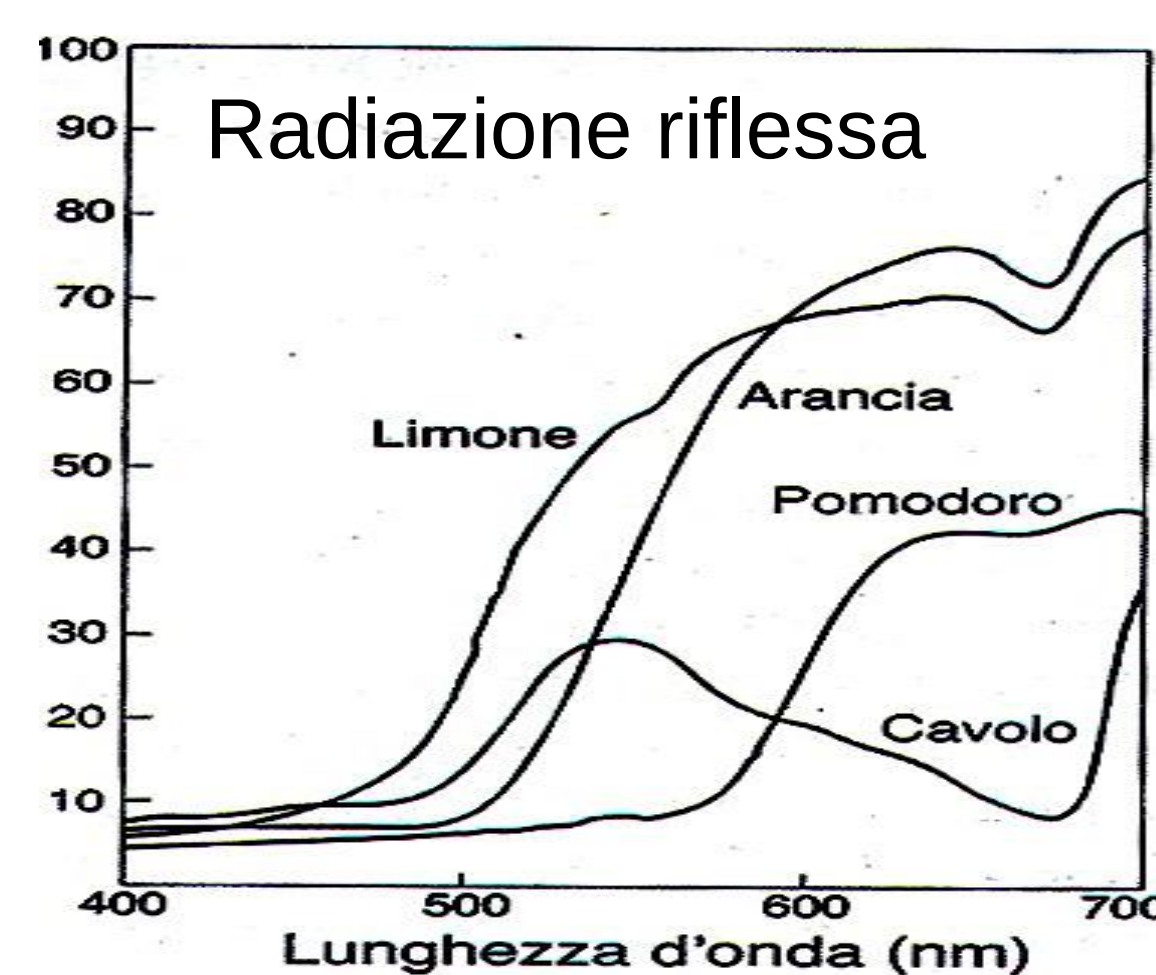
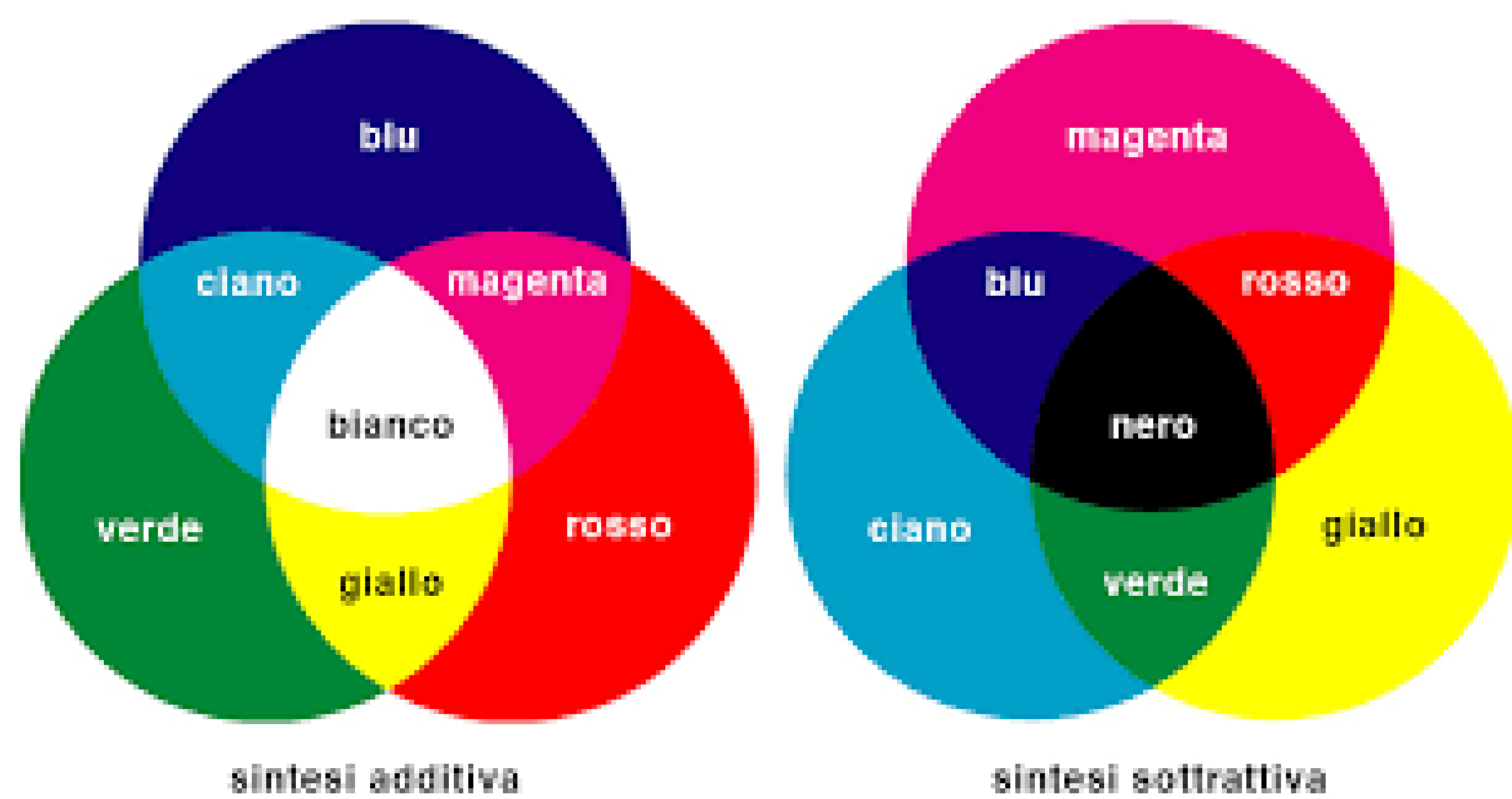
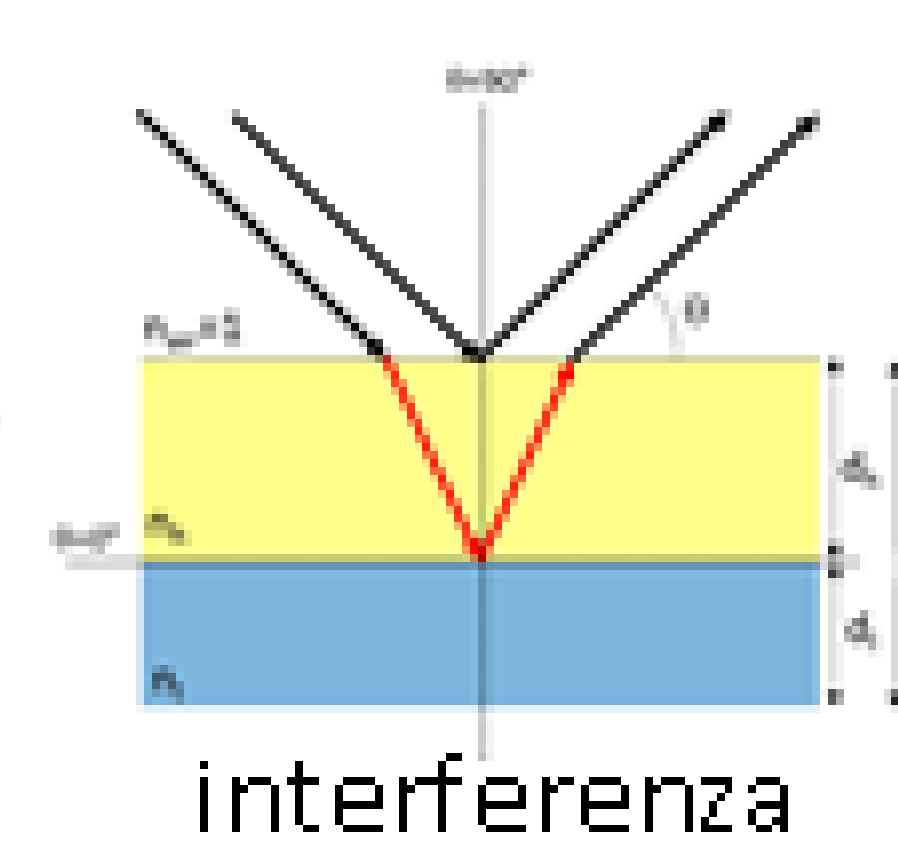
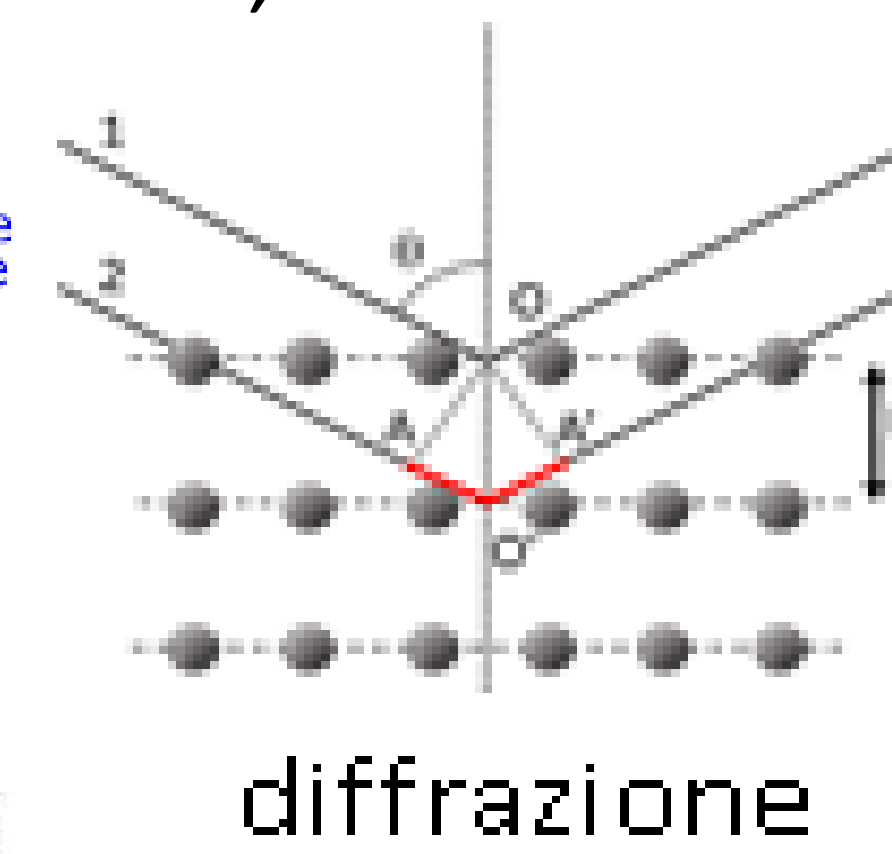
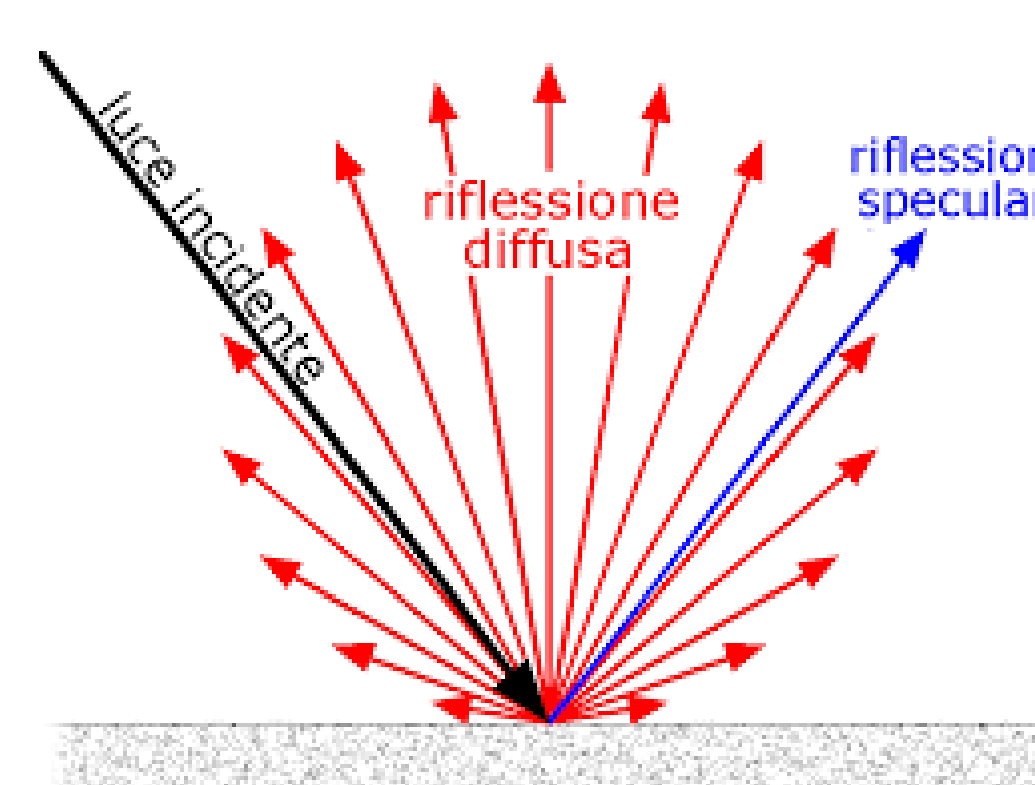
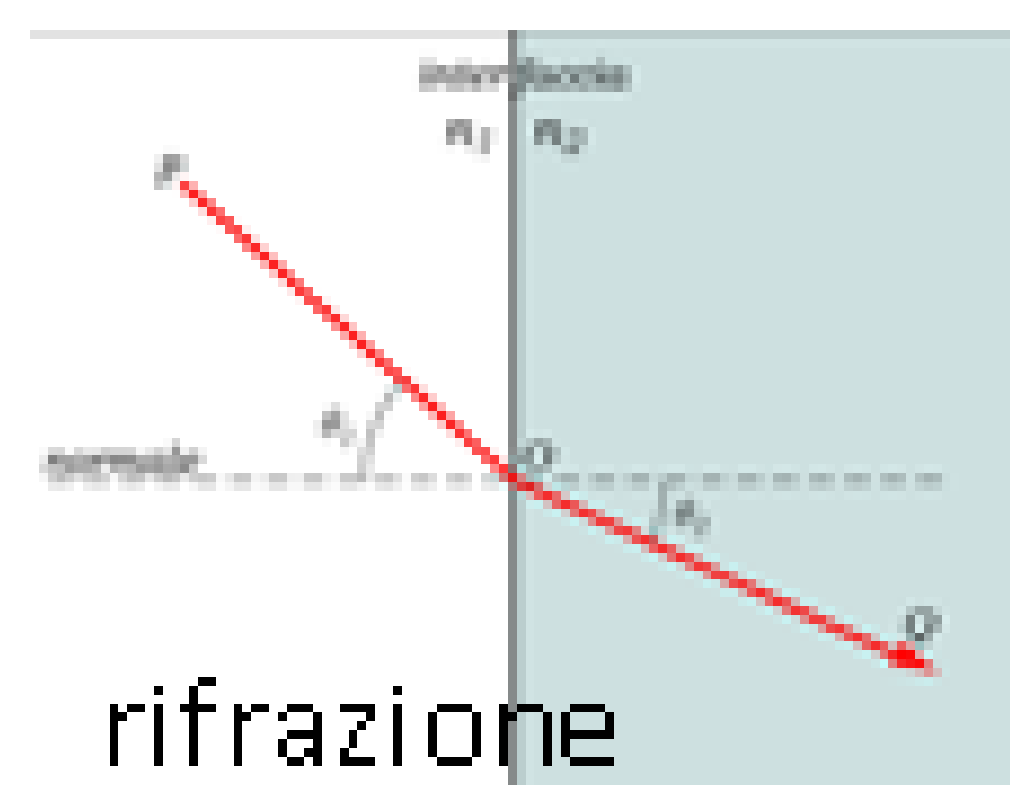


