamente. Questo piccolo accorgimento potrebbe essere coerente con quanto sosteneva Vygotskij rispetto il linguaggio spontaneo e la sua trasformazione attraverso l'interazione sociale. Per lo psicologo sovietico i termini dotti e scientifici che possono essere conosciuti all'interno del contesto scolastico non rappresenterebbero un ostacolo alla conoscenza, tutt'altro, garantirebbero la comprensione scientifica degli oggetti studiati. Sebbene esista una forma di linguaggio più colloquiale, che Vygotskij definisce idiomatice, la situazione comunicativa scolastica richiede l'utilizzo di un linguaggio preciso e razionale. Così come con i nomi dei colori ottenuti dalla sovrapposizione delle luci, anche durante le esperienze precedenti sono stati adoperati termini propriamente scientifici, ricordiamo la diffusione o la diffrazione, e la stessa ambizione si è mantenuta in quelle successive.

Ritornando all'attività delle ombre colorate, in seguito a tutte e tre le esperienze (riportate in figura) si è giunti a delle interpretazioni condivise del fenomeno.

Maestra solo se Antonio si mette davanti la torcia appaiono le ombre colorate, invece se non si mette è tutto dello stesso colore.

Dove sta l'ombra blu la luce verde si ferma su Caterina e crea l'ombra.

Sulla verde (ombra) colpisce la luce verde.

Mi sento come dei piccoli scienziati!!

A questo punto, urge un'altra precisazione. Quando era stato chiesto ai bambini cosa si aspettassero dall'intero percorso, nessuno di loro ne aveva immaginato il reale contenuto,

convinti si sarebbero cimentati in lavori artistici e manuali come disegnare con le tempere o creare piccole sculture con il pongo o con la pasta sintetica. A distanza di quattro lezioni, iniziavano a capire (con evidente entusiasmo) che il tema del colore era così versatile da non poter essere considerato in relazione ad una sola disciplina. Inoltre, l'idea di ripercorrere esperimenti fatti da personaggi illustri sembrava coinvolgerli particolarmente, oltre a generare un'iniziale consapevolezza delle proprie capacità.

Per quanto concerne l'attività in esame, essa è proceduta con l'osservazione del colore risultante qualora le tre torce siano contemporaneamente accese e le cui luci siano proiettate tutte verso lo stesso punto, sovrapponendosi.

*Tutti e tre i colori sono l'insieme del bianco.
Si è formato il bianco!*

Verificato il risultato cromatico (o meglio, acromatico) della combinazione delle luci blu, rossa e verde, abbiamo esaminato il colore delle ombre generate dall'interposizione di un bambino, e poi di un oggetto, tra la parete e le torce. Gli alunni, persuasi delle prove già eseguite, avevano ipotizzato la formazione di ombre dello stesso colore delle tre sorgenti luminose, ma la scoperta dell'infondatezza dell'ipotesi non li ha delusi, anzi, sorpresi.



Figura 60 Le ombre colorate generatesi dalla combinazione delle tre luci.

*Le ombre sono come lo sfondo prima!
Si è formato il giallooo
Sembra che ci sono tre presone.
Ha tre anime!!*

I colori dell'arcobaleno!

Quanti colori sono in tutto?

Sei!!!

No, otto!!!

Rosso, blu, verde..

Giallo, celeste..

Magenta..

E poi? Qualcuno ha detto otto.

Pure il bianco e il nero.

Ma i colori delle torce sono solo tre..

Si mischiano.

Esatto. Questi colori, rosso, verde e blu, sono i colori primari della sintesi additiva..

Che vuol dire additiva?

Attiva?

Pensate alla matematica..

ADDIZIONE!!

Bravissimi! Questi tre colori sono gli unici che se sommati insieme danno il bianco. E se sommiamo due torce alla volta, otteniamo proprio altri colori.

Interponendo tra parete e torce un foglio con un foro circolare al centro, ho chiesto ai bambini di trascrivere, servendosi di quanto osservato, i colori risultanti dalle combinazioni di luci colorate.

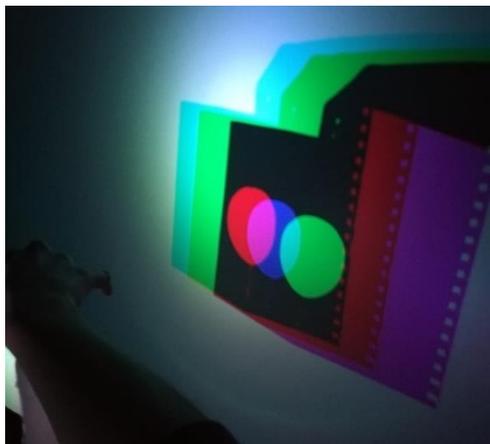


Figura 61 Le ombre ottenute con l'utilizzo del foglio con il foro.

Wow! Sembra uno yoyo.

Un cerchio rosso e anche metà rosa, uno un po' blu e azzurro e l'altra metà verde.

Ma i cerchi sono quattro perché se si uniscono diventa bianco.

Quando il rosso va nel blu diventa magenta.

Maestra ma se il rosso va nel verde che succede?

Allora ho piegato leggermente l'estremità destra del cartoncino, il cerchio verde si è sovrapposto all'ombra rossa del foglio stesso e dalla loro intersezione si è generato il giallo.

Verde e rosso fanno giallo!!

Il cerchio è giallo!

Ua che bello.

Utilizzando le ombre circolari come riferimento, i bambini hanno schematizzato le combinazioni cromatiche ottenute, indicando per ogni ombra colorata la luce, o la coppia di luci, che la genera.

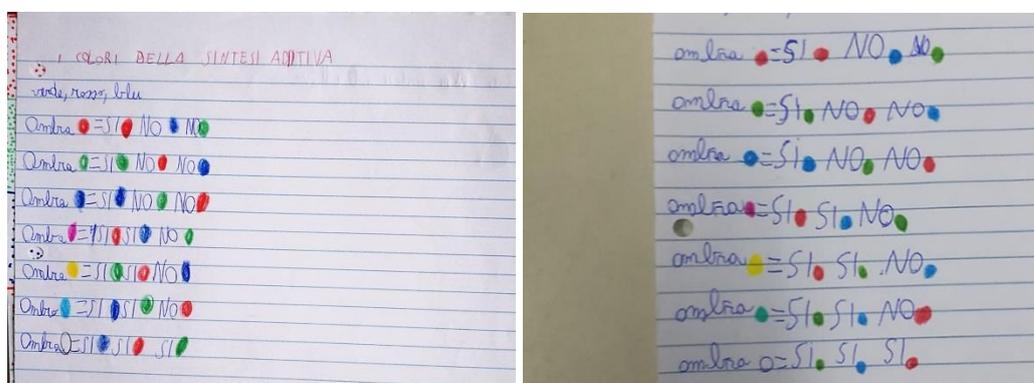


Figura 62 Due delle schematizzazioni eseguite degli alunni.

Una volta atteso che tutti avessero terminato, ho domandato ai bambini se sapessero dirmi qualcosa sui pixel, ma le uniche risposte che ho ricevuto sono state tutte uguali alla seguente: 'quelli che stanno sullo schermo del telefono'. Allora, con l'utilizzo di un piccolo microscopio giocattolo, abbiamo osservato il display di un Ipod (figura 15, capitolo I).

Sono dei trattini rosso blu e verde!!

Lo sfondo è nero.

Voi state osservando lo schermo bianco del mio Ipod.. che è bianco!

Perciò sono tutti e tre insieme, perché fanno bianco.

Tutti e tre cosa?

Blu, rosso e verde.

A mano a mano che gli alunni visionavano le fotocelle colorate attraverso il microscopio, abbiamo approfondito il concetto di 'pixel', condividendone l'idea di piccoli puntini posizionati uno vicino all'altro sullo schermo. Attraverso alcune domande stimolo, come 'se il display fosse stato giallo quali pixel avremmo visto?', i bambini hanno dimostrato di aver compreso a fondo le regole additive; infatti, mi hanno fornito, di volta in volta, la giusta risposta, aiutandosi con lo schema realizzato quando non ricordavano alcune combinazioni. Appurato ciò, ho accennato all'analogia esistente tra il funzionamento dei pixel del telefono e quelli dei nostri recettori visivi. I bambini non sono sembrati particolarmente dubbiosi, non hanno fatto ulteriori domande nè espresso le loro incertezze, forse perché troppo attratti dallo strumento 'scientifico' che stavano utilizzando. Prima del termine dell'incontro abbiamo rappresentato graficamente i colori della sintesi additiva e le loro miscele, adoperando come simbolo geometrico il cerchio stesso, ispirandoci all'esperienza fatta in precedenza. Infine, abbiamo riassunto e trascritto i casi in cui le tonalità cromatiche che si ottengono dalla miscela di due o più colori seguono le regole additive, e con ciò ho verificato la loro comprensione dell'argomento.



Figura 63 Rappresentazione e descrizione finale del fenomeno.

Quinto incontro

Come abbiamo visto già nel capitolo I, non si può parlare di sintesi additiva del colore senza che sia menzionata l'altra faccia della medaglia: quella sottrattiva, responsabile della colorazione di tutti gli oggetti che non rappresentano sorgenti luminose e punto di riferimento nell'arte e nella stampa. Conoscere il funzionamento dei nostri recettori o dei pixel non basta a capire come i colori possono essere mischiati tra loro, poiché se provassimo ad unire ad un pigmento blu e uno verde non otterremo mai come colore risultante il ciano. È questo l'obiettivo principale che il quinto incontro si è predisposto: comprendere che i pigmenti, così come gli oggetti, assorbono radiazioni luminose anziché emetterle e il loro colore è frutto della combinazione delle radiazioni non assorbite.

L'attività immediatamente proposta agli alunni è stata la 'cromatografia'. Dopo aver colorato piccole striscioline di carta assorbente, ognuna con pennarelli dei colori di riferimento, i bambini le hanno immerse in acqua, facendo attenzione che questa bagnasse appena l'estremità inferiore della macchia colorata.



Figura 64 Alcuni alunni che eseguono la cromatografia. I colori utilizzati per colorare i fogli sono stati: nero, blu, giallo, ciano, magenta, rosso e verde.

L'acqua viene assorbita dal foglio e, salendo verso l'alto, scompone la macchia nei colori che la compongono. Secondo l'esperienza precedente, i colori destinati a dividersi sarebbero dovuti essere il giallo, il ciano e il magenta, rispettivamente ottenuti dalla combinazione di due dei colori primari della sintesi additiva; invece, si è verificato l'esatto

contrario: essi sono stati gli unici a dilatarsi senza scomporsi, originando generale sorpresa e incredulità. Abbiamo trascritto, di conseguenza, i colori di partenza delle macchie e quelli risultati dalla loro scomposizione, iniziando a discutere rispetto quanto osservato.

*Solo giallo, fucia e azzurro non sono cambiati.
Il rosso è diventato un po' più chiaro..
Però nel blu ci sta il viola e l'azzurro!
E guarda il nero!
Il nero è diventato quello che si è scomposto in più colori.*

Nell'attesa che le striscioline di carta si asciugassero, e una volta instillato il dubbio dell'incongruenza con le aspettative createsi dall'attività con le torce, ho consegnato ad ognuno di loro piccoli post-it gialli, magenta e ciano. Nel frattempo ho recuperato tre filtri dei colori primari della sintesi additiva.

*Maestra ho capito perché tu hai preso questi! Così ci vuoi far vedere che si fanno questi colori..
E poi tutti insieme formano il bianco!
No secondo me non si vede nessun colore!*

Eseguendo i loro suggerimenti ('metti uno sull'altro vediamo che succede'), ho sovrapposto a due a due i filtri.

*Ma non è verde acqua (ciano)!!
Nero..?
Sembra marrone!
No, non funziona niente!*

Ho atteso che qualcuno intuisse cosa fare dei piccoli posti-it che avevano ricevuto, ma poiché tutti erano concentrati su ciò che stavo facendo, ho deciso di orientare la loro attenzione chiedendo loro cosa avremmo fatto dei post-it che avevo consegnato.

*Sono ciano, magenta e giallo.
A che ci servono?
Quelli che uscivano con le torce e che abbiamo disegnato!
Ma li dobbiamo mettere uno sopra l'altro?*

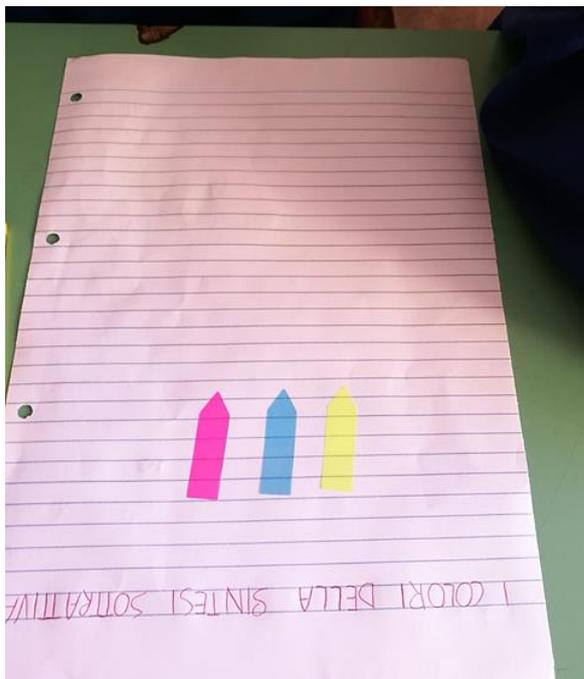


Figura 65 Il materiale consegnato ad ogni alunno.

Prima ancora di provare a sovrapporli, ne ho approfittato per fare loro alcune domande rispetto i suddetti colori, in particolare, ho cercato di convogliare l'attenzione a ciò che i filtri hanno in comune, analizzandone le radiazioni riemesse da ognuno.

Questi sono i colori che abbiamo ottenuto "sommando" le tre torce. Ma questa cosa, con i filtri, non vale, perché gli unici colori che siamo stati in grado di ottenere sono nero e marroncino. Ora proviamo a ragionare su una cosa.. il giallo con quali colori si formava?

Verde e rosso..

ROSSO!

Il magenta?

Da blu e rosso..

Allora cos'hanno in comune questi due filtri? (Mentre i bambini fanno riferimento ai piccoli post-it, io utilizzo dei filtri, anche se non puri).

Se li mischiamo?

No, da soli!

Se io ho il filtro giallo, quale colore fa passare?

Giallo..

Sì, ma il giallo è formato da?

Fa passare il verde e il rosso!!!!

Esatto, che insieme diventa giallo, e il filtro magenta?

La luce blu e la luce rossa!

Tutti e due fanno passare il rosso?!

Per validare l'ipotesi sorta dalla discussione collettiva, abbiamo sovrapposto i filtri in questione e, appurato il colore rosso-arancio risultante, abbiamo proceduto con la riflessione ipotizzando le due successive tonalità risultanti dalle altre possibili combinazioni.

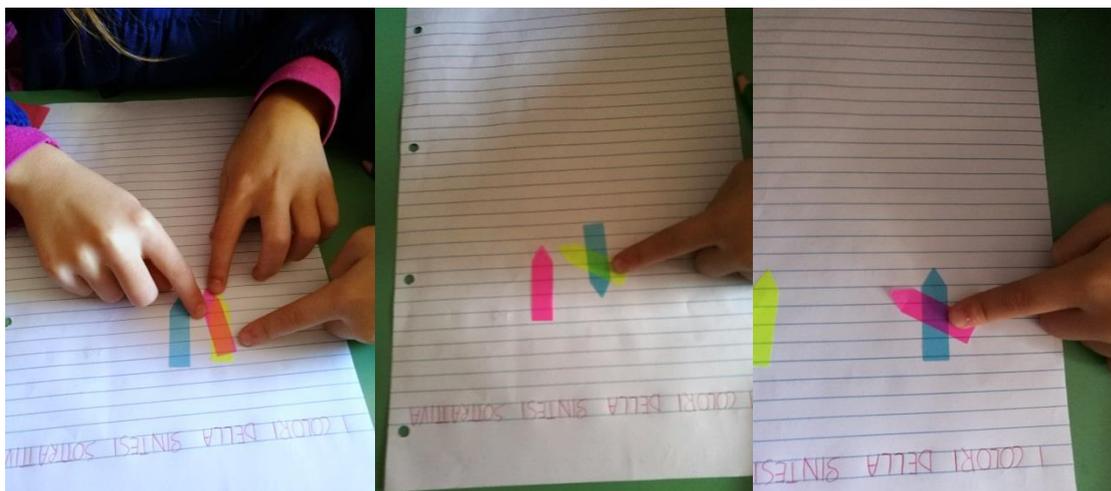


Figura 66 Le tre possibili combinazioni dei post-it colorati.

*Hanno tutte e due il verde, quindi diventa verde!!! (riferendosi ai post-it ciano e giallo)
 Io già ho visto prima, è verde, è verde!
 Verdissimo!
 Il filtro ciano fa passare..
 Verde e blu!
 Magenta rosso e blu.. Deve venire BLU!!
 Nooo, sembra più un viola!!
 No, è blu!*

A tal proposito ho spiegato loro che i piccoli filtri utilizzati non erano perfettamente 'puri' né rappresentavano esattamente le colorazioni indicate, rendendo valide le affermazioni di chi individuava nel viola la tinta ottenuta dalla sovrapposizione del post-it ciano su quello magenta. Successivamente, in modo del tutto autonomo, gli alunni hanno espresso le loro perplessità rispetto la sfumatura cromatica risultante dall'unione di tutti e tre i filtri.

*E se mischiamo tutti i colori!?
 Ci resta solo da mischiare tutti i colori.
 Non può mai venire bianco!
 Esce tipo grigio scuro.. boh!
 E che colore è?!*

In questo caso gli alunni non hanno faticato a giustificare la tonalità scura risultante.

Questo perché.. tra i tre filtri che state usando, c'è un colore che tutti e tre fanno passare?

No..

Si?!

No, no! No maestra, perché ogni filtro ne fa passare solo due!

Dopo aver rappresentato le relazioni esistenti tra i tre colori dei filtri e quelli delle torce, di cui pure è stata riconosciuta la relazione (‘allora il blu, il rosso e il verde devono venire al centro’; ‘praticamente il contrario di quello prima’), ne abbiamo esaminato il significato letterale: si definisce sintesi sottrattiva perché sottrae alle componenti della luce bianca una delle tre radiazioni principali. A tal uopo ho supportato il ragionamento dei bambini con alcune domande stimolo, come ‘perché si chiama sintesi sottrattiva?’ o ‘quanti colori assorbe un filtro dalla luce bianca?’.

