

DALLE TEORIE DEL COLORE DELL'ESPERIENZA AL COLORE DELL'ESPERIMENTO SCIENTIFICO

Un paradosso forse partire da ciò che sembra essere, per arrivare a ciò che può supporre reale in quanto scientificamente dimostrato : è possibile metter d'accordo il pittore e lo scienziato ? è possibile apprezzare un colore per le sensazioni che produce e contemporaneamente per le opportunità che offre nella analisi spettrofotometrica ?

**Albert Einstein** in "Come io vedo il Mondo" così esprime il suo pensiero: *"Sembra che la Natura umana sia tenuta a costruire indipendentemente le forme prima di poterne dimostrare l'esistenza nella Natura. Risalta meravigliosamente bene dai lavori mirabili, che la conoscenza non può derivare dall'esperienza sola, ma che occorre il paragone fra ciò che lo Spirito umano ha concepito e ciò che ha osservato."*

Si può tentare di affermare che teoria del colore nasce contemporaneamente in due ambiti diversi ,scientifico e artistico, partendo dallo studio della materia e arrivando alla disputa a distanza nel tempo e nello spazio tra lo scienziato Newton e lo scrittore Goethe nel momento della teorizzazione di assiomi e concetti di base.

Il contrasto tra lo scrittore che raccoglie esperienze diverse ( colore legato a sensazioni psicologiche e osservazioni oggettive) attraverso un modello induttivo che tenta di confermare un concetto di realtà preesistente sino alla definizione di inamovibili assiomi, contrasta con lo scienziato che, attraverso l'induzione iniziale legata a ipotesi, arriva alla conferma oggettiva delle osservazioni definendo la legge come modello di una realtà parziale , modificabile e migliorabile.

<u>GOETHE e l'esperienza artistica</u>	<u>NEWTON e l'osservazione sperimentale</u>	<u>Huigens e l'osservazione sperimentale</u>
classifica tutte le sue esperienze per avvicinarsi alla verità che già esiste ( modello deduttivo di ricerca ) : sviluppa tutte le esperienze legate alle sfumature di colore ( non legate al dato oggettivo scientifico ma all'effetto fisiologico dell'occhio che risente della 1) illuminazione; 2) sensibilità ; 3) interazione con la forma della materia illuminata.	partendo dal fenomeno osservabile definisce una procedura di ricerca dimostrandone un solo aspetto per volta ( modello induttivo ) : ad esempio sviluppa la teoria corpuscolare e scomposizione della luce ma non la diversa sensibilità dell'occhio al colore legata oltre che alla lunghezza d'onda anche alla intensità  (rosso + blu= magenta; rosso + poco blu = porpora; rosso + poco blu + poco verde = rosa	
studia la materia attraverso l' <b>esperienza</b> = intuizione  " la luce viene percepita in base alle sensazioni che provoca in noi . Ma Goethe non desidera parlare della luce , bensì del colore" ( pag 18)	studia la materia attraverso l' <b>esperimento</b> = situazione di esperienza controllata non sottoposta ad influenze o a preconcetti soggettivi. Colore non è altro che luce ...monocromatica.	
deduzione : (pag 133) il colore come sensazione non è ne calcolabile ne misurabile, mentre è misurabile il rapporto tra la luminosità dei colori : es viola:blu:verde: giallo :arancio:rosso: = 3:4:6:9:8:6 con un equilibrio di luminosità calcolato in 9:8:6:3:4:6	La luce ha natura corpuscolare  il colore come luce monocromatica è oggettivamente misurabile  Rifrazione e riflessione sono fenomeni legati al movimento dei corpuscoli ( essi viaggiano con > velocità nel vetro che nell'aria). I corpuscoli sono anche responsabili delle interferenze dette anelli di	La luce ha natura ondulatoria  il colore come luce monocromatica è oggettivamente misurabile in lunghezza d'onda, frequenza, velocità, intensità.

	Newton e doppia rifrazione	Rifrazione e riflessione sono fenomeni legati alla natura ondulatoria( essi viaggiano con < velocità nel vetro che nell'aria)  La doppia rifrazione è dovuta a separazione di fronti d'onda sferici ed ellissoidali
la somma delle esperienze porta alla totalità e al raggiungimento della completezza platonica  " la natura è predisposta a guidarci alla libertà attraverso la totalità" ( pag 8)	realizza il metodo scientifico	
l'essenza delle cose già esiste e la ricerca serve per trovarla	l'osservazione porta ad induzione, legge, deduzione, e dimostrazione della legge attraverso la ripetitività, conferma, verifica, o falsificazione ( intuizione evolve a concetto)	
per Goethe è solo l'esperto ( il pittore o il tintore) che può discutere di colore ( in aperta polemica con Newton) ( pag 19)	lo scienziato genericamente verifica il modello proposto , spesso lo schematizza operando matematicamente per meglio proporlo sinteticamente  ( non è necessaria la patente di guida allo scienziato che modella il concetto di velocità in spazio/ tempo)	
" serve un occhio ingenuo e non critico" ! ( teoria dei colori pag	( nel metodo scientifico serve sempre occhio critico....." vedi <a href="#">Experimentum crucis</a>	
" che tutti i colori mescolati diano il bianco è una assurdità che , già da un secolo, si è abituati a ripetere .... in contrasto con la testimonianza degli occhi... i colori mescolati conferiscono la loro oscurità alla miscela .... grigio" ( pag 112)  armonia tra colori complementari A+B = grigio	Ogni sostanza colorata riflette il proprio colore mentre assorbe tutte le lunghezze d'onda dello spettro visibile..... ; mescolando tutti i colori , verranno assorbite tutte le lunghezze d'onda dello spettro e nessuna verrà riflessa ( grigio = mancanza di luce)  mescolanza di pigmenti = sintesi sottrattiva  mescolanza di luci = sintesi additiva	

### La teoria del colore secondo Paul Klee

*"Voglio tentare di dirvi qualcosa di utile sui colori. Non mi baso soltanto sulle mie ricerche, ma prendo a cuor leggero, per ridarle a voi, idee di altri, uomini di scienza e no. Per fare alcuni nomi ricordo Goethe, Philipp Otto Runge, la cui sfera cromatica fu pubblicata nel 1810, Delacroix e Kandinsky ("Lo spirito nell'arte").*

*La prima parte del mio compito consiste nel costruirvi un'ideale cassetta dei colori, in cui questi siano disposti secondo un ordine ben fondato; una specie di stipetto degli arnesi, se volete.*

*La natura ci offre gran copia di stimoli cromatici: il mondo vegetale, il regno animale, la mineralogia, quell'insieme di cose che chiamiamo paesaggio; tutto ciò dà motivo di pensare per ore e di esserne grati. Ma c'è un fenomeno che sta al di sopra di tutte le cose colorate, l'astrazione d'ogni applicazione, elaborazione e combinazione di colori, la pura astrazione cromatica: questo fenomeno è l'arcobaleno.*

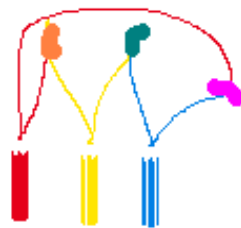


*E' significativo che questo caso singolare d'una scala di puri colori non appartenga del tutto all'al di qua, ma al regno intermedio terrestre - cosmico dell'atmosfera; di conseguenza esso possiede un certo grado di perfezione, ma non il massimo, giacché appartiene all'al di là solo a mezzo.*

*Anche qui però la nostra capacità creativa ci soccorre a superare la manchevolezza del fenomeno, permettendoci per lo meno una sintesi della perfezione propria dell'al di là. Noi supponiamo che quanto ci si manifesta solo in parte e come apparenza imperfetta, sia, in qualche luogo, senza imperfezioni; il nostro istinto artistico deve quindi aiutarci a trovare la forma di quell'essere perfetto. In che cosa consiste la manchevolezza del fenomeno arcobaleno?...Nell'arcobaleno s'è letta una serie di colori, e precisamente sette colori che si chiamano: Viola Rosso > Rosso > Arancione > Giallo > Verde > Blu > Blu rosso*

*Il numero sette parve buono a tutti: Anche nella musica ci sono sette note, si dice come a trovare una conferma. Per quanto in molti rispetti il numero sette mi vada a genio, in questo caso non mi convince. Rosso - viola e Azzurro - viola o Indaco, come sta scritto nei libri di scuola, sono distinzioni ben secondarie! Sappiamo tutti che Arancione, Verde e Viola, (colori secondari) stanno rispetto al Rosso, Giallo e Blu (colori primari) su un piano diverso, ve lo posso dire senza sciuparvi ulteriori sorprese".*

(colori primari intesi come colori puri che possono assommarsi per dare colorazioni diverse secondarie)

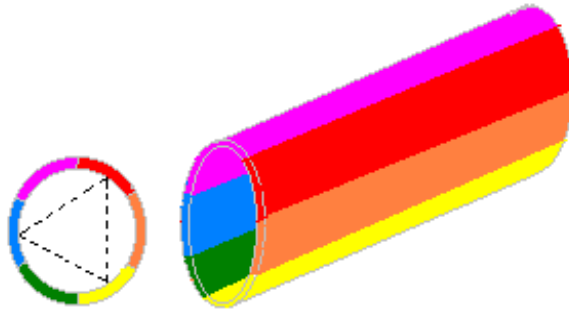


*"Non si deve dimenticare che se si sviluppa l'arcobaleno in un cerchio (completando la semicirconferenza scendendo e risalendo da sotto l'orizzonte), non per questo si ottiene la perfezione del disco cromatico ma soltanto sette singoli cerchi concentrici".*



Rosso viola (IR)  
 Rosso. (colore primario)  
 Arancio. (colore secondario)  
 Giallo. (colore primario)  
 Verde. (colore secondario)  
 Blu. (colore primario)  
 Blu rosso. (UV).