Percezione del colore

Il colore percepito quando si osserva un oggetto dipende sia dalla sua composizione chimica che dalle proprietà fisiche: la prima determina quali frequenze dello spettro vengono assorbite e, quindi, quelle che vengono trasmesse e riflesse.



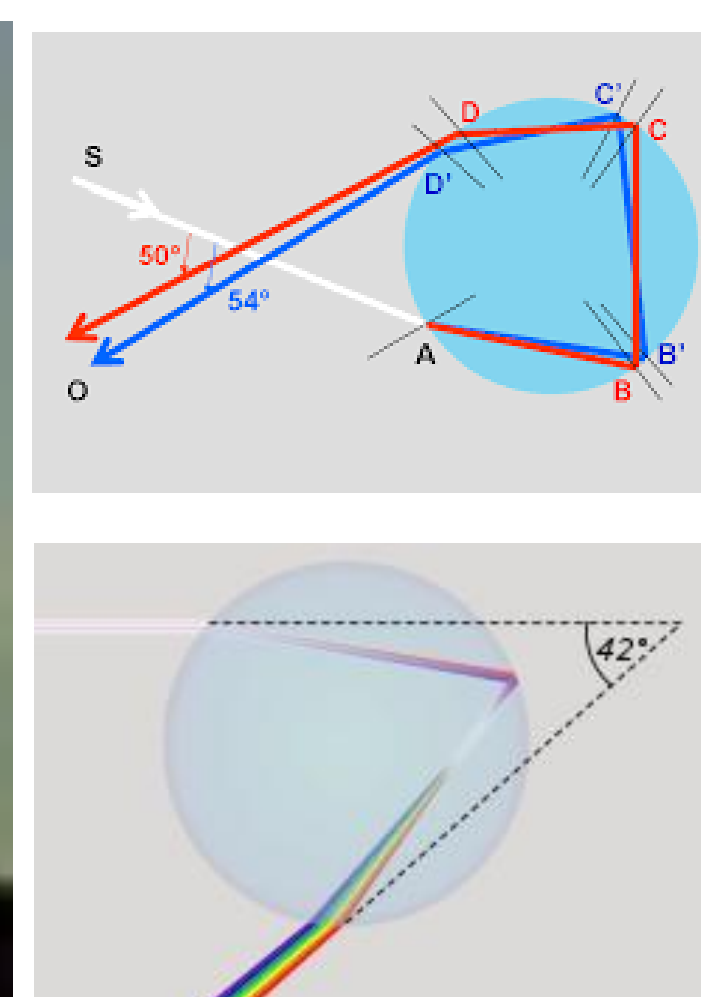
Le proprietà fisiche definiscono invece le direzioni di propagazione di queste radiazioni e danno origine ai fenomeni di riflessione, rifrazione, diffrazione e diffusione della luce.



Colore strutturale

Anche i materiali trasparenti possono apparire colorati quando presentano strutture con dimensioni prossime a quelle delle lunghezze d'onda della luce.

Diversi fenomeni fisici quali la rifrazione, la diffrazione e l'interferenza sono all'origine di molte meravigliose colorazioni osservabili in Natura.



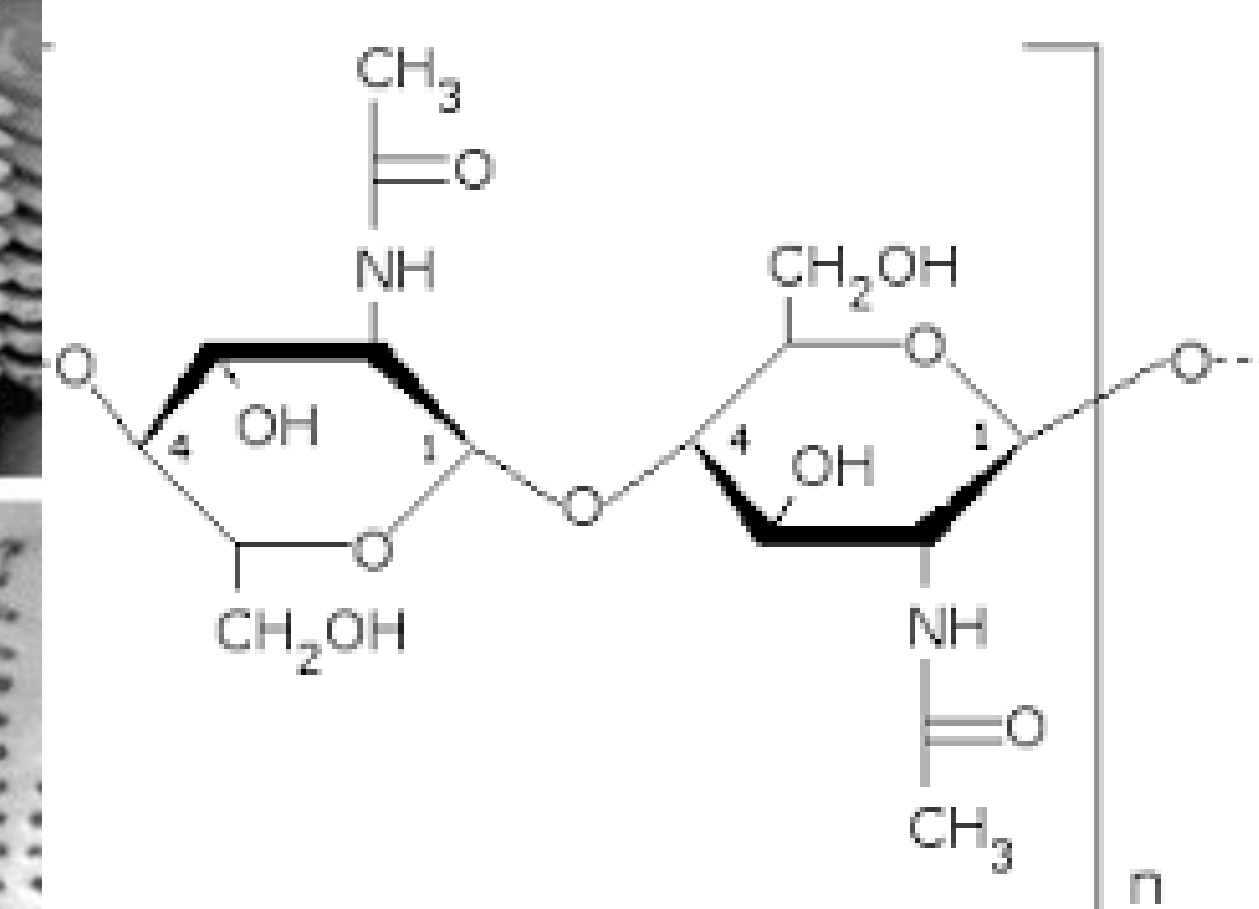
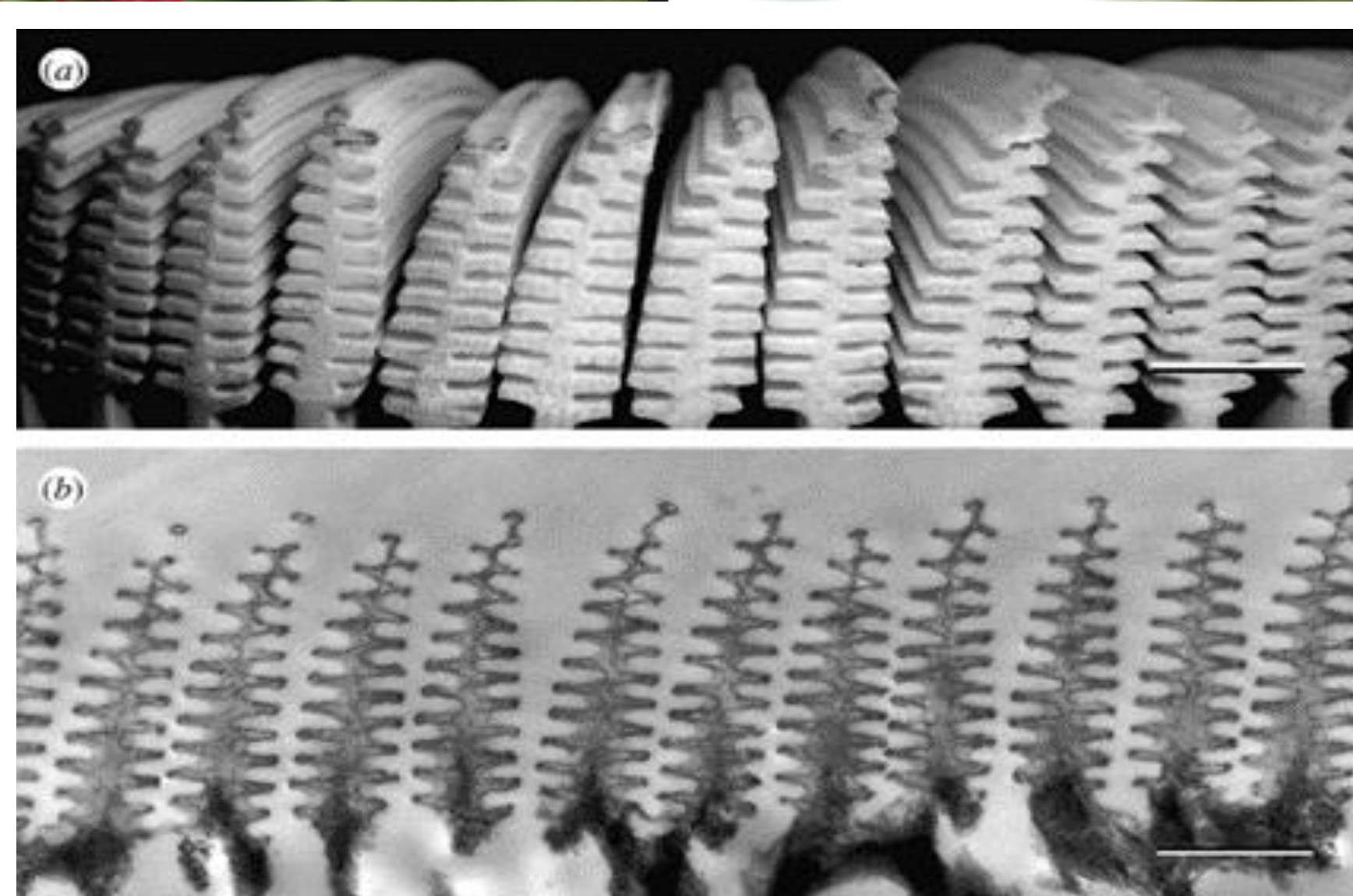
Interferenza su lamina sottile
acqua/aria



Molto interessanti sono le modulazioni e gli effetti cromatici originati dai **Cristalli Fotonici**, strutture formate da materiali con diverso indice di rifrazione disposti in un reticolo periodico con spaziatura comparabile alla lunghezza d'onda della luce visibile.