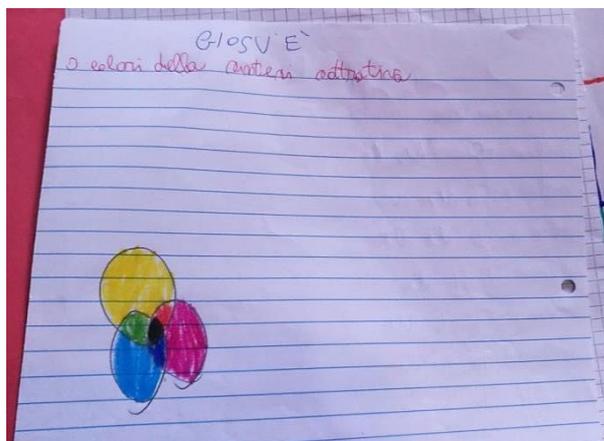


Figura 67 Rappresentazione grafica del fenomeno.

Alla luce di quanto emerso, comprendere il motivo per cui le macchie colorate sui fogli di carta assorbente si erano comportate proprio in quel modo durante la cromatografia è risultato essere molto più semplice, soprattutto osservando le listarelle ormai asciutte dopo l'ora trascorsa. Eppure, nonostante la varietà delle esperienze fatte a proposito del tema in questione, esso necessitava di ulteriori approfondimenti affinché se ne potessero comprendere a pieno le conseguenze pratiche.

Sesto incontro

Se le regole additive valgono in un numero limitato di casi, facilmente individuabili e sperimentabili, per quelle sottrattive il discorso è un po' più ampio. A tal proposito, non sarebbero certo bastati dei filtri colorati per valutarne tutti i risvolti concreti, anche perché, molte delle attività con cui i bambini fanno esperienza quotidianamente costituiscono dei buoni esempi a riguardo e, inevitabilmente, andavano esaminate.

Durante la sesta lezione, dunque, gli alunni hanno potuto testare le miscele cromatiche servendosi di un foglio prestampato per ricavare colori secondari e terziari da quelli riconosciuti come primari. L'intera attività è stata svolta in gruppi; ogni gruppo (quattro in totale) ha ricevuto in dotazione materiali diversi: chi i pastelli a cera, chi i pennarelli, chi le tempere e così via. La scelta di lavorare in gruppi non è stata il frutto esclusivo di esigenze pratiche, i bambini avevano compreso quel che bastava per poter procedere da soli nella compilazione del cerchio di Itten e dello schema riportati sul cartoncino, quest'ultimo li ha guidati, infatti, nelle varie combinazioni cromatiche orientando l'individuazione dei colori dai quali si ottengono i terziari.

Secondo voi cosa faremo oggi?

Dobbiamo mischiare i colori!

Ma quali?

Blu, verde...?

Giallooooo!

Fluo, magenta e giallo!

Maestra puoi ripetere la domanda?

Quali sono i tre colori che noi dobbiamo usare con i pennarelli, le tempere... per ottenere tutti gli altri?

Magenta, giallo e ciano...

Ma io l'avevo detto magenta e ciano!!

Avevi detto fluo, che colore è?

Maestra come dobbiamo colorare qua? (e indica i quadratini in basso al cartellone)

Sono delle addizioni, secondo voi cosa dobbiamo fare?

Sommare due colori..

Fare giallo più ciano, o giallo più magenta.

Ma quindi dobbiamo mischiare le tempere?

E noi con i pastelli a cera come facciamo?

E nel triangolo?

Questa figura che vedete si chiama ‘cerchio dei colori’, al centro c’è un triangolo diviso in tre parti..

Dobbiamo colorarlo con i tre colori!

Quali?

Quelli che ha detto Filippo! (ossia giallo, ciano e magenta)



Figura 68 I bambini durante le fasi iniziali del lavoro.

Una volta colorato il triangolo, ogni gruppo ha individuato le tre combinazioni possibili dei colori primari colorando i quadratini che rappresentano gli addendi. C’è stato un gruppo, quello cui erano stati dati i pennarelli, che consultando il grafico della sintesi sottrattiva costruito nelle lezioni precedenti, ha colorato il quadratino rappresentante la somma dei due colori primari direttamente con il colore risultante (è possibile vederlo nella foto successiva, giallo + blu = verde).

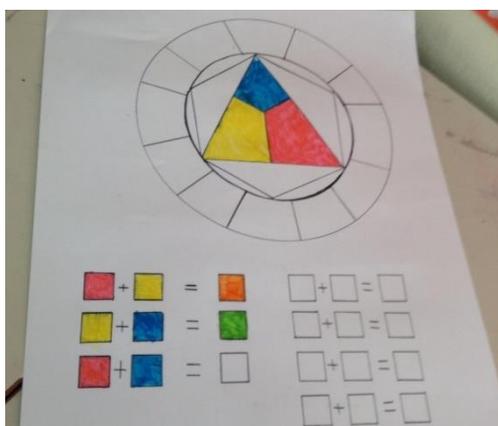


Figura 69 Il lavoro del gruppo in questione.

Ho detto loro che sarebbe stato bello provare e sperimentare concretamente il colore derivante dagli accostamenti colorando il quadratino della somma prima di un colore e poi passando sopra l'altro.

Ma noi qua l'avevamo fatto (indica il quadratino rosso ottenuto dalla somma di magenta e giallo), solo che sembra più arancione.. vabbè allora non fa niente?

Certo che no, anzi va benissimo così. In questo modo osserviamo che diversi tipi di colori ne danno altri.. evidentemente il vostro pennarello magenta non è proprio magenta..

Durante questa prima fase di lavoro i bambini hanno eseguito il compito senza riscontrare specifiche difficoltà, anzi, tutti i gruppi hanno intuito il colore da attribuire ai tre triangoli costruiti su ogni lato del triangolo centrale. A questo punto, alcuni hanno deciso di colorarli sovrapponendo, per ogni triangolo, le due tinte primarie, altri, invece, hanno proceduto direttamente dal colore ottenuto dalla sovrapposizione eseguita con i quadratini in basso a sinistra.



Figura 70
La seconda fase dell'attività.

Giunti alla colorazione del cerchio più esterno, i bambini hanno mostrato le prime incertezze, chiedendosi a cosa servisse e perché avesse così tante sezioni separate. Ho intimato gli alunni a guardare i vertici dei sei triangoli già colorati e le rispettive sezioni corrispondenti.

Ho capito!!! Ogni parte che indicano i triangoli dobbiamo colorarla del colore del triangolo!

I triangoli sono tipo frecce che ci indicano la parte da colorare.

Maestra qua (indica una sezione del cerchio rimasta bianca) ci va magenta e rosso mischiati.

E qua giallo e verde?

Ahh dobbiamo mischiare i colori ai lati?

Esatto! Per vedere quali colori otteniamo utilizziamo i quadratini in basso a sinistra, come abbiamo fatto prima, solo che adesso dobbiamo unire al giallo il verde, oppure al magenta il rosso, al blu il magenta e così via.



Figura 71 Due dei lavori ultimati.

Ad attività conclusa, abbiamo osservato insieme i colori ottenuti individuando i tre ‘livelli’ contenuti dal cerchio. Riconosciuti come primari i colori dei tre triangoli centrali, quelli secondari e terziari sono stati attribuiti rispettivamente ai triangoli costruiti sui lati dei precedenti e al cerchio più esterno della figura. A questo proposito ho suggerito loro di fare attenzione e di confrontare le tinte ottenute all’interno dei quadratini in basso a destra e quelle presenti in ogni sezione del cerchio esterno.

Nel cerchio ci sono tutti i colori dell’arcobaleno!

L’insieme di tutti quelli che abbiamo ottenuto.

Maestra è assurdo che da solo tre colori abbiamo ottenuto tutti gli altri!

Quest'improvvisa affermazione mi ha permesso di svelare ai bambini che gli inchiostri utilizzati nelle stampanti digitali odierne sono proprio dei tre colori che loro stessi avevano utilizzato e miscelato. Ho, tra l'altro, consigliato, a chi disponesse di una stampante a casa, di farsi mostrare le cartucce contenute al suo interno.

Settimo incontro

Definisco il settimo come l'incontro della transizione. Sebbene ancora legato a prove oggettive delle conseguenze dell'assorbimento di luci cromatiche da parte dei pigmenti (questa volta solubili), esso si costituisce anche come punto di partenza per l'analisi degli attributi dei colori, la cui conoscenza è indispensabile per affrontare la seconda parte del percorso didattico, tutta incentrata sulle illusioni ottiche.

La lezione è iniziata con una riorganizzazione dello spazio: per dare a tutti la possibilità di osservare e partecipare ho accostato i banchi tra loro e fatto disporre i bambini tutti intorno. Mentre recuperavo e predisponevo sul tavolo i materiali da utilizzare, ho indicato i becher e chiesto agli alunni se sapessero cosa fossero.

Sono caraffe graduate.

Servono a misurare l'acqua!

Anche la farina..

Per misurare il livello delle cose.

Alla visione delle boccette contenenti acqua colorata (gialla, nera, ciano, magenta, bianca), gli alunni si sono animati e hanno provato ad indovinare lo scopo dell'attività stessa.

Ohh mischi i colori??

Sì mischia i colori, per forza!

Maestra perché hai portato il nero?

Con l'aiuto di alcuni di loro, abbiamo riempito tre becher con la stessa quantità d'acqua e inserito in ognuno due dei coloranti a disposizione, ad eccezione del nero e del bianco.

La quantità di colorante inserita nei contenitori è stata misurata con le pipette a disposizione; ogni becher conteneva sei pipette totali di colorante, tre per ogni tinta. Ovviamente questo è stato un piccolo intervento volto a consolidare ulteriormente la validità delle regole sottrattive, non è stato attuato perché necessario all'attività del giorno, bensì per valutare l'avvenuta comprensione del fenomeno sottrattivo da parte dei bambini e, contemporaneamente, mostrare loro la variabilità attuativa dello stesso.

Mo diventa rosso..

Guarda, guarda!

Io che ho detto? È diventato rosso!

Mischia ciano e magenta!!

No, ciano e giallo...

Lilla..

Oh no, è blu! Ora sta uscendo!

Deve prima mischiare altrimenti i colori non si uniscono.

Ora manca solo il verde..

Devi fare ciano e giallo!



Figura 72 I colori risultanti dalla miscela dei primari sottrattivi.

In questo caso i bambini non sono sembrati sorpresi, ma sicuramente divertiti nell'osservare la realizzazione di quanto avevano previsto. Così come con i post-it, hanno domandato di provare a mischiare i liquidi insieme, ipotizzando la formazione di una miscela nera.

È uscito marroncino!!!

Grigiooooo!

Grigio vomito!

A questo punto, puliti bene i residui di colore sul fondo dei becher, ne ho riempiti due rispettivamente con 50 e 100 ml di acqua. Ho chiesto ai bambini di indicarmi la soluzione per ottenere in entrambe le caraffe il verde.

Con quello che hai usato prima..

La pipete..

La pipetta?

Sì!

Prendi la pipetta e la riempi di giallo e lo metti in una caraffa, poi la riempi di nuovo di giallo e la metti nell'altra.. e poi fai lo stesso con l'azzurro.

Prima di eseguire le loro indicazioni, ho consegnato a sei bambini un foglietto, chiedendo a due di loro di segnare il numero di pipette inserite rispettivamente nei due becher.

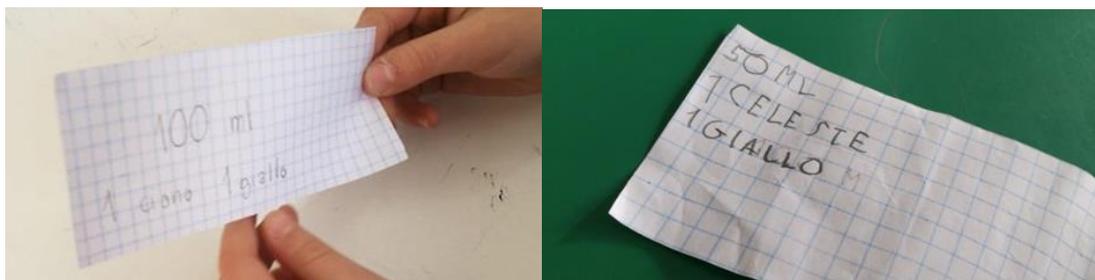


Figura 73 Gli appunti dei due bambini.



Figura 74 I colori ottenuti.

Ad operazione conclusa ho domandato se qualcuno notasse qualcosa di strano, ‘questa qua’, ha detto un bambino indicando la caraffa con quantità maggiore di acqua, ‘è più piena e quella là no’. Allora ho specificato che intendevo nella tinta delle due miscele. I bambini non hanno avuto dubbi sul parallelismo di significato tra tinta e colore, dunque hanno proceduto con le loro supposizioni senza porre nessuna domanda in merito.

Sono uguali.

No maestra io lo so!! Questo (100 ml) è un poco più chiaro!!

Nooo sono uguali!

No questo è più chiaro (100 ml), come fai a non vedere?'

Quello con 100 ml c'è più liquido, per questo è più chiara secondo me.. quello con 50 ml è più denso.

Cosa intendi per più denso?'

È più scuro.

Stabilita la diversità (seppur appena percettibile) cromatica dei due liquidi, gli alunni hanno cominciato a fornire alcune soluzioni affinché si potessero ottenere due colori uguali. A tal proposito, è bene specificare che, sebbene non avessero ancora affrontato le suddette unità di misura, attraverso l'osservazione e i riferimenti numerici sono stati in grado di intuire il rapporto esistente tra le due quantità dimostrandosi capaci di ragionare in termini di proporzionalità.

Allora maestra se togliamo un po' di acqua diventano uguali i colori.

No, ormai è mischiato!

Per farlo diventare lo stesso colore devi mettere un altro poco di verde.

Maestra se metti due di ciano e due di giallo poi diventa più scuro..

Secondo me una di giallo e una di azzurro!

E perché una?'

Perché così diventano uguali!

Se prima abbiamo preso quei colori e hanno formato il verde.. lo dobbiamo rifare.

Nella caraffa con meno acqua è la metà.

Se uniamo tutti e due diventa uguale!!!

Si potrebbe anche fare, ma mettiamo caso che io non posso mischiarli..

Se ne aggiungi una pipetta fai bene secondo me, perché una sola goccia poi diventa gigante..

Quando hai messo queste pipette, ne hai messa di più di acqua quindi per forza dovevi metterne di più per far diventare i colori uguali.

Forse io lo so.. dobbiamo fare.. ne hai messo uno, ma dobbiamo moltiplicare per due..

Bravissimo Filippo! Nella caraffa con 100 ml abbiamo il doppio dell'acqua, ma la stessa quantità di pipette. Per ottenere la stessa tonalità ogni 50 ml in più dobbiamo aggiungere una pipetta di giallo e una di ciano.

Dopo aver aggiunto alla caraffa contenente più acqua altro colorante nelle misure indicate, i bambini si sono definitivamente convinti dei colori diversi di partenza e della loro uguaglianza raggiunta. Ho suggerito, a chi aveva scritto la quantità di pipette nel becher con 100 ml di liquido, di aggiustare i dati appuntati e, nel frattempo, ho inserito in entrambi i contenitori una pipetta di colorante nero. I colori hanno assunto, immediatamente, sfumature diverse e i bambini con estrema rapidità ne hanno esaminato le differenti tonalità ('quello a destra è più chiaro'; 'lì si vede ancora il verde'). Quando ho detto loro che tra, i due, c'era un colore più puro, è sorta l'ennesima discussione collettiva rispetto il significato di quanto avevo appena affermato.

Che lo abbiamo ottenuto mischiando due colori.

Il colore più chiaro.

Sono due colori più scuri..

Il verde vero è stato coperto.. quindi quando il colore si copre?

Cosa succede quando il colore si copre?

Diventa meno puro..

Puro è il colore vivace?

Il colore puro o saturo, si può dire in tutti e due i modi, è quando il colore non è 'coperto' né dal nero né dal bianco.

Questi due non sono puri perché sono mischiati con il nero..

Esatto, però tra i due c'è un colore più puro dell'altro..

Quello con più acqua perché si vede un po' di verde, l'altro è proprio nero!

Quello a sinistra!!

L'attività è proseguita con la creazione cooperativa di un diagramma di saturazione e luminosità utilizzando, oltre i due becher già posti sul tavolo, altre tre caraffe graduate e un vasetto di vetro. Ho spiegato ai bambini che non avevo a disposizione altri becher e per questo avremmo dovuto utilizzare un vasetto non graduato, all'interno del quale

andavano inseriti 100 ml di acqua, così come in uno degli altri tre contenitori graduati ancora vuoti, mentre nei due rimasti soltanto 50 ml: in questo modo avremmo ottenuto due file composte ognuna di tre caraffe con la stessa quantità di liquido all'interno.



Figura 75 I due becher riempiti e i quattro contenitori vuoti.

Dobbiamo scriverlo con il pennarello!

Devi avvicinare il barattolo al becher là e segni dove arriva 100..

Ma i barattoli non sono uguali.. quello di vetro è più grande..

I bambini provano, allora, ad inserire il becher nel barattolo di vetro.

È vero, questo è più grande..

Allora dobbiamo fare il trattino un po' più giù..dobbiamo considerare qualche ml in meno.

Ho un'idea.. lo sai che puoi fare maestra? Puoi pigliare un'altra caraffa graduata!

Ti ho detto che non ne ho più..

E allora ci arrendiamo.

Se mettiamo un ml nel becher.. e poi lo mettiamo là e ne contiamo 100..

No!! Ho capito!! Prendiamo la caraffa graduata, la riempiamo e poi la versiamo dentro il contenitore di vetro.

Eseguito il compito secondo le modalità condivise, ho chiesto ad alcuni bambini di inserire, nei quattro contenitori appena riempiti, le giuste dosi di colorante per ottenere la stessa tonalità di verde dalla quale eravamo partiti; nel frattempo ho affidato agli altri quattro alunni con il foglietto un becher specifico da tenere in osservazione e rispetto al quale scrivere la quantità d'acqua e di colorante inserita. Infine, ho aggiunto nei primi contenitori di entrambe le file altro colorante nero, nei secondi la stessa quantità di nero e

bianco (quest'ultimo in rapporto maggiore rispetto al primo) mentre nei terzi soltanto colorante bianco.



Figura 76 Le tonalità ottenute.