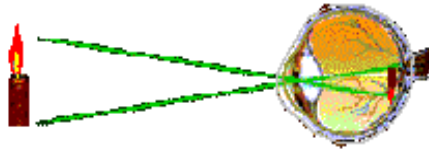
Immaginiamo ora di ritagliare l'arcobaleno e di incollarne i due estremi ricavandone un cilindro:



secondo la fisiologia della percezione visiva l'occhio dell'osservatore è obbligato a compiere un movimento circolare continuo che percorre tutti i colori primari (e secondari nelle innumerevoli sfumature) dal rosso sino a ritornare al rosso.

Paul Klee, spiegherà il fenomeno ai suoi allievi e le sue opere astratte seguiranno regole geometriche legate alla circonferenza cromatica, e ai triangoli che si evidenziano congiungendo sia colori primari che i colori secondari

I colori opposti della circonferenza cromatica saranno i cosiddetti **COLORI COMPLEMENTARI** cioè colori che nella percezione visiva "completano" il colore reale per elaborare il colore bianco .



L'occhio avverte i colori e il chiaroscuro per mezzo di due tipi di cellule cromo e foto sensibili dette coni e bastoncelli, i coni percepiscono il colore e i bastoncelli l'intensità luminosa. (la teoria più accreditata prevede l'esistenza di tre tipi diversi di coni, ciascuno dei quali produrrebbe un pigmento con massimi di assorbimento corrispondenti alla frequenza dei tre colori additivi fondamentali (rosso, verde, blu), secondo una teoria già enunciata all'inizio del sec. XIX da T. Young ed elaborata da G. Wald). Si ritiene che il "senso" del colore complementare sia dovuto ad un bisogno psicologico del cervello alla completezza della radiazione : ad esempio un forte colore verde costringerà il cervello a mitigarne la intensità cromatica elaborandone il complementare ( non è difficile " vedere tutto rosa" dopo essere stati costretti a soggiornare in una stanza con colori verdastri; oppure provare appagamento osservando la sovrapposizione di due colori complementari )

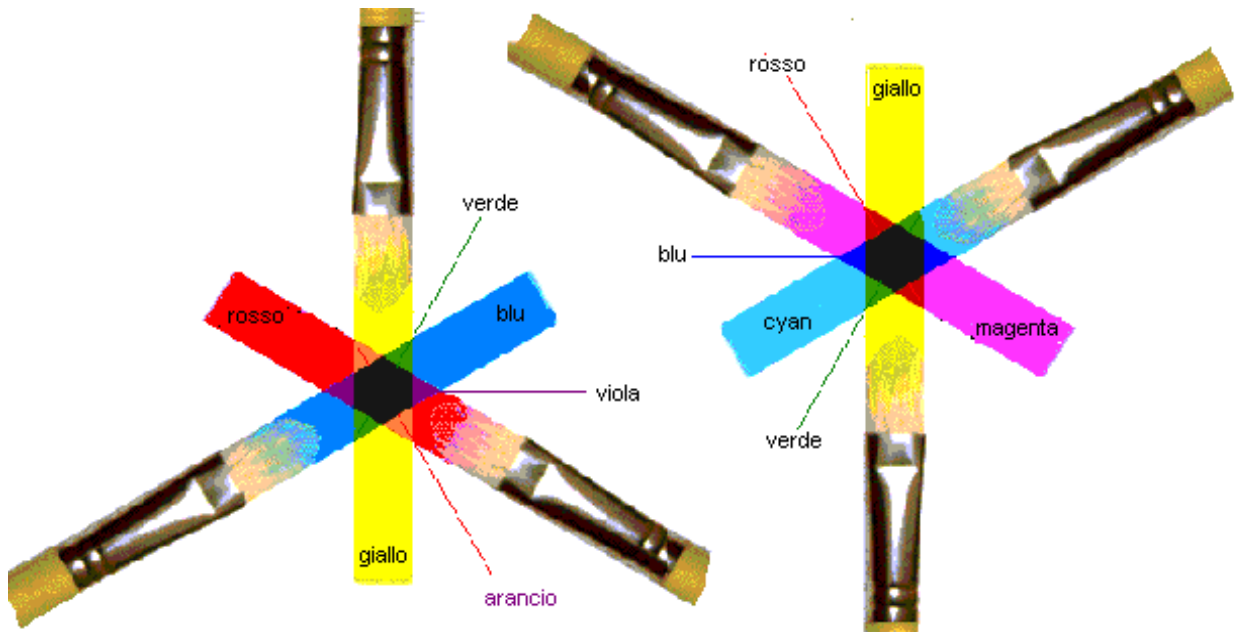
### **Teoria della percezione visiva come sovrapposizione di pigmenti : SINTESI SOTTRATTIVA DEL COLORE**

Le teorie espresse in più pubblicazioni indicano così la sovrapposizione dei colori :

Intendendo i tre colori primari dei pigmenti rosso, blu e giallo, dalla loro sovrapposizione si ottengono i colori cosiddetti secondari : viola, arancio e verde

Intendendo i tre colori primari dei pigmenti magenta, ciano e giallo, dalla loro sovrapposizione si ottengono i colori secondari : blu, rosso e verde

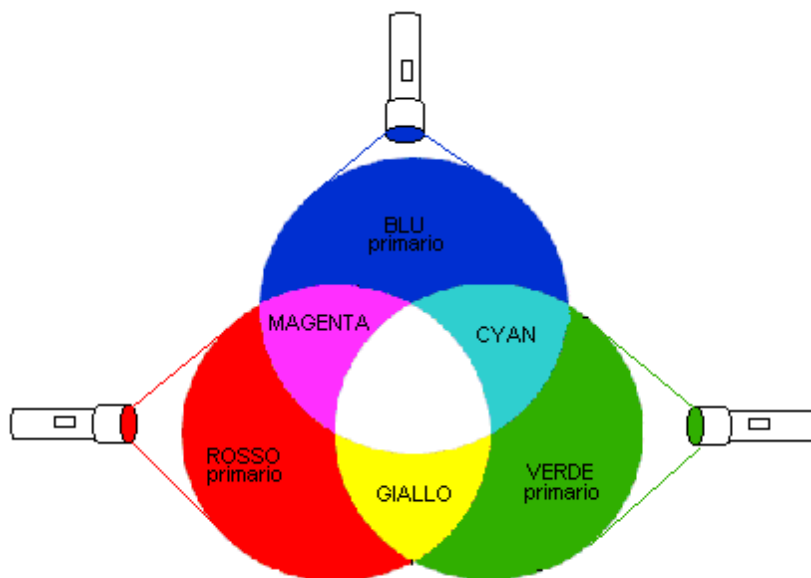
i tre colori contemporaneamente daranno il marrone bruciato .