Opali
microstrutture
SiO₂ idrata



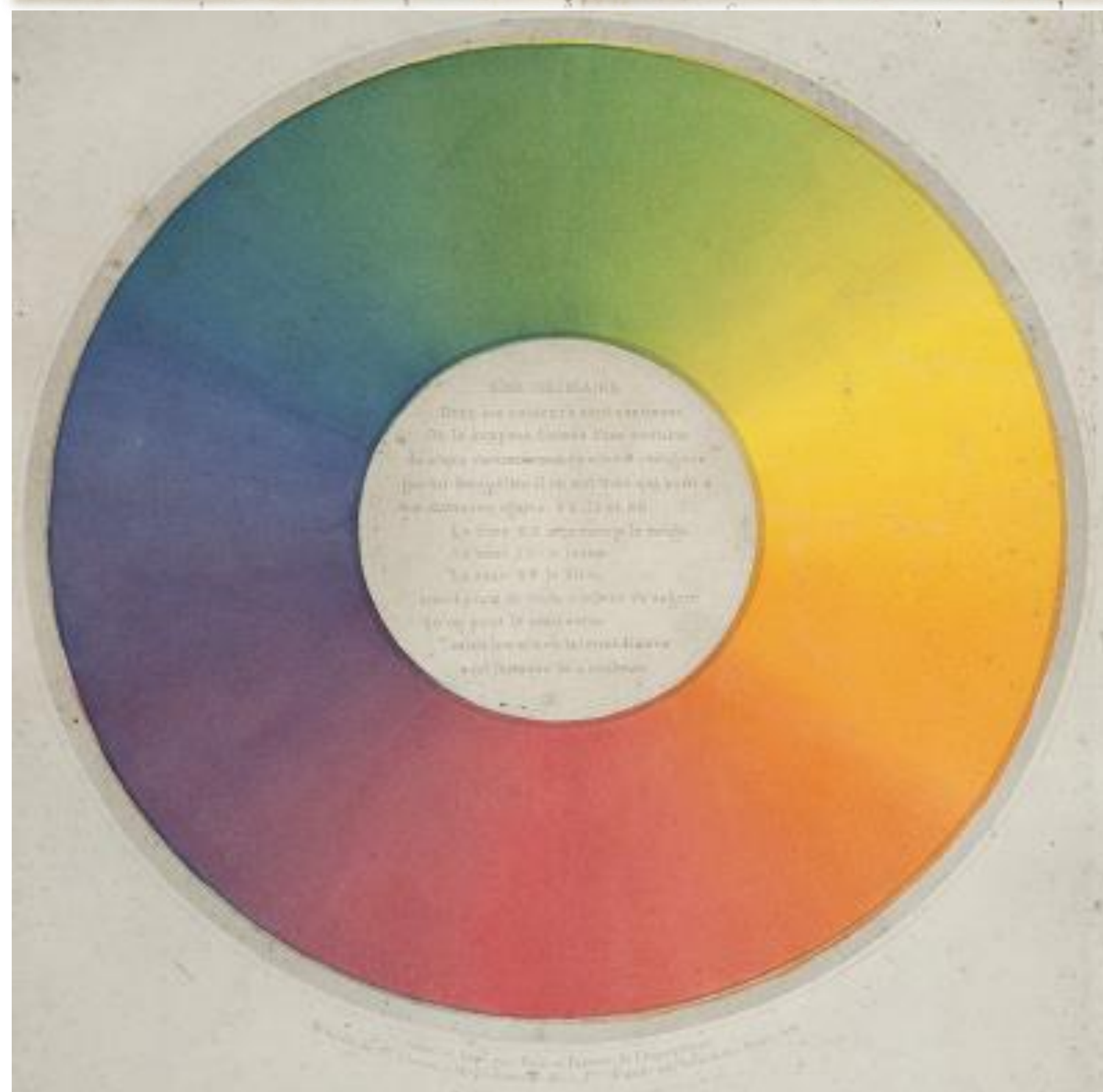
Chitina [C₈H₁₃O₅N]_n

microstrutture complesse
generano colore strutturale con meccanismi
quali interferenza, diffrazione e rifrazione.

I Cerchi Cromatici di Chevreul

I cerchi cromatici realizzano vere e proprie mappe delle migliaia di colori che si possono ottenere mescolando la materia colorata (metodo della sintesi sottrattiva dei colori). Analogamente alle carte geografiche, rappresentano in due dimensioni le sezioni di uno spazio teorico tridimensionale: la Semisfera dei Colori ideata dallo stesso Chevreul negli anni 30 dell’ottocento.

Ciascun cerchio è suddiviso in 72 settori frazionati, a loro volta, in 20 parti regolari. Ogni tinta è posta in un settore con 20 toni regolarmente sfumati radialmente. I tre colori primari Rosso, Giallo e Blu sono disposti in tre settori formanti angoli di 120° mentre i settori compresi tra essi riportano i colori derivati dal loro regolare mescolamento. In tal modo ogni cerchio contiene 1440 diversi colori definiti da due numeri: quello del settore e quello della posizione radiale. A ciascun colore corrisponde, diametralmente opposto, il suo colore complementare.



Nel primo cerchio sono regolarmente disposti i colori che si ottengono mescolando i tre primari puri, detti colori cromatici, cioè presenti nello spettro della luce solare.

Gli altri cerchi riportano i colori ottenuti aggiungendo progressivamente, con incrementi decimali, piccole quantità di nero ai colori del primo cerchio



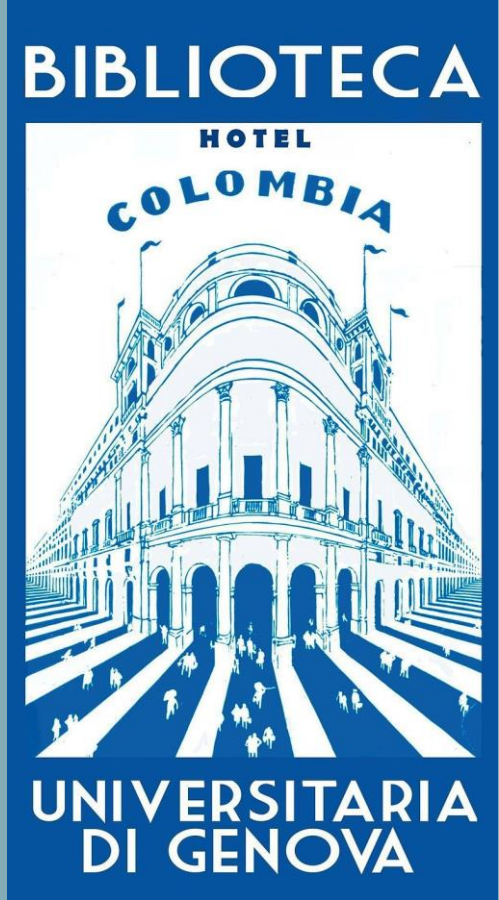
Questo sistema di standardizzazione dei colori fu realizzato a Parigi, nelle manifatture Gobelins, da Chevreul e collaboratori disponendo migliaia di filati di lana tinta su ruote di legno del diametro di un metro.

All’epoca non era possibile stampare i Circoli Cromatici. Soltanto dopo un paio di decenni, la tipografia parigina Firmin Didot Freres et fils riuscì nell’impresa grazie alla messa a punto di nuove tecniche cromocalcografiche, ottenendo il primo premio alla Esposizione Universale di Parigi nel 1855,. La pubblicazione finale avvenne nel 1861 a corredo del corposo volume *Exposé de Moyen de Definir et Nommer les Coleurs d’apres une methode precise et experimentale par M.E.Chevreur*.

La copia esposta appartiene al Museo di Chimica del DCCI.

I sei colori Rosso, Blu, Giallo, Verde, Arancio e Viola possono essere schiariti aggiungendo il Bianco o scuriti aggiungendo il Nero. Mescolandoli a coppie si può ottenere un altro colore oppure del grigio. Si può quindi definire un colore con tre termini: il tono del colore, la gamma dei toni di un colore, le sfumature che si ottengono da una coppia di colori»

M.E.Chevreur



Le mappe di colore, il colore delle mappe

Invenzioni, storie, idee della scienza del colore

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Genova
Biblioteca Universitaria di Genova
Società Chimica Italiana – Sezione Liguria
Associazione Didattica Museale

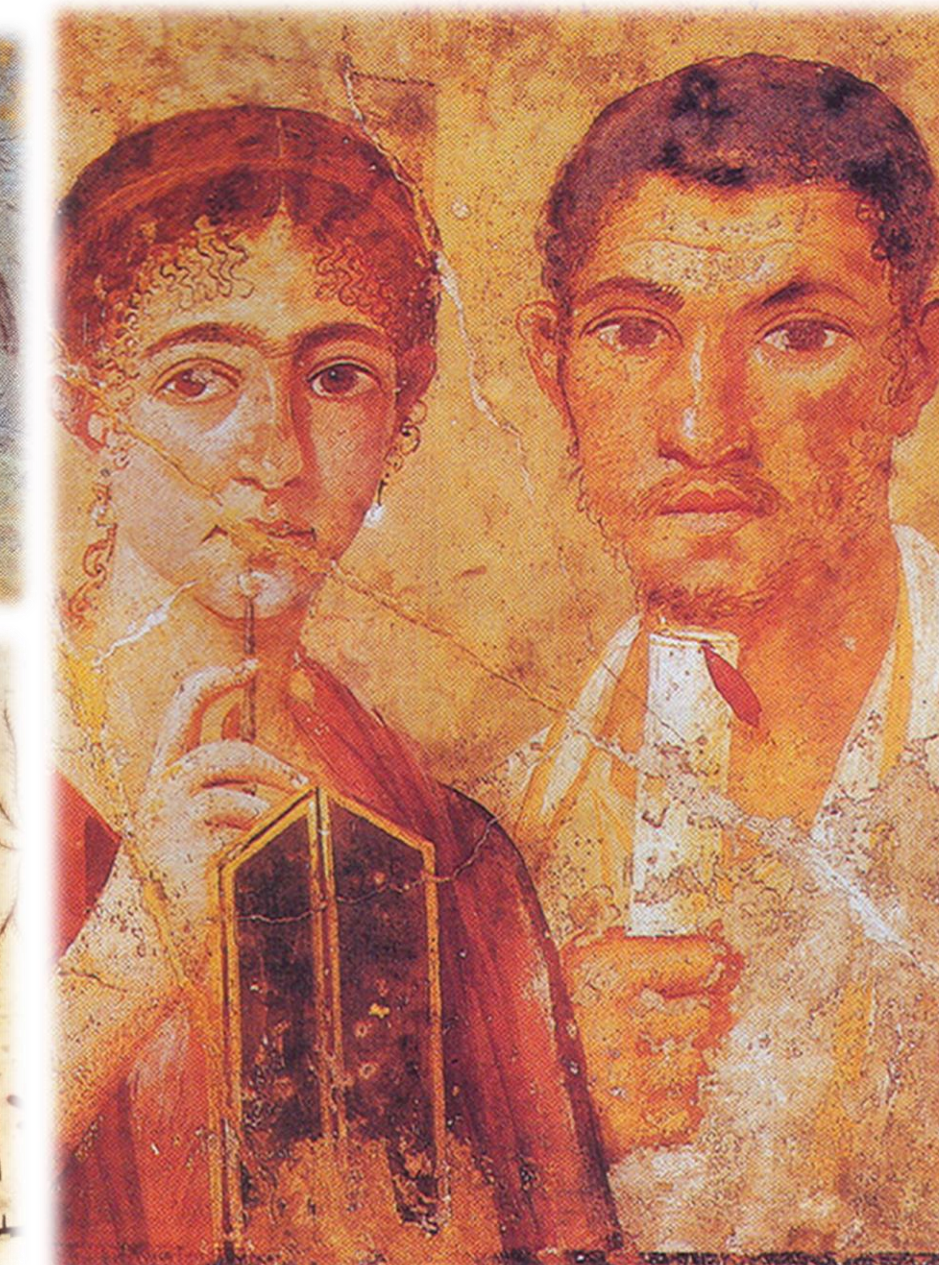


Ottenere colore mescolando materia

La ricerca di materiali colorati stabili e brillanti ha coinvolto l'umanità per secoli ma ancora alla metà dell'ottocento erano disponibili soltanto una dozzina di coloranti naturali stabili e pochi più pigmenti.

Trovare terre colorate e separare i pigmenti dai minerali erano attività dispendiose e impegnative. Nondimeno, la complessità delle lavorazioni necessarie rendeva molto difficile estrarre e purificare coloranti da sostanze di origine vegetale o animale.

Le poche testimonianze sopravvissute alle ingiurie del tempo mostrano che, escludendo la civiltà egizia, nell'antichità i colori dominanti erano generalmente il bianco, il rosso e il nero ed i pigmenti più usati erano carbone, ocra, biossido di manganese, gesso e calce. I pochi materiali colorati disponibili erano difficilmente mescolabili e raramente corrispondevano a colori primari puri. Pertanto, l'efficacia dei risultati artistici dipendeva soprattutto dalla qualità del disegno.



In Egitto si usavano anche pigmenti verdi derivati dalla malachite, carbonato basico di rame $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$, e la *fritta* blu, pigmento inorganico ottenuto con tecnologie dell'età del bronzo secondo una vera e propria ricetta chimica: $\text{CaO} + \text{CuO} + \text{SiO}_2$ in rapporto 1 : 1: 4

Per oro, porpora e lapislazzuli era, invece, il valore intrinseco del materiale stesso a creare ammirazione e timore reverenziale e, quindi, successo tra le classi agiate e la diffusione in campo religioso

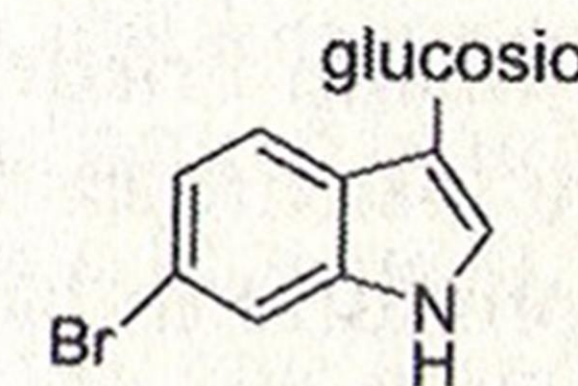


La porpora di Tiro si è dimostrata la migliore di tutte in senso assoluto; i molluschi sono raccolti nei pressi della riva e tutto ciò che è necessario per procedere alla tintura è facilmente reperibile. Sebbene il gran numero di laboratori di lavorazione della porpora renda la città poco gradevole per viverci, d'altra parte ciò la ha resa molto prospera, grazie alla suprema abilità dei suoi abitanti.

