

# LA CHIMICA DEL COLORE

il colore tra molecole e luce



a.s. 2024-25

**4A Chimica**

IIS. G.B. PENTASUGLIA, MATERA



# Un viaggio attraverso il **COLORE** con il Piano Lauree Scientifiche di UNIBAS



# INDICE

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| <b>Il meccanismo fisiologico della vista</b> | <b>04</b> |
| <b>Il colore degli oggetti</b>               | <b>05</b> |
| <b>Coloranti e pigmenti</b>                  | <b>07</b> |
| <b>I coloranti</b>                           | <b>08</b> |
| <b>La sintesi dell'indaco</b>                | <b>09</b> |
| <b>I pigmenti</b>                            | <b>11</b> |



|           |                                                                             |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>12</b> | <b>La teoria del campo cristallino</b>                                      |
| <b>13</b> | <b>Proprietà dei pigmenti</b>                                               |
| <b>15</b> | <b>I pigmenti e l'arte</b>                                                  |
| <b>16</b> | <b>Malachite e Verdigris</b>                                                |
| <b>19</b> | <b>Analisi quantitativa con la spettrofotometria nel visibile</b>           |
| <b>20</b> | <b>Determinazione dei nitriti in un campione per via spettrofotometrica</b> |
| <b>21</b> | <b>Costruzione di uno spettroscopio con dei CD</b>                          |

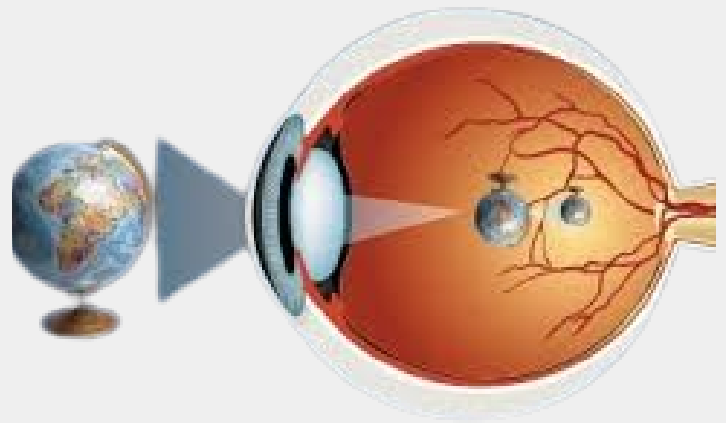


# IL MECCANISMO FISIOLOGICO DELLA VISTA

L'immagine degli oggetti, illuminati dalla luce, attraversa il cristallino dell'occhio e giunge, capovolta, sulla retina.

Sulla retina ci sono cellule sensibili alla luce, sia all'intensità (bastoncelli) che ai vari colori (coni).

Dalla retina il nervo ottico invia, sottoforma di impulsi elettrici, l'informazione al cervello che la rielabora e ricostruisce correttamente l'immagine.



Gli occhi umani sono, quindi, dotati di fotorecettori chiamati coni, situati nella retina, che sono sensibili a tre colori principali: rosso, verde e blu. Questi coni lavorano insieme per rilevare le diverse lunghezze d'onda della luce che raggiungono l'occhio.

Quando la luce entra nell'occhio e colpisce la retina, i coni rispondono in modo diverso a seconda della lunghezza d'onda. Il cervello poi combina queste informazioni per creare la sensazione di colore che percepiamo. La percezione del colore è anche influenzata da fattori come la luminosità, la saturazione e le condizioni ambientali, ma il meccanismo principale di base è legato a come la luce viene assorbita e riflessa e come il nostro sistema visivo interpreta queste informazioni.

# IL COLORE DEGLI OGGETTI

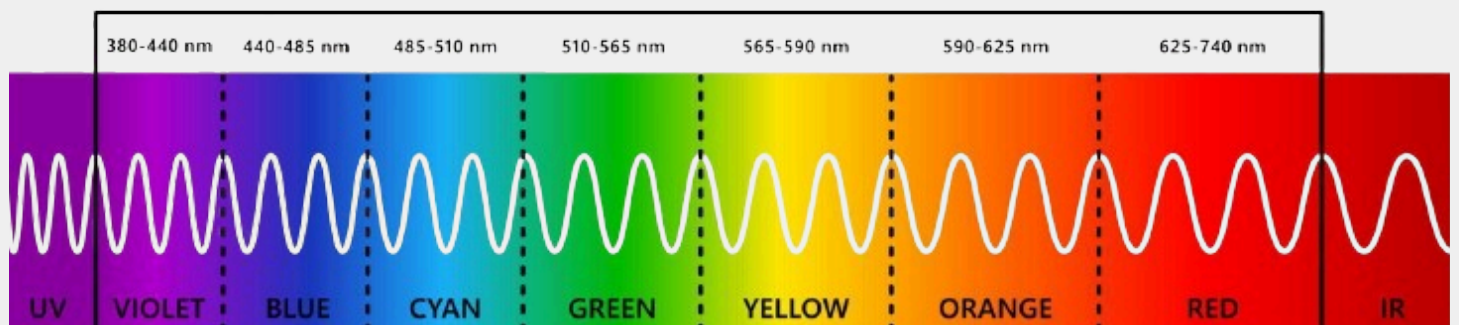
La luce è una forma di energia che si propaga attraverso vibrazioni elettriche e magnetiche nello spazio sotto forma di onde, ma non sempre queste sono riconosciute dall'occhio umano.