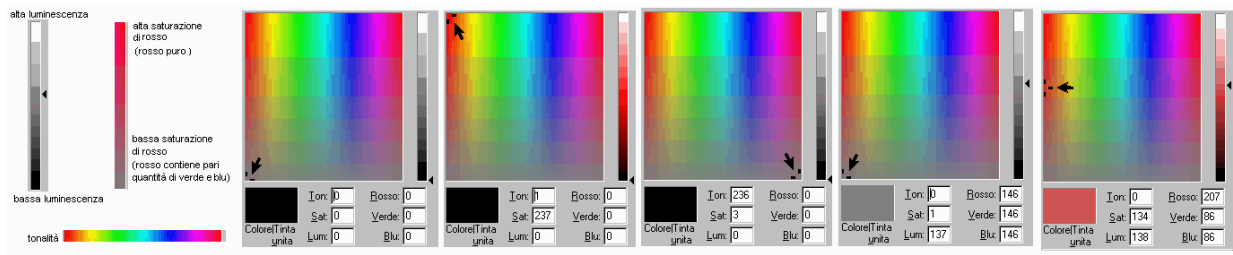
Diversi sono gli autori che hanno studiato il disco cromatico, i colori primari e le successive sovrapposizioni e complementarietà:

**Teoria della percezione visiva come sovrapposizione di raggi luminosi : SINTESI ADDITTIVA DEL COLORE**

Sovrapponendo un raggio di luce blu, rosso e verde (colori primari nel processo additivo) si otterrà il bianco e i colori cosiddetti secondari magenta, cyan e giallo



I modelli di colore possono essere rappresentati dalle diverse tonalità di colore RGB (rosso, verde, blu) e attraverso HLS (tonalità, saturazione, luminescenza): una serie di esempi realizzati al computer possono spiegare visivamente le diverse elaborazioni tra sovrapposizione di toni e di luci colorate:



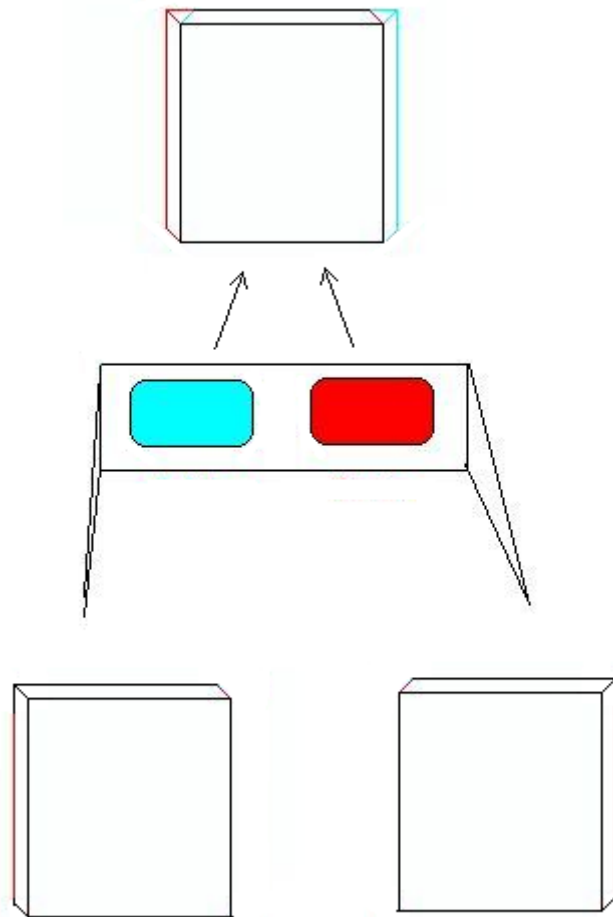
Il colore dunque può definirsi come misura di lunghezza d'onda o come percezione

### Alcuni aspetti della percezione visiva

La elaborazione dei colori nell'occhio umano ha reso possibile tutta una serie di percezioni psicromatiche illustrabili con alcuni esempi:



Nel nostro mondo tridimensionale ai due occhi, distanti tra loro circa 65mm, i giungono sempre due immagini diverse. Esse dovranno poi essere rielaborate dal cervello per creare un'unica immagine contenente una precisa percezione della profondità. Questa capacità del nostro cervello è chiamata anche stereoscopia: è possibile, con i programmi per computer attualmente più diffusi, riprodurre questa sensazione di profondità sfruttando la tecnica degli anaglifi : due figure sovrapposte dello stesso soggetto e colorate con due colori complementari possono essere diversamente osservate dai due occhi con occhiali che, possedendo lenti colorate, permettano il processo additivo :

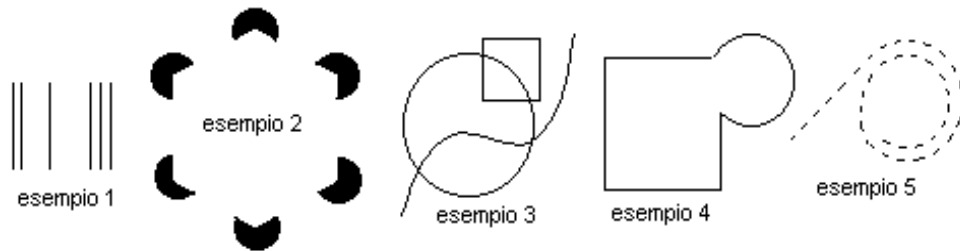


sfruttando tale tecnica è possibile sperimentare percezione di forme e profondità come nei due originali esempi proposti (è necessario disporre degli appositi occhiali per osservare il fenomeno ottico):



La complessità del modo con cui il cervello elabora le informazioni visive ha sviluppato le teorie della percezione visiva del colore e delle forme e le sue leggi fondamentali :

- 1) **Legge della vicinanza**: due o più linee vengono percepite a gruppi se tra loro ravvicinate
- 2) **Legge della chiusura** : l'occhio vede prima le forme delle loro linee di contorno :
- 3) **Legge dell'uguaglianza**: in un insieme di linee si tende a distinguere figure note
- 4) **Legge della buona forma** : in un insieme di linee e sovrapposizioni di figure si tende a riconoscere forme semplici
- 5) **Legge della continuità della direzione** : da un insieme di punti o linee si tende a individuarne una direzione.



Le leggi che definiscono i contrasti di colore possono essere così espresse:

- 1) **Contrasto di complementari** : colori accostati creano intensificazione cromatica perché ogni colore evoca il suo complementare
- 2) **Contrasto di simultaneità** : la mancanza del colore complementare lo evoca creando sfumature somma del complementare
- 3) **Contrasto di qualità** : = grado di purezza del colore
- 4) **Contrasto di quantità** : la osservazione fatta da Goethe che le luminosità dei colori variano secondo la proporzione viola:blu:verde:giallo:arancio:rosso: = 3:4:6:9:8:6

L'equilibrio di luminosità si produrrà quando viola:blu:verde:giallo:arancio:rosso: = 9:8:6:3:4:6



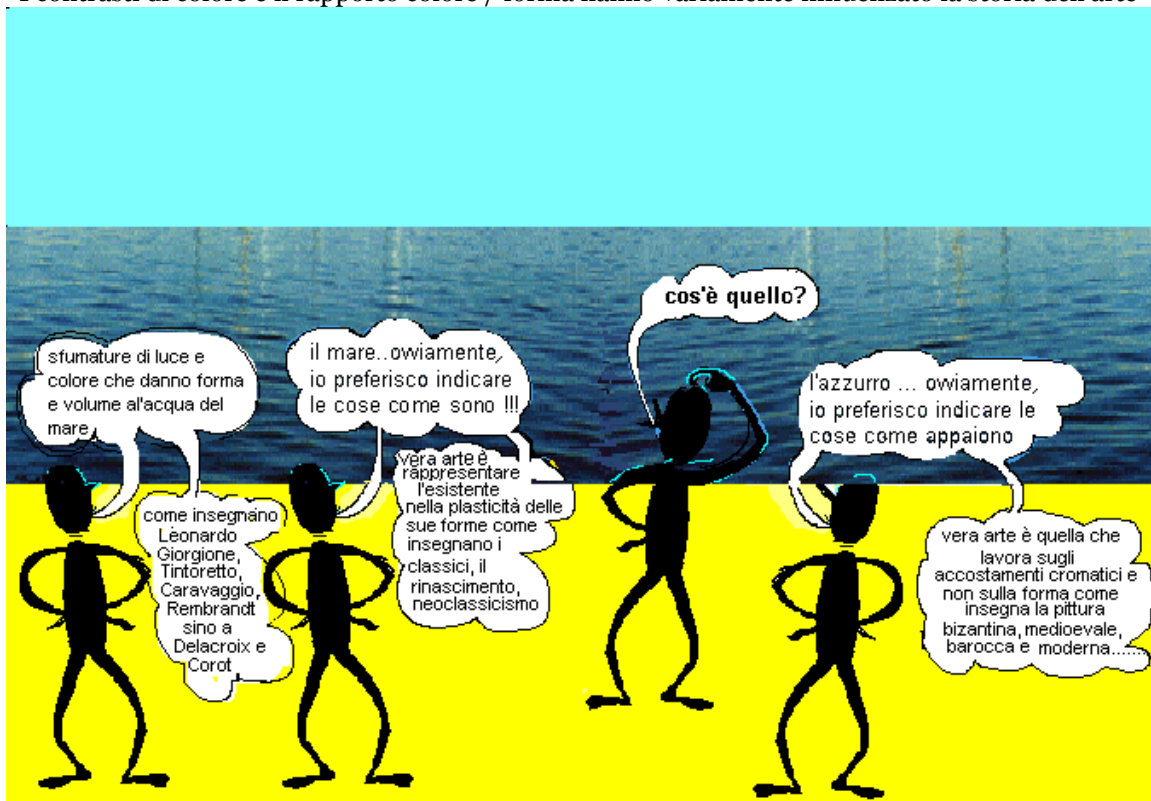
Spesso l'associazione di colori provoca sensazioni inconse che sono variamente utilizzate dai pittori (Wassily Kandinsky: Lo spirituale nell'arte.) ma anche da illustratori di fiabe o pubblicitari:

Nell'esempio che segue è lecito chiedersi in quale casa abita la fata e in quale la strega?