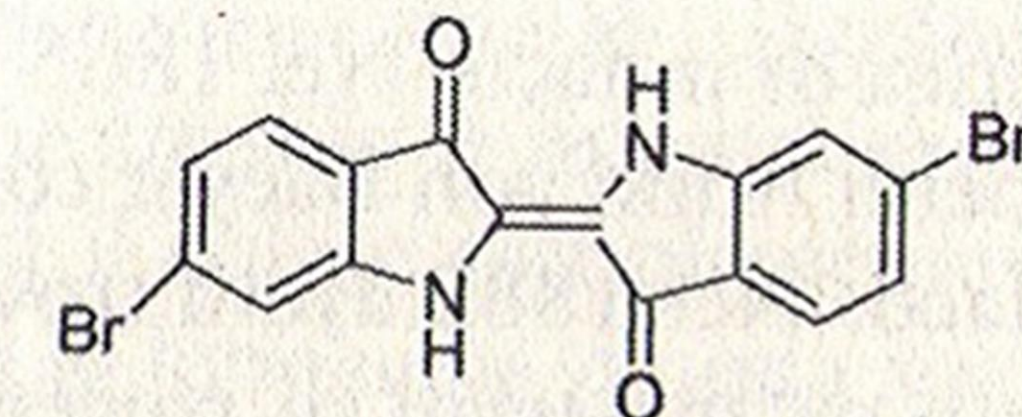
Strabone, XVI, 2, 23



A Tiro, per secoli, venne estratta dal *murice* la pregiatissima e costosissima **porpora** seguendo procedimenti complessi e molto impattanti sull'ambiente. Migliaia di molluschi erano necessari per ottenere un grammo di colorante e la lavorazione richiedeva notevoli quantità di urina fermentata.

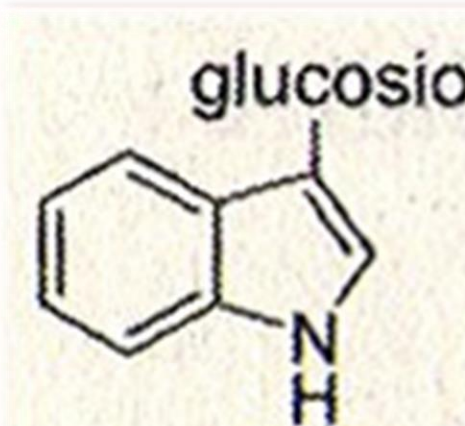


fermentazione alcalina
ossidazione in aria

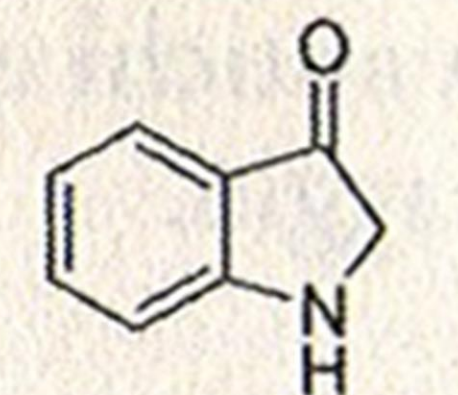


*Composto secreto dal murice
(molecola di bromoindicano)*

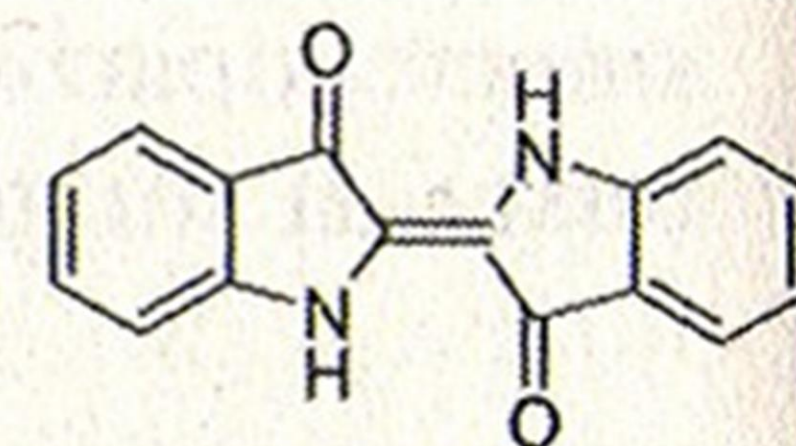
*Porpora di Tiro (molecola
di dibromoindaco)*



fermentazione
in soluzione
alcalina



ossidazione
in aria



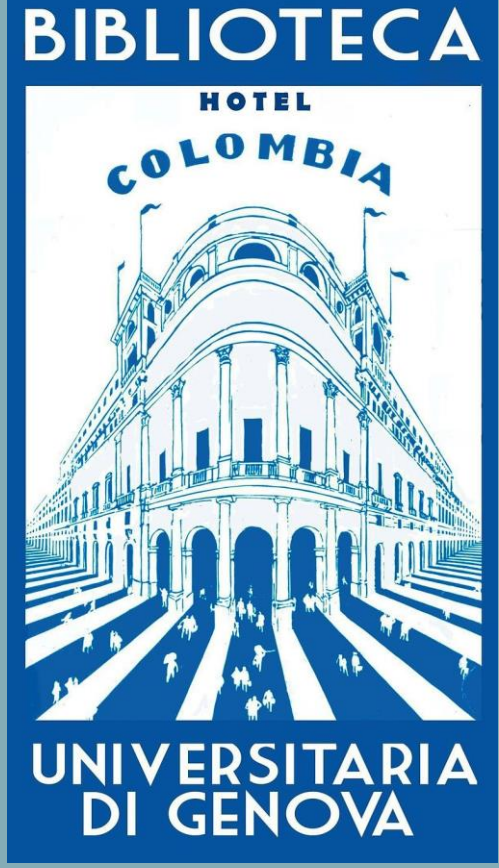
L'**indaco** colorante, antico e molto pregiato, è chimicamente simile alla porpora ma era estratto dalle foglie dell'*indigofera tinctoria* con lavorazioni meno impattanti.



Nel Medioevo l'arte tintoria e le tecniche di mordenzatura si svilupparono notevolmente ma l'affermazione di nuovi colori venne ostacolata dai conflitti tra le corporazioni, dalle leggi suntuarie e per motivi religiosi. Era vietato tingere in blu e ottenere colori per mescolamento come, ad esempio, produrre verdi unendo blu e giallo.

Soltanto verso la metà del secondo millennio l'uso dei colori si affrancò grazie alle profonde trasformazioni sociali ed alla crescente domanda di nuovi colori: oltre alla tintura dei tessuti emergono nuove attività come la realizzazione delle vetrate colorate delle cattedrali e degli stemmi araldici, la preparazione di inchiostri e l'introduzione della stampa.



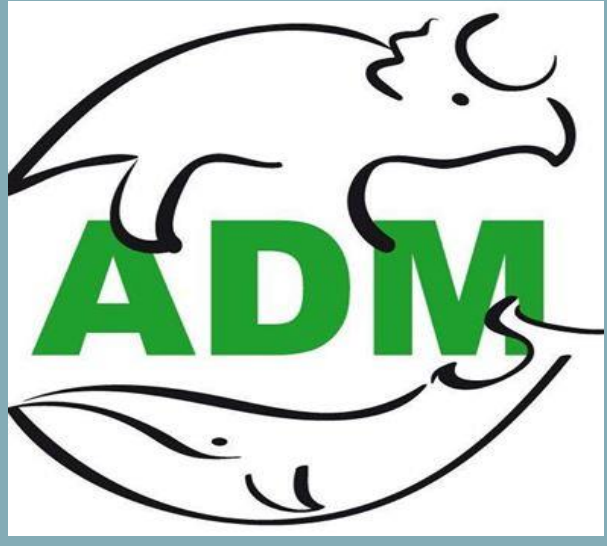


Le mappe di colore, il colore delle mappe

Invenzioni, storie, idee della scienza del colore



Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Genova
Biblioteca Universitaria di Genova
Società Chimica Italiana – Sezione Liguria
Associazione Didattica Museale



Stiamo parlando dello stesso colore?

Nello spettro della luce visibile un osservatore normale può distinguere circa 150 tinte. Poiché esse possono variare sia per chiarezza che per saturazione oltre sette milioni di diversi colori possono essere teoricamente calcolati ma anche un osservatore addestrato può distinguerne soltanto alcune migliaia, numero comunque troppo grande per essere rappresentato con le parole.

