

Aspetti chimico-fisici microscopici che sono dietro ai colori – Parte I

Giovanni Villani

Istituto di Chimica dei Composti OrganoMetallici (ICCOM-CNR)

Area della Ricerca di Pisa

giovanni.villani@cnr.it

Fermo

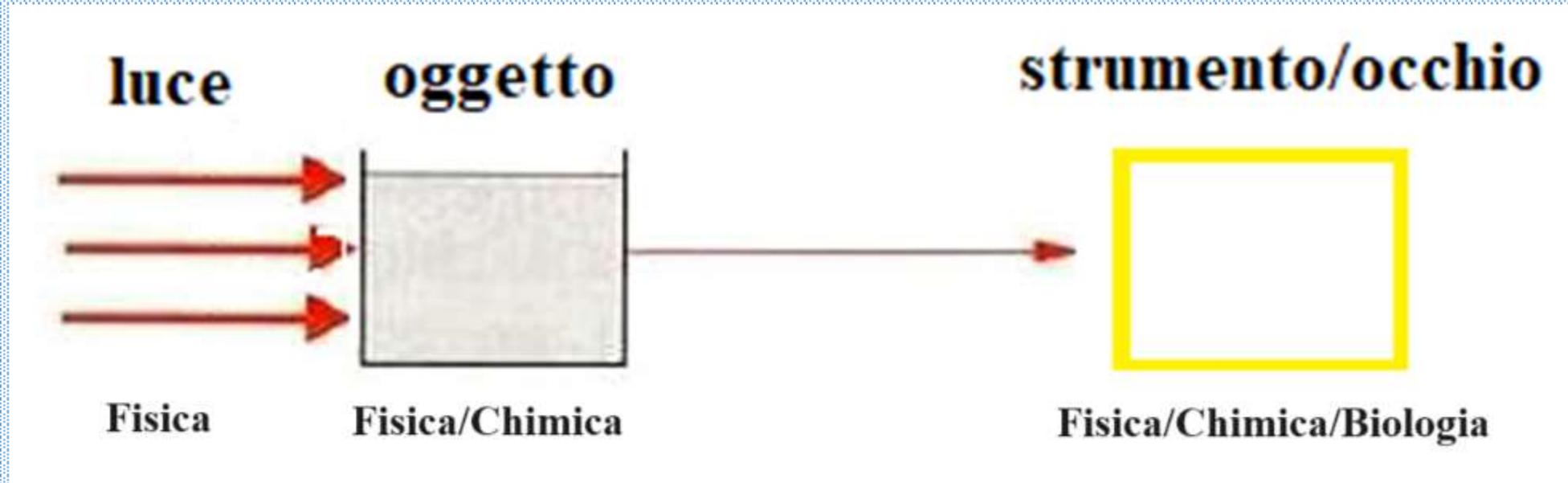
25 Settembre 2023

Esistono delle proprietà strutturali delle molecole delle sostanze contenute negli “oggetti” colorati?



La risposta scientifica è positiva, ma complessa.
Il problema è didattico: come semplificarla senza banalizzarla?

Da aspetti disciplinari a problematiche interdisciplinari del colore



La fisica del colore: la luce

1. L'onda luminosa. 
2. Assorbimento della luce e la sua emissione. 
3. La luce non assorbita raggiunge l'occhio e mostra il colore complementare all'assorbimento.
4. La luce assorbita può dare fluorescenza, fosforescenza e luce laser.

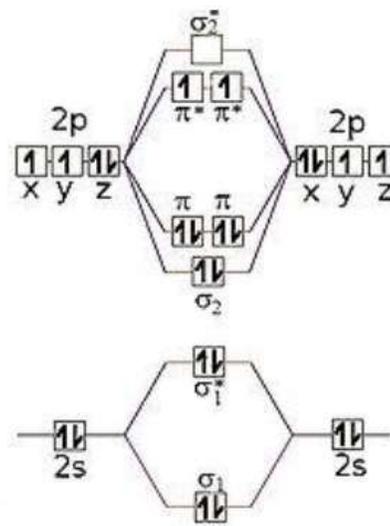
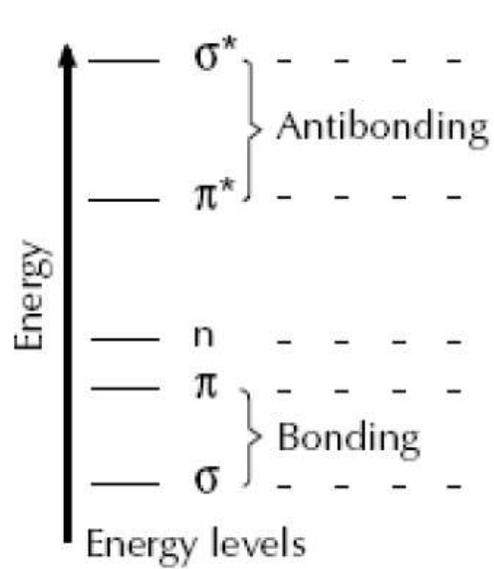


La fisica del colore: lo stato fisico

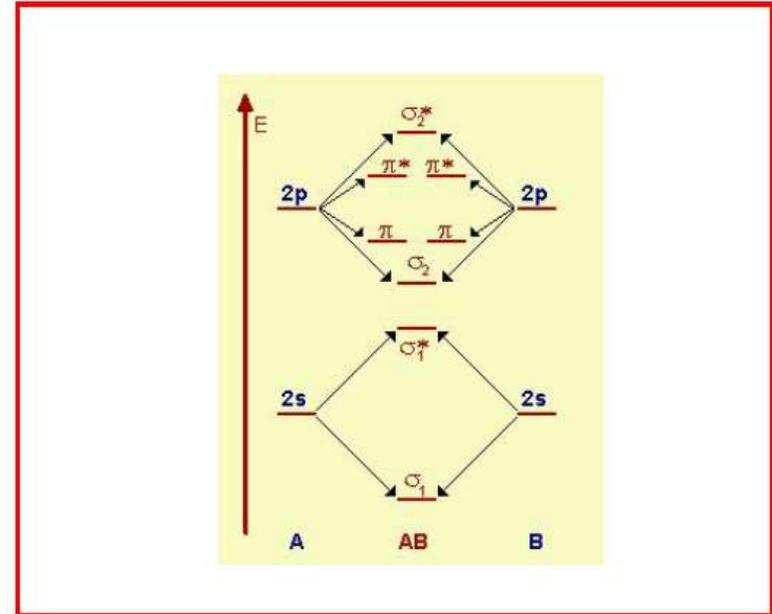


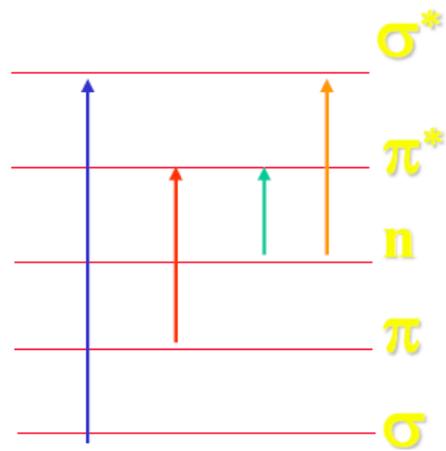
Il diamante è colorato?

La chimica delle sostanze colorate: Le transizioni elettroniche



Molecola O_2





transizioni
permesse per
simmetria

$\sigma \rightarrow \sigma^*$ ($\lambda < 200 \text{ nm}$)

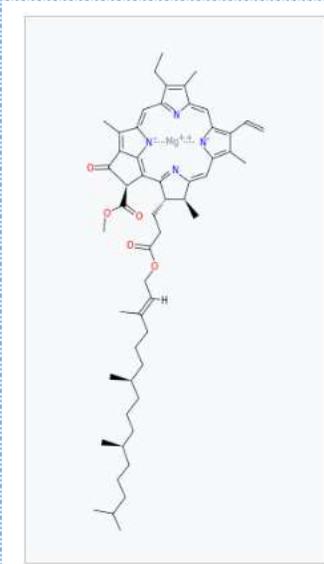
$\pi \rightarrow \pi^*$ ($\lambda > 200 \text{ nm}$) (vicino UV e visibile)

$n \rightarrow \pi^*$ in composti con atomi contenenti coppie solitarie (N, O, S...)

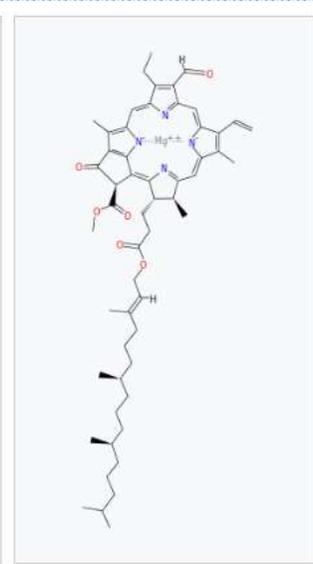
$n \rightarrow \sigma^*$ in composti con atomi contenenti coppie solitarie (N, O, S...)

Problematiche didattiche

1. Gli orbitali (stati elettronici)
2. Simmetrie degli stati elettronici
3. Transizioni permesse
4. Dettaglio fine delle transizioni