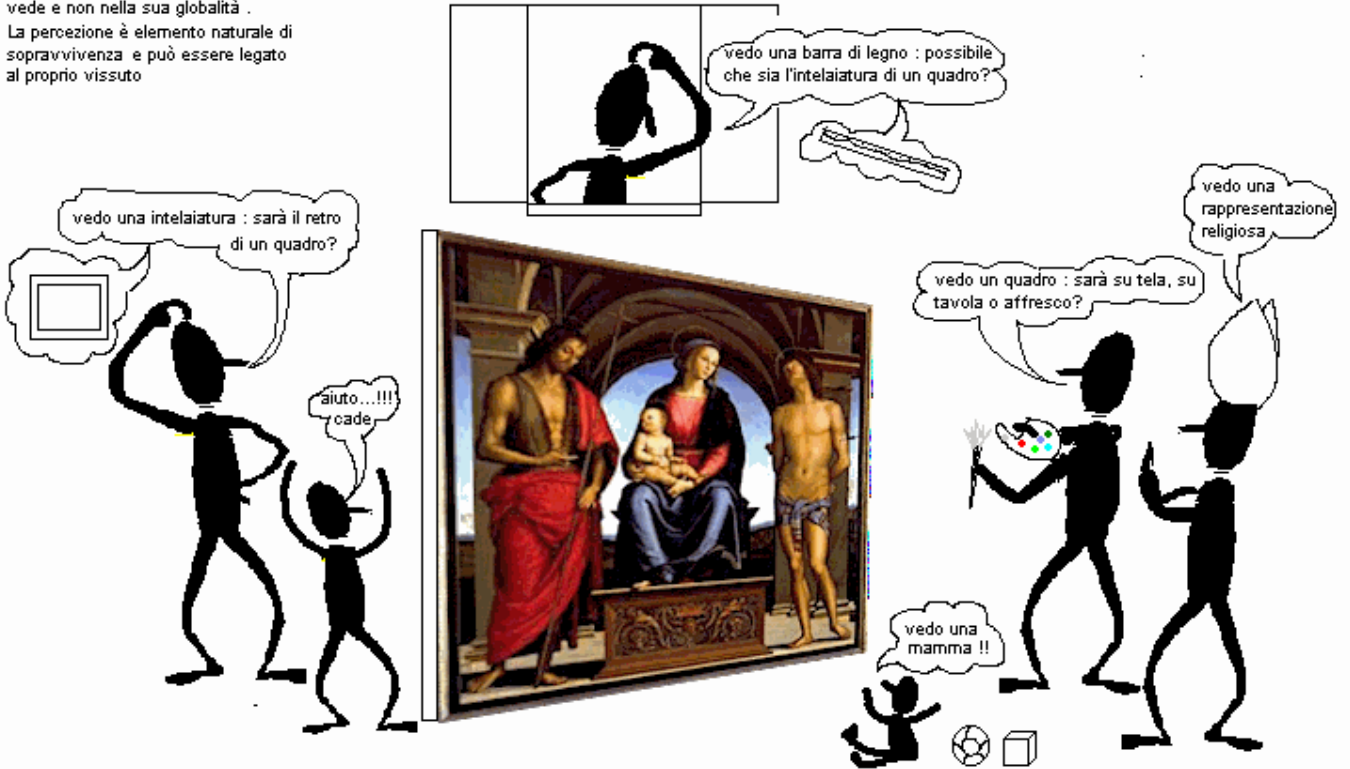


I contrasti di colore e il rapporto colore / forma hanno variamente influenzato la storia dell'arte



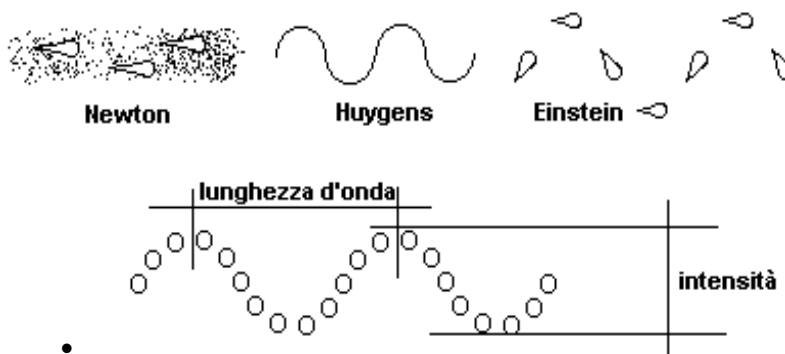
La percezione di colori, forme , e della realtà che ci circonda è sempre legata alla natura delle superfici colorate ( texture) e alle zone colorate ( campiture) ma anche alle nostre convinzioni, esperienze, esigenze ....punti di vista :

Spesso si descrive la realtà in base a ciò che si vede e non nella sua globalità .  
 La percezione è elemento naturale di sopravvivenza e può essere legato al proprio vissuto



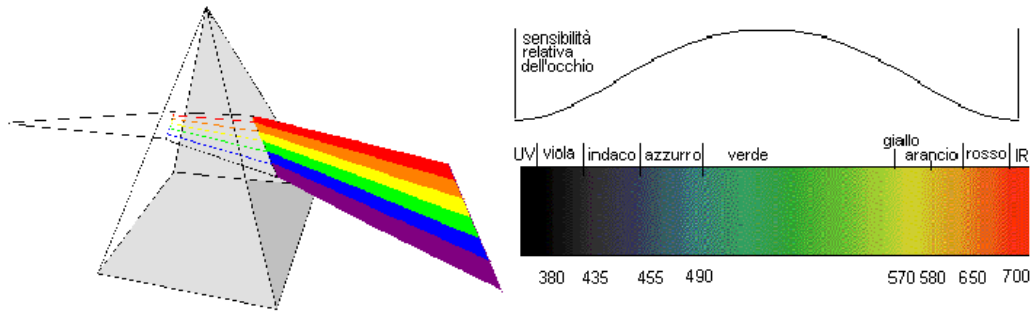
### La teoria scientifica della luce e del colore

Newton (1672) per primo studiò scientificamente attraverso il prisma il significato della scomposizione della luce bianca in tanti colori formulando la teoria della luce come flusso di corpuscoli o particelle infinitamente piccole.; e ciò in contrasto con Huygens (1690) che propose la teoria ondulatoria ( la luce si propaga per onde e non per particelle). Nel 1922 Einstein riceve il premio Nobel anche per la scoperta della natura della luce che riassume in se contemporaneamente proprietà corpuscolari e ondulatorie .

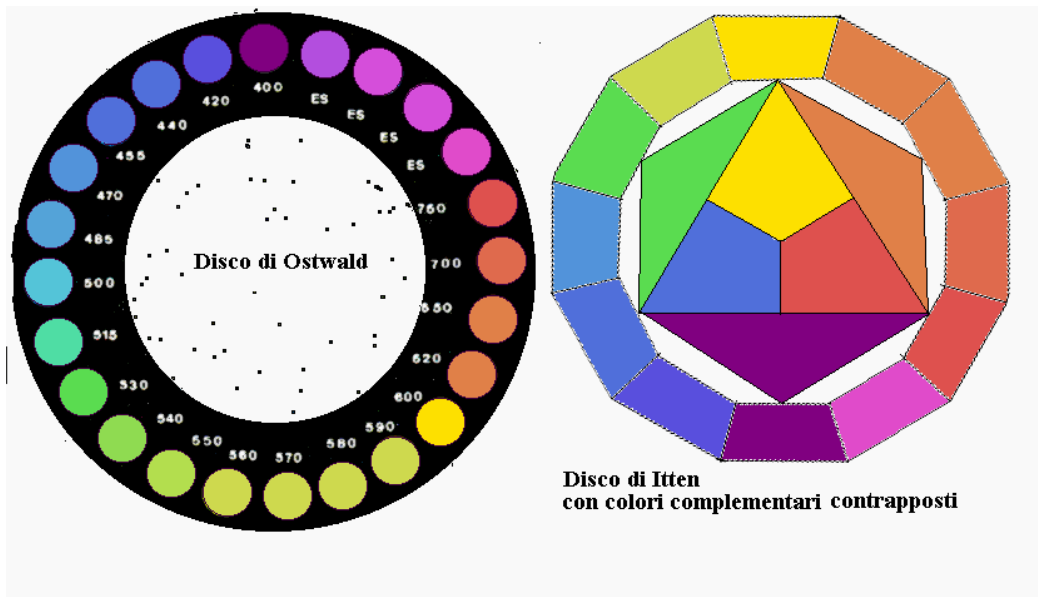


la luce dunque si propaga per particelle e per onde che sono caratterizzate da frequenza ( n° di onde nel tempo); lunghezza d'onda ( lunghezza tra due massimi o minimi) ; intensità ( ampiezza delle onde)