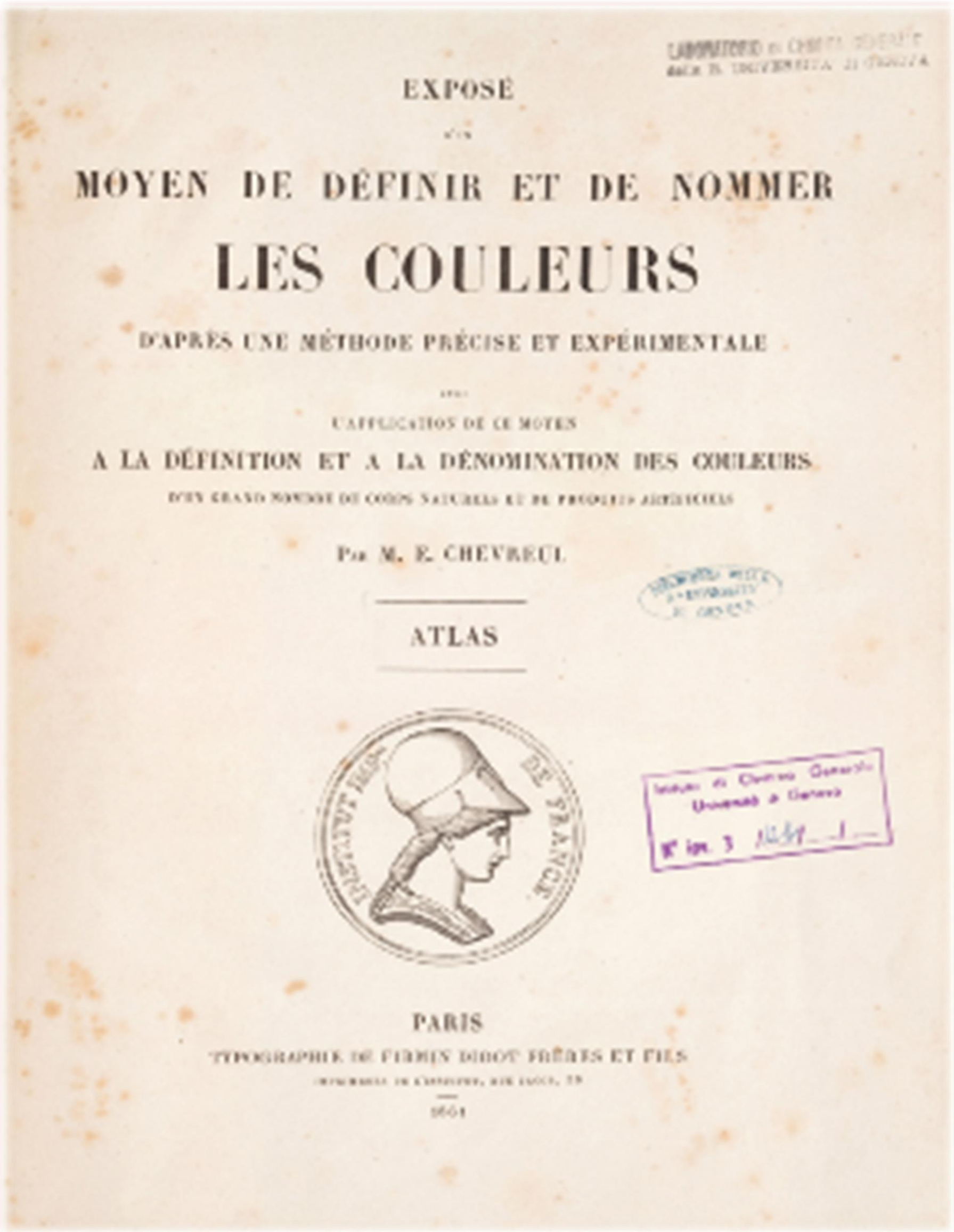
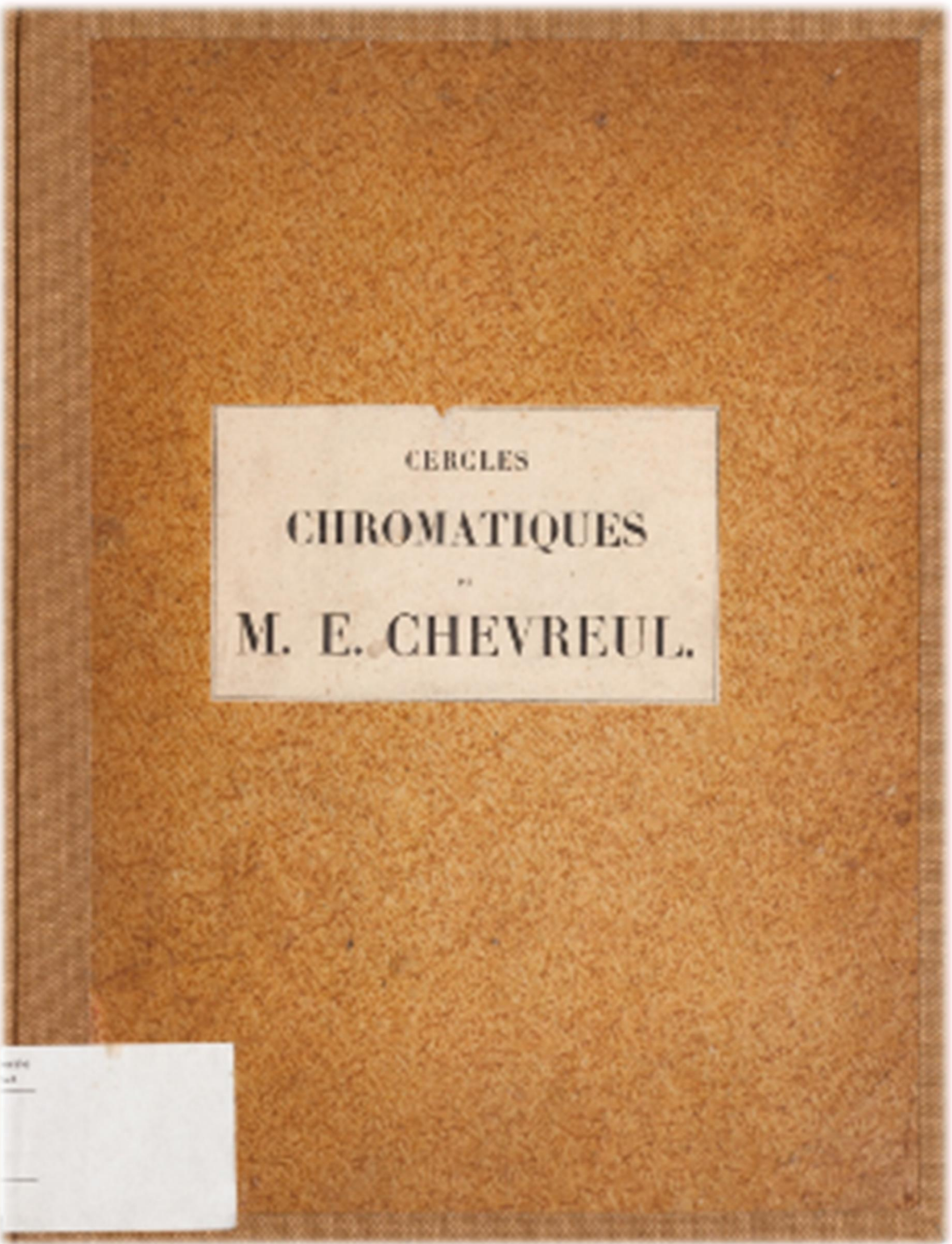
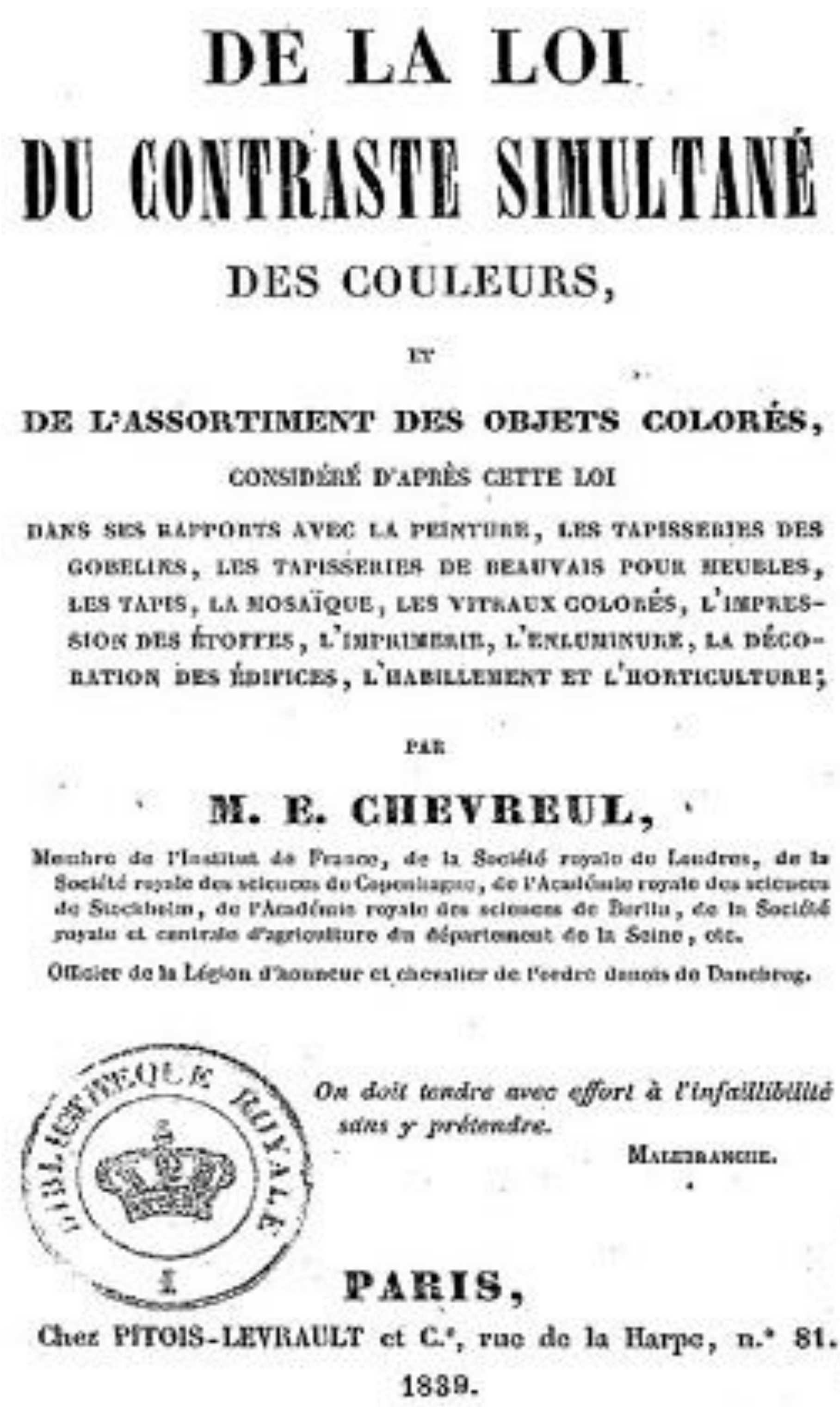
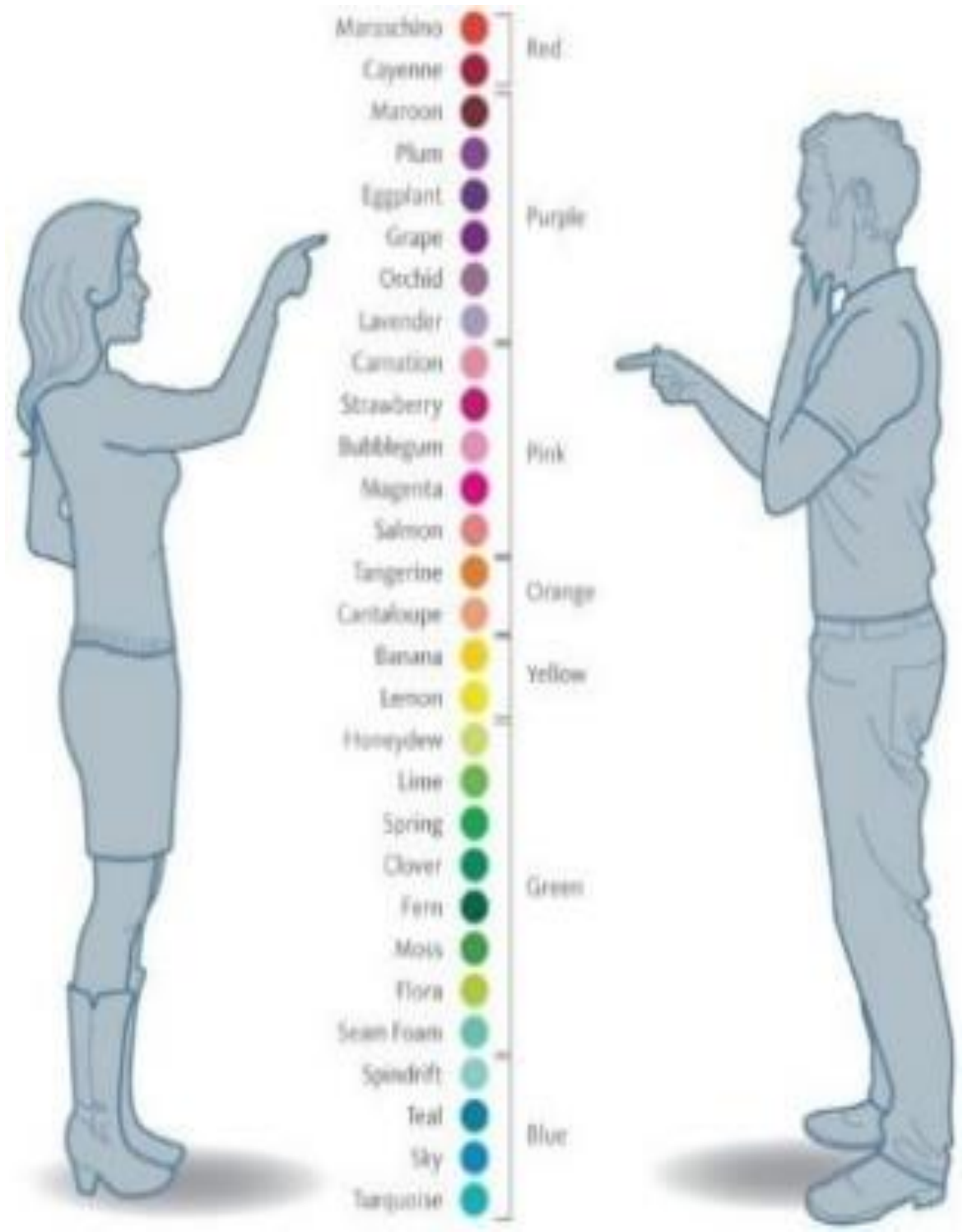


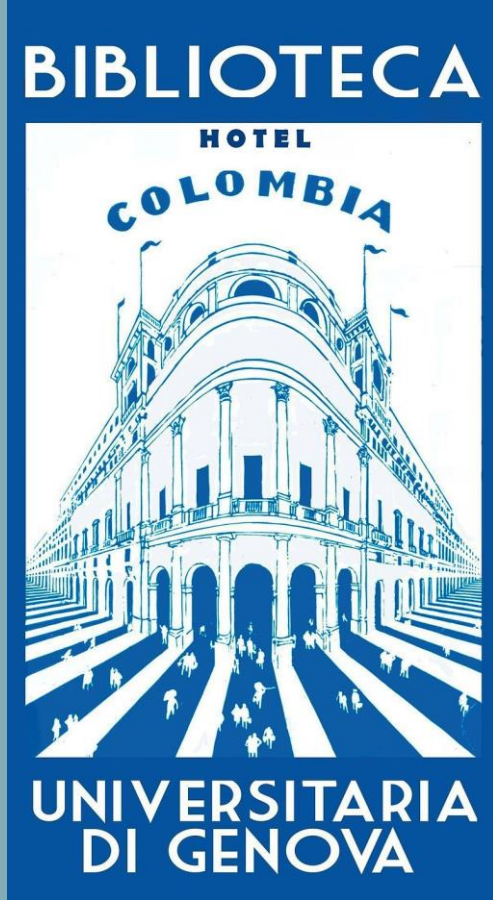
Nel XVII secolo, per aiutare naturalisti e produttori di coloranti e pigmenti, vennero elaborate tavole con i nomi di campioni di vari colori come la *Table of Phisiological Colors Both mixt and simple* di Richard Waller (1686). Nel 1794 Johann Ferdinand Ritter von Schönfeld pubblicò uno straordinario manuale sulla preparazione dei colori che riporta 2.592 campioni di tintura naturale, colorati a mano, con una precisa nomenclatura e le procedure di applicazione ai vari materiali.

Nel 1814 venne proposta una nomenclatura standard dei colori (*Werner's Nomenclature of Colours*) che fu utilizzata anche da Darwin nelle sue osservazioni scientifiche. Ma per definire i colori con precisione non bastano i nomi occorre seguire il metodo scientifico.

Alla fine degli anni venti del 1800 **Michele Eugene Chevreul**, avviò un intenso lavoro di ricerca sui colori e la tintura applicando le rigorose regole del metodo scientifico, che portò due fondamentali risultati:

- la descrizione dei fenomeni percettivi associati al contrasto simultaneo dei colori che ebbe una profonda influenza in vari campi e, in particolare, nell'arte
- il primo sistema di classificazione razionale dei colori secondo il modello della Semisfera teorica, rappresentato fisicamente con lane tinte alle manifatture Gobelins disposte su ruote di legno. I Circoli Cromatici furono stampati soltanto nel 1861 grazie alla messa a punto di sofisticate tecniche calcografiche nella tipografia Firmin Didot Freres et Fils di Parigi.

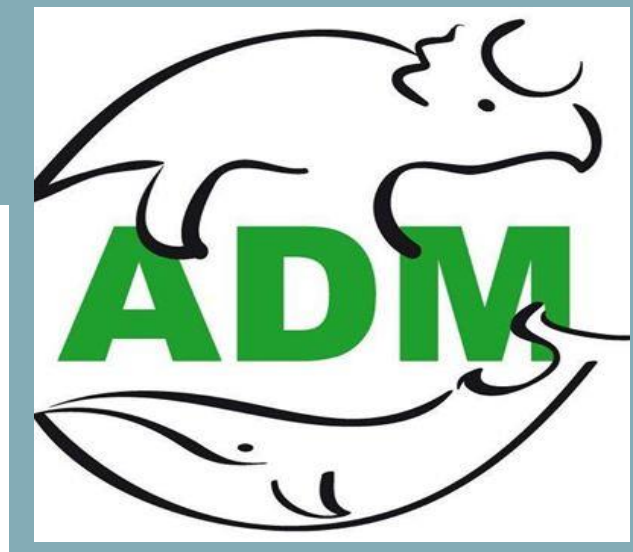




Le mappe di colore, il colore delle mappe

Invenzioni, storie, idee della scienza del colore

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Genova
Biblioteca Universitaria di Genova
Società Chimica Italiana – Sezione Liguria
Associazione Didattica Museale