*Ci sono colori più chiari..
Dal più chiaro al più scuro.
C'è un passaggio di chiarezza.*

Rispetto le tonalità emerse i bambini non hanno avuto dubbi: dal liquido contenuto nei primi becher, quello più scuro, si passa gradualmente alla schiaritura del colore nei contenitori successivi. Ho spiegato loro che rendere il colore più chiaro aggiungendo il bianco equivale a renderlo più luminoso, viceversa, aggiungendo il nero la luminosità si riduceva. Per valutare la comprensione del concetto di saturazione, ho chiesto loro di indicarmi, tra le miscele colorate, quella più satura.

*L'unico che sembra veramente verde!
L'ultimo a sinistra.. alla tua destra!*

Dall'analisi dei dati appuntati dai bambini incaricati di trascrivere la quantità di colorante presente nei becher, abbiamo avuto conferma di quanto si era ipotizzato. Gli ultimi contenitori erano gli unici ad avere la più ridotta quantità di colorante (solo due pipette di bianco rispetto le tre pipette di colorante totali per ognuna delle altre quattro caraffe) ma,

tra i due, il vasetto di vetro conteneva il colore più saturo poiché la quantità di liquido verde era maggiore e la schiaritura aveva avuto effetti più tenui rispetto all'altro becher di riferimento. Prima di concludere la lezione, ho chiesto agli alunni dei suggerimenti relativi l'attività appena svolta: come avrei potuto riferire le tonalità che avevamo ottenuto per poter condividere l'esperimento con altre maestre? Inizialmente hanno creduto che potesse bastare nominare i colori, ma nel momento in cui hanno iniziato a discutere rispetto i diversi nomi che attribuivano ad essi ('verde prato', 'verde vomito', 'verde acceso', 'verde militare'..), ho detto loro che non sarebbe stato sufficiente: se le altre maestre avessero voluto riprodurre esattamente quelle miscele?

Leggi sui foglietti!!!

I nostri foglietti maestraaa.

Avevamo, dunque, individuato un codice più funzionale per indicare quelle stesse tonalità cui non eravamo riusciti ad attribuire un nome: modalità utilizzata anche in molti programmi presenti sul computer, come paint, cui i bambini hanno ammesso di giocare spesso e che identifica un colore rivelandone le percentuali dei colori primari additivi, e non sottrattivi, come bene hanno ricordato gli alunni, che lo compongono.

Ottavo incontro

A partire dall'ottava lezione ai bambini sono state proposte attività funzionali all'introduzione di quanto esaminato nel secondo capitolo. In particolare, il progetto didattico si è concentrato sulla percezione del colore, esaminando, oltre quelli fisici, gli aspetti fisiologici e psicologici che la determinano. In questo caso, l'illusione di White ha costituito un ottimo espediente per l'approccio al tema di riferimento. Diversamente da tutti gli incontri precedenti, gli alunni hanno costruito interamente l'artefatto didattico, gestendo autonomamente il loro lavoro e collaborando per portarlo a termine. Certo,

sarebbe stato più semplice mostrare loro il prodotto finito intavolando una discussione collettiva rispetto la presunta disuguaglianza cromatica delle strisce; invece, ho ritenuto più opportuno dare loro la possibilità di produrre concretamente, come ritenevano più opportuno, l'illusione in questione. Inoltre, l'utilizzo di soli tre tipi di carta colorata avrebbe garantito una sorpresa di gran lunga maggiore alla visione finale di una tonalità in più rispetto a quelle adoperate.

Divisa la classe in due macro-gruppi, ho consegnato ad entrambi il materiale: un cartoncino bianco, un cartoncino nero, un cartoncino verde o grigio a seconda del gruppo, colla, righe e forbici. Riguardo il da farsi, non ho fornito subito tutte le indicazioni necessarie; ho solo chiesto loro di ritagliare, da uno dei cartoncini più grandi (bianco o nero) e da quello piccolo (grigio o verde), delle strisce, di cui potevano decidere la grandezza a patto che tutte avessero, tra loro, le stesse dimensioni.

E come facciamo ad essere precisi?

C'abbiamo i righelli!!

Dobbiamo fare le linee e poi tagliare.

Ad esempio, se misuriamo tre centimetri per l'altezza di ogni striscia..

Poi dobbiamo fare sempre tre centimetri, tre centimetri?

Ogni tre centimetri tiriamo la linea..

Aspetta maestra ma non possiamo fare così?

Così come?

Tiriamo la linea e poi lo pieghiamo sempre.. a zig zag.

Ed è proprio secondo quest'ultima intuizione che entrambi i gruppi decidono di procedere: dopo aver tracciato la prima linea, hanno piegato il cartoncino utilizzando la prima striscia come guida per tutte le altre. Eseguita anche l'ultima 'piegatura' hanno ritenuto opportuno tagliare l'eccesso.

Ma questa striscia si deve tagliare?

Aspettiamo che dice la maestra.

No bisogna tagliare altrimenti non è ugualeeee

Non è uguale alle altre!!

Srotoliamolo e tagliamo.

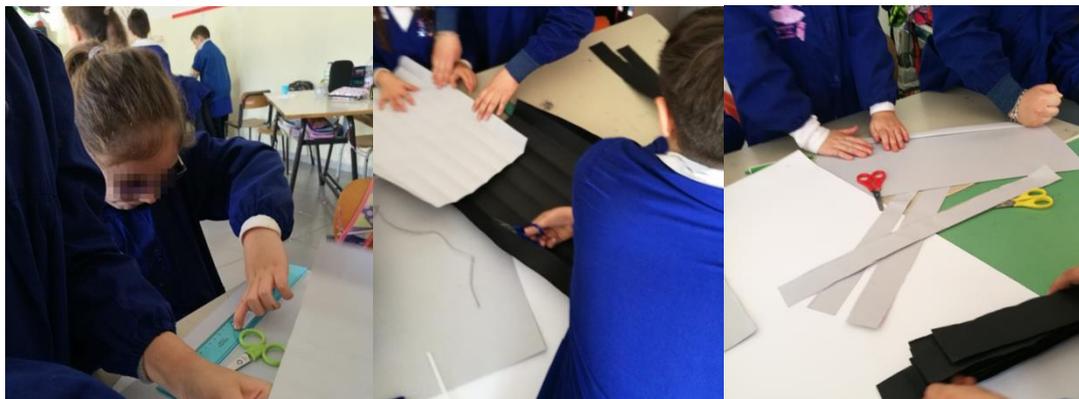


Figura 77 Gli alunni impegnati nel ritaglio delle strisce.

L'attività è proseguita con la disposizione delle barre nere ottenute sul cartoncino bianco lasciato intero. Anche durante questo compito i bambini hanno dovuto prestare attenzione alle misure, poiché avevo raccomandato loro di fare in modo che la distanza tra una barra nera e la successiva fosse uguale allo spessore della barra stessa. Il gruppo che aveva come variante il cartoncino grigio ha utilizzato, a tal proposito, strumenti di misura come il righello, segnando, alle due estremità opposte del cartoncino bianco, i punti tra loro equidistanti utilizzati poi come guida. L'altro gruppo, invece, ha scelto di procedere in maniera del tutto approssimativa. Nel frattempo, mentre alcuni procedevano nell'incollare le strisce nere, ho suggerito ai bambini non direttamente impegnati in quel compito di tagliare le barre grigie e verdi ottenendo da esse piccoli tasselli, tutti della stessa misura. A questo proposito occorre fare una puntualizzazione: sebbene la consegna non fosse così diversa da quelle date in precedenza, solo il gruppo con la variante del cartoncino grigio ha adottato nuovamente la strategia messa in pratica prima, ossia piegare a zig zag le strisce utilizzando il tassello iniziale come modello di riferimento. Una volta ottenuta la quantità sufficiente di tasselli, i bambini li hanno disposti e attaccati sul loro cartellone formando con essi due colonne, la prima costituita

dall'allineamento dei tasselli sovrapposti sulle barre nere, la seconda dall'allineamento dei tasselli sovrapposti sulle barre bianche.



Figura 78 A sinistra, le ultime fasi del lavoro, al centro e a destra le illusioni una volta terminate.

Terminato il lavoro, lo abbiamo analizzato con attenzione.

Il grigio combacia con il bianco..

Combacia con il nero e diventa più scuro.

Lo notate anche con il verde?

No... nel verde no...

Sì, diventa più chiaro quando combacia con il bianco perché il bianco è più chiaro.

Maestra il grigio nel nero diventa più scuro e nel bianco diventa più chiaro!!

Il grigio è chiaro, ma combacia con il nero che è più scuro e diventa più scuro.

Ma i grigi e i verdi sono realmente uno più scuro e uno più chiaro?

Noo!!!!

NOOOO!

Il cartoncino era lo stesso!!!

Il grigio che sta affianco al nero sembra più scuro ma in realtà non lo è.

Ho detto loro che ad accorgersi di questa variazione cromatica accostando colori a tinte diverse fu White, cui si deve il nome di quest'illusione ottica. Approfittando dell'occasione, ho domandato agli alunni cosa significasse quest'ultima e tutti ne hanno condiviso la definizione: 'quando non è la realtà'. Allora ho mostrato loro un effetto simile, relativo all'accostamento di colori complementari, illustrato sul libro 'Luce colore e visione' di Andrea Frova.



Figura 79
Gli alunni esaminano le differenze cromatiche apparenti dei colori.

Qua è chiaro, e qua è scuro..

Questi due sono scuri e questi due chiari.

Però maestra si vede che è lo stesso blu

Ma a me sembra viola..

In alto i quadrati centrali sono viola, in basso sono blu..

Ma dove sta il giallo il blu sembra più scuro..

È vero, anche dove sta nero il viola sembra più chiaro!

Il verde è più vivace.

Forse dipende dai colori! Non è sempre la stessa cosa.

Dipende dal colore qua..

Dal colore intorno!

È come prima, dipende dal colore che sta affiancato!!!

Come è evidente, i bambini hanno dimostrato di avere buone doti interpretative, hanno compreso, infatti, l'influenza concreta che un colore può avere su un altro, ma non solo; si sono rivelati anche capaci di immaginare e ipotizzare situazioni alternative a quella osservata in cui, comunque, la percezione delle componenti cromatiche viene alterata. Precisamente, mentre ero intenta a recuperare le torce, le stesse utilizzate alcune lezioni prima, e predisporre i cartelloni realizzati in modo tale da poterli illuminare, gli alunni hanno avanzato le loro ipotesi.

Vi mentgono in mente altre situazioni in cui un oggetto cambia colore? Qualcosa che influisce sulla percezione del colore? Oltre il colore circostante..

Si...

Mh...

Il Sole??

La luce!!!!!! La luce delle torce li fa cambiare!!!!

Ma anche la luce del Sole .. il rosso scuro lo fa diventare più chiaro.

Illuminando a turno i lavori eseguiti con le luci blu, rossa e verde, gli alunni hanno potuto valutare la validità delle loro ipotesi.

Il nero resta sempre nero!

Il verde diventa arancione con il rosso.

I colori cambiano.

Il verde con la luce verde resta sempre.. perché è verde, e se metti verde sopra non cambia il colore!

Però io lo so che ci sta il bianco e per me resta bianco!

Maestra se apri le finestre i colori ritornano come prima perché c'è più luce bianca rispetto alla luce della torcia.

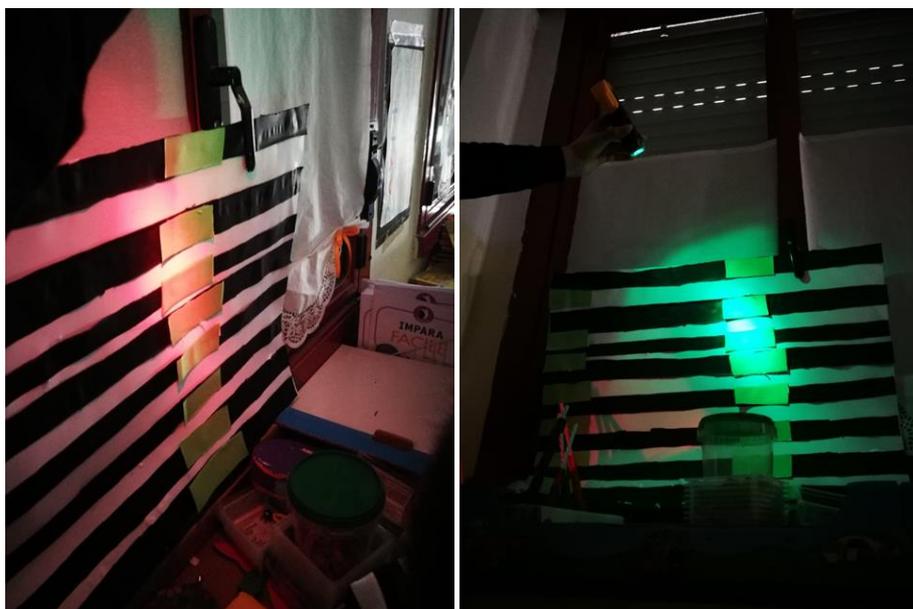


Figura 80 L'illusione di White vista con sorgenti monocromatiche.

All'esperienza descritta è seguita una riflessione circa le emozioni provate per ogni luce colorata accesa. I bambini hanno associato al rosso l'idea di vivacità ('ci carica di energia!'; 'io quando stavo in albergo la camera era tutta rossa, sono stata tutto il tempo con gli

occhi aperti'), mentre al blu, ma più in generale ai colori freddi, l'idea di tranquillità ('quando penso al mare io mi sento più calmo'); del verde nessuno ha espresso il suo parere. In conclusione, sembra aver avuto ulteriore conferma la tesi supportata da scienziati ed esperti negli ultimi tempi, i quali considerano come certa la possibilità di un'influenza psicologica sull'uomo da parte del colore: il rosso e in generale tutti i colori caldi favorirebbero l'esaltazione, la vivacità; al contempo i colori freddi calmerebbero la psiche indirizzandola verso la pace e la quiete.

Nono incontro

Tra i fattori che incidono sulla percezione del colore ritroviamo, oltre i già citati colori circostanti e la tipologia di illuminazione, i nostri occhi e la sensibilità dei nostri fotorecettori. La lezione in questione è stata organizzata nel modo seguente: la classe è stata divisa in quattro gruppi, ad ognuno dei quali, però, è stato attribuito un compito diverso. Descriverò di seguito le attività svolte gruppo per gruppo.

Gruppo I

I bambini hanno costruito su un cartoncino due quadrati simmetrici di cui hanno dovuto individuare il punto centrale. Inizialmente hanno proceduto con la divisione dei quadrati in quattro parti uguali, ma hanno riscontrato presto delle difficoltà poiché le linee non congiungevano i punti medi dei lati opposti e, dopo essersene resi conto, mi hanno chiesto aiuto.

Maestra noi volevamo fare come con le frazioni ma non ci riusciamo.

Qual è il problema?

Le parti non sono uguali.

Avete usato il righello e misurato bene?

Si abbiamo tracciato la linea a metà, abbiamo preso il righello e visto la metà delle quattro linee..

E come si chiamano queste linee?

I lati?

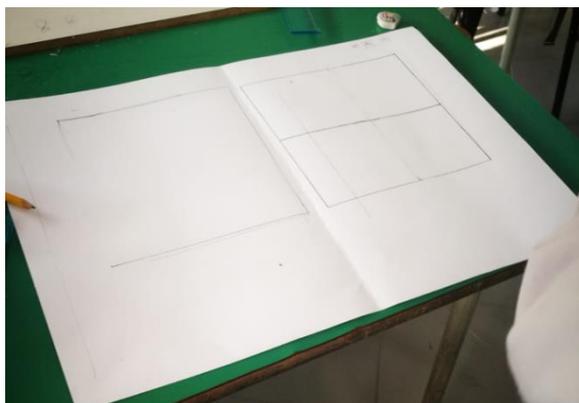


Figura 81 I segmenti divisori tracciati con l'intento di trovare il centro della figura.

Dopo aver appurato, con l'utilizzo di un righello, le misure asimmetriche dei lati tagliati dai segmenti disegnati, li ho invitati a riprovare, nel frattempo mi sono dedicata alla supervisione del lavoro degli altri gruppi. Purtroppo, i bambini hanno tracciato nuovamente una linea erronea e sono tornati a chiamarmi. A questo punto ho suggerito loro di considerare un altro modo per ottenere il punto ricercato, ossia di disegnare un quadrato delle stesse dimensioni su un foglio a parte e provare a piegarlo facendo combaciare i lati opposti tra loro. Dopo diversi tentativi, ho consigliato loro di far combaciare i vertici: anche in questo caso si riesce ad ottenere il punto centrale della figura, e le linee da tracciare non necessitano di particolari misurazioni poiché basta farle partire dai vertici stessi del quadrato. Dopo averle disegnate, infatti, i bambini si sono immediatamente resi conto della perfetta simmetria tra i triangoli ottenuti.

Ma sono triangoli!

Sì, sono triangoli. Se ritagliate questo quadrato e lo piegate a metà seguendo le diagonali cosa succede?

È uguale!

Combacia maestra.

Esatto. Se invece voi piegate il quadrato seguendo le linee che avete tracciato voi..

No questa parte è più grande (indica la sezione a sinistra del quadrato).

Però maestra solo perché abbiamo sbagliato a misurare la metà.

Dopo aver individuato il centro di entrambe le figure, ho chiesto ai bambini di contrassegnarlo in una con un puntino nero, mentre nell'altra di disegnarci un'immagine e colorarla, sempre di nero. I bambini hanno optato per un fiocco.