I recettori presenti negli occhi degli esseri umani sono stimolati solo da una piccola porzione dello spettro elettromagnetico, da circa 400 nm a 700 nm, ma è sufficiente per permetterci di vedere milioni di sfumature in quanto vi sono abbastanza lunghezze d'onda ognuna corrispondente a un colore specifico.



La luce visibile, quindi, è una sola parte di un ampio spettro elettromagnetico che include anche onde radio, microonde, infrarossi, ultravioletto, raggi X e raggi gamma.

## VISIBLE SPECTRUM

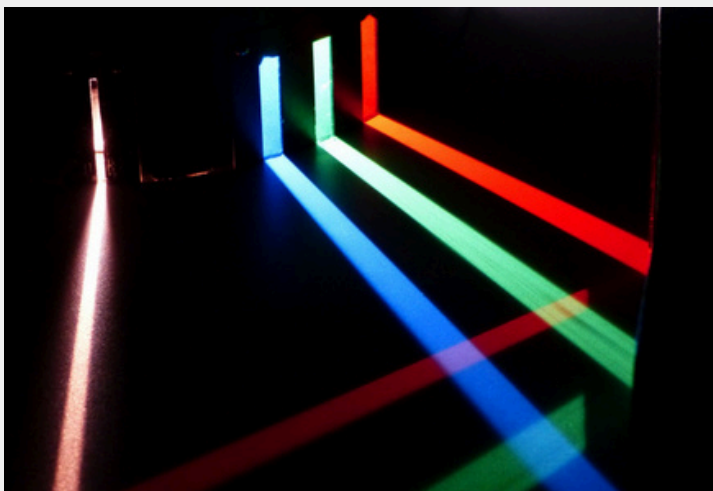
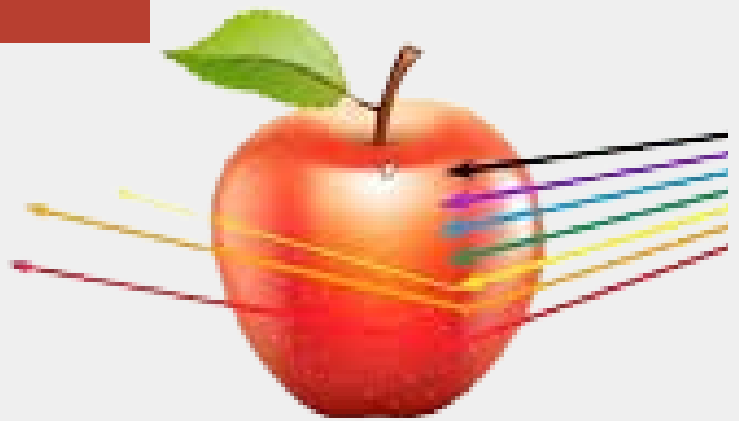


L'insieme di tutte le lunghezze d'onda della luce visibile è quello che percepiamo come il bianco. I colori non sono caratteristiche intrinseche degli oggetti, ma il risultato dell'effetto della luce sul sistema percettivo.

# PERCHÈ GLI OGGETTI SONO COLORATI?

La visione del colore è un fenomeno complesso dove intervengono diversi fattori come la luce, le relazioni occhio/cervello, le interazioni di assorbimento, riflessione e rifrazione, legate alla struttura e alla diversa composizione chimica della materia, e anche fattori genetici, che possono influire sulle diverse sensazioni cromatiche percepibili rendendo i colori un'elaborazione della mente umana.

Il colore deriva infatti dalla luce, che si propaga attraverso radiazioni di diversa frequenza e che colpisce gli oggetti che ci circondano, che a loro volta assorbono e riflettono queste radiazioni trasmettendole all'occhio umano.



Il nostro cervello interpreta e codifica le informazioni che arrivano dall'esterno attraverso i recettori della retina sensibili alla luce, i coni e i bastoncelli, che trasformano gli impulsi luce in impulsi nervosi.

In questo modo noi percepiamo il colore perché vediamo solo le radiazioni riflesse da un oggetto e non quelle assorbite: la superficie di un oggetto illuminato assorbe infatti alcune radiazioni e ne riflette altre, a seconda del materiale di cui è composto e delle sue caratteristiche chimiche intrinseche.

Quindi la superficie dell'oggetto che ci appare giallo, assorbe tutte le radiazioni e riflette solo quelle la cui unione forma il colore giallo. Per lo stesso principio, un oggetto che ci appare bianco è composto da un materiale in grado di riflettere tutte le radiazioni che riceve, mentre ci appare nero quando le assorbe tutte.