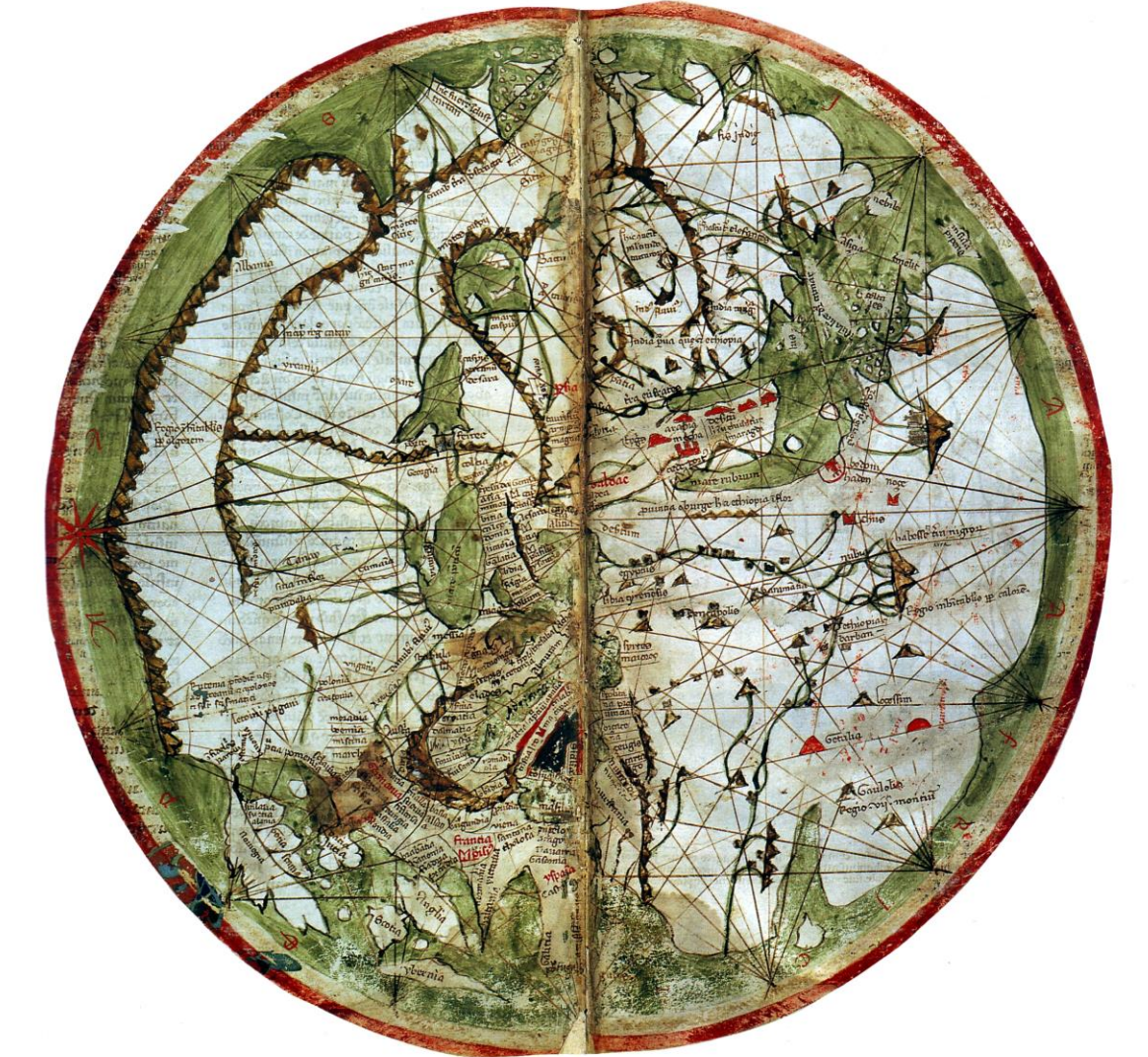
La necessità di rappresentare l'ambiente in cui si vive e ci si muove è una primaria necessità, perché realizza il bisogno dell'uomo di misurare, rappresentare e comprendere il Pianeta. La storia delle mappe e quella del colore mostrano l'evoluzione delle diverse società e culture. L'utilizzo di metodi scientifici nelle rappresentazioni cartografiche risale alla civiltà greca. I Greci, grandi navigatori, avevano necessità di rappresentare i territori d'oltremare e di tracciare le rotte; furono perciò i primi a tentare di individuare la forma della terra e calcolarne le dimensioni. Con l'introduzione della bussola si impose un nuovo tipo di approccio alla rappresentazione cartografica.

Grazie agli esploratori, ai commercianti e ai cartografi i documenti cartografici vennero a rappresentare porzioni sempre più ampie del globo. Fin verso la fine del XIX Secolo le carte geografiche erano stampate a partire da incisioni su rame. Erano perciò in bianco e nero e, solo eventualmente, venivano colorate a mano con acquarelli.

Alcuni illustri cartografi nautici genovesi del passato

Pietro Vesconte fu un cartografo del XIV secolo al quale si debbono le più antiche carte nautiche datate e autografate a noi pervenute. Fu l'autore dell'*Atlas* realizzato a Genova e attualmente custodito presso la Bibliothèque Nationale de France.

Il Vesconte risiedette e lavorò a Genova almeno sino al 1313 prima di trasferirsi a Venezia, a seguito della guerra civile tra guelfi e ghibellini che insanguinò il capoluogo ligure dal 1318 al 1331. A Venezia collaborò con Marin Sanudo il Vecchio e iniziò a siglare le sue opere con un dragone, nemico di San Giorgio, simbolo di Genova.



Mapa del mondo del Vesconte (1320 circa)



Planisferio di Caveri (1504-5)

Il planisfero disegnato dal cartografo genovese **Nicolo Caveri** rappresenta il mondo conosciuto dagli occidentali all'inizio del XVI Secolo. Si tratta di un portolano, ovvero di una carta marittima che rappresenta rotte lossodromiche. Presumibilmente è stato disegnato nel 1504-1505 ed è costituito da dieci fogli di *vellum*, lucidati e assemblati a formare una carta di 2,25 × 1,15 m. Reca la firma *Opus Nicolay de Caveri Januensis* e la presenza di iscrizioni in portoghese suggerisce che sia stato disegnato in Portogallo.

Nato a Genova intorno al 1475, il **Maggiolo** fu uno dei principali cartografi della sua epoca, capostipite di una famiglia di cartografi che si protrasse per numerose generazioni. Dopo alcuni anni trascorsi a Napoli, per volontà del doge genovese Ottaviano Fregoso, nel 1518 fu richiamato a Genova, dove ricoprì l'incarico ufficiale di "*Magister cartarum pro navigando*", con uno stipendio di 100 lire annue.

Pur specializzato soprattutto nel realizzare carte del Mar mediterraneo, del Mar Nero e del Mar Egeo, aree di pertinenza dei genovesi, fu il primo a riportare in un suo atlante del 1548 il toponimo Rio de Amaxones.



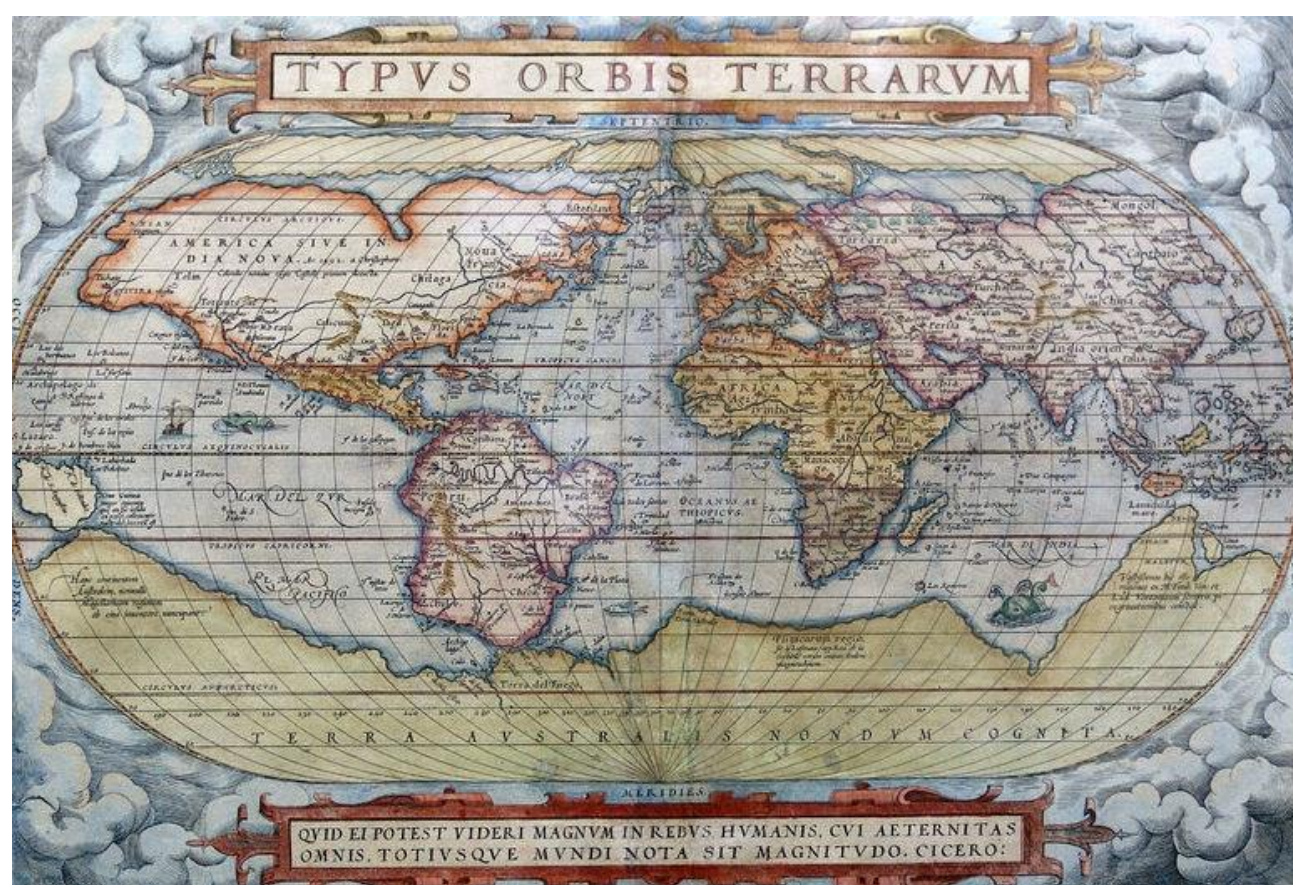
Portolano del mar Nero (1541)

Abramo Ortelio (1527-1598)

Cartografo e geografo fiammingo fu con Mercatore il grande fondatore della cartografia fiamminga.

Pubblicò il primo atlante moderno nel 1570 col titolo di *Theatrum Orbis Terrarum*. Suddiviso in 70 carte (su 53 fogli) include soltanto carte di autori contemporanei.

A differenza delle raccolte italiane, le carte sono ridotte tutte a formato uniforme e organicamente coordinate. Ciò bastò ad assicurare il successo dell'opera, la cui richiesta fu tale, che l'anno stesso essa si dovette ristampare.



Mappamondo di Ortelio (1570)

I colori nella cartografia nautica moderna

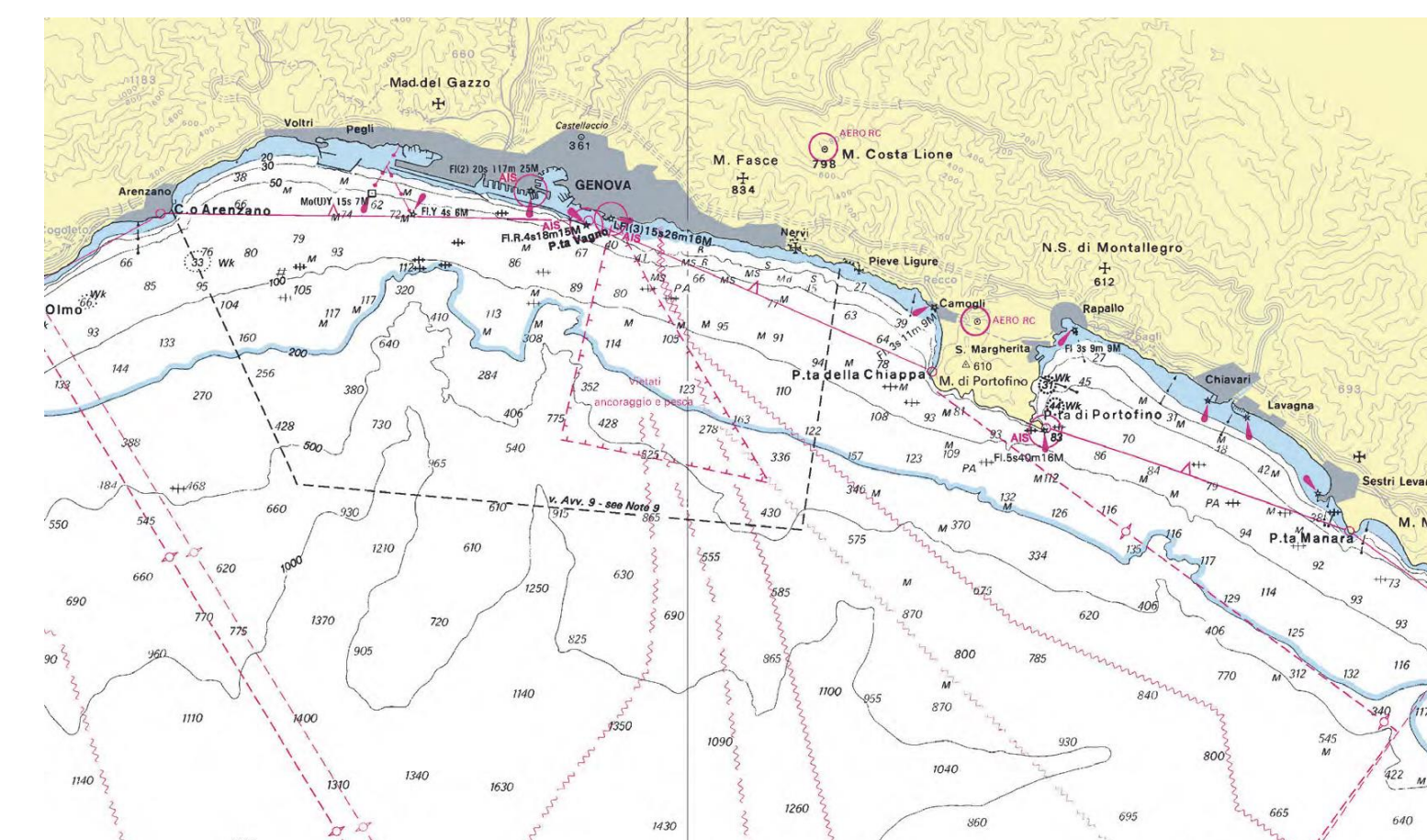
La policromia nelle carte nautiche moderne è necessaria per evidenziare differenti particolari e per definire classi diverse di informazioni.

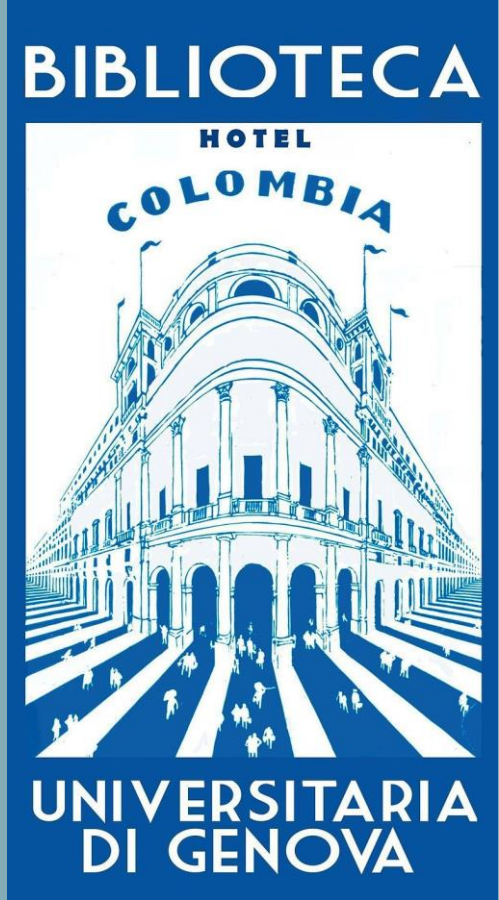
Tinta terra: usata per rappresentare l'estensione delle terre emerse.