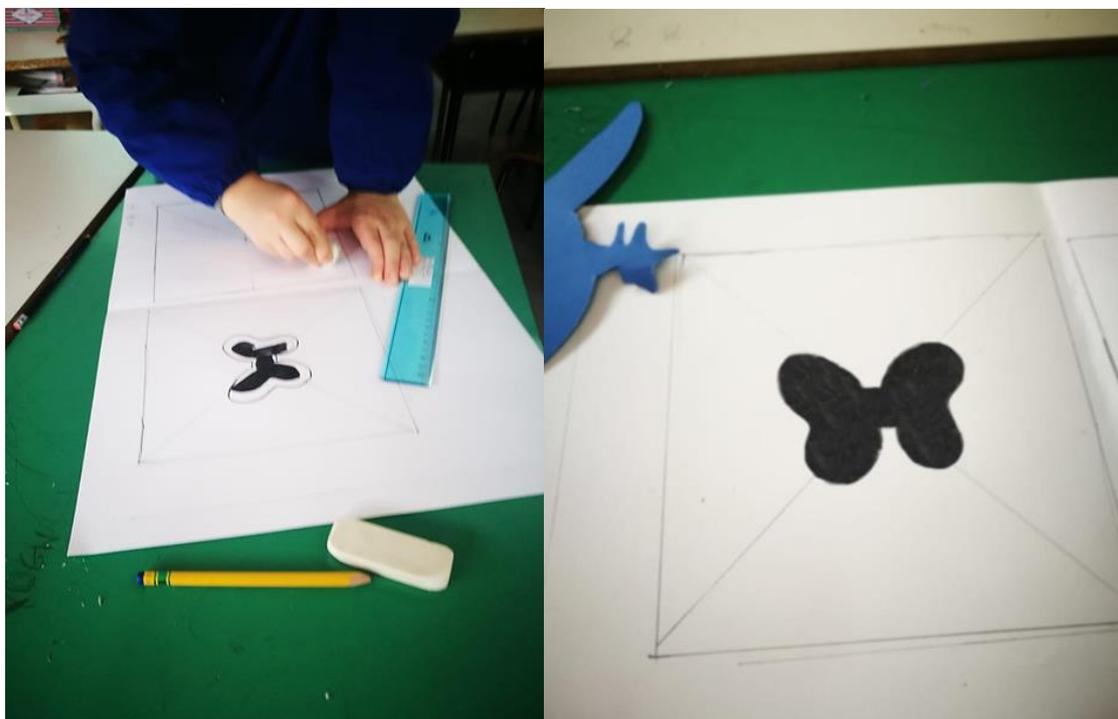


Figura 82 Il disegno realizzato al centro del quadrato.

Gruppo II

A questo gruppo è stata data la consegna di realizzare un taumatropio. Dopo aver osservato il funzionamento di alcuni modelli già realizzati, i componenti del suddetto gruppo ne hanno apprezzato l'originalità individuandone fin da subito le caratteristiche ('le immagini si uniscono', 'va così veloce che l'immagine diventa una sola'). Ho consigliato loro di fare molta attenzione al verso delle immagini che avrebbero disegnato, infatti, esaminando i modelli già terminati, si sono accorti che 'un'immagine sta sotto sopra' e che, di conseguenza, avrebbero dovuto realizzare due disegni complementari (un viso senza naso e un naso, un leone e il domatore, la pioggia e l'ombrello etc.) ma ognuno capovolto rispetto all'altro. Prima di lasciarli lavorare, ho consegnato loro cartoncini, compassi, matite ed elastici.



Figura 83 Alcuni dei taumatropi realizzati dal gruppo II.

Gruppo III

All'interno di questo gruppo sono stati inseriti tre bambini che avevano precedentemente affermato di saper disegnare. Il gruppo in questione è stato, tra tutti, quello costituito da poche unità a causa della semplicità del compito assegnato loro: disegnare una grande gabbia per uccelli sulla metà di un cartoncino bianco.

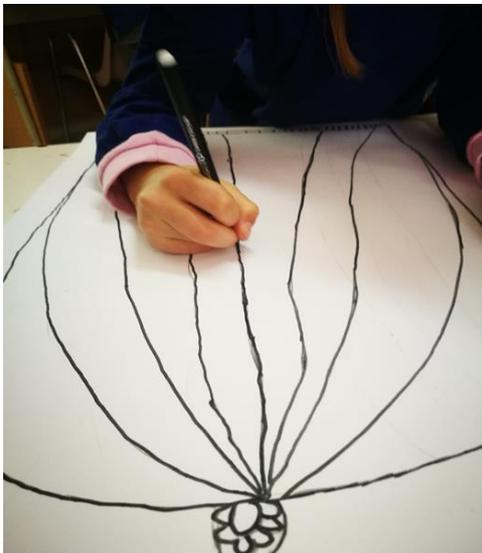


Figura 84 Il lavoro di disegno quasi terminato.

Gruppo IV

Ultimo gruppo, ultima consegna: ai bambini è stato chiesto di disegnare, su appositi cartoncini di colore verde e rosso, una sagoma che ricordasse un uccello. Le sagome,

una volta ultimate, sono state ritagliate e attaccate una su un foglio A3 bianco e una sull'altra metà del cartoncino sul quale è stata disegnata la gabbia.



Figura 85 Le sagome realizzate dal gruppo IV.

Una volta portati a termine i compiti richiesti agli alunni, ho fatto avvicinare i componenti dei gruppi I, III e IV attorno il 'tavolo da lavoro' del gruppo II, e ho lasciato che i membri di quest'ultimo mostrassero i taumatropi realizzati ai loro compagni che, nel frattempo, si erano occupati di altro. Abbiamo discusso insieme del loro funzionamento e, soprattutto, del motivo per cui potessimo osservare le due immagini unirsi. In un primo momento i bambini hanno associato questo fenomeno alla velocità con cui il disco rotondo veniva fatto ruotare, non avendo tutti i torti: è la rapidità con cui un'immagine si sovrappone all'altra a darci modo di poterle vedere contemporaneamente, ma questo non è l'unico motivo. Infatti, se i recettori visivi non avessero la capacità di trattenere l'immagine per circa 1/50 di secondo dopo la sua visione, questo fenomeno non avrebbe avuto luogo.

Uaa si unisce!

Maestra sono come quei libri.. che tu giri le pagine veloce e i disegni sembra che si muovono..

Si, quando gira non si riesce a vedere bene perché va così veloce che sembra che tutti i colori si uniscono..

Vediamo se ricordate un esperimento che abbiamo fatto noi e nel quale si univano i colori.

Sì quello dove si formava il bianco!

Sì quando hai usato il dischetto!

Bravissimi, il disco di Newton! In quel caso i colori si univano, come in questo caso le immagini.. ma perché?

Forse perché va così veloce..

Perché va veloce!

Il disegno resta.

Resta dove?

In aria?

Negli occhi!!!! Negli occhi!!!

Esatto!! Questa cosa si chiama 'persistenza della visione sulla retina', sapete la retina cos'è?

Una parte dell'occhio..

Sta nell'occhio!

Sì, è una struttura nell'occhio che ci permette di vedere. La retina percepisce questi disegni che vediamo, e mentre il foglio gira velocemente, è come se le immagini che vediamo restassero un po' più tempo sulla retina, cioè nel nostro occhio.

Non ho capito..

Ma come quando ad esempio ci accechiamo? Con il Sole?

Sì io quando guardo il Sole dopo vedo tanti pallini colorati.

In questo caso, anche se inconsapevolmente, i bambini avevano introdotto già l'attività successiva. Dopo aver ascoltato le loro opinioni, infatti, ho recuperato il cartoncino sul quale era stata incollata la sagoma rossa dell'uccello su una metà e sull'altra disegnata la gabbia. Ho chiesto loro di osservare attentamente la sagoma rossa fino a quando non gli avessi detto di spostare lo sguardo alla gabbia.

Io vedo i bordi di un altro colore..

Maestra mi sto a fa male gli occhi, mi sembra che ci sono più uccelli!

Io non vedo niente...

Dopo lo spostamento dello sguardo sulla gabbia:

Ma sei una maga?

Io vedo un uccello bluuu!!!

No, è verde. È verde!

Hai fatto una magia ed è comparso l'uccello verde che ci hai fatto ritagliare prima.

Ho capito! Se prendi il verde allora poi si trasforma in rosso..

Bravissimo! È proprio così!

Veramente mi so buttato a caso..

Allora abbiamo eseguito lo stesso esperimento anche con la sagoma verde.

Io lo so, io lo so.. è come prima con l'oggetto che ci hai fatto costruire.

Esatto, l'immagine resta ancora nei nostri occhi.. ma c'è una differenza..

Che si muove!

No.. che prima esistevano tutte e due le immagini ora no.. l'uccello che appare non esiste!

Il colore è diverso.

Se è rosso diventa tipo azzurro, se è verde diventa rosso.

Si trasforma perché i colori si uniscono?

Dopo aver suggerito loro che questa esperienza presentava analogie con quella precedente dei taumatropi, gli alunni hanno compreso che la comparsa della sagoma nella gabbia era dovuta proprio all'immagine che persiste sulla nostra retina. Ma, in questo caso, c'era un fattore nuovo che doveva essere considerato: stiamo parlando del contrasto successivo, dovuto all'affaticamento dei coni e la conseguente percezione del colore complementare. A tal proposito, ho consigliato ai bambini di immaginare i recettori dei nostri occhi come i pixel che avevamo osservato al microscopio: quando quello rosso è stato attivo per troppo tempo ha bisogno di ricaricarsi, quindi anziché attivarsi insieme agli altri per farci vedere la superficie bianca, resta in stand-by per qualche secondo. La diretta conseguenza è che anziché vedere bianco, frutto della stimolazione contemporanea dei tre recettori, percepiamo ciano, risultato cromatico della stimolazione simultanea dei recettori sensibili al blu e al verde.

Successivamente, l'esperienza del contrasto successivo è stata riproposta in versione acromatica, utilizzando come modello da fissare il fiocco al centro del quadrato creato dal gruppo I.

Io non vedo niente..

Io vedo tutto nero tranne al centro!

Il fiocco è diventato bianco lucido.

Si sono invertiti maestra! Si sono invertiti!!!!

Io non riesco a vedere.

Maestra è la stessa cosa di prima.. l'occhio si stanca!

Si è vero, la stessa cosa, si stanca e ci fa vedere al posto del bianco il nero e al posto del bianco.. eeee, tutto al contrario.

Maestra questo succede anche quando uno vede alla LIM per tanto tempo.. ci stanchiamo e tutto intorno io vedo strano e di un altro colore!

Decimo incontro

Come abbiamo visto nel capitolo precedente, sebbene la percezione possa sembrare un processo apparentemente semplice, associato alla sola stimolazione retinica e alle caratteristiche fisiche delle radiazioni luminose, studiato più a fondo si rivela, invece, molto più complesso. Non solo perché tinte tra loro accostate possono ravvivarsi a vicenda o l'una prevalere sull'altra, né perché i nostri recettori si affaticano e per un breve lasso di tempo non inviano più stimoli al cervello. Le esperienze fatte fino a questo punto dai bambini non potevano considerarsi ancora sufficienti, c'era altro di cui avrebbero dovuto fare conoscenza, come, ad esempio, quanto la memoria conduca il cervello ad interpretazioni erranee e illusorie. Del suddetto scopo si avvalgono le due attività presentate durante l'incontro in questione.

In seguito alla distribuzione, ad ogni alunno, di due fotografie raffiguranti il medesimo volto (le tipologie di volto erano, in tutto, quattro), ho chiesto loro di ritagliare, su una sola delle due foto, bocca e occhi, prestando attenzione alla forma da utilizzare poiché i pezzi tagliati sarebbero dovuti essere sovrapposti nuovamente nelle cavità ottenute ma capovolti, senza, per questo, generare spazi vuoti.

E come facciamo? In che modo?

Ma a me gli occhi sono troppo piccoli per poterli tagliare a lei!

La pallina così gli occhi vanno bene!

Il cerchio va bene, perché quando lo riattaccate capovolto non lascia nessuno spazio vuoto. Se invece tagliate un pezzettino triangolare, mi sapete dire poi cosa succede se lo capovolgiamo?

Non combacia?

È vero..

Quindi il quadrato!!

Anche il rettangolo allora va bene maestra?

E anche il cerchio..

Per gli occhi possiamo fare l'ovale!

Il compito è stato realizzato con qualche difficoltà: alcuni, per ottenere una figura ovale, hanno seguito il contorno degli occhi tagliando parti eccessivamente ridotte per essere rilevanti nell'esperienza successiva; ma, una volta individuato il problema, hanno deciso di lavorare sulla seconda fotografia lasciando la prima invariata. Altri, invece, hanno piegato la foto affinché potessero ritagliare solo la parte interessata, ma ciò li rendeva particolarmente imprecisi. In questo caso, ho suggerito loro di guidarsi con le forbici verso l'area da voler ritagliare e capovolgere poiché, successivamente, avrebbero dovuto attaccare le due foto, di cui una modificata, su un cartoncino e, quindi, le sezioni ritagliate non sarebbero state facilmente visibili se riavvicinate.



Figura 86 A sinistra, il momento del ritaglio; al centro e a destra, i risultati ottenuti.

Completato il compito, ho esortato i bambini a capovolgere il cartoncino e osservare i due volti a testa in giù. Nonostante la consapevolezza della stranezza, sottosopra i visi sono sembrati apparentemente normali, certo uno un po' più strano dell'altro, ma la

differenza tra i due è diventata realmente evidente solo una volta messe le foto nel verso originale.

Ho capito ho capito ho capito! Dall'altro lato sembra felice!!!

Quello ritagliato sembra felice.

Ha gli occhi dall'altra parte..

Sembra che sta sorridendo al contrario..

Ma sembrano uguali!!!!

Maestra sottosopra io faccio caso solo ai tagli, però sembra uguale.

Perché gli occhi sono già al contrario e tu non lo puoi notare subito.

Perché quando era dritta era triste.. solo che l'abbiamo girata e diventa difficile perché noi abbiamo girato i pezzi che abbiamo ritagliato.. e quindi non è felice vedere bene come è fatto..

Perché quando abbiamo ritagliato i pezzi e li abbiamo girati la figura non era completa, quindi se giriamo la fotografia vediamo che la bocca e gli occhi sono storti ma da lontano non si può notare bene perché non riusciamo a vedere bene la figura.

Secondo me perché i personaggi sono al contrario! Perciò.

Quello a sinistra non l'abbiamo ritagliato apposta, perché quando si girerà, si deve notare bene la differenza. Perciò l'ultima volta quando abbiamo visto l'illusione ottica.. è la stessa cosa, è un'illusione.

Maestra noi non notiamo che alcuni pezzi sono messi al contrario perché c'è l'altra foto affianco che si vede che è la stessa e quindi ci confonde.. invece se la mettiamo dritta si nota, perché la confrontiamo con l'altra..

Nel momento esatto in cui la discussione si è fermata con quest'ultima riflessione, è bastata una breve domanda affinché uno degli alunni intuisse il motivo per cui, capovolta, la foto non era così disturbante come ci saremmo aspettati. Dunque, ancora una volta, i bambini hanno dimostrato di dover essere supportati quanto basta per avanzare nel processo interpretativo e conoscitivo in modo efficiente. Come sosteneva Vygotskij, l'insegnante deve essere un facilitatore, e non un fornitore di contenuti.

Noi quando siamo per strada, anche adesso... i nostri visi come li vediamo? Dritti o capovolti?

Dritti!

Non siamo pipistrelli..

Perché siamo abituati a vederci dritti, quindi lo notiamo che la faccia è al contrario.

Maestra! Quando abbiamo ritagliato i pezzi e li abbiamo messi al contrario il nostro cervello si è abituato a vedere le facce diritte, quindi quando le giriamo il nostro corpo sembra che le vediamo uguali anche se non è così.. perché non siamo abituati.

Riconosciuta la validità dell'affermazione, abbiamo elaborato una spiegazione condivisa al fenomeno di riferimento: 'siamo abituati a vedere i nostri volti dritti e quando le foto sono dritte ce ne accorgiamo subito che ci sono occhi e bocca capovolti. Se giriamo la foto, però, non ci facciamo caso, perché il nostro cervello non è abituato a vedere facce sottosopra, quindi rielabora l'immagine per come si aspetta che sia, e non per com'è realmente'. In seguito, per avvalorare ulteriormente l'ipotesi dell'intervento della memoria sull'elaborazione visiva, ho sottoposto agli alunni un'altra esperienza, simile alla precedente poiché legata inevitabilmente ad una percezione che è conseguenza dell'abitudine di vedere le cose in un certo modo, ma anche diversa. Il cervello, in questo caso, non modifica la percezione del verso di un oggetto, ma della sua solidità.

Ho mostrato agli alunni una struttura, composta da tre cubi parziali attaccati tra loro lungo gli spigoli, esortandoli a dirmi cosa rappresentasse.

Sono delle scatole a metà.

Dopo averne indicata la giusta nomenclatura, ho spento le luci e chiesto ad un bambino di illuminare uno dei tre cubi parziali con una torcia, mentre tutti gli altri dovevano osservare gli stessi coprendosi un occhio.



Figura 87 Un'alunna con la struttura di riferimento.

È un'illusione ottica.

Io vedo delle ombre.

Ho capitoooooo.. sembra chiuso!!!

*È vero, sembrano interi!!!
A due occhi si vedono aperti però..
Sembra che c'è un ologramma..
Provate a muovere la testa a destra e a sinistra lentamente.
Si muove lui!! Si muove lui!!
Quando si.. sembra che.. si muove..
Ma come è possibile?⁹
È un esperimento bellissimo!*

A questo punto ho voluto conoscere il loro parere rispetto questa percezione illusoria.

*Perché le parti illuminate sono.. come se si formasse un quadrato chiuso..
Perché era buio e quindi non si vedeva bene.
Dipende da come ci mettiamo secondo me.
Cosa c'è di simile all'esperienza di prima?
Che sono al contrario?⁹
No mica sono al contrario!
Che era buio quindi non vedevamo tanto bene.
Perché noi non siamo abituati a vedere..
Cosa?
Non li vediamo mai dei quadrati aperti.
Cubi.
Eh, dei cubi aperti.. allora ci sembrano chiusi perché di solito sono chiusi!?
Maestra io quello che ti volevo dire è che alla fine io ho visto proprio come se si era girato..
Io ad un certo punto quando l'ho visto girato non ho più capito niente! Pensavo che tu l'avevi girato!*

Sorpresa dalle reazioni incredule e dalle loro intuizioni, ne ho approfittato per fornire ai bambini una definizione maggiormente precisa del fenomeno, sebbene, dal punto di vista contenutistico, non abbia aggiunto nulla di più rispetto a quello che loro avevano già detto: era giusto considerare la percezione solida dei cubi parziali come conseguenza della memoria del nostro cervello, ma non perché questo vedesse sempre cubi 'chiusi'; è il mondo che ci circonda ad essere tridimensionale, sono gli oggetti che manipoliamo quotidianamente ad essere solidi, e il cervello, essendo abituato a questa tridimensionalità, tende ad attribuire solidità agli oggetti ambigui, come quello in questione. Abbiamo concluso la lezione con una riepilogazione collettiva di tutti i fattori

analizzati e individuati in grado di influire sulla nostra percezione, ossia: le caratteristiche dell'ambiente visivo (in particolare l'accostamento dei colori), le condizioni di illuminazione, l'affaticamento dei nostri recettori visivi e l'elaborazione del campo visivo ad opera del cervello, a sua volta suggestionato dalla nostra memoria visiva, responsabile del fenomeno definito 'costanza del colore', secondo il quale una superficie, ad esempio bianca, resta tale anche in condizioni di scarsa illuminazione.