# COLORANTI E PIGMENTI



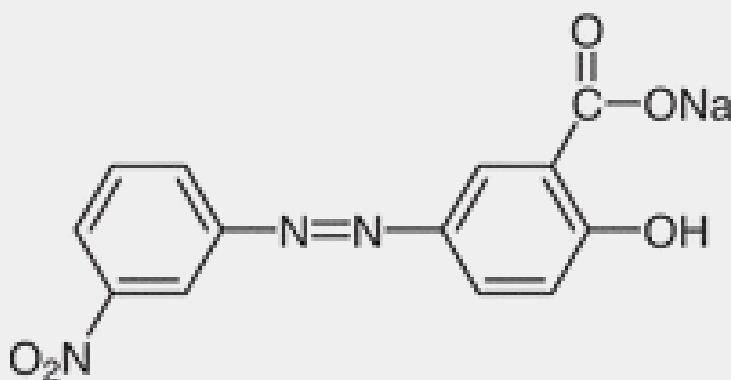
I coloranti e i pigmenti sono sostanze che danno colore ad un materiale. La differenza principale tra coloranti e pigmenti risiede nella solubilità, ovvero la tendenza a sciogliersi in un liquido, e dalla modalità con cui conferiscono il colore ai materiali.

# I COLORANTI

I coloranti sono solitamente solubili nei comuni solventi come l'acqua.

Sono sostanze generalmente di natura organica, naturali o di sintesi, e si legano alle molecole delle sostanze da colorare, di solito fibre tessili o plastiche, in maniera stabile, grazie a veri e propri legami chimici; infatti il colore viene impartito stabilmente all'intera massa degli oggetti attraverso una reazione.

Nei composti organici, di cui sono solitamente composti i coloranti, la comparsa del colore è dovuta alla presenza di estesi sistemi di doppi legami coniugati, ossia di un numero elevato di doppi legami carbonio-carbonio alternati a legami semplici.



**Giallo Alizarina**



Tali sistemi sono detti gruppi cromofori, in quanto sono caratterizzati da elettroni mobili le cui transizioni sono promosse da radiazioni a più bassa frequenza; infatti un gruppo cromoforo è responsabile della colorazione della sostanza in quanto assorbe radiazione nella regione visibile; la lunghezza d'onda della radiazione assorbita dai cromofori determina il colore percepito, noto come colore complementare.

# SINTESI DELL'INDACO

Anticamente era estratto dalla pianta di Indigofera tinctoria, coltivata in India. E' dunque un pigmento di origine vegetale: si ricava dalla pianta indiana, ricca di indingotina, sostanza attiva che si estrae dalle foglie lasciate fermentare in grandi vasche insieme a soluzioni alcaline.

Oggigiorno è principalmente impiegato per la colorazione dei blue jeans. La prima sintesi artificiale dell'indaco fu realizzata nel 1880 da J. F. W. Adolph von Baeyer a partire dal toluene che era comunque un prodotto molto difficile da ottenere.

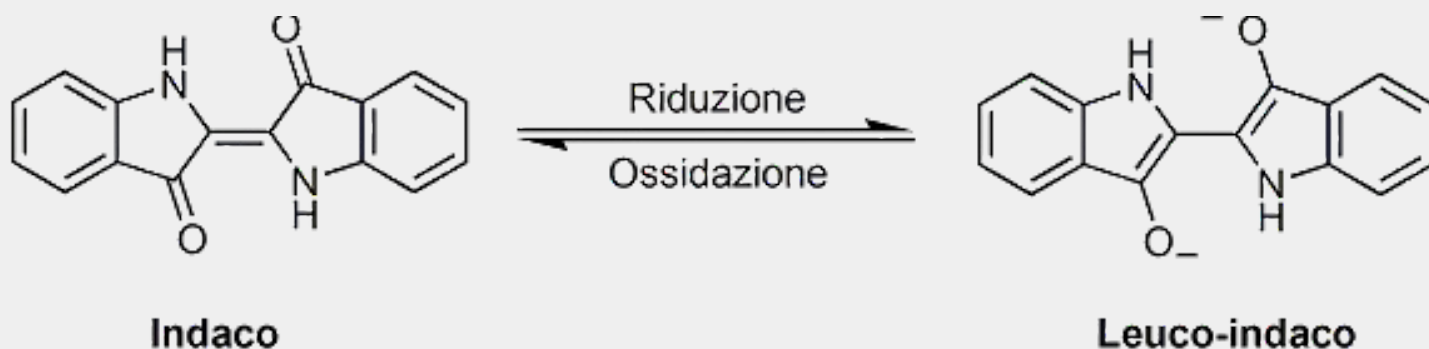
Baeyer trovò una procedura sintetica che partiva dall'anilina e che ancora oggi viene utilizzata industrialmente.

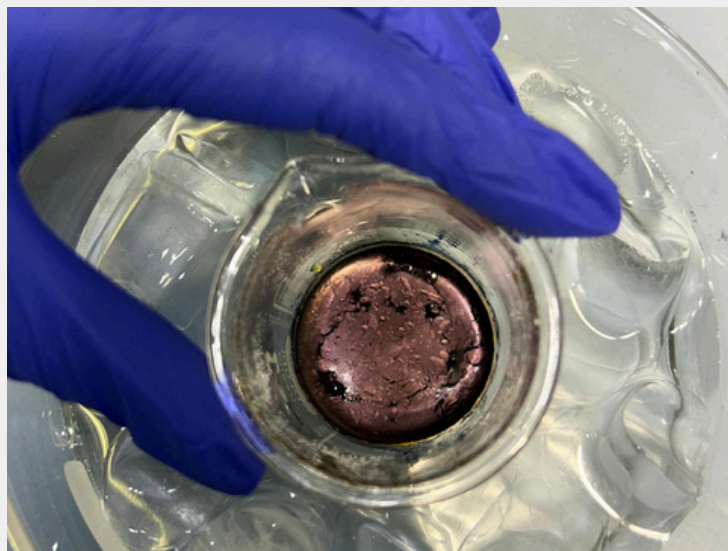


Si ottiene così un liquido giallo-verde che viene poi fatto ossidare all'aria in ampie vasche e costantemente mescolato. Con il passare del tempo il colore muta la sua tonalità assumendo la caratteristica sfumatura viola-azzurrastra dell'indaco.