Tinta mare: usata per delimitare quelle zone in cui il fondale è al di sotto di un valore di sicurezza stabilito per le diverse carte in ragione della loro scala e dell'area rappresentata.

Viola: usato per le informazioni che caratterizzano la carta come strumento dedicato al navigante

Nero: usato per rappresentare gli elementi cartografici più importanti: simbologia, toponimi riportati sul portolano, fondali, linee batimetriche, linea di costa.

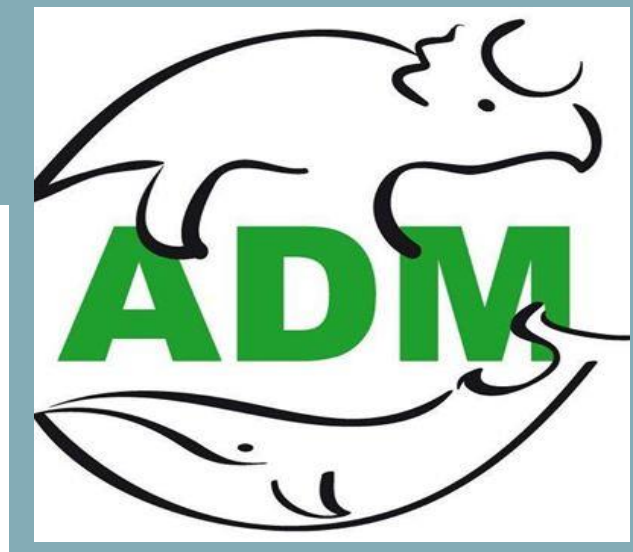




Le mappe di colore, il colore delle mappe

Invenzioni, storie, idee della scienza del colore

Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale, Università di Genova
Biblioteca Universitaria di Genova
Società Chimica Italiana – Sezione Liguria
Associazione Didattica Museale



Proprietà della materia?

Gli oggetti illuminati dalla luce bianca del sole presentano proprie caratteristiche cromatiche. Pittori e tintori, già da secoli, sapevano che mescolando opportunamente due o più colori si possono ottenere vari altri colori.

Proprietà della luce?

1666 - Isaac Newton, con l'esperienza dei due prismi, dimostrò che un raggio di luce bianca può essere scomposto in un ventaglio di raggi colorati e che questi ultimi possono essere ricompattati in un raggio di luce bianca.

Young per primo l'ha cercata nella costituzione dell'uomo

1800 – Thomas Young, dimostrò che la luce diffratta da due fenditure parallele mostra gli stessi fenomeni interferenziali delle onde meccaniche. Dedusse che il colore dei raggi presenti nella luce bianca dipendesse dalla propria lunghezza d'onda e che l'occhio umano avesse recettori capaci di distinguerle.

Pensò, però, che l'occhio non potesse avere tanti tipi di recettore quanti sono i colori percepibili e che tre diversi recettori, sensibili ad esempio al rosso, al giallo e al blu, bastassero per dare una percezione cromatica completa.

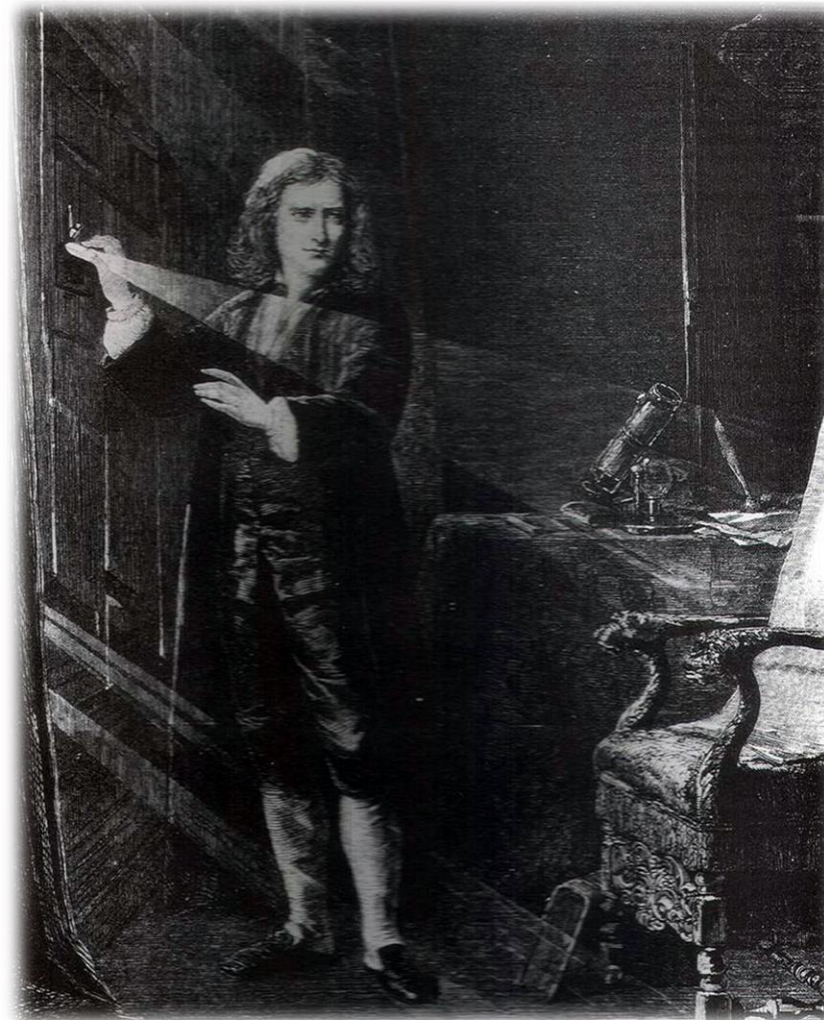
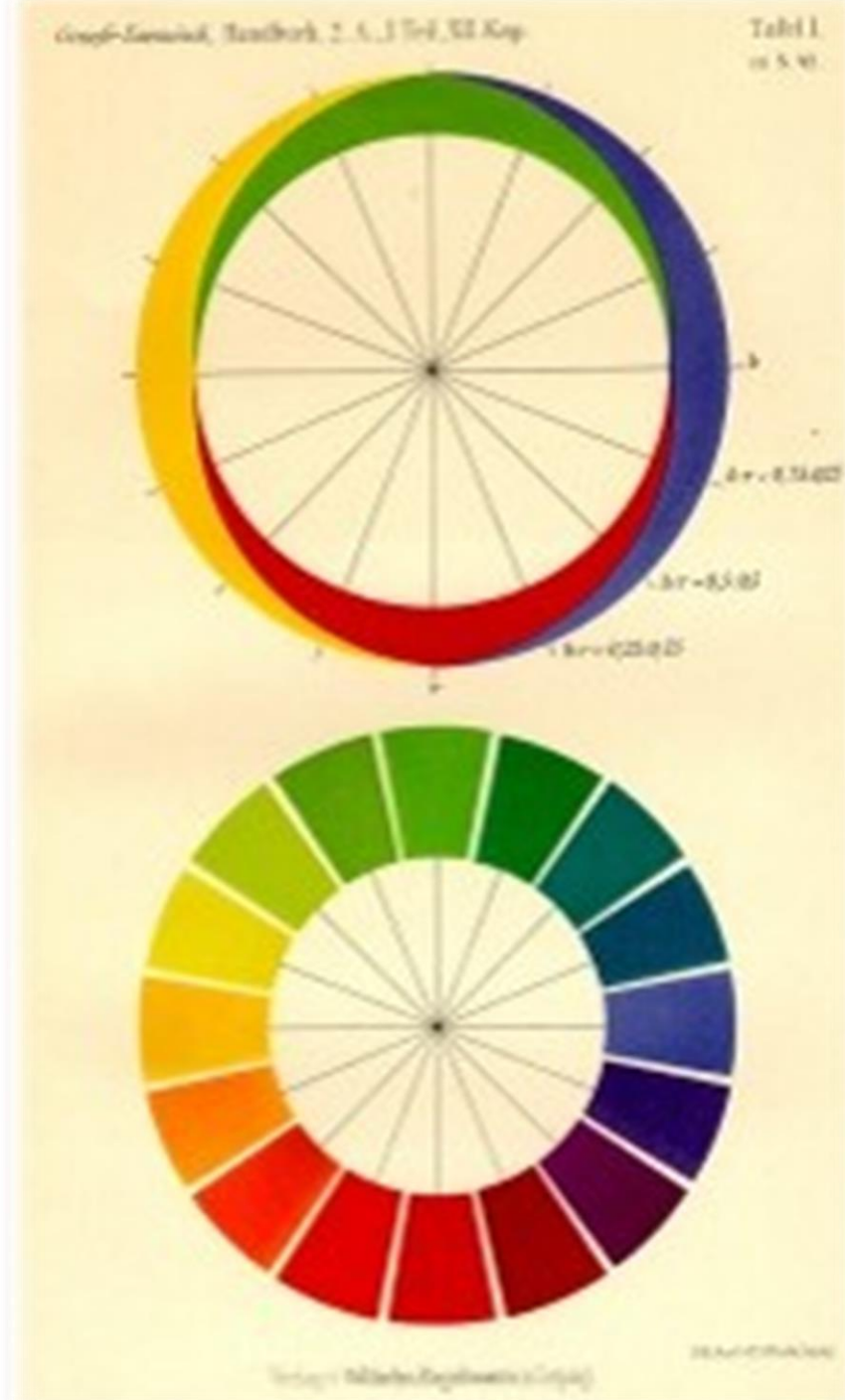
Non potendo presentare alcuna prova diretta del tricromatismo, Young fece comunque notare che i difetti nella percezione dei colori, descritti da Dalton, potevano essere spiegati dalla mancanza di uno dei tre recettori.

La scienza dei colori deve essere considerata essenzialmente come una scienza della mente!

I diversi colori percepiti sono il risultato dalla elaborazione dei segnali ricevuti dall'occhio operata dal cervello. Grazie all'affermazione del metodo scientifico, Chimica e Fisica forniscono chiare spiegazioni su come luce e materia interagiscono mentre i grandi progressi delle neuroscienze degli ultimi decenni chiariscono molti dei complessi meccanismi cerebrali connessi alla percezione del colore. Le ricerche sulla sensibilità percettiva alle singole frequenze mostrano un andamento a campana, con massimo in corrispondenza del verde, dovuto alla diversa sensibilità dei tre tipi di cono. Tuttavia, il solo **modello tricromatico** non può spiegare perché non si percepiscono mai sfumature cromatiche del tipo rosso-verdastro, blu giallastro e viceversa e altri fenomeni quali, ad esempio, il contrasto simultaneo e l'assimilazione dei colori.