- la luce bianca può scomporsi (diffondere) nelle sue componenti a diversa lunghezza d'onda con il metodo del prisma già noto a Plinio e studiato da Newton e Cartesio: e riconoscibili dalla sensibilità dell'occhio che individua le diverse lunghezze d'onda differenziandole con diverso colore



i diversi colori sono caratterizzati da una particolare frequenza o lunghezza d'onda che l'occhio " valuta .....circolarmente" e ciò è ben rappresentato dal disco di Ostwald (mentre nel disco di Itten sono ben definiti i complementari)



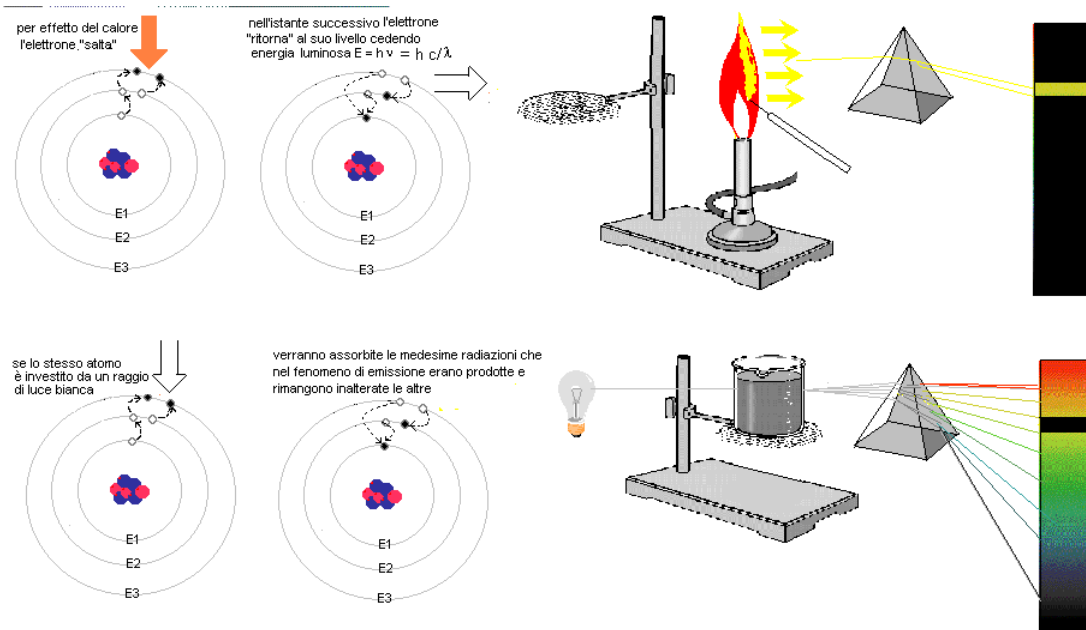
- .....ma come spiegare il motivo per cui alcune sostanze sono colorate ( ovvero emettono o riflettono luce colorata ) ?

teoria di Plank dei quanti di luce: gli elettroni eccitati dal calore della fiamma tendono ad acquistare una certa quantità misurata di energia sotto forma di calore e immediatamente dopo la restituiscono in :

**quantità misurate di energia luminosa ( .....teoria corpuscolare) e ad una definita lunghezza d'onda ( teoria ondulatoria)** ( il fenomeno è illustrato in figura in cui si vede che l'elettrone al livello E1 ricevendo energia passa a livelli E2, E3 e successivamente ritornando in E1 restituisce come luce l'energia del "salto")

Essendo la struttura atomica degli elementi diversa da atomo a atomo , ogni elemento chimico che venga eccitato da calore risponde con una emissione di luce diversa che lo caratterizza e rappresenta la sua " impronta digitale" chimica. La luce emessa dagli atomi è dunque costituita da quantità di energia E dette fotoni che possiedono una stretta relazione matematica con la emissione di luce colorata e dunque con la sua frequenza  $n$  o con la sua lunghezza d'onda  $l$ .  $E = hn = h c / l = mc^2$  ( dove  $c$  = veloc della luce ,  $m$ = massa, e  $h$  = cost.) da cui si ricava che sia l'energia E sia la massa  $m$  del fotone sono proporzionali alla lunghezza d'onda  $l$ .

Nell'esempio un atomo di sodio eccitato dalla fiamma produce luce a lunghezza d'onda nel giallo a 588 nm , mentre lo stesso atomo ionizzato in soluzione assorbe la stessa lunghezza d'onda .



ogni elemento emette colori diversi alla fiamma e ciò è utilizzato per la loro analisi : i diversi elementi e colori sono riportati in una tabella esplicativa: ( in tabella sono evidenziati alcuni pigmenti per dimostrare come il colore alla fiamma di uno ione non sia necessariamente il colore del pigmento contenente lo stesso ione )

IONE	COLORE ALLA FIAMMA	VETRO BLU	VETRO VERDE	Pigmenti colorati e sostanze contenenti lo ione
Sr	rosso scarlatto		non appare	Giallo di stronziana
Ca	rosso mattone a sprazzi	grigio verde	giallo verdastro	Carbonato di Ca, nero d'ossa, creta
Li	rosso porpora		non appare	
K	violetto	ciclamino	verde azzurro	Smaltino, Aureolina, verde smeraldo
Rb, Cs	violetto			
NH4+	violetto pallido	violetto azzurro		antiputrefattivo nelle colle
Na	giallo		giallo arancio	Verde oltremare, viola oltremare
Ba	giallo verde			Bianco di Bario, Litopone, Giallo barite
Cu	verde azzurro			Bruno di Firenze, Azzurrite, Verditer, Verde Brema, Malachite, Verde gris
borati	verde erba			antiputrefattivo nelle colle

(la vecchia tecnica di analisi sistematica con la cosiddetta "[perla al borace](#)" evidenzia ulteriori proprietà della materia e del colore)

dunque per lo stesso motivo anche i fuochi artificiali appaiono variamente colorati durante la combustione a seconda del tipo di elementi chimici in essi contenuti :



- $-N=N-; =SO_3; =CS_2; =CO_3; =CO$   $-N=O; -NO_2; -C\equiv N;$  secondo la teoria di Witt il colore delle sostanze organiche è dovuto alla presenza di gruppi cromofori

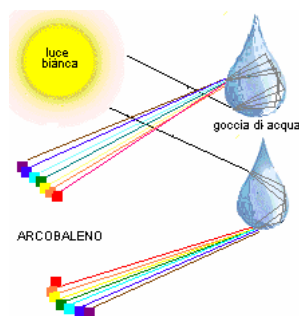
nei quali i doppi e tripli legami essendo particolarmente instabili contengono elettroni molto mobili e disponibili ad essere eccitati e a produrre energia luminosa a specifiche lunghezze d'onda. ; spesso la natura cristallina o amorfa di alcune sostanze può eccitarsi se illuminata da luce bianca assorbendo determinate lunghezze d'onda e emettendone altre ( l'assorbimento di determinate lunghezze d'onda nel rosso e nel blu è fondamentale ad esempio nella clorofilla per la fotosintesi)

### Fenomeni luminosi in natura

Acquisiti gli aspetti più propriamente scientifici del colore e quelli percettivi sarà possibile dare una risposta a interrogativi quali:

1. come si forma l'arcobaleno , e perché spesso appare doppio?
2. perché le bolle di sapone appaiono variamente colorate ?
3. Come diffonde la luce del sole?
4. per quale motivo il cielo è azzurro? , le nubi bianche? e al tramonto il sole appare rosso ?
5. come funziona un televisore a colori?
6. possono le sostanze chimiche modificare di colore ?
7. Quali sono le funzioni dei pigmenti colorati in natura?
8. E' possibile valutare contemporaneamente ciò che si percepisce soggettivamente e ciò che è oggettivamente reale?