Undicesimo incontro

A questo punto del percorso, sebbene poco sia legata al tema del colore, mi è sembrato opportuno introdurre almeno un'attività che avesse a che fare con la visione stereoscopica⁷², soprattutto perché nella lezione precedente la terza dimensione era stata individuata come una tra le cause della percezione illusoria, ma appena accennata.

Dunque, il focus tematico è proseguito lungo i binari delle illusioni ottiche, con l'aggiunta di nuove tappe a quelle già esplorate: gli inganni percettivi in assenza d'informazioni spaziali e la riproduzione della tridimensionalità nell'arte e nel disegno.

Durante la prima fase della lezione i bambini hanno osservato, attraverso una piccola fessura, l'interno di una scatola, in cui sono state inserite, mediante due fori, due cannuce sulla cui estremità sono stati attaccati due cerchi di diametro differente. Ho sistemato le cannuce, perfezionandone la posizione, in modo tale che, guardando dalla fessura posta di fronte i cerchi, questi sembrassero della stessa dimensione. Allora ho diviso gli alunni in due gruppi, esortando i membri del primo ad osservare l'interno della scatola per poi dirmi cosa vedessero.

⁷² Ovvero, la capacità dell'occhio di percepire la terza dimensione grazie alla visione congiunta degli occhi, i quali inviano al cervello due immagini del medesimo oggetto in due angolazioni diverse.



Figura 88 L'osservazione dei cerchi all'interno della scatola.

Io vedo due cerchi..
Ci sono due buchi neri.
Io vedo due cerchi uguali.
Vedo due buchi e quello a sinistra mi sembra più piccolo..
Sono due palline blu uguali!

Tutti i bambini del primo gruppo, ad eccezione di uno, hanno affermato di vedere due cerchi dalle uguali dimensioni. Dopo aver posizionato le cannucce in modo tale da avere quella con il cerchio di dimensioni maggiori più lontana dal foro attraverso il quale i bambini sbirciavano, ho esortato i componenti del secondo gruppo a fare la stessa esperienza dei compagni, fornendomi informazioni più precise rispetto il diametro dei due cerchi, ce n'era uno più grande?

Quello a destra.
Quello celeste.
Quello di qua, a destra..
Maestra quello alla tua sinistra.
Ha vinto quello di destra!

In questo caso tutti gli alunni coinvolti hanno indicato come cerchio con diametro maggiore quello 'a destra', tra i due il più piccolo e quello più vicino alla fessura.

Ovviamente l'ipotesi resta tale se non viene validata, ecco perché ho mostrato loro l'interno della scatola, affinché potessero capire di aver compiuto un errore di valutazione a causa dell'assenza dei riferimenti spaziali necessari.

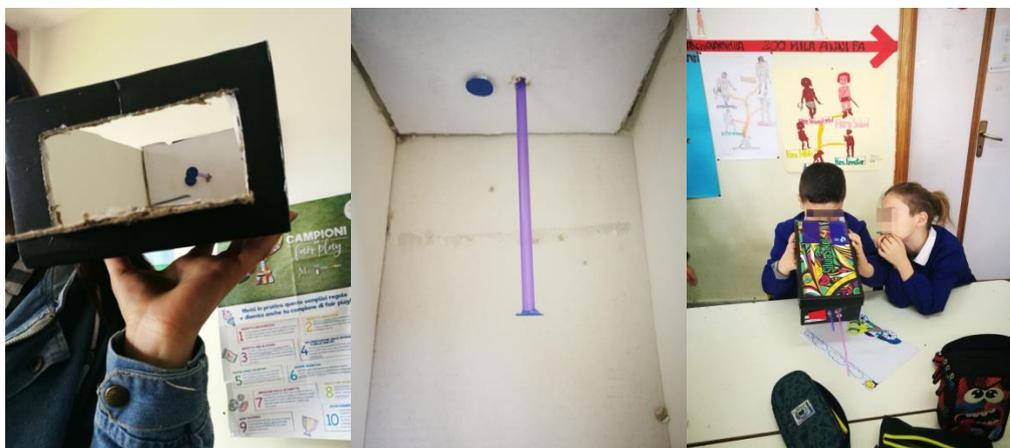


Figura 89 Gli alunni osservano la reale dimensione dei cerchi e l'effettiva posizione delle cannucce.

Maestra quello (indica il cerchio più piccolo) sembrava più grande perché stava più vicino!

Quello a destra era più avanti, perciò.. quella più dietro ci sembrava più piccola, ora che però l'abbiamo visti insieme abbiamo capito che non è così, cioè non è più grande quello avanti ma quello indietro.

Maestra però ci dovevamo arrivare, le cannucce dietro la scatola una era più lunga dell'altra!

Come mai avete avuto difficoltà guardando dal foro?

Perché noi non potevamo vedere le cannucce..

Vedevamo solo con un occhio!

Cos'è cambiato quando ho aperto la finestra?

Abbiamo visto la distanza!

Che potevamo vedere la distanza delle due cannucce.

Infatti, osservando le cannucce senza limitazioni visive e spaziali i bambini si sono resi subito conto delle reali dimensioni dei cerchi, riuscendo ad individuare la relazione tra variazione apparente della grandezza e distanza: 'le cose lontane si vedono più piccole'. A questo proposito, gli alunni hanno dimostrato la veridicità dell'affermazione con molti esempi connessi alle loro esperienze pregresse, come, ad esempio, la dimensione delle barche viste dalla battigia: 'di quelle più vicine tu puoi vedere addirittura la scritta!'. Di

conseguenza, ho introdotto il concetto di prospettiva nell'arte, descrivendola come un insieme di regole geometriche per rendere la rappresentazione della realtà quanto più fedele possibile alla visione diretta. Anche in questo caso, non sono mancati interventi aggiuntivi da parte dei bambini.

Con la prospettiva si fanno un sacco di cose.. ad esempio se chiudo un occhio e vedo il mio indice, il mio indice mi sembra più grande di Stefano (distante circa due metri).

Approfittando del momento riflessivo, ho chiesto loro se sapessero dirmi cosa fosse un'eclissi.

Quando la Luna e il Sole si incontrano..

È tipo uno spettacolo.

Quando il Sole va dietro la Luna.

La Luna è più grande o più piccola del Sole?

Piccola!!!

Il Sole è immenso.

E allora perché quando c'è l'eclissi, la Luna riesce a coprire il Sole?

Perché sta più vicina..

Perché il Sole è più lontano!!!!

Se il Sole è lontano ci sembra più piccolo e la Luna anche se è piccola riesce a coprirlo perché è più vicina alla Terra!

La Luna è vicina alla Terra, la possiamo vedere e sembra della stessa grandezza del Sole.

Adesso ho capito come fanno le nuvole a coprire le stelle e il Sole.

Per valutare le capacità di riprodurre graficamente un'illusione tridimensionale, e non solo riconoscerla, ho consegnato ad ognuno degli alunni un'immagine prospettica di una galleria e, su un foglio, rappresentazioni di sagome umane di grandezza diversa. Ho chiesto loro di collocare le figure individuandone la posizione ipotetica lungo la galleria in base alla loro grandezza.

Maestra ma sembra un tunnel tridimensionale!

Mi sembra di sprofondare dentro.

Quindi dobbiamo ritagliare queste persone e le dobbiamo sistemare mettendo quelle più grandi più vicine e quelle piccole lontane vicino l'immagine del fiore!



Figura 90 La disposizione delle sagome umane sull'immagine prospettica.

Dodicesimo incontro

Con l'avvento delle ultime due lezioni abbandoniamo definitivamente le esperienze percettive illusorie per conoscere il legame esistente tra i sensi, non del tutto indipendenti l'uno dall'altro come si potrebbe pensare. In questo terzultimo incontro, infatti, gli alunni hanno potuto constatare la facilità con cui una determinata tonalità può, oltre che richiamare alla mente ricordi ed emozioni, incidere sui profumi che sentiamo o pensiamo di sentire. A questo scopo ho proposto loro un'attività relativamente semplice, per la quale ho avuto bisogno di organizzare e manipolare materiali ben precisi: otto bocchette trasparenti, quattro fragranze profumate (limone, fragola, cocco e arancia), coloranti alimentari e un supporto di cartone. Ho fatto in modo che, per ogni coppia di bottiglie, queste avessero al loro interno la stessa quantità di profumo e la stessa fragranza, ma differissero per il colore del liquido: ad esempio ho utilizzato il giallo per colorare solo uno tra i due liquidi che profumavano di limone, mentre per l'altro ho impiegato un colore per niente inerente, ossia il blu. Ho disposto le bocchette in modo tale da avere due gruppi simmetrici per fragranza (contraddistinti dal colore del supporto): a sinistra i contenitori il cui liquido era colorato in modo pertinente al profumo, a destra gli altri.

Prima di mostrare loro il sostegno di cartone con le bottigliine che avevo realizzato prima dell'incontro, ho consegnato ad ogni alunno un bigliettino con su scritto il nome di uno dei colori dei liquidi. Per eseguire l'attività ho avuto bisogno di due bambini che mi aiutassero a mantenere il supporto e aprire, di volta in volta, le boccettine.

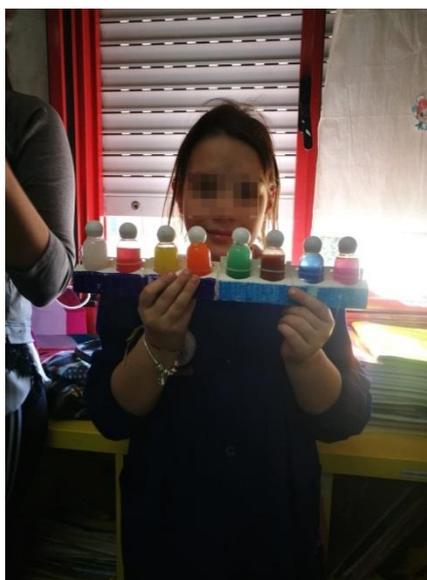


Figura 91 Il supporto e le bottigliine contenenti liquidi profumati e colorati.

Che odore (dice la bambina che mantiene la struttura).

E come li hai costruiti maestra?

Dove li hai comprati?

Io sono curioso di sentire tutti.

In seguito ai primi momenti di curiosità mista a incomprendimento rispetto il da farsi, ho spiegato ai bambini le regole di questo semplice gioco: ognuno avrebbe dovuto annusare il profumo dell'acqua colorata indicata sul biglietto e sullo stesso avrebbe dovuto riportare il profumo riconosciuto.

Maestra mi stai facendo venire l'acquolina in bocca.

Maestra posso scrivere più di uno?

A tal proposito, l'affermazione sopra riportata, 'mi stai facendo venire l'acquolina in bocca', già permette di individuare un primo nesso esistente tra olfatto, vista e gusto (si guardi a pagina 72).

L'attività è iniziata e proseguita in modo composto e organizzato, ogni bambino ha aspettato il proprio turno per annusare il liquido colorato e provare ad individuarne la fragranza.



Figura 92 Alcuni dei profumi individuati dagli alunni.

Una volta trascritta l'idea relativa il profumo annusato, ogni bambino ha capovolto il fogliettino restando in silenzio, consapevole di non dover influenzare le sensazioni altrui con le proprie. Conclusa l'esperienza, abbiamo ascoltato, per ogni liquido colorato, le fragranze individuate da chi l'aveva annusato.

Chi ha annusato il colore bianco, cos'ha scritto?

Io cocco e latte!

Io cocco!

Io non sono riuscita a decifrarlo..

Filippo come mai hai scritto cocco e anche latte?

Ha l'odore del cocco, quando rompiamo il cocco e dentro esce quel liquido.. sembra il latte di cocco!

Ah, quindi tu ti riferivi comunque al cocco e non al latte. Va bene. Filippo e Dino siete stati bravi, avete indovinato: è cocco!

Yeeeeee

Evvai!

Nel frattempo ho assegnato ad un alunno il compito di far annusare il liquido in questione a chi non aveva ricevuto il bigliettino con su scritto 'bianco'.

Come avete fatto a non riconoscerlo subito? È cocco sicuramente, se lo mangia sempre mio padre..

Mmmmmmh buono!

Così come per questa prima combinazione, le successive tre (rosso-fragola; giallo-limone; arancione-arancia) non hanno generato nessun tipo di problema. I bambini sono stati in grado di individuare la giusta fragranza e anche chi, nel mentre, ha annusato l'interno delle bottigline non ha avuto alcun dubbio rispetto le ipotesi avanzate dai compagni, che io ho confermato.

Il discorso si è fatto più complesso con i contenitori del secondo gruppo di profumi. Com'è possibile notare dalle foto sopra, il colore ha decisamente influito sulla percezione olfattiva: gli odori individuati, infatti, rimandano a elementi il cui colore combacia con le sfumature cromatiche del liquido esaminato (ad es. menta e verde, chupachups e magenta).

Chi aveva il marrone, cos'ha scritto?

Coca cola io..

No, per me aveva un sapore aspro.

Maestra io non l'ho scritto perché.. non lo so. Era molto difficile.

Il blu?

Io.. ho scritto mirtillo!

Maestra per me era un odore familiare ma non sono riuscita a decifrarlo, mi sembrava limone.

Sebbene la maggioranza avesse vere e proprie certezze a proposito del profumo riconosciuto, due bambini hanno mostrato perplessità sugli odori individuati dagli altri, attribuendo al compito una difficoltà maggiore rispetto a quella delle combinazioni del

gruppo precedente. Allora ho detto loro che, effettivamente, facevano bene ad avere dubbi poiché le fragranze ipotizzate non corrispondevano a quelle reali, che, invece, erano le stesse già individuate dai compagni che avevano esaminato le prime quattro bottigline.

Hai buttato il colorante in mezzo!

Ma come? Sembrano diversi!

Io lo sapevo, l'avevo detto! Poi ho corretto perché tutti avevano scritto mirtillo.

Cos'è che vi ha ingannato?

Il colore!!

Il colorante!

Perché sembra che questo (marrone) è Coca-cola.

Il colorante diverso.

Anche l'attività successiva non ha fatto altro che confermare la già riconosciuta influenza tra componente cromatica e percezione olfattiva. Ho chiamato i bambini a gruppi di cinque e fatto annusare loro le fragranze uguali chiedendogli di individuare tra le due quella più profumata.



Figura 93 Gli alunni coinvolti nella seconda attività.

Tutti sono stati d'accordo nell'affermare che gli odori, per ogni coppia associata, non avessero la stessa intensità e che questa fosse maggiore laddove il colore del liquido era coerente con la fragranza stessa, ad eccezione di due bambini: il primo ha riconosciuto

come profumo più intenso quello del liquido dal colore insolito, ma solo perché riteneva la risposta fornita da tutti gli altri troppo scontata ('secondo me è sbagliato giallo quindi per me è blu'); la seconda, invece, ha identificato l'uguaglianza tra le due fragranze analizzate ('per me l'arancione e il magenta sono uguali'). Alla scoperta della medesima quantità di profumo presente in entrambe le boccettine di ogni coppia, i bambini hanno ricevuto prova di quanto già avevano intuito in precedenza.

Ma come è possibile?

Maestra allora i primi profumano di più.. perché.. è proprio il colore!!

Sembra che profumano di più perché li hai creati proprio con quelli che profumano.

Le nostre menti sono tutte uguali.. quindi noi vedendo anche il colore del profumo, pensiamo che è quella cosa che la rappresenta. Però secondo me se noi ci bendiamo e l'ascoltiamo è uguale.

Bravissima Dalila.

Il colore ci influenza.

Se li facevi tutti dello stesso colore, li indovinavamo subito.

Ecco, quello che vedete, i colori, ha influenzato quello che avete annusato. Questa è una strategia che usa chi crea profumi, ad esempio un profumo a fragola, ma anche un lucidalabbra, spesso è rosso.

Così il profumo è più intenso!

E per forza, se lo fanno marrone non si capisce!

Tredicesimo incontro

Questo è il tredicesimo incontro, l'ultimo in cui i bambini hanno potuto sperimentare direttamente quello che ancora era rimasto da approfondire poiché il successivo sarebbe stato dedicato interamente alla valutazione delle conoscenze costruite e consolidate.

Con questa lezione l'intento era sì continuare il discorso delle reciproche influenze tra i sensi, ma anche permettere ai bambini di sperimentare autonomamente e liberamente l'espressione delle proprie emozioni interne attraverso la scelta cromatica e il disegno.

L'attività ha coinvolto individualmente ogni alunno, cui è stato fornito un foglio da disegno e diversi strumenti artistici e non (pastelli, pennarelli, acquerelli, tempere,

pennelli, spugnette, matite, cannuce..). L'ascolto di brani musicali differenti ha contribuito alla stimolazione emotiva degli alunni, ai quali ho chiesto di associare un colore ad ogni melodia udita e utilizzarlo per disegnare qualsiasi cosa venisse loro in mente.

Possiamo usare qualsiasi cosa?

Ma dobbiamo cambiare foglio?

Ma come se fosse un disegno astratto?

Potete disegnare tutto ciò che la musica vi ispira e utilizzare qualsiasi oggetto messo a disposizione; il foglio sarà sempre lo stesso e, se volete, potete anche fare un disegno astratto come suggerisce Antonio.

All'ascolto del primo brano musicale, 'Le quattro stagioni' di Antonio Vivaldi, gli alunni hanno cominciato a dedicarsi alla loro piccola opera d'arte. In questo caso, i colori maggiormente utilizzati sono stati quelli caldi, in particolare le sfumature del magenta.



Figura 94 Alcuni alunni intenti al lavoro durante l'ascolto del primo brano musicale. Da notare l'utilizzo delle cannuce per orientare l'estensione della macchia di colore.

È rilassante questa musica.

Maestra il mio è brutto!

Concluso il brano, ho chiesto loro di motivarmi la scelta cromatica e, nell'eventualità di un disegno concreto, della figura disegnata.

Ma questa musica cosa vi ha fatto pensare?

Disegno astratto.

Classica!

Eleganza.

Due persone che ballavano!

La danza, perciò ho disegnato le scarpette!

Educazione.

Perché educazione?

Tipo stai ad un balletto, non puoi saltare, girare, non puoi fare tutto quello che ti pare, devi fare solo quello che ti dicono.

Rita tu che colore hai scelto?

Il rosso.

Perché?

Perché è il mio colore preferito.

Io ho preso il viola perché per me è il colore più elegante.

Io ho scelto viola e arancione!

Dino tu hai scelto il verde, come mai?

Perché questa canzone era rilassante, e il verde secondo me era perfetto.