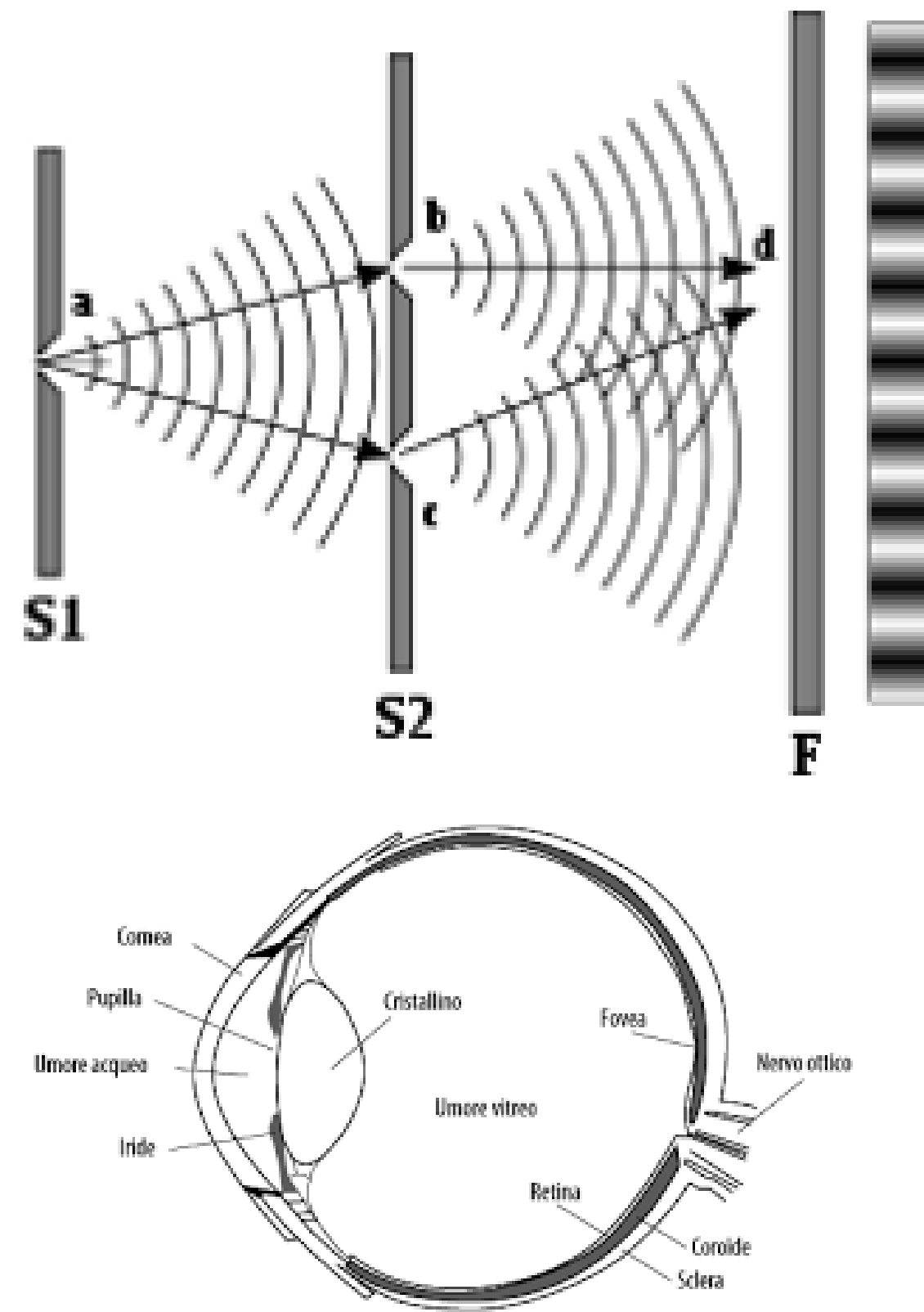
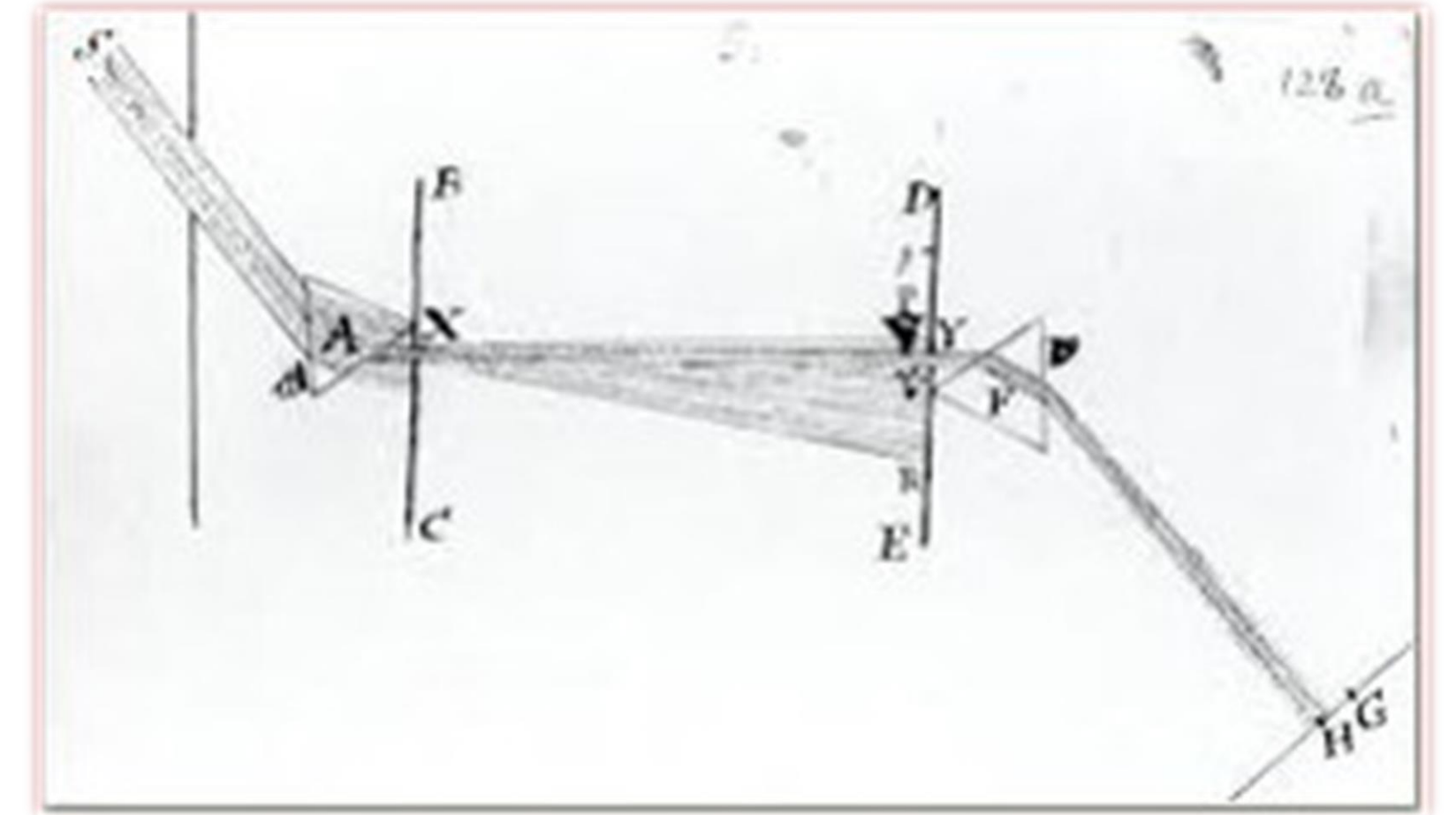
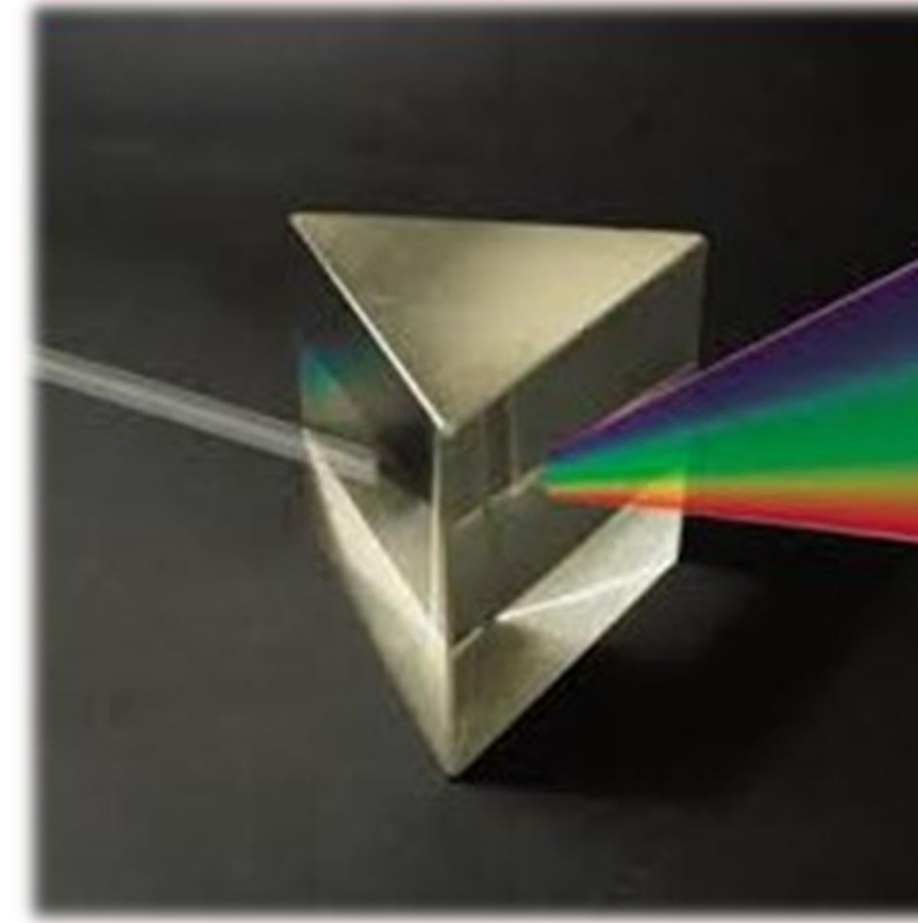


Soltanto blu, rosso e giallo
Effetti di contrasto e assimilazione

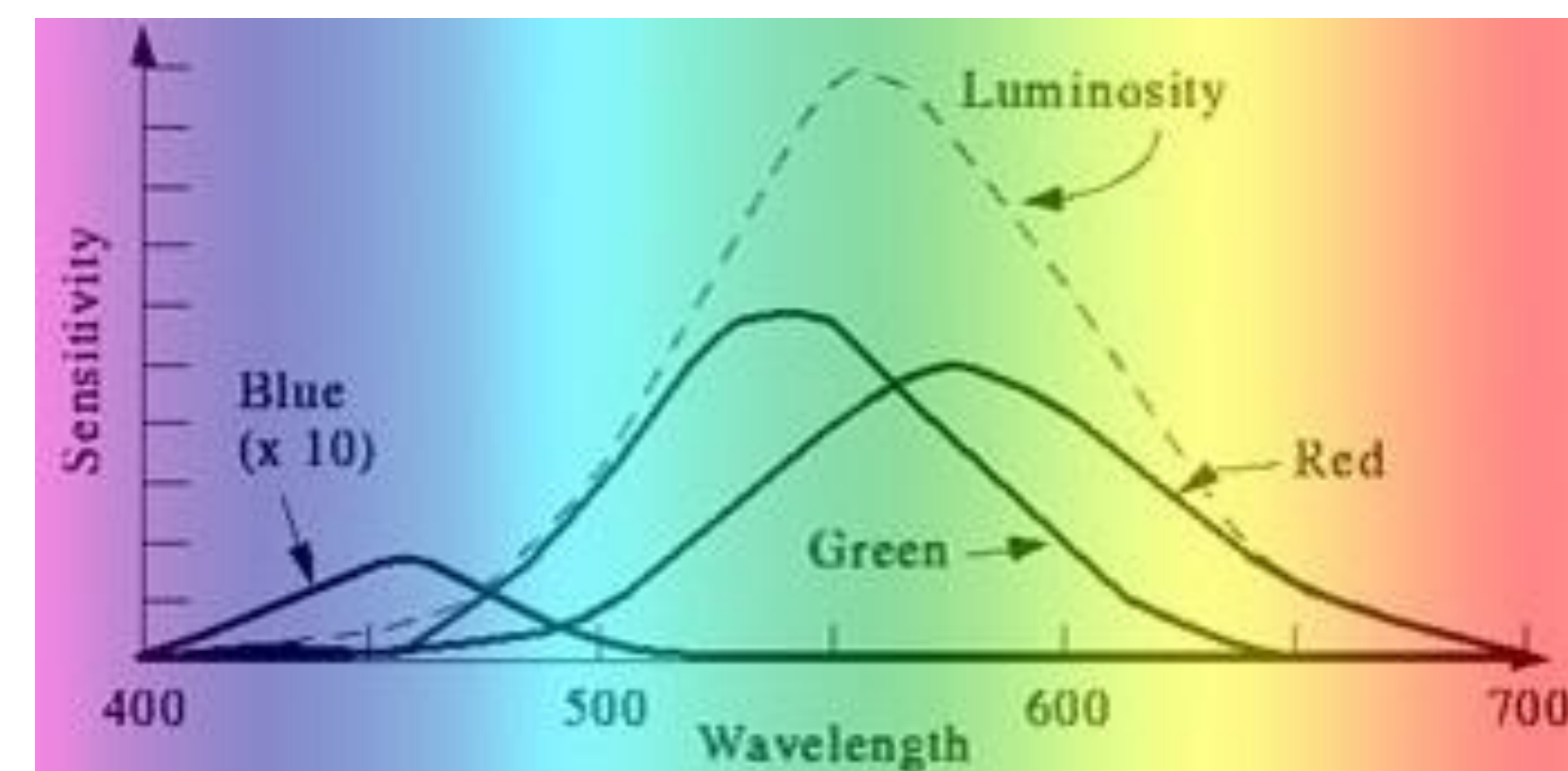
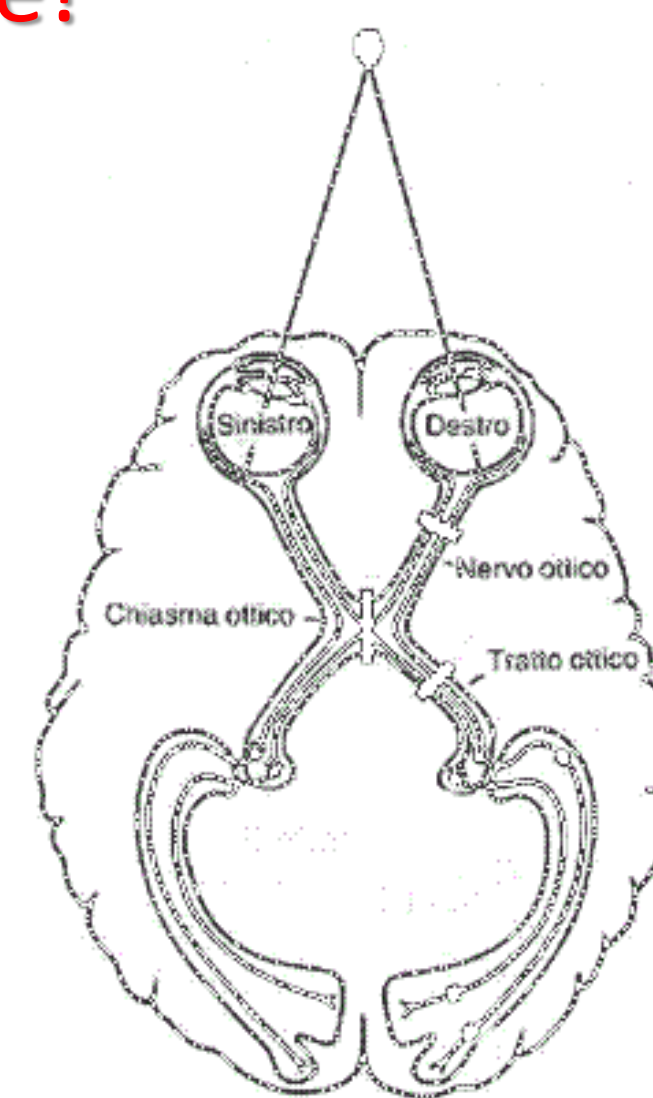


COLORE !?

.. per secoli si è cercata una spiegazione, prima come proprietà della materia, poi come proprietà della luce. Young per primo l'ha cercata nella costituzione dell'uomo... Il colore è sensazione... la scienza dei colori deve essere considerata essenzialmente come una scienza della mente. J.C.Maxwell (1860)



«poiché è quasi impossibile ammettere che ogni punto sensibile della retina possa contenere un numero infinito di particelle, ognuna capace di vibrare in perfetto unisono con ogni possibile ondulazione, diventa necessario ipotizzarne un numero limitato, per esempio, ai tre colori principali, rosso, giallo e blu, le cui frequenze di ondulazione stanno tra di loro quasi esattamente come i numeri 8, 7, e 6; e [diventa necessario ammettere anche] che ognuna di queste particelle possa essere messa in movimento più o meno intensamente da ondulazioni differenti più o meno da quelle corrispondenti all'unisono perfetto; per esempio le ondulazioni della luce verde, che stanno approssimativamente nel rapporto di 6 1/2, influenzeranno ugualmente sia le particelle all'unisono con il giallo che quelle con il blu, e produrranno lo stesso effetto di una luce composta da queste due specie; e ogni filamento sensitivo del nervo potrebbe consistere di tre parti, una per ciascun colore principale»
Thomas Young



Nel 1872, per spiegare questi fenomeni, **Ewald Hering** propose il **modello dei segnali opposti**.

Entrambi i modelli sono attualmente ritenuti validi in quanto legati a due diverse fasi del complesso meccanismo della percezione del colore: la prima concerne la ricezione e trasformazione della radiazione ricevuta dai coni retinici in segnali nervosi mentre la seconda riguarda la rielaborazione di questi segnali da parte delle cellule nervose superiori. I complessi meccanismi di eccitazione e inibizione che hanno luogo tra queste cellule nervose specializzate forniscono, infine, alla corteccia visiva tre paia di informazioni nella forma di segnali opposti, detti anche **Primari Psicologici**