**1)Teoria dell'arcobaleno :** La diffusione della luce nelle minutissime gocce d'acqua che funzionano da prisma , permette la formazione dell'arcobaleno primario e secondario :



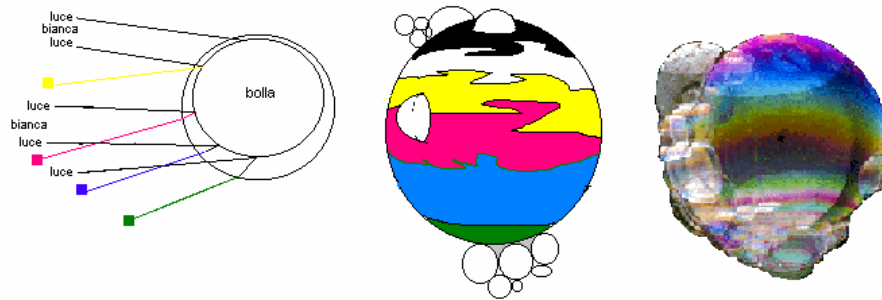
Spettro della luce e arcobaleno

Le minute gocce di acqua scompongono ( disperdono ) la luce in sette fasci di luce di colore diversi : rosso, arancio, giallo, verde azzurro, indaco e violetto

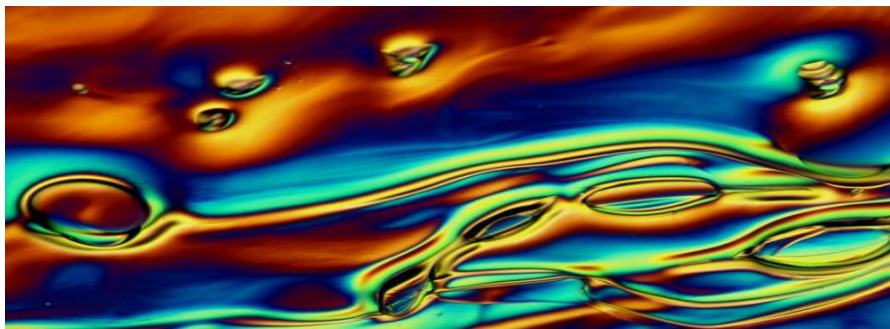


9. **2) Teoria delle bolle di sapone:**

La bolla di sapone diffonde variamente la luce bianca perché per effetto della gravità la lamina di acqua saponata ha spessori variabili :

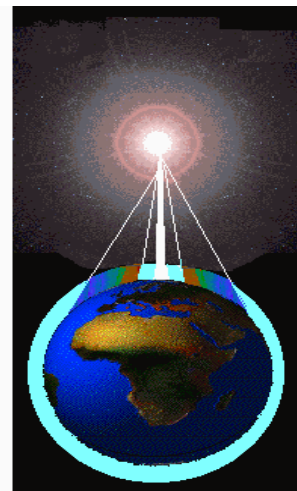
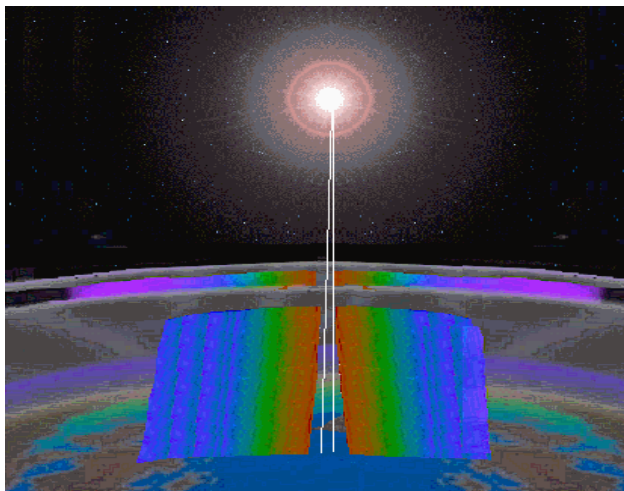


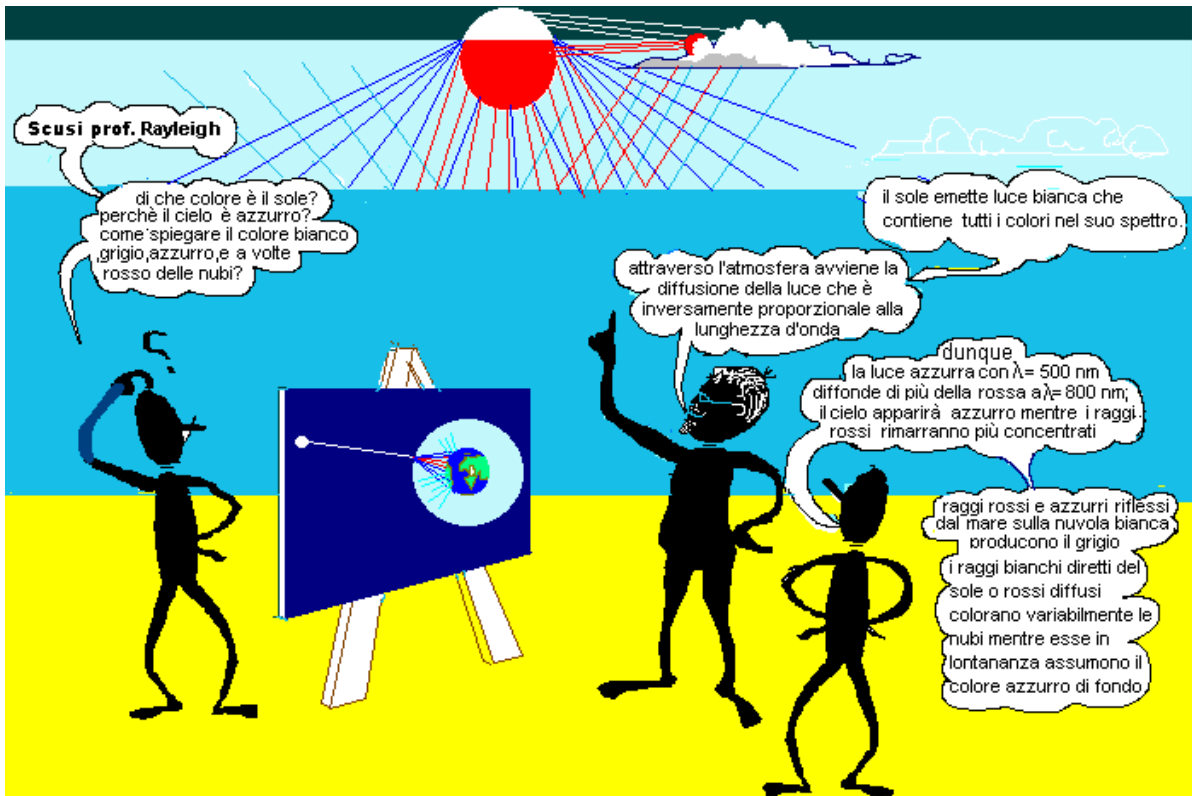
un miscuglio di liquidi immiscibili come acqua e olio spesso danno le stesse molteplici variazioni di colore della bolla di sapone :



### 3) Teoria della diffusione della luce del sole

Il cielo appare azzurro per la diffusione della luce bianca del sole operata dagli strati atmosferici (dalle molecole di azoto e ossigeno): Il colore azzurro essendo più diffuso( circa 6 volte più intenso del rosso e 10 volte del viola dall'effetto prismatico dell'atmosfera colora il cielo, il colore rosso meno diffuso ( più diretto) appare più " concentrato" e colora il sole mentre gli UV sono filtrati negli strati più alti.





**4) per quale motivo il cielo è azzurro? , le nubi bianche? e al tramonto il sole appare rosso**

La diffusione della luce comporta il colore azzurro del cielo mentre la luce diretta del sole colora di bianco la parte esposta delle nubi ( la parte sottostante in ombra apparirà grigia)



all'imbrunire la luce apparirà ben definita nella sua diffusione dello spettro dei colori :





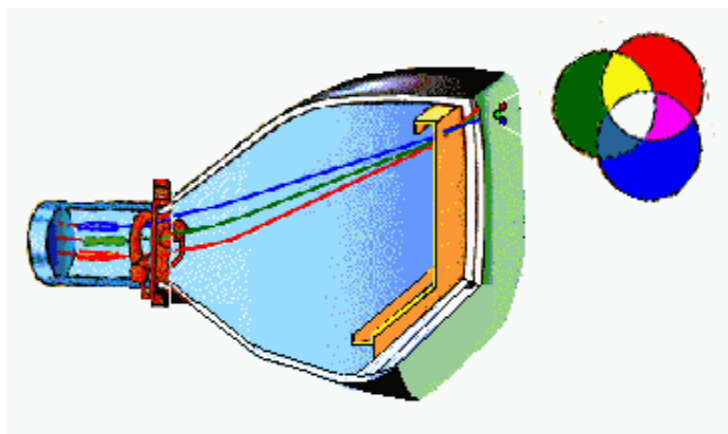
mentre al tramonto l'intensità della luce è talmente bassa che sarà visibile solo il colore rosso meno diffuso e quindi meno disperso nello spazio.