Una minoranza ha disegnato lo strumento musicale, prediligendo, di conseguenza, il colore dello stesso ('io ho scelto il marroncino.. perché ho pensato al violino!').

Conclusa la discussione e recuperato il silenzio necessario, i bambini hanno ascoltato il secondo brano: un'esibizione singola del trombettista Fabrizio Bosso.



Figura 95 I disegni in fase di elaborazione durante l'ascolto del secondo brano musicale.

Per questa seconda melodia, tra i colori quelli più utilizzati sono stati il blu e il giallo, tra i disegni i più frequenti la tromba e le onde.

Io ho usato il giallo, ma ho fatto delle onde...perché mi rilassa.

Per me per la tromba il giallo è più appropriato!

Secondo me giallo perché il suono della tromba è aggressivo, mi da energia.

Io ho fatto il blu perché mi fa pensare al mare.

Il terzo brano musicale che ho scelto per quest'esperienza è suonato da Gazzelloni, flautista. I colori più utilizzati durante il suo ascolto sono stati il verde, il blu e le sue sfumature.

Maestra come si disegna il flauto? Non mi ricordo come è fatto..

Mi è venuta un'idea!

Che suono.. bello, calmo..

Maestra secondo me io l'ho fatto un po' troppo grande il flauto.

Questa canzone mi fa ricordare la natura e il suono delle cicale.

Un totale cambio di umore si è verificato nel momento in cui ho fatto partire i successivi brani musicali: 'Nuvole bianche' di Ludovico Einaudi e 'Comptine d'un autre ètè' di Yann Tiersen. In questo caso è prevalso su tutti l'utilizzo dell'azzurro e del nero, il primo scelto poiché associato al colore della tristezza, il secondo a causa dello strumento musicale stesso.

Il pianoforte!!!

Io disegno il pianoforte.

Maestra io faccio le gocce perché fa piangere questa canzone!

È vero, è triste.



Figura 96 La rappresentazione di un pianoforte.

Quando ho selezionato l'ultimo file audio, un brano di Mischa Maisky al violoncello, i bambini hanno fatto fatica a riconoscere lo strumento musicale suonato, ipotizzando si trattasse dell'organo o del contrabbasso. Dopo aver comunicato che fosse un violoncello, ossia un violino un po' più grande, gli alunni hanno cominciato a lavorare all'ultimo disegno, macchia o tratto di pennello.

Maestra io ho disegnato un bimbo ricco..

Ricco?

Eh sì, hai detto che il violoncello è grande.

Maestra io ho già finito! Ho tempere ovunque, sulla faccia, sopra al foglio e sulle mani.



Figura 97 L'alunno, ad un certo punto dell'attività, ha deciso di continuare a dipingere utilizzando come strumento le mani stesse.

Una volta terminata la musica ho detto ai bambini di dare un titolo al proprio disegno e successivamente di collaborare per riordinare la classe. Nel frattempo ho raccolto i loro lavori e qualcuno, oltre a chiedere un mio parere, ci ha tenuto a spiegarmi le intenzioni alla base della creazione di quel disegno stesso.

Il mio è astratto!

Ma ti piace il mio? Ho fatto bene?

Il mio ha anche un nome: pasticcio di carta!

Io fin dall'inizio ho pensato ad un palcoscenico e ad un'artista che si esibisce, poi alcune canzoni mi hanno fatto pensare alla spiaggia e allora ce ne ho messa un po'.. Poi mi è venuto in mente pure una foglia che scende.. e il cuore qui, il cuore qui.. perché secondo me l'arte è amore.

Dopo aver disposto i lavori sul davanzale della finestra affinché asciugassero, ho voluto conoscere le riflessioni post-attività dei bambini, in particolare, perché secondo loro era importante che ascoltassero la musica se l'obiettivo finale dell'incontro era l'elaborazione di un disegno. 'Per farci rilassare' è stata una tra le risposte più gettonate. Allora, li ho esortati a dirmi quanto essa fosse stata influente nella scelta del colore e della figura da ritrarre.

Ad ogni canzone noi esprimiamo un'emozione diversa!

Si, gli strumenti musicali ci fanno provare emozioni diverse.

E cosa c'entrano i colori?

Perché ogni musica ci faceva pensare qualcosa.. tipo la musica classica alla danza.. quindi tu scegli il rosa..

Ad ogni musica ci venivano le ispirazioni! Per questo abbiamo scelto colori diversi, se ci sta la tromba si usa il giallo..

Il giallo?

Si.. che è più forte!

E poi la tromba è gialla.

A questo punto ho mostrato loro qualche opera di Kandinsky. I bambini si sono concentrati particolarmente sulla composizione delle figure e delle forme, cercando di interpretare ciò che di partenza è un disegno astratto. Alcuni di loro, infatti, hanno trovato similitudini tra l'elaborazione del pittore e la propria ('anche io ho fatto un disegno astratto'), altri hanno attribuito alle opere una natura confusionaria ('a me sembra uno scarabocchio'). Quando ho accennato loro le esperienze sinestetiche che Kandinsky affermava di avere, gli alunni hanno elaborato una personale spiegazione delle stesse.

Perché si ascolta.. e viene in mente il nome di quella cosa.. cioè la canzone proviene dal violino, e si capisce che è il violino.

Perché ogni musica ti ispira ad un oggetto, e ogni oggetto che disegni rappresenta un suono.

Alla fine abbiamo individuato la definizione più adatta all'affermazione solita di Kandinsky ('io vedo i suoni'): 'lui riusciva a vedere tutti i suoni in un disegno, ascoltava la

musica e gli venivano in mente i colori e li disegnava'. Affinché i bambini potessero comprendere a pieno l'associazione suoni-colori, ho mostrato loro un video sul funzionamento del clavicembalo oculare.

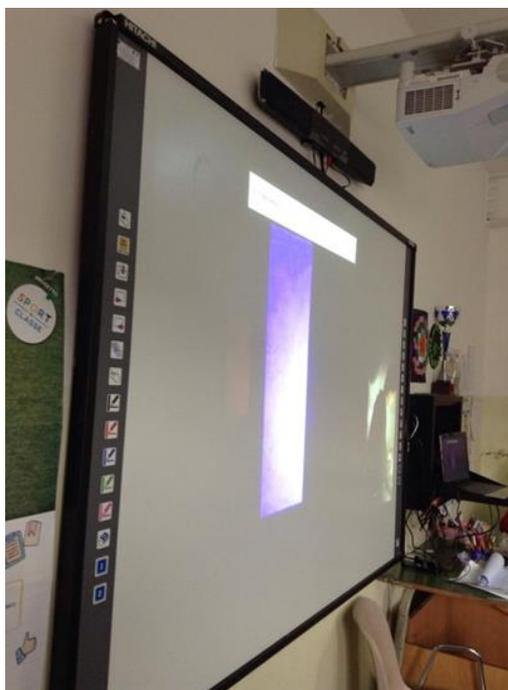


Figura 98 Il clavicembalo oculare è uno strumento che permette di associare ogni suono ad un colore.

Ad ogni suono esce un colore diverso!

Dove si compra?

Maestra ma il colore c'entra sempre?

In che senso?

L'altra volta con il profumo.. oggi con la musica, è ovunque!

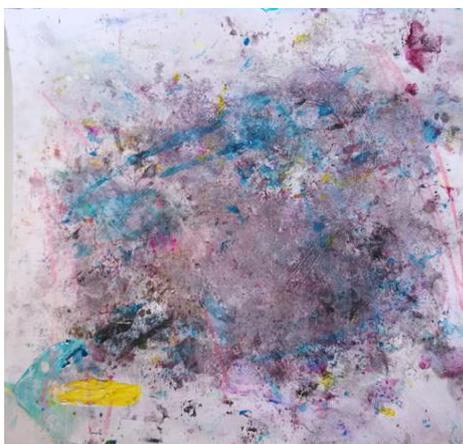
Eh sì. Ci influenza quando dobbiamo sentire l'odore di qualcosa, ma anche quando ascoltiamo la musica.. questo perché i nostri sensi si condizionano a vicenda!

L'altra volta olfatto e vista, oggi udito e vista.

In questo caso non è stato difficile comprendere il significato più generale di 'sinestesia', poiché i bambini, con le ultime due esperienze fatte, ne avevano in qualche modo provato le conseguenze. Prima di concludere la lezione, ho distribuito loro un piccolo foglio, sul quale avevo riportato una breve consegna: descrivi l'attività che ricordi con più entusiasmo e cos'hai imparato in quell'occasione. I bambini l'avrebbero compilato a casa e consegnato nell'incontro conclusivo.

Riporto di seguito alcuni dipinti realizzati dai bambini in quest'occasione, dividendoli in due categorie.

Disegni astratti: i colori predominanti sono magenta, arancione, giallo, verde per i primi quattro brani; azzurro, e nero per gli ultimi tre.



Disegni concreti: per la maggior parte i bambini hanno rappresentato strumenti e note musicali; vi sono anche elementi naturali, come foglie, nuvole e pioggia (quest'ultima disegnata durante il quarto e quinto brano).



3.8 Valutazione

Ovviamente, non basta attuare e terminare un percorso didattico per avere certezza dell'avvenuto apprendimento da parte dei bambini, i quali seppur interessati alle attività, potrebbero non coglierne scopi e significati profondi. La valutazione, in quest'ottica, diviene uno strumento indispensabile e, soprattutto, flessibile. Essa, infatti, non si costituisce esclusivamente come l'azione finale di un percorso didattico, anzi, precede e accompagna il percorso stesso, esaminando in primo luogo i prerequisiti di partenza degli alunni e fornendo, in itinere, informazioni specifiche sull'andamento del loro processo di apprendimento. Tra l'altro, nel caso di riscontro negativo dell'azione didattica, il docente può considerare l'eventualità di rimodulare l'intervento educativo, adottando nuove strategie e strumenti opportuni o ricalibrando gli obiettivi formativi, al fine di limitare le criticità emerse. La valutazione finale, di contro, adopera prove (oggettive, semi-strutturate o non strutturate) volte a esaminare i risultati conseguiti al termine dell'attività didattica, tenendo conto dei livelli di partenza, dei progressi raggiunti e del grado di interesse, motivazione e coinvolgimento mostrato da ogni studente.

Per quanto concerne il percorso didattico attuato, le discussioni collettive, l'interesse, la capacità di creare collegamenti e ricordare concetti, il grado di attenzione e disponibilità all'ascolto hanno rappresentato gli elementi di riferimento indispensabili per monitorare lo svolgimento delle attività didattiche e, in particolar modo, la loro efficacia, oltre che le capacità cognitive degli alunni stessi. Grazie ai feedback ottenuti di volta in volta ho potuto comprendere quando fosse necessario approfondire un tema, come nel caso della tridimensionalità, o adoperare ulteriori esperienze e materiali didattici, come nel momento in cui ho pensato che i filtri sarebbero stati perfetti, per un'osservazione concreta delle capacità assorbenti degli oggetti, se interposti tra il prisma ottico e la parete sulla quale si generavano i colori dello spettro visibile.

C'è da dire, però, che l'attuazione di una proposta didattica come questa ha, come obiettivo più remoto, quello di condurre gli studenti verso un apprendimento critico, autonomo, basato sulla costruzione attiva di significati e conoscenze, e volto allo sviluppo di abiti metacognitivi e flessibili. Certamente non basta un percorso didattico di 30 ore per poter dire di aver raggiunto lo scopo prefissato, e questo è il motivo per cui non è possibile valutare l'efficacia dell'attività in tal senso, proprio perché, affinché l'alunno sia in grado di imparare autonomamente e in modo critico, è necessaria esperienza e una struttura metodologica continuativa.

Con questa consapevolezza, durante l'ultimo incontro ho proposto ai bambini una prova di verifica collettiva, per valutare esclusivamente quali, tra i concetti analizzati, sono risultati più accessibili e quali, invece, hanno destato maggiori difficoltà. Inoltre, la descrizione delle esperienze ritenute più entusiasmanti, grazie alla compilazione delle schede consegnate ai bambini nell'incontro precedente, ha rappresentato l'ennesimo strumento di verifica utile per analizzare e valutare le scelte metodologiche e organizzative inerenti le attività didattiche proposte.

Quattordicesimo incontro

Per l'ultima lezione ho costruito un libro interattivo, caratterizzato da foto e piccole riproduzioni di alcune esperienze fatte, accompagnate da definizioni e affermazioni riassuntive ma incomplete. I bambini, a turno, hanno cercato e individuato, tra parole e disegni messi a loro disposizione, ciò che più si addiceva al completamento delle frasi in questione, attaccando con il velcro la parola o la raffigurazione scelta nello spazio vuoto della pagina ad essa destinato. Quando lo ritenevano opportuno, gli alunni hanno potuto aggiungere pareri e precisazioni sulle attività a mano a mano analizzate.

*In un mondo in bianco e nero in..individuare e dis..tinguere alcuni particolari è più... ?
Complesso!!*

Difficile!

È più complesso, che vuol dire anche che è più difficile!

È un sinon..è un sinonimo!

Bravissimo Stefano! Antonio vieni a vedere se c'è una delle due parole che la
attacciamo.

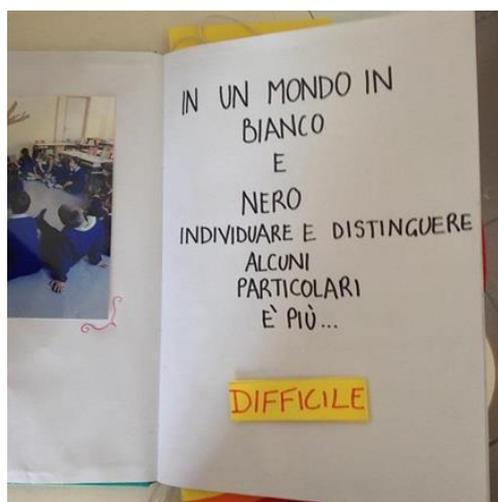


Figura 101 La frase di riferimento una volta completata.

Abbiamo proseguito con le successive pagine, nelle quali erano riportate foto dell'esperimento fatto con i filtri e i pennarelli.

Maestra il filtro!!

Il filtro che avevo era rosso, allora dovevo disegnare qualcosa con un altro pennarello e scarabocchiare con il rosso così quando appoggiavo sopra il filtro il rosso scompariva.

Quindi cosa succedeva con gli altri colori? Restavano uguali?

No maestra il celeste diventava nero!

Dunque se qui c'è scritto che il filtro rosso lasciava passare tutti i colori, pero modificandoli, qual era l'unico che non modificava?

Maestra solo il rosso infatti non cambiava..

Il rosso!

Il rosso era l'unico che non modificava, questo perché gli altri colori erano..

Assorbiti maestra, perché se lì c'è scritto che il rosso non viene assorbito, gli altri allora sì, perciò si modificano.

Assorbiti!

Qui (dico voltando pagina) trovate un filtro blu e un disegno. Ho riprodotto quello che faceste voi il primo giorno.

Se appoggi il filtro non si vede più!!

Perché il filtro fa passare solo il colore che non è il colore del filtro.. quindi blu non passa e non si vede.

Si vede solo il fucsia dell'ombrello.

E il marrone!



Figura 102 La pagina di riferimento.

Terminata la discussione rispetto il primo incontro, siamo passati a quello successivo. I bambini hanno osservato le foto e descritto le esperienze fatte in quell'occasione.

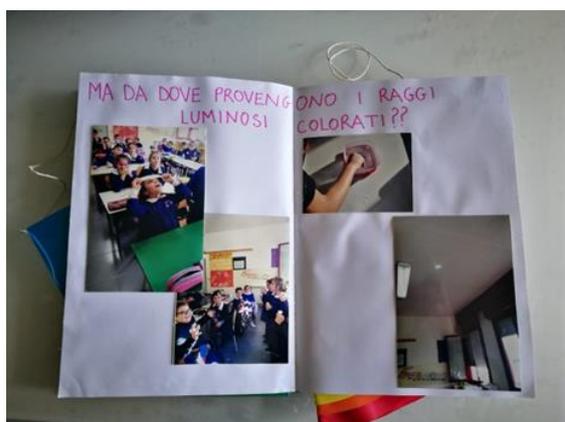


Figura 103 Le foto di riferimento.

Noi vedemmo quella cosa sotto il soffitto!

Abbiamo creato l'arcobaleno con il bianco, perché il bianco è il colore che crea tutto l'arcobaleno!!!

Il bianco è il colore che crea l'arcobaleno.

Bravissimo Giosuè, ma ricordate con cosa ottenemmo l'arcobaleno?

Quel coso lungo..

Lo specchio.

L'acqua.

Il disco...

Quella specie di filtro..

Lente di.. di??

Diffrangere!

Diffrazioneeee!!

E poi?

Quello strumento di vetro! Che puntavi la torcia.

PRISMA!!

Infatti perché la luce del Sole è bianca.. anche se ci appare giallo.

Bravo! Quindi abbiamo detto lente di diffrazione, prisma, acqua e specchio, cd.. ma qui ci sono cinque parole da individuare.. cosa manca?

Le bolleee!!

Le bolle di sapone.

Esatto. E qui cosa c'è scritto? Cos'abbiamo fatto con questi oggetti?

Abbiamo...?

Fatto?

La luce solare..

DIVISO!!!

Oppure, come si può dire?

Frazionato!

Scomposto!!!



Figura 104 A sinistra e al centro le pagine di riferimento una volta compilate, a destra le due pagine successive.

Anche per le successive definizioni i bambini non hanno mostrato particolari difficoltà.

Infatti, hanno saputo indicare nella luce bianca del Sole l'insieme di tutti i colori, ormai consapevoli del fenomeno cui i raggi solari sono sottoposti quando attraversano l'atmosfera. Non a caso, quando hanno riconosciuto, tra le pagine, l'esperimento eseguito durante la terza lezione, non hanno esitato a fornirne una spiegazione riassuntiva ed esaustiva.

Ah sì che qua la luce all'inizio era bianca e poi diventava un po' gialla!

Solo con il latte però si vedeva maestra!

Esatto. E questo esperimento perché lo facemmo? Cosa volevamo capire?

Il Sole!!!

Perché il Sole è giallo!!

Leggiamo.

La luce bianca del Sole attraversa..

L'ARIA!

L'atmosfera!!!!

Bravissimi. E da cosa è composta l'atmosfera? Che noi la paragonammo alle goccioline di latte...

Gas.

Particellee!

La luce incontra le particelle e viene divisa tra gialla e blu!!

E come si chiama questo fenomeno??

Io lo so, io lo so.. DIFFUSIONE!