La chimica di tintura è alquanto particolare, poiché l'indaco come tale non è solubile in acqua e non può trasferirsi sul tessuto.

La forma attiva è il leucoindaco, una forma ridotta del pigmento che, possedendo due cariche negative, diviene solubile e incolore, permettendo il fissaggio sul tessuto. La lenta esposizione del capo colorato ai raggi solari e all'ossigeno causa la reazione inversa di ossidazione a indaco, restituendo il profondo blu.





## METODICA

In un becher da 100 mL si mettono 500 mg di 2-nitrobenzaldeide in 5 mL di acetone e si diluisce con 5 mL di acqua. Si agita vigorosamente la soluzione con una bacchetta di vetro, si aggiungono quindi 2.5 mL di NaOH 2M. Le prime gocce di NaOH aggiunte colorano di giallo la soluzione; continuando ad agitare dopo 5 minuti la soluzione appare di colore blu-viola. Si verifica anche il riscaldamento del becher dovuto al fatto che la reazione è leggermente esotermica. Quindi si pone il becher contenente la soluzione in un bagno di acqua e ghiaccio. Si filtra il precipitato blu, si lava con un po' di acqua, etanolo ed etere etilico. Si trasferisce l'indaco su un vetrino di orologio, si secca in stufa e si determina la resa.



# I PIGMENTI

I pigmenti sono generalmente insolubili in acqua, olio o altri solventi comuni.

Per essere applicati a un materiale vengono dapprima ridotti in polvere sottile, quindi mescolati con cura con un liquido detto mezzo o agente disperdente; l'azione colorante deriva dalla dispersione meccanica nel mezzo e dalla copertura della superficie dell'oggetto.



Per questo motivo si sente spesso parlare di “dispersione” dei pigmenti: l'azione colorante deriva dalla dispersione meccanica nel mezzo e dalla copertura della superficie dell'oggetto.

Il pigmento è in grado di cambiare il colore della luce riflessa o trasmessa dalla superficie, coperta dal pigmento disperso nel mezzo, come risultato dell'assorbimento selettivo di determinate lunghezze d'onda della luce.

Vi è una teoria, la teoria del campo cristallino, che permette di comprendere come la struttura chimica e la presenza di ligandi influenzino il colore dei pigmenti metallici che contengono cioè metalli di transizione (ad esempio la colorazione magenta delle soluzioni di  $\text{KMnO}_4$ ).

# LA TEORIA DEL CAMPO CRISTALLINO



La teoria del campo cristallino è un modello teorico adottato per interpretare il legame chimico che intercorre nei complessi e che spiega alcune caratteristiche delle sostanze come, appunto, la loro colorazione.

Esso assume che i ligandi si avvicinino agli orbitali d degeneri del metallo centrale lungo gli assi cartesiani.

In questo modo gli orbitali di valenza del metallo interagiscono con gli elettroni dei ligandi in fase di avvicinamento, mutando il loro stato degenerare, rimuovendolo e scindendoli a seconda della geometria del complesso.

Quando uno ione di un metallo di transizione ha un guscio d parzialmente riempito, gli elettroni nel guscio d più esterno risultano spaiati perciò gli ioni circostanti nel reticolo cristallino generano una forza, detta "campo cristallino", attorno all'elemento di transizione, che stabilisce quali livelli di energia sono disponibili per gli elettroni spaiati.

Tale sistema di livelli di energia dipende dalla forza e dalla natura del legame nel reticolo così come dallo stato di valenza dell'elemento di transizione. Legami diversi generano campi cristallini di forza diversi, e quindi originano colori diversi.



# PROPRIETÀ' DEI PIGMENTI

## RESISTENZA ALLA TEMPERATURA

La resistenza al calore si riferisce alla capacità di un pigmento di mantenere la sua stabilità chimica e il colore a temperature elevate

## RESISTENZA ALLA LUCE

La resistenza alla luce, o stabilità alla luce, si riferisce alla capacità di un pigmento di mantenere la sua tonalità e intensità cromatica quando esposto alla luce, in particolare alla luce solare