La presenza di nubi accentua la colorazione rossa per riflessione del colore



### 5) come funziona un televisore a colori?

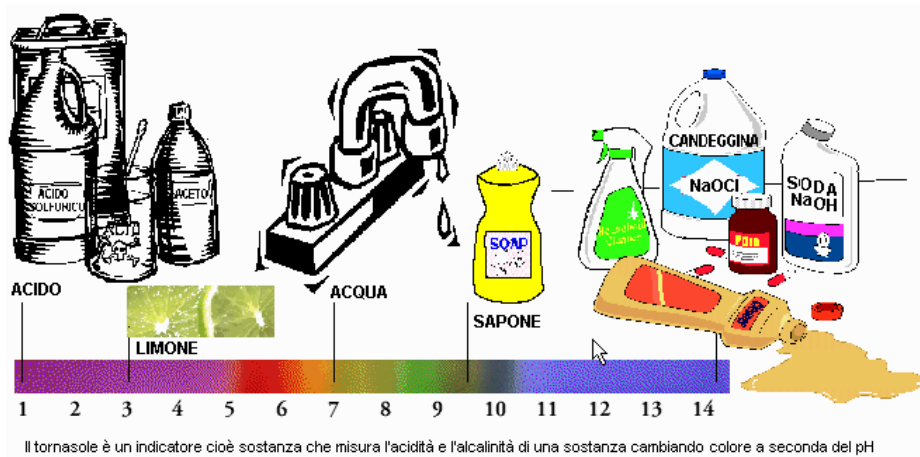
La moderna teoria della percezione visiva della sovrapposizione di raggi luminosi ci viene in aiuto :



### 6) Possono le sostanze cambiare colore ? come avviene il fenomeno?

Le sostanze assumono colori diversi a seconda dell'ambiente chimico nel quale si trovano ecco alcuni esempi



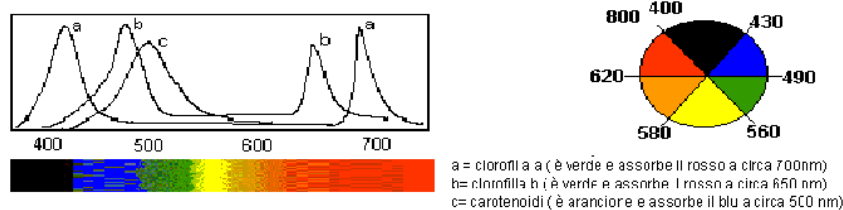


7) Quali sono le funzioni dei pigmenti colorati in natura? Come si possono studiare chimicamente?



I pigmenti contenuti nelle foglie sono necessari alla fotosintesi (trasformazione per mezzo della energia, catturata sotto forma di luce, necessaria per trasformare l'anidride carbonica in zuccheri all'interno della cellula vegetale)

I diversi pigmenti assorbono a lunghezze d'onda differenti a seconda del loro colore naturale e ben indicati dal grafico :

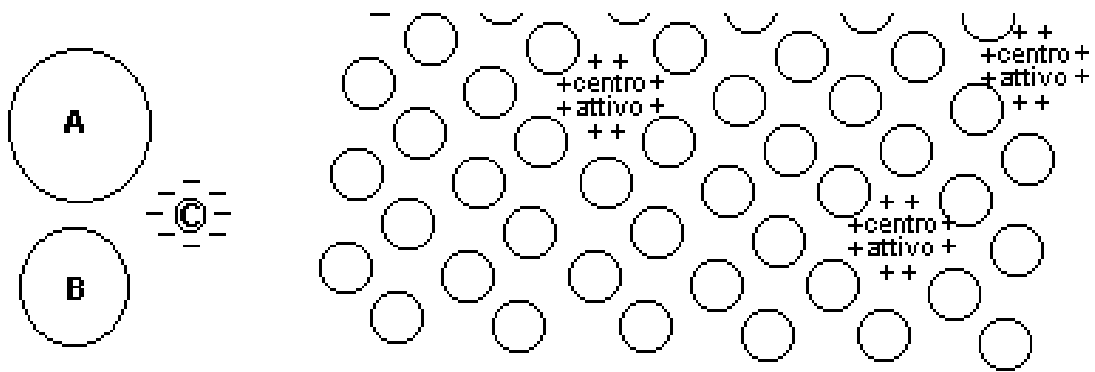


L'analisi chimica riesce con la cromatografia a separare e studiare qualitativamente e quantitativamente miscele di pigmenti con la cromatografia:

**cromatografia**

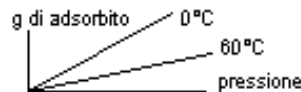
prerequisiti teorici : il materiale costituente la piastra cromatografica funziona come adsorbente selettivo (cioè assorbe capillarmente in misura diversa e ciò è dovuto alla struttura dell'assorbente che in alcuni punti presenta valenze non saturate e quindi centri attivi che richiamano e legano le sostanze in modi diversi)

A, B, C, verranno assorbiti in misura diversa perché hanno tendenza diversa a legarsi ai centri attivi e perché hanno peso molecolare diverso (A si muoverà più lentamente perché ha un peso molecolare più alto mentre C si muoverà altrettanto lentamente perché viene trattenuto dalla carica opposta dei centri attivi)



Dunque la polarità di alcune molecole è fondamentale per prevedere comportamenti specifici ( l'acqua ad esempio formando legami ad idrogeno tra le sue molecole e dipolo con sali polari , veicolerà sicuramente i prodotti da cromatografare in modo diverso da un solvente apolare come la benzina.....)

Posto dunque il miscuglio (eluente + sostanza da analizzare) su piastra cromatografica si verificherà un diverso assorbimento delle sostanze componenti che sarà legato sia ai centri attivi e al peso molecolare ma anche alla temperatura, al grado di suddivisione , alla pressione.



reagenti : sono necessari : mortaio, pipette, piastra o carta cromatografica, vaschetta per cromatografia, foglie verdi,

descrizione della analisi : sciolti i pigmenti ( es:delle foglie in alcool) , si dispone il liquido su una piastra per cromatografia o su un fogli di carta da filtro assorbente e si valuta l'espandersi della macchia e la separazione dei componenti colorati . Il rapporto tra la distanza percorsa dalla sostanza e la sostanza percorsa dal solvente rappresenta una misura per determinarne qualitativamente le sostanze analizzate.

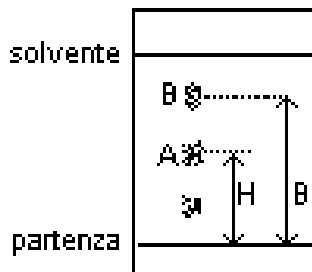
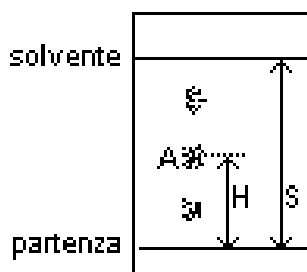


**ANALISI QUALITATIVA** valuta il fattore Rf di ritenzione (o di ritardo) relativo e assoluto

$$Rf A \text{ assoluto} = \frac{H}{S}$$

$$Rf A \text{ relativo} = \frac{B}{H}$$

(rispetto a sostanza di riferimento B)



la cromatografia su carta è stata utilizzata nell'arte per verificare la presenza di sostanze idrofile (leghe metalliche o leganti proteici); la cromatografia su strato sottile analizza sostanze organiche e polari e apolari (leganti, adesivi, vernici, la gas cromatografia è utilizzata per sostanze organiche volatili).

analisi dei risultati : la prova specifica su pigmento verde delle foglie può dare i seguenti risultati :

La foglia verde dunque contiene pigmenti che trattenendo energia luminosa sono necessari alla foglia per realizzare la fotosintesi (operazione che permette alla cellula vegetale di sintetizzare nutrienti come lo zucchero dalla anidride carbonica).

I diversi pigmenti assorbiranno a lunghezze d'onda diverse (comprese tra 400 e 700 nm nel visibile) e permetteranno alla pianta di sopravvivere anche in condizioni di luce diversa. (ad esempio alla luce normale entreranno in funzione i due tipi di clorofilla che assorbono rosso e blu mentre in condizioni di luce verde (.....disperate per una pianta verde!) entreranno in funzione carotenoidi e xantofille.)