La parola è diffusa!!

Bravissima Rita! La luce del Sole viene separata, il cielo diventa blu..

..e il Sole giallo!

Mentre per il colore del mare..?

Il colore del mare ci appare blu perché tutti gli altri sono..

DIVERSI?

Nooo!!! Più vai giù e più scompaiono, resta solo blu e poi solo nero!

E perché scompaiono?

Aspe posso guardare il cartellone?

Il rosso subito scompare...

AH! Vengono assorbiti maestra!!!

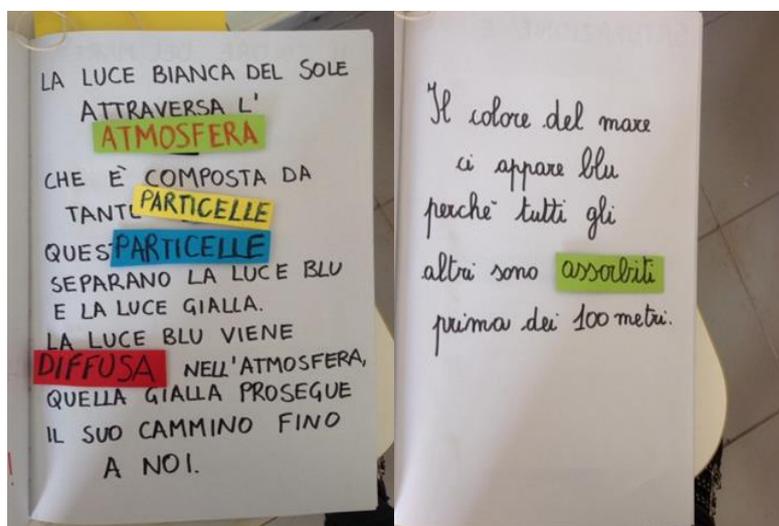


Figura 105 La pagina di riferimento una volta completata.

Con la stessa prontezza, gli alunni hanno distinto i colori della sintesi additiva e sottrattiva, riconoscendone le regole principali e individuando i rispettivi risultati delle combinazioni cromatiche.

I colori della sintesi additiva..

Rosso, verde e blu. Li abbiamo mischiati e creammo il bianco, me lo ricordo!!

Solo il bianco?

No anche gli altri.

Qui c'è scritto 'perché si chiama additiva'?

Maestra devi mette magenta, giallo e ciano!!!

E là bianco!!! (dicono facendo riferimento ai risultati delle somme cromatiche)

Le addizioni, perché li mischiavamo e ottenevamo un altro colore!

Bravissimi. Ma queste combinazioni valgono sempre? Oppure solo in certi casi?

Il telefono!!!

Il computer.

I nostri occhi!!

La televisione!

E le torce..

E vi ricordate cosa vedemmo al microscopio?

Quella cosa blu verde e rossa...

I pixel del telefono..

Ne erano tantissimi!

Si mischiano per creare il display.

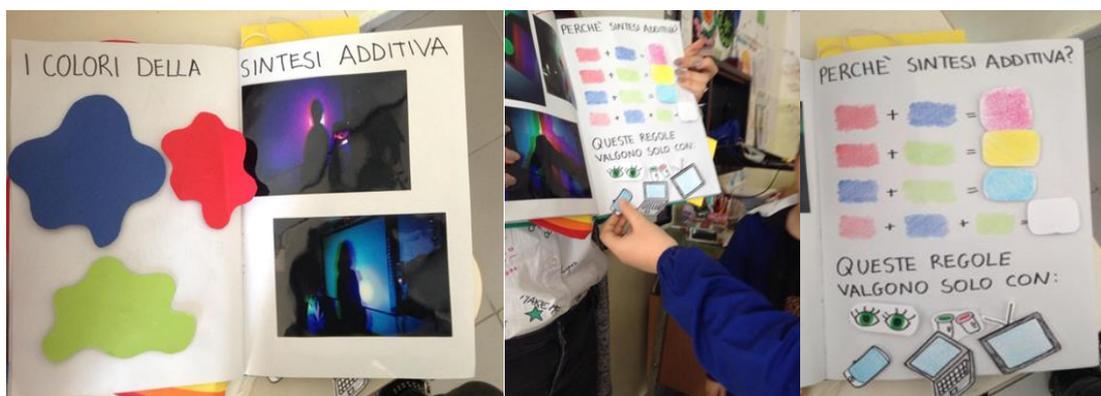


Figura 106 Le pagine di riferimento una volta completate.

Ora passiamo ai colori della sintesi sottrattiva..

Ciano, giallo e magenta!

Ciano.

Magenta e giallo!

Ma perché sottrattiva?

Perché escludono un colore.

Si sottrae un colore!

Da dove si sottrae un colore?

I colori delle torce..

Se togliamo il rosso rimane ciano!

Aaaaaaaaah mi ricordo ora!

Rosso e blu magenta.

E poi ciano è blu e verde.

Come sta nella pagina dietro!

Esatto.

Maestra sta là quell'esperimento! (indica la parete sulla quale è affisso il cartellone della cromatografia, dopo averne visto la foto sul libro)

E cosa facemmo in quell'occasione?

Abbiamo messo il fazzoletto con i colori nell'acqua e si sono divisi solo alcuni.. tipo blu in azzurro e verde.

Solo i colori blu verde e rosso.

E nero!

Pure il nero che è formato da tantissimi colori..

Da tutti!

Si sono divisi i colori che sono formati da ciano, giallo e magenta.

Bravissimi! I colori primari della sintesi sottrattiva non si sono divisi in altri colori, anzi erano gli altri colori ad essere l'unione dei colori della sintesi sottrattiva. Anche noi ciano, giallo e magenta li abbiamo utilizzati per creare tutto lo spettro dei colori.. vediamo se vi ricordate..

Il cerchiooo!!

Quando colorammo e usammo chi le tempere, chi i pennarelli.



Figura 107 Le pagine di riferimento una volta completate.

A tal proposito, c'è stata una leggera difficoltà nel completare l'ultima pagina inerente al suddetto tema (nella figura, la foto a destra).

Ah aspettate, prima di andare avanti su questa pagina c'è scritto 'questo avviene perché ciano, giallo e magenta sono pigmenti che riemettono ognuno due colori' e l'abbiamo detto già.. 'quando si mischiano il colore risultante sarà quello tra loro...?'

Non ho capito.

NEMMENO IO!

Guardate tutti il disegno che ho fatto. Ogni macchia di colore riemette due colori che insieme formano quel colore lì.. ma questo già lo sapete, Giosuè ha detto che blu e verde formano ciano.. mentre rosso e blu formano magenta.. giusto?

Aaaaaah ho capito! Quando mischiamo magenta e giallo esce rosso perché sia giallo che magenta lo tengono!!!

Aaaaaaaaaah ho capito io!!! Comune! La parola è comune!

Bravissimo! Se noi mischiassimo blu e rosso non si formerebbe un altro colore perché il blu riemette solo blu e il rosso solo rosso.

Non hanno niente in comune!!!

Ultimate le pagine e le definizioni relative alla prima fase del percorso, quella sicuramente più complessa, abbiamo proseguito con l'analisi degli attributi del colore, in particolare della saturazione e della luminosità. I bambini hanno attribuito a 'saturo' il significato di puro, ossia un colore che non è mischiato né con il bianco né con il nero; mentre a 'luminoso' il significato di chiaro. Dopodiché siamo passati ad analizzare le lezioni cui tema centrale era stato la percezione illusoria. A tal proposito, dopo aver individuato la prima causa della variazione cromatica di una tinta nel colore ad essa circostante (ricordando bene le illusioni di White realizzate), i bambini sono rimasti entusiasti di poter osservare altre piccole riproduzioni illusorie coerenti con l'esperienza fatta durante l'ottava lezione.

Uuuh a che servono questi?

Maestra questo è come con le strisce verdi e grigie!! Qua il blu sembra più chiaro vicino al colore più scuro!!!

È veroooo!

E di qua, cosa vedete? (indico la pagina adiacente)

Osserva con attenzione cosa accade se lo sfondo non è mono..cromatico.

Che significa?

Se lo sfondo non è di un solo colore. Che colore vi sembra questo della striscia?

Grigio!

Grigio chiaro..

Adesso apro e mi dite cosa accade.

Qua è più scuro (indica la parte finale della striscia) e qua è più chiaro (parte superiore) perché qua è più scuro (parte superiore dello sfondo) e qua è più chiaro (parte inferiore).

Dipende dallo sfondo! Giù ci sembra più scura perché lo sfondo diventa più chiaro.



Figura 108 Le pagine di riferimento.

La ricapitolazione dei fattori che influiscono sulla percezione visiva è continuata con l'analisi del funzionamento dei nostri recettori. A questo scopo sono servite le foto raffiguranti l'attività svolta durante il nono incontro: l'osservazione della sagoma verde e la scoperta della macchia residua dal colore complementare sulla nostra retina.

Il mio preferitooo!

Noi dovevamo guardare fisso l'uccello rosso e poi la gabbia, e sembrava ciano!

Maestra dopo aver visto l'uccello e aver girato gli occhi dall'altra parte.. l'uccello si vedeva di colore diverso.

Verdeeee!

Esatto, bravissimi. E come mai accadeva questo?

Perché l'occhio si stancava!

La pupillaa!

Non riusciamo a vedere più il rosso e quindi vediamo solo gli altri colori.

I nostri recettori. Dopo aver visto per tanto tempo il colore rosso, se guardavamo su un foglio bianco la sagoma ci sembrava azzurrina. Questo perché anziché percepire bianco, che è l'unione..

Di tutti i colori!!!

Il nostro occhio percepiva tutti i colori rimasti tranne rosso.

Maestra quel giorno noi costruimmo anche quei cerchi che giravano..

Sìi con gli elastici!

Che tu lo giravi e l'immagine si univa perché restava ancora per un po' nel nostro occhio.

Esatto. Questo avviene anche quando guardiamo..

Il Sole! Io lo dissi che vedevo macchie blu!

Restiamo accecati!

Il nostro occhio si stanca e vede solo i colori che restano tranne giallo.

Maestra anche quando strizziamo l'occhio.

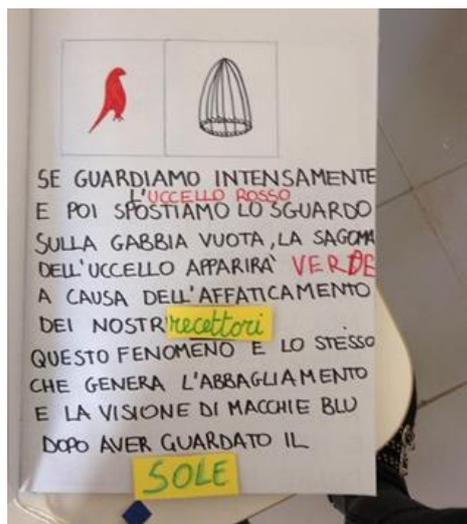


Figura 109 La pagina di riferimento una volta completata.

A questo punto restava da ricordare solo il ruolo che anche la memoria e, di conseguenza, il cervello hanno nell'elaborazione interpretativa di ciò che vediamo. Gli alunni hanno descritto i motivi alla base delle illusioni ottiche sperimentate con i volti distorti e capovolti, completando facilmente le definizioni contenute nelle pagine di riferimento.

Maestra che quando abbiamo chiuso la luce quei quadrati sembravano interi!

Sono dei cubi, anzi, non proprio.. ricordate come li chiamammo?

Cubi a metà!

E quindi?

Parzialiiii!!!! E poi ci sembravano interi!!!!

Dovevamo chiudere un occhio e fare tutto al buio, così avevamo difficoltà a capire e ci sembravano interi..

Ma perché accade questo? Ad esempio anche i volti, vi ricordate, quando li vedevamo a testa in giù non ci sembravano tanto mostruosi..

Quando l'abbiamo girato sembrava uguale.. Perché girandosi..

Il nostro cervello non era abituato a vederli!!

Maestra perché noi siamo abituati a vedere la faccia dritta quindi notavamo subito

l'errore, invece sottosopra no perché noi mica camminiamo come i pipistrelli a testa in giù?

Dopodiché, hanno riassunto le regole della prospettiva e l'attività con la quale l'avevano affrontata, ben ispirati dalla visione delle foto scattate durante la lezione in questione.

Ah questo pure mi ricordo maestra, che ci hai fatto vedere dentro il foro!

Cosa dovevate capire?

Quale cerchio era più grande, però era difficile perché era buio!

Cos'è che non conoscevate?

La grandezza delle due palline.

Anche quanto erano lunghe le cannucce.

A destra e a sinistra tu le spostavi, e quindi..

La lunghezza della cannuccia!

E quindi, se non conoscevamo la lunghezza della cannuccia non sapevamo la pallina quanto fosse ..??

Lontana o vicinaaa!!

La distanza!

Quella più lontana sembra più piccola, però in realtà era la più grande!!

Gli oggetti lontani sono più piccoli, quelli più vicini più grandi.

Come si chiama questa cosa, ricordate? Le regole della..

Prospettiva!



Figura 110 Le pagine di riferimento una volta completate.

Siamo poi passati al riepilogo delle ultime lezioni, durante le quali abbiamo esaminato le reciproche influenze tra i sensi.

I profumi, l'attività dei profumi!

Il colore non ci faceva capire il profumo.

Il primo era uguale al quinto, il secondo uguale al quarto.

Cos'è che si influenzavano a vicenda?

I colori?

I sensi, perché quello che vedevamo ci faceva sentire un altro profumo..

Vista e naso..

Olfatto!

Gli alunni hanno completato la definizione, inserendo le parole 'senso' e 'colore' nella seguente frase: i sensi possono condizionarsi a vicenda, il colore influisce sul profumo che

percepiamo. Per finire, abbiamo letto e compilato le ultime due pagine del libro interattivo.

Ecco l'ultima lezione.

Maestra è la più bella che hai fatto!

Io mi sono sentito un pittore proprio!

Ciò che ascoltiamo ci fa pensare a dei..

Colori!

Oggetti!!

Immagini?

Maestra io proprio all'ultima giornata ero assente, se lo sapevo..

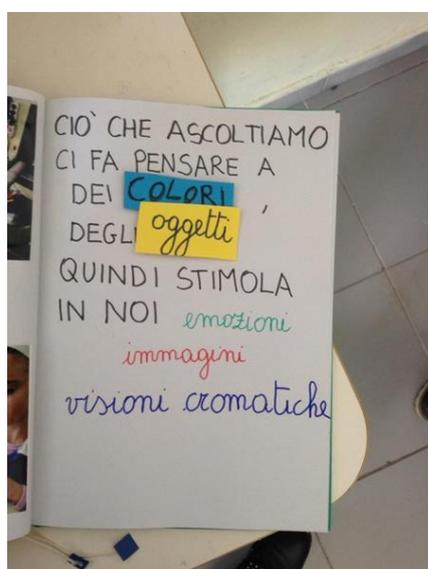


Figura 111 La pagina di riferimento una volta completata.

Conclusa la ricapitolazione collettiva, ho raccolto le schede compilate dagli alunni, relative alle esperienze più apprezzate tra quelle fatte insieme. Riporto, di seguito, alcune delle risposte fornite.

L'esperienza più bella che ho fatto insieme alla maestra Carmen è stata quella dei disegni astratti perché ho capito che la musica e i disegni possono insieme creare cose meravigliose. (Gabriella)

Per me l'attività più bella è stata quella del pappagallo. Mi sono divertita un mondo ad osservare il pappagallo nella gabbia, sembrava una magia. La maestra ci faceva osservare il pappagallo e poi la gabbia e appariva un pappagallo di un altro colore. (Marta)

L'attività che ricordo con più entusiasmo tra quelle fatte insieme è quando abbiamo usato i colori profumati. Da quella esperienza ho imparato che non ti devi affidare solo alla vista ma anche agli altri sensi. (Gaetano)

La mia lezione preferita è stata quella dove abbiamo ascoltato delle canzoni e illustrato quello che ci ricordavano. (Maria Sofia)

A me sono piaciute tutte le attività, sono state fantastiche perché ho imparato tante cose belle e nuove con esperimenti divertentissimi, ma l'esperimento che ricordo con più entusiasmo è stato il primo perché abbiamo fatto tanti giochi insieme e cercato un personaggio tra i disegni. (Dalila)

Per me è stata quando abbiamo pitturato e la maestra metteva la musica e noi dovevamo ascoltare e disegnare il suono. (Anna)

Conclusioni

Alla luce di quanto svolto, considerando i feedback ottenuti durante l'ultimo incontro, le potenzialità di una didattica così intesa sono evidenti. Un approccio laboratoriale e concreto ai contenuti disciplinari è certamente impegnativo, richiede tempo per la programmazione e capacità adeguate per la gestione della classe, per non parlare dell'organizzazione dello spazio di apprendimento e della stimolazione del pensiero critico, ma, ad oggi, è senza dubbio considerata una tra le metodologie più efficaci. Abbandonare definitivamente un'impostazione dall'alto, che vede il processo di insegnamento come una mera trasmissione di concetti e contenuti, è indispensabile se si vuole favorire una costruzione consapevole della conoscenza, non più acquisita mnemonicamente e fine a sé stessa, ma rielaborata, concretizzata e riutilizzata. Come sosteneva Dewey, il cui pensiero risulta ancora così attuale, c'è bisogno di uno spostamento del nucleo attorno al quale ruotano le pratiche educative: queste non devono essere pensate secondo gli obiettivi e i bisogni degli insegnanti; è l'alunno l'unico protagonista del processo di apprendimento, e l'esperienza, l'attività pratica, la possibilità di esplorare e manipolare situazioni che rimandano ai problemi concreti rappresentano gli unici mezzi per familiarizzare con il mondo e conoscerlo a fondo. Ciò non significa rinnegare l'utilizzo dei libri di testo né ridurre il compito attribuito al docente. Quest'ultimo, anzi, viene a costituirsi come il 'regista' della pratica didattica, responsabile della personalizzazione dell'insegnamento a seconda degli interessi e dei bisogni degli alunni, ma non solo, egli diviene anche il 'facilitatore' del processo di scoperta, stimola i bambini ad utilizzare le proprie peculiarità, competenze e capacità nell'esperienza laboratoriale al fine di renderla realmente significativa. Per Dewey, la contemplazione della conoscenza falsifica la realtà; il vero significato delle cose è raggiungibile solo

mediante la previsione e la manipolazione del reale. Conoscere e fare sono, secondo il pedagogista, intimamente connessi poiché l'esperienza umana non ha natura conoscitiva, bensì attiva; egli, in 'Democrazia e educazione', scriveva: "Tutto il pensiero è ricerca, ed ogni ricerca è nativa, originaria per colui che la effettua, anche se il resto del mondo è già sicuro di quello che egli sta ancora cercando".