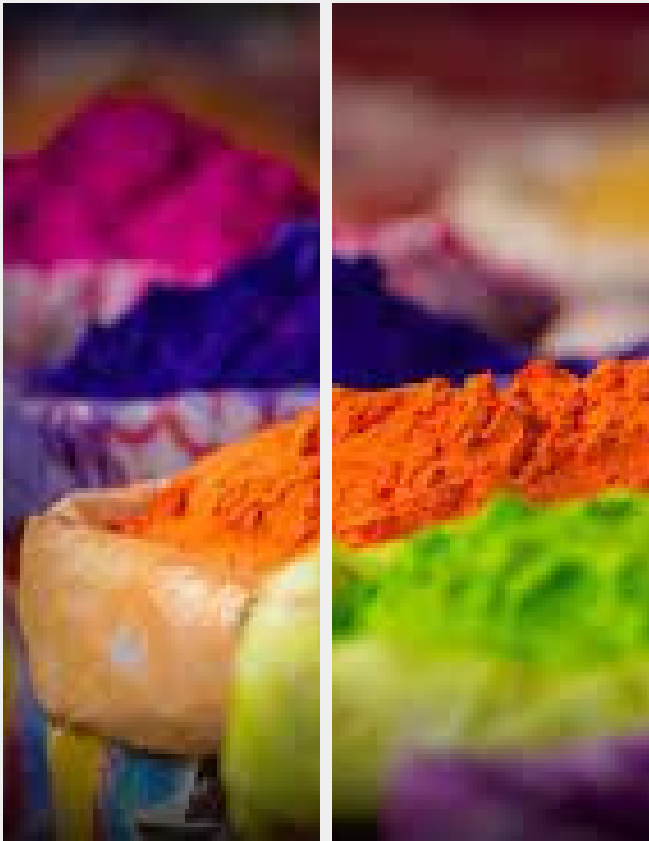
## RESISTENZA AGLI AGENTI CHIMICI

La resistenza degli agenti chimici dei pigmenti riguarda la capacità di un pigmento di mantenere la sua stabilità, integrità e colore quando esposto a sostanze chimiche aggressive come acidi, basi, solventi, detergenti, sali e altri composti chimici

## INERZIA E INSOLUBILITÀ

L'inerzia chimica di un pigmento si riferisce alla sua capacità di non reagire facilmente con altre sostanze chimiche in cui viene immerso o con cui entra in contatto.

L'insolubilità di un pigmento si riferisce alla sua incapacità di dissolversi in un solvente o in altri liquidi in cui potrebbe essere immerso. Un pigmento insolubile non si disgrega, dissolve in acqua o solventi organici



## **LA BRILLANTEZZA (o gloss):**

Essa indica la proprietà di una superficie di riflettere specularmente la luce incidente con un'angolazione pari all'angolo di incidenza in modo da fornire una immagine nitida e luminosa della sorgente di luce.

## **IL COLORE:**

Le sostanze colorate assorbono radiazioni con lunghezze d'onda nella ristretta regione del visibile e che nel loro insieme formano la luce bianca.



## **IL POTERE COPRENTE:**

Esso indica la capacità di oscurare la superficie di applicazione del veicolo pigmentato o di rendere opaco il manufatto.

## **DISPERSIONE:**

E' il complesso di operazioni con le quali il pigmento è incorporato nel veicolo, mentre l'idoneità di dispersione di un dato pigmento in un determinato veicolo è chiamata disperdibilità ed è determinata dal modo e dal tempo in cui un pigmento è disperso.

# I PIGMENTI E L'ARTE



Gli antichi Egizi sapevano come estrarre le sostanze coloranti da minerali, animali e vegetali, e utilizzarle nell'arte pittorica e nella tintura di tessuti. Nel medioevo gli artisti preparavano da soli i pigmenti organici e minerali necessari per realizzare le loro opere.

Con la Rivoluzione Industriale, la produzione di pigmenti divenne più scientifica e industrializzata. Nel XIX secolo, la chimica organica portò alla creazione di pigmenti come il blu di indantrene, che sostituì l'indaco naturale nella tintura dei tessuti.



La chimica moderna ha prodotto pigmenti più stabili e resistenti alla luce, tuttavia, la crescente consapevolezza ambientale ha portato alla ricerca di alternative più sicure, e a basso impatto ambientale

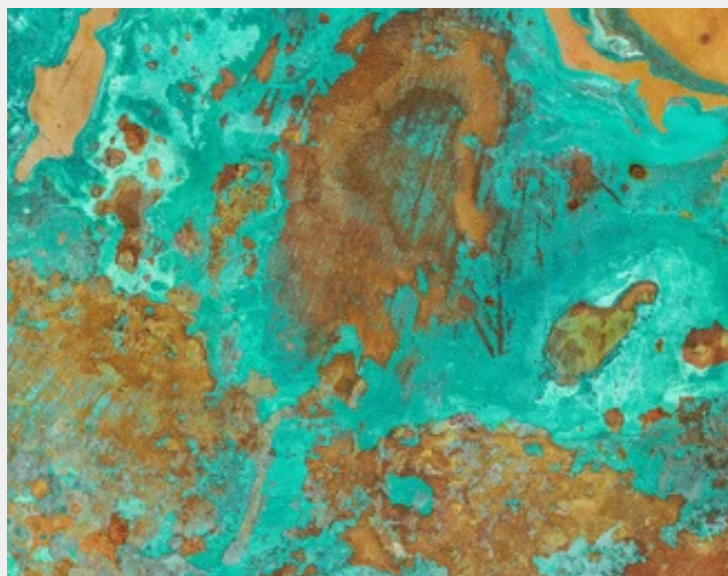
## CURIOSITÀ

In antichità un pigmento molto usato era il bianco di piombo, o biacca, costituito da carbonato basico di piombo. Gli artisti del Rinascimento, lo impiegavano per ottenere effetti di luce e ombra nei loro dipinti. La sua capacità di creare una superficie opaca e riflettente lo rendeva ideale per la pittura a olio. Il piombo è però un metallo molto tossico e gli artisti che erano spesso esposti a questo elemento, assumevano comportamenti "strani" o venivano considerati "affetti dalla pazzia", tutti sintomi riconducibili al saturnismo, cioè all'intossicazione da piombo

Il Verdigris è un pigmento di colore verde che si ottiene dal rame e dai suoi composti. La sua sintesi avviene tramite la reazione tra il rame e acidi o sostanze che contengono acido acetico. Il processo tradizionale implica l'uso di rame esposto a una serie di sostanze organiche e acide, come aceto o vino, in un ambiente umido, mentre in tempi moderni si utilizza l'acido acetico e il solfato rameico.

Il verdigris era già noto e utilizzato nell'antichità. I Romani, ad esempio, lo impiegavano come pigmento e ne sono state trovate tracce nel sito di Pompei, anche se la sua instabilità era già un problema riconosciuto.

Durante il Medioevo e il Rinascimento la sua brillantezza lo rendeva ideale per illuminare miniature nei manoscritti e per creare effetti vibranti nei dipinti su tavola e tela. Venne utilizzato da artisti come Jan van Eyck e molti pittori italiani per le vesti, i paesaggi e altri dettagli. Le ricette e i trattati d'arte dell'epoca spesso contenevano i risultati di nuove ricerche che cercavano di mitigare l'instabilità del verdigris.



Il pigmento continuò ad essere utilizzato nel Barocco, ma la crescente consapevolezza della sua impermanenza portò gradualmente alla ricerca di alternative più stabili.

Con l'avvento dei pigmenti sintetici nel XIX secolo, come il verde smeraldo e il viridian, l'uso del verdigris come pigmento artistico principale diminuì drasticamente. Oggi è raramente utilizzato dagli artisti, se non per scopi specifici o in tecniche artistiche particolari.

## CURIOSITÀ

Nel corso della storia, il verdigris ha avuto usi medicinali, sebbene spesso controversi e potenzialmente tossici a causa della presenza del rame. Veniva utilizzato in alcune preparazioni per le sue proprietà astringenti e antibatteriche.



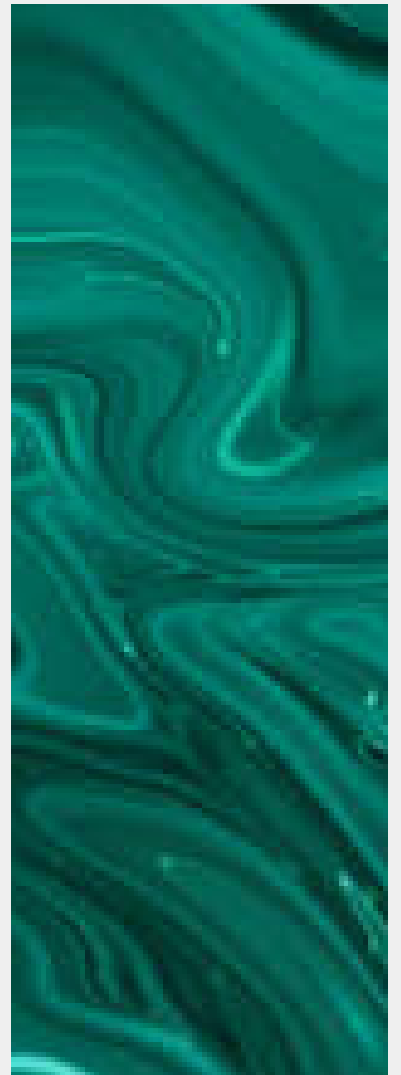
Il verde malachite è un pigmento verde la cui formula è  $\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$  di origine inorganica.

Si forma attraverso la reazione di ossidazione del rame che si ossida, formando ioni  $\text{Cu}^{2+}$ .

Essi reagiscono con l'anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) e l'acqua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) per formare carbonato di rame e idrossido.

La malachite è il pigmento verde più antico conosciuto, presente nei dipinti delle tombe egiziane, usato anche come cosmetico e come pietra dura ornamentale.

Storicamente, la malachite è stata estratta principalmente in Russia, ma è presente anche in altre parti del mondo, come il Congo, l'Australia e gli Stati Uniti. In Russia, durante il XIX secolo, la malachite raggiunse un'apice di popolarità, diventando un simbolo di status e ricchezza. Uno degli esempi più notevoli di questo periodo è la Colonna di Malachite nella Sala di San Giorgio nel Palazzo d'Inverno a San Pietroburgo, un esempio maestoso di come questo materiale sia stato utilizzato per creare opere di grande impatto visivo e simbolico.

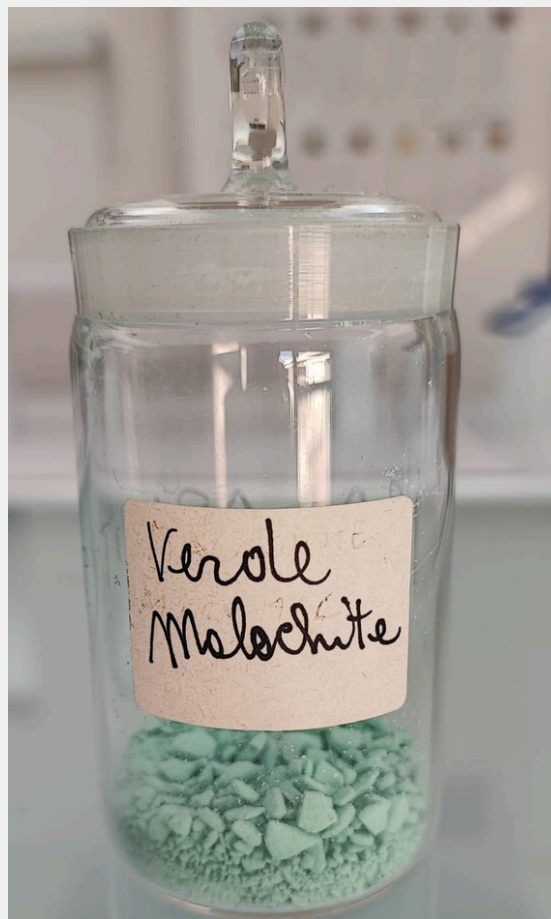


## CURIOSITÀ

Oltre all'aspetto estetico, la malachite ha avuto anche un ruolo simbolico nelle diverse culture. Nell'antico Egitto era associata alla dea Hathor e alla protezione, mentre in altre culture era una pietra che portava fortuna o aveva proprietà curative. Queste credenze hanno influenzato il modo in cui la malachite è stata utilizzata e percepita nell'arte e nella decorazione.

## METODICA SULLA SINTESI DEI VERDE VERDIGRIS

- Pesare il solfato rameoso pentaidrato in acqua e agitarlo fino alla completa solubilizzazione e fare la stessa operazione con il carbonato di sodio.
- Portare la soluzione di solfato rameoso a 50°C e aggiungere lentamente la soluzione di carbonato.
- Osservare la formazione del precipitato e riscaldare nuovamente la soluzione NON AL DI SOPRA DEI 70°C. Quando tutto il precipitato ha assunto la colorazione verde, spegnere il riscaldamento e lasciare in agitazione almeno 10 minuti.
- Filtrare a pressione ridotta ed essiccare in stufa.



## METODICA SULLA SINTESI DEL VERDE MALACHITE

- Sciogliere separatamente solfato di rame pentaidrato ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) e carbonato di sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) in acqua distillata.
- Aggiungere lentamente la soluzione di carbonato di sodio alla soluzione di solfato di rame sotto agitazione continua.
- Si forma un precipitato verde chiaro di carbonato basico di rame (verde malachite).
- Riscaldare la miscela a bagnomaria (max 70°C) sotto agitazione per migliorare la cristallizzazione e la purezza.
- Filtrare il precipitato per separarlo dalla soluzione.
- Lavare accuratamente il precipitato con acqua distillata.
- Essiccare il precipitato in stufa a bassa temperatura (circa 80°C) fino a peso costante.

# ANALISI QUANTITATIVA CON LA SPETTROFOTOMETRIA NEL VISIBILE

La determinazione della purezza della malachite avviene attraverso diverse tecniche di analisi.

Poiché la malachite è un minerale che può essere impuro, oppure se sintetizzata può contenere residui di reattivi, la purezza deve essere valutata per determinare il contenuto effettivo di malachite.

## METODICA

- in un bacher da 50ml aggiungere 50mg di malachite, aggiungere 10ml di una soluzione  $\text{HNO}_3$ , trasferire il campione in un matraccio da 50ml e portare a volume;
- riempire tre cuvette, rispettivamente con le soluzioni di  $\text{CuSO}_4$  a diverse concentrazioni note;
- creare la curva di taratura con alla lunghezza d'onda 600nm, misurare quindi l'assorbanza del campione a concentrazione incognita.



# DETERMINAZIONE DEI NITRITI IN UN CAMPIONE PER VIA SPETTROFOTOMETRICA NEL VISIBILE

L'analisi quantitativa dei nitriti per via spettrofotometrica è un metodo utilizzato per determinare la concentrazione di nitriti in un campione, solitamente in acqua.

Questo metodo si basa sulla reazione dei nitriti con un reattivo, come il reattivo di Griess, che forma un prodotto colorato, la cui assorbanza viene misurata con uno spettrofotometro.



La reazione fra i nitriti in soluzione e il reattivo di Griess crea un composto colorato, la cui assorbanza misurata con uno spettrofotometro permette di quantificare i nitriti nel campione.

Si effettua la determinazione confrontando l'assorbanza del campione, misurata a lunghezza d'onda costante (540nm), con la curva di taratura dello strumento, realizzata misurando l'assorbanza di soluzioni a concentrazione nota chiamata standard.

# COSTRUZIONE DI UNO SPETTROSCOPIO CON DEI CD

Quello che abbiamo realizzato all'interno del laboratorio presso l'Università degli studi della Basilicata, è uno spettroscopio, cioè uno strumento ottico usato per l'osservazione e l'analisi della radiazione elettromagnetica emessa da una sorgente. Il nostro spettroscopio è a reticolo in quanto per separare le varie componenti della luce abbiamo utilizzato un reticolo di diffrazione ottenuto da un CD.

Tale prova è eseguibile poichè sui CD la superficie del disco presenta una struttura di solchi periodica che agisce come una griglia di diffrazione. La luce che colpisce questa superficie viene diffratta a causa della disposizione regolare dei solchi, producendo effetti di interferenza che portano alla formazione di uno spettro di colori o a cambiamenti nell'intensità luminosa in vari angoli



## METODICA

Rendere trasparente il pezzo di CD tagliato togliendo la pellicola argentata con del nastro adesivo di carta, tagliare il modello fornito sul cartoncino nero, poi inserire e incollare il CD con del nastro adesivo.

## METODICA

Ritagliare una piccola finestrella nel tubo di cartone sul lato opposto al CD, dove sarà possibile guardare. Avvicinando lo spettroscopio ad una fonte di luce diretta è possibile vedere al meglio la separazione dei vari colori della luce.



# AUTORI

**Il meccanismo fisiologico della vista**

**Aurora Venezia**

**Il colore degli oggetti**

**Vitiana Viggiani, Valeria Calabrese**

**Coloranti e pigmenti**

**Francesco Graziano, Andrea Losurdo**

**I coloranti**

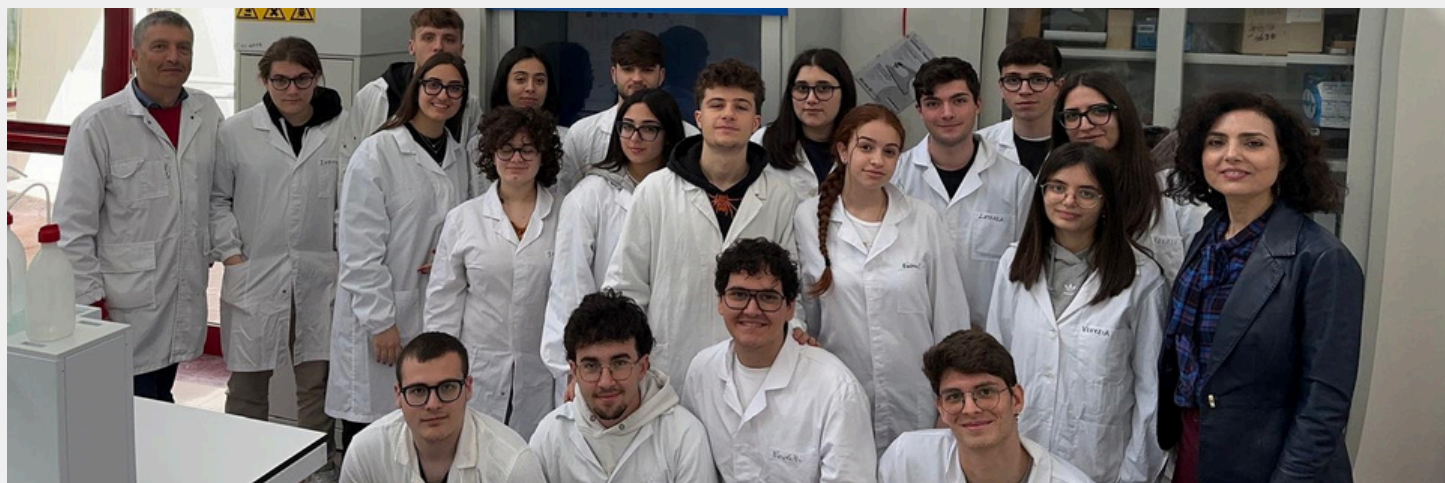
**Gabriel Bozza**

**La sintesi dell'indaco**

**Giusy Esposito, Giada Columpsi, Giorgia Granieri**

**I pigmenti**

**Giovanni Nicoletti, Salvatore Fanuele**



**Irene Diana**

**La teoria del campo cristallino**

**Giovanni Nicoletti, Salvatore Fanuele**

**Proprietà dei pigmenti**

**Federica Favale, Marivita Bruno**

**I pigmenti e l'arte**

**Marco Paolicelli, Gabriele Forte, Michele Denora,  
Lorenzo Ingianni**

**Malachite e Verdigris**

**Samuele Calò,  
Francesco  
Lavalle**

**Analisi quantitativa con la spettrofotometria nel visibile**

**Naomi Amendolagine,  
Francesco Laterza**

**Costruzione di uno spettroscopio con dei CD**

**Grafica ed elaborazione a cura di: Naomi Amendolagine, Irene Diana,  
Francesco Laterza**

**Revisione e Tutoring a cura di: Prof.ssa Lucrezia De Carlo, Prof. Massimo Di  
Trani**

# LE NOSTRE CONSIDERAZIONI

E' affascinante apprendere come ci sia chimica ovunque, anche nella teoria che spiega il colore.

La chimica  
è ovunque intorno a noi

Ringraziamo i docenti dell'UNIBAS proff. Rosanna Ciriello,  
Angela De Bonis, Stefano Superchi, Vincenzo Villani