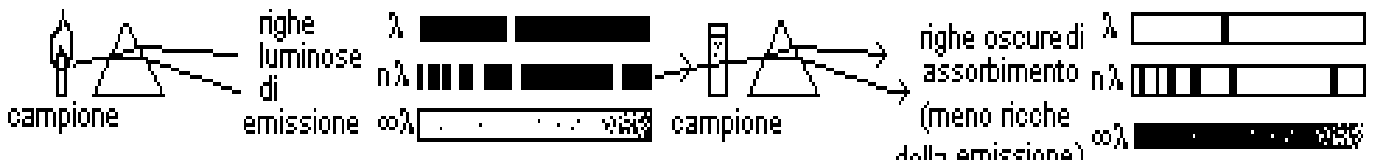
In natura esistono anche sostanze colorate inorganiche (i sali di ferro ad esempio colorano alcune rocce con il colore .....ruggine)



**8)E' possibile valutare contemporaneamente ciò che si percepisce soggettivamente e ciò che è oggettivamente reale?In che modo l'osservazione oggettiva è usata nella analisi chimica?**

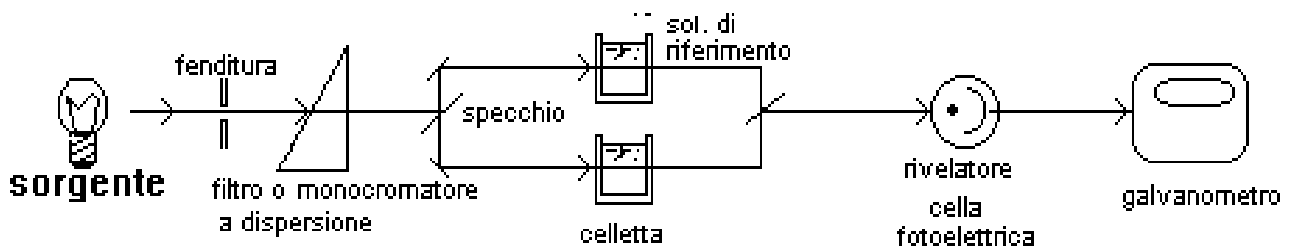
Lo scienziato ricava dati oggettivi dalla macchina che media la percezione visiva con il dato oggettivo riproducibile : lo spettrofotometro è uno degli apparecchi usati dal chimico per indagare la qualità e la quantità della sostanza.

Il metodo spettrografico è utilizzato in chimica per determinare la qualità e la quantità di sostanze diverse sottoposte a emissione o assorbimento luminoso e studiate nel loro spettro caratteristico.



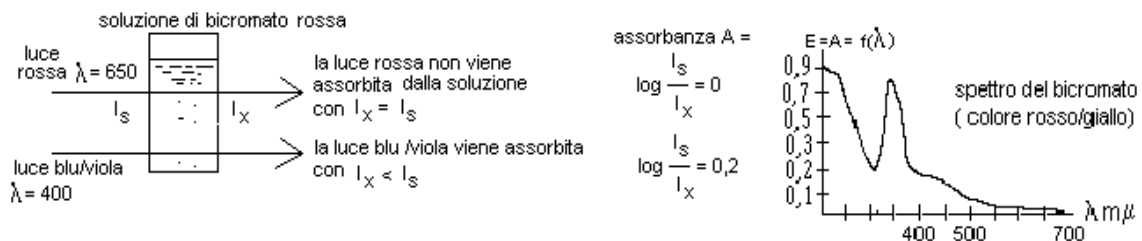
Dunque un campione eccitato alla fiamma potrà dare uno o più raggi luminosi a lunghezza d'onda  $\lambda$  che saranno ordinati in una striscia detta spettro ; allo stesso modo un raggio luminoso di luce bianca ( contenente tutte le  $\lambda$  dello spettro) subirà assorbimento di una certa  $\lambda$  caratteristica della sostanza in soluzione interposta al raggio : lo spettro sarà completamente luminoso eccetto le  $\lambda$  assorbite.

Lo spettrofotometro in assorbimento consiste in :



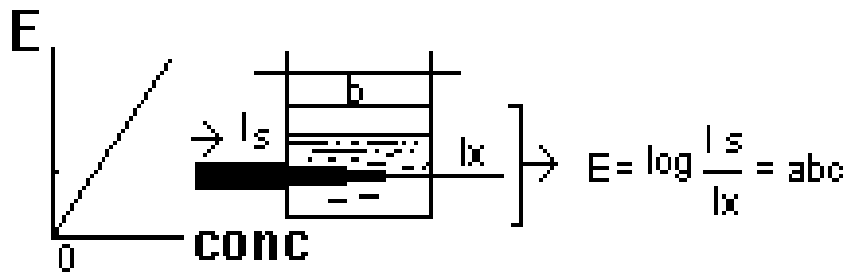
Una emissione luminosa viene trasformata in un raggio monocromatico ( a unica lunghezza d'onda) dalla fenditura e filtro e viene assorbita diversamente da una soluzione da analizzare contenuta nella celletta ( e confrontata con una soluzione di riferimento) , un rivelatore misura esattamente il valore di assorbimento che viene fissato su display di un galvanometro

Per ogni sostanza è possibile costruire un grafico che misuri l'assorbimento ( assorbanza o estinzione) alle diverse lunghezze d'onda ( l'apparecchiatura usata ha un dispositivo che permette di variare la lunghezza d'onda della luce e misurare contemporaneamente l'assorbanza ( il valore di assorbanza o estinzione è definito dalla legge di Lambert Beer :  $A = \log \text{raggio incidente}/\text{raggio uscente}$ )



Lo studio dello spettro di assorbimento del bicromato ( sostanza colorante, ossidante di colore giallo rossastro) rivela che sono praticamente assenti le tonalità dello spettro corrispondenti al colore rosso e giallo ( le lunghezze da 550 a 700 nm non vengono assorbite ) mentre risultano assorbiti i colori verde, azzurro, viola, ( da 550 a 380 ) ; si può notare un minimo di assorbimento di raggi UV intorno a 320nm e un massimo a 370.

L'assorbimento sarà anche funzione della concentrazione e ciò potrà essere sfruttato per determinare la concentrazione di soluzioni : es a  $\lambda = 370$  si potrà studiare un grafico assorbanza / concentrazione



applicazione della analisi spettrografica

( A conferma che assorbimento coincide con emissione luminosa si potrà prevedere uno spettro di assorbimento per il sodio a 588 nm perché alla fiamma il sodio appare giallo ; Bario a 553 che appare verde ; potassio a 404 che appare violetto; Litio a 670 che appare rosso )

Ogni spettro  $E / l$  è caratteristico di ogni sostanza e può essere usato per l'analisi qualitativa ;

Ad una certa lunghezza d'onda è possibile studiare l'estinzione di soluzioni a concentrazione di versa ( maggiore è la concentrazione , maggiore sarà l'estinzione della luce ) e ciò sarà utilizzato per la analisi quantitativa.

Esempi di applicazione :1) l'analisi di un verde può rivelare la sua base di rame ( Il Cu assorbe a 324 e 327 nm nell'iniziale UV) oppure di Cromo ( che assorbe sia in 359 , 360 ma anche nel visibile 425,427,428 ) ciò sarà fondamentale per confermare ad esempio la attribuzione di un falso dell'ottocento che riproduce un'opera rinascimentale ( i verdi dell'ottocento spesso sono a base di cromo mentre il rinascimento usa colori verdi con base rame) ; 2) l'analisi degli assorbimenti di sostanze organiche indica che l'estinzione diminuisce ( mentre aumentano fenomeni di fluorescenza) con l'aumento della ossidazione delle sostanze e quindi della loro età .

Un campo a lungo studiato è quello relativo all'indagine dei dipinti con luce di Wood ( UV), raggi X e IR e confermati da indagini di termoluminescenza e dalla teoria che vuole associato il fenomeno dell'assorbimento con instabilità elettronica.



### Bibliografia essenziale

- Josef Albers : Interazione del colore – Pratiche editrice**
- Rudolf Arnheim : Arnheim, il pensiero visivo– Einaudi**
- Rudolf Arnheim : Arte e percezione visiva –Feltrinelli**
- Rudolf Arnheim : verso una psicologia dell'Arte – Einaudi**
- Gombrich - Hochberg – Black – Einaudi**

**Ernst H. Gombrich – Freud e la psicologia dell'Arte– Einaudi**  
**Ernst H. Gombrich – Arte e illusione – Einaudi**  
**Ernst H. Gombrich – sentieri verso l'arte - Leonardo arte**  
**Ernst H. Gombrich – La storia dell'arte raccontata da Ernst H. Gombrich**  
**Ernst H. Gombrich – L'uso delle immagini – Leonardo arte**  
**Ernst H. Gombrich – Il senso dell'ordine– Einaudi**  
**Wassily Kandinsky – Tutti gli scritti – Feltrinelli**  
**Paul Klee – Teoria della forma e della figurazione– Feltrinelli**  
**Bruno Munari – Artista e designer- Universale Laterza**  
**Bruno Munari – Arte come mestiere- Universale Laterza**