Attenzione, per didattica laboratoriale e, più precisamente, per laboratorio *non si intende* soltanto *un luogo attrezzato (con arredi, strumenti, materiali)*⁷³. Il laboratorio è un modo di insegnare, permette di interagire con oggetti concreti, elaborare conoscenze, comunicare con i coetanei, elevare la qualità dell'istruzione grazie alla ricerca, all'immaginazione, alla creatività che le opportunità di azione concedono. Dunque, attraverso un'elaborazione continua dell'esperienza, il discente apprende significativamente e contemporaneamente migliora le proprie capacità di analisi per le esperienze successive. Tuttavia, non bastano modalità operative affinché gli studenti si mostrino interessati e motivati all'apprendimento; la scuola deve tenere conto del vissuto degli studenti ai quali si rivolge; essa ha il compito di avvicinare la pratica didattica ai loro interessi, alle loro esperienze pregresse; in questo caso, quale bambino non ha mai provato stupore e meraviglia alla visione di un arcobaleno, o non ha mai sperimentato la miscela di pigmenti differenti? Tempere, pongo, pennarelli, sono tra i materiali più utilizzati durante l'infanzia, l'alunno ne ha conoscenza e ne ricorda il comportamento. Per questo, una proposta didattica come la suddetta risulta accattivante e interessante: essa prende l'esperienza comune e la rende oggetto di studio. Tra l'altro, la riproduzione pratica dei fenomeni di riferimento garantisce, ed ha garantito, la possibilità di osservarne le conseguenze più da vicino, individuarne gli aspetti salienti, quelli trascurabili e quelli indispensabili. Attraverso l'osservazione e la sperimentazione diretta, gli alunni hanno

⁷³ Cosimo Laneve, *Manuale di didattica*, Editrice La Scuola, 2011.

elaborato nuove conoscenze, talvolta autonomamente, talvolta solo se supportati. A tal proposito, domande-stimolo e brevi indicazioni sono state decisive per il processo conoscitivo dei bambini, poiché ne hanno orientato l'attenzione e facilitato le intuizioni. A ciò si aggiunge l'enorme ricchezza della comunicazione, considerata da Vygotskij indispensabile per l'interiorizzazione di nuova conoscenza e lo sviluppo di capacità cognitive più elevate. Secondo lo psicologo, l'interazione sociale è alla base del processo di condivisione ed elaborazione di nuovi significati, non a caso, i brain-storming successivi e contemporanei a ciascuna esperienza vissuta hanno permesso ad ogni alunno coinvolto di dire la propria e prendere coscienza delle idee dei compagni, in base alle quali ha potuto rielaborare il proprio parere. Ai bambini non è mai stata data direttamente la soluzione della situazione problematica di riferimento, ma è solo attraverso domande-stimolo apparentemente poco pertinenti che sono stati in grado, a piccoli passi e in maniera del tutto generica, di raggiungere una costruzione del concetto disciplinare esaminato. Una volta comprese le motivazioni alla base del fenomeno in questione, si è fornita una definizione più precisa, oggettiva e scientifica, e, grazie all'elaborazione collettiva del sapere stesso, sicuramente più comprensibile. Inoltre, anche la scelta di mediatori didattici attivi e analogici, come lo sono le riproduzioni di fenomeni reali o le simulazioni, si è rivelata fondamentale per 'accompagnare' gli studenti verso quella zona di conoscenza prossimale non raggiungibile autonomamente e che va oltre il livello di sapere attuale. Dunque, l'esperienza diretta, la libertà di esame, l'interazione con i compagni e il supporto, inteso come guida e non come aiuto diretto, dell'insegnante hanno rappresentato il fulcro metodologico della proposta didattica in analisi, ed è grazie a questa scelta strategica che gli alunni hanno appreso, secondo i principi dell'attivismo e del costruttivismo, concetti complessi e inusuali, come la diffrazione, le regole additive e

sottrattive delle combinazioni cromatiche o i fattori che interferiscono nell'interpretazione della percezione visiva.

In ultimo, vorrei spendere due parole per la pluralità e flessibilità del tema affrontato, che ha reso realmente questo un progetto multidisciplinare. I bambini hanno fatto i conti con la proporzione matematica, con le unità di misura, con l'arte e le tecniche di disegno, con la scienza, con la geometria, con la storia; indirettamente hanno adoperato le proprie capacità (matematiche, artistiche, linguistiche, logiche) per raggiungere un'interpretazione condivisa, la quale non sarebbe stata possibile se nessuno degli alunni avesse contribuito personalmente al processo di apprendimento in atto. Grazie alla capacità di adoperare abilità pregresse e possedute, sono state abbandonate le pre-concezioni spontanee ed erronee degli alunni, quali la certezza della luce gialla proveniente dal Sole o l'inconsapevolezza dell'essenza di colori come nero e bianco, a favore di nuove strutture interpretative coerenti con quelle socialmente condivise.

Come ho già detto, sebbene l'apprendimento dei contenuti disciplinari sia stato verificato e validato, ciò che più interessa la pratica didattica così strutturata è lo sviluppo di abilità metacognitive, ossia di imparare ad imparare, necessarie per il potenziamento di un pensiero critico, volto ad un continuo interrogarsi rispetto ciò che ci circonda per affrontare in maniera adeguata i problemi che si presentano e l'unico in grado di migliorare l'apprendimento fino a renderlo autonomo, prerogativa indispensabile in una società mutevole come quella odierna. Affinché si possa definire efficiente un processo di insegnamento occorre che questo adoperi pratiche e metodologie didattiche flessibili, che diano agli alunni la possibilità di sperimentare, ipotizzare, verificare, confrontare, discutere, interpretare, rielaborare, condividere, chiedere aiuto, dedurre; e che siano, soprattutto, continuative. Solo attraverso il coinvolgimento, la partecipazione attiva, la negoziazione e costruzione di significati *abituale* è possibile definire significativo ed

efficace il processo formativo, altrimenti ridotto a mero nozionismo e, di conseguenza, reso impraticabile nelle concrete esigenze di vita.

Ringraziamenti

Per quanto mi sforzi, non riesco ad immaginare dove potrei essere in questo momento se non qui, seduta alla mia scrivania, con il computer tra le mani, le ultime pagine bianche da riempire e, nonostante la paura e le incertezze, pronta ad aprire quel cassetto che custodisce gelosamente il sogno della mia vita.

Se penso a quando tutto è iniziato stento a credere sia già finito. Non trovo una definizione esaustiva per descrivere, così come li ho vissuti io, gli anni trascorsi, ma posso dire per certo che saranno, ora e per sempre, un ricordo troppo grande da poter accantonare o, addirittura, dimenticare. Non solo perché durante tutto questo tempo ho perseguito e raggiunto un traguardo che sembrava inarrivabile, e nemmeno perché ho dimostrato a me, e solo a me, di poter essere all'altezza delle mie ambizioni. A questi anni io devo molto di più che la sola abilitazione all'insegnamento: non è un titolo a renderti professionista, ma le esperienze che vivi, il bagaglio che ti costruisci, la formazione che ricevi, gli esempi che scegli di seguire e quelli da cui, invece, decidi di prendere le distanze.

La prima tappa di questo lungo viaggio è arrivata e già non sono più la stessa persona che è partita. Ho tutto ciò che mi occorre per proseguire? Non lo so, ma l'amore, la dedizione, la certezza di dover dare tutta me stessa, la disponibilità alla formazione continua e al cambiamento, la costanza e la determinazione, sono tra le prime cose che ho messo in valigia. Sono pronta? No, prima di andare ho bisogno di ringraziare chi mi ha tenuto la mano e mi ha accompagnato in questi lunghi, ma in fondo brevi, cinque anni. Senza queste persone sarebbe stato tutto più difficile, se non impossibile.

Alla mia famiglia, la mia prima sostenitrice silenziosa che non ha bisogno di parlare per farsi capire. In particolare, grazie ai miei genitori, senza i cui sacrifici non avrei potuto affrontare con serenità e spensieratezza gli studi. So di essere stata assente ed esigente, ma voi mi avete accettata nonostante le mie lune storte e questa è la prova d'amore più grande che potessi ricevere.

Grazie a mio fratello Alessandro, per aver instillato in me la scintilla che si è fatta fuoco: senza la tua nascita, la tua curiosità, la tua ingenuità e la tua creatività istintiva, non avrei avuto il coraggio di cercare, e trovare, la mia strada. Insieme, abbiamo affrontato la scuola primaria: tu da alunno, io da futura insegnante.

Voglio ringraziare anche mia sorella Valentina, per aver cercato di capire, e i miei nonni, per la naturalezza con cui raccontano di me e per la fiducia che ripongono nelle mie capacità: ogni vostra parola, sguardo, bacio mi ha fatto sentire, e mi fa sentire, unica al mondo.

A Dario, mia personalissima oasi nel deserto. Grazie per aver creduto in questo sogno insieme a me e più di me. Grazie per essere riuscito a capire e rispettare le mie esigenze senza chiedere né pretendere nulla più di quello che potevo darti. Grazie per avermi condotta ovunque io volessi e appena ne avessi bisogno: ho conosciuto posti lontani ma, con te, mi sono sempre sentita a casa. Grazie perché sei andato oltre quello che decido di mostrare di me, hai visto luce dove altri scorgevano tenebre: mi hai amata come fossi una gemma preziosa mentre riuscivo a sentirmi solo una pietra grezza e null'altro. Grazie perché so che, ovunque andremo, lo faremo insieme.

A Jessica, mai veramente lontana nonostante i 1.400 km e la connessione internet altalenante. Le parole, in casi come questo, sono superflue; come mi hai detto tu una

volta: noi siamo di più di ciò che si può dire e immaginare. Potrei ringraziarti per mille motivi diversi, ma ne scelgo uno, senza il quale tutti gli altri non avrebbero avuto modo di esistere: mi hai promesso di esserci e ci sei stata. Hai seguito l'evoluzione del progetto dal display del cellulare, dimostrandoti, amica mia, più vicina di chi lo era realmente. Grazie perché, dopo quasi dieci anni, continui ad essere la mia 'ondata di felicità', il mio posto sicuro, il luogo dove ritorno ogni volta che voglio sentirmi considerata per ciò che sono e non conta cosa faccio, cosa dico e quanto valgo. C'è chi cerca una persona così per tutta la vita senza trovarla mai, io, invece, sono stata fortunata.

A Francesca, l'unica persona, tra quelle che conosco, in grado di quietarti l'animo con la sua sola presenza. Grazie per aver reso ogni problema un po' più leggero e un po' meno spaventoso. Con te non ho mai avuto bisogno di spiegare, tu sai andare dritta al punto, sai colpire e affondare, sai lenire e curare. Nessuno, meglio di te, potrebbe rappresentare il mio punto di riferimento etico e morale: tu sei l'esempio di tutto ciò che c'è di buono a questo mondo e non posso non ringraziarti per la fiducia che ancora riservo per le qualità umane così in disuso ma necessarie nei giorni nostri e che tu incarni alla perfezione. Grazie di essere una tra le costanti della mia vita: potrei sparire per mesi, ma so che al mio ritorno ti ritroverei sempre al mio fianco.

Alle mie Esaurite, ai momenti belli e brutti che abbiamo condiviso insieme, alle vacanze, alle promesse, ai litigi e ai confronti, a tutto ciò che di buono l'università mi ha regalato: voi. Siete la squadra di cui faccio e farò sempre parte, quella per cui lotto e mi dispero, per cui gioisco e mi emoziono. Avete colorato con le vostre risate anche i giorni più cupi e tristi; ognuna di voi, con il proprio carattere e le proprie stranezze, ha contribuito a rendere questo gruppo unico e insostituibile. Un immenso grazie a Giulia, per avermi

insegnato che incontrarsi, alle volte, può essere realmente inevitabile; a Carmen, per la nostra sana competizione e per l'affetto che s'intende solo se si è in grado di leggere tra le righe; a Stefania, cui auguro di fiorire ad ogni primavera; a Tonia, per i sorrisi e le confidenze; ad Amelia, con cui ho condiviso gioie e paure del primo anno di tirocinio; a Liviana, per la sua compagnia assicurata ad ogni esame; ad Angela, per essere esattamente come me, istintiva e schietta; ad Ilaria, per la sua allegria contagiosa. Grazie di cuore, amiche mie.

Al professor Emilio Balzano, per essere stato l'esempio di come la professionalità e l'umanità possano essere una combinazione tanto perfetta quanto rara. A Lei devo tutta la mia gratitudine, perché prima ancora di rivolgersi alla tesista, ha prestato attenzione alla persona e questo, in assoluto, è stato il più grande insegnamento che potessi ricevere, più importante di qualsiasi conoscenza e competenza disciplinare e didattica. Grazie per avermi dato fiducia, e soprattutto, grazie perché ora so che l'autostima non è sufficiente, ma sicuramente necessaria.

Alla maestra Enza, che ha aperto le porte della sua classe per accogliere me e il progetto senza chiedere nulla in cambio. Grazie per essere stata così disponibile, attenta, meticolosa, per aver valorizzato il lavoro svolto insieme ai tuoi alunni e per avermi fatto sentire, per la prima volta, una maestra a tutti gli effetti.

Infine, un grazie *immenso* va a loro: i bambini della 3 C dell'I.C. D. Cimarosa di Aversa. Prima di iniziare ricordo di aver avuto così tanti dubbi da pensare di voler annullare tutto, non mi sentivo pronta e, ora so, che non lo sarei mai stata davvero se non li avessi

incontrati. La paura non è passata, anzi, con l'andare avanti si è quadruplicata perché più crescevano le loro aspettative e più temevo di deluderle.

Nonostante fossi estranea alle dinamiche di classe, è bastato poco per sentirmi parte della loro quotidianità. Ogni volta che ho varcato la soglia di quella piccola aula ho visto i loro volti illuminarsi e le loro bocche aprirsi in un sorriso: c'era chi, incurante dei richiami della docente, mi veniva incontro e chi, dal suo posto, timidamente alzava la manina sventolandola per salutarmi. Persino adesso faccio fatica a rivivere questi momenti, così banali eppure *insostituibili*. Non potrò mai trovare le parole adatte, non credo esistano, per esprimere tutto quello che ho provato e vissuto.

Io non mi aspettavo niente e loro mi hanno dato tutto. Semplicemente.

“Se un bambino deve tenere vivo il suo senso innato di meraviglia, ha bisogno della compagnia di almeno un adulto con cui condividerla, riscoprendo con lui la gioia, l'eccitazione e il mistero del mondo in cui viviamo”.

Rachel L. Carson

“I giovani non sono vasi da riempire, ma fiaccole da accendere”.

Plutarco

Bibliografia

- Baldacci M., *Trattato di pedagogia generale*, Carocci editore, Roma 2013;
- Ball P., *Colore. Una biografia. Tra arte storia e chimica, la bellezza e i misteri del mondo del colore*, Biblioteca Universale Rizzoli, Milano 2001, prima edizione, titolo originale dell'opera 'Bright Hearth'.
- De Nora E. M., *Arti visive e disegno, cenni di teoria e percezione del colore*, Imago, Napoli 2017;
- Frova A., *Luce colore visione*, Editori Riuniti, Roma 1984, prima edizione;
- Hubel H. D., *Occhio, cervello e visione*, Znicchelli Editore, Bologna 1989, prima edizione, titolo originale dell'opera "Eye, Brain and Vision";
- Laneve C., *Manuale di didattica*, Editrice La Scuola, Brescia 2011;
- Luzzatto L.-Pompas R., *Lezioni di colore*, Il Castello, Milano 2015;
- Morin E., *La testa ben fatta. Riforma dell'insegnamento e del pensiero*, Raffaello Cortina Editore, Milano 2000.
- Vygotskij L. S., *Il processo cognitivo*, Bollati Boringhieri, Torino 1987, titolo originale dell'opera "Mind in Society. The development of Higher Psychological Process".

Sitografia

<http://lascuola.it/nuovadidattica/it/home/contenuti/1382696203499/costruzionismo>

<https://www.notiziedellascuola.it/eventi/eventi-2009/seminario-estivo-nazionale-ischia-27-29-luglio/materiali-seminario-ischia-2009/Baldacci%20-%20Livelli%20logici%20del%20curricolo.pdf>

<https://it.pearson.com/content/dam/region-core/italy/pearson-italy/pdf/storia/ITALY%20-%20DOCENTI%20%20-%20STORIALIVE%20-%202016%20-%20Cultura%20storica%20-%20PDF%20-%20La%20scuola%20nel%20Medioevo.pdf>

<http://www.dsu.univr.it/documenti/OccorrenzaIns/matdid/matdid868594.pdf>

https://www.researchgate.net/publication/315716643_Il_senso_del_colore_Tra_mondo_corpo_e_cervello

<http://www.neuroscienze.net/la-lingua-dei-colori/>

<https://www.scientificamerican.com/article/do-infants-see-colors-dif/?redirect=1>

<https://www.theguardian.com/science/2013/dec/08/newborn-babies-more-developed-cognitive-development>

<https://www.babylab.ucla.edu/wp-content/uploads/sites/8/2016/09/Johnson2010b.pdf>

<https://books.google.it/books?id=LruPDwAAQBAJ&pg=PA1&lpg=PA1&dq=francesca+d+el+rosso+il+piano+e+l%27immagine&source=bl&ots=vnqirYmigu&sig=ACfU3U3zZkcvTSNXEsTxLhpUrVxlBAGvig&hl=it&sa=X&ved=2ahUKEwj4r->

[aAmdfiAhUQKlAKHUEUAAAQ6AEwEHoECAgQAQ#v=onepage&q=francesca%20d+el%20rosso%20il%20piano%20e%20l%27immagine&f=false](https://books.google.it/books?id=LruPDwAAQBAJ&pg=PA1&lpg=PA1&dq=francesca+d+el+rosso+il+piano+e+l%27immagine&source=bl&ots=vnqirYmigu&sig=ACfU3U3zZkcvTSNXEsTxLhpUrVxlBAGvig&hl=it&sa=X&ved=2ahUKEwj4r-aAmdfiAhUQKlAKHUEUAAAQ6AEwEHoECAgQAQ#v=onepage&q=francesca%20d+el%20rosso%20il%20piano%20e%20l%27immagine&f=false)

<https://www.focus.it/scienza/scienze/il-mondo-visto-dai-neonati>

<https://www.pnas.org/content/114/21/5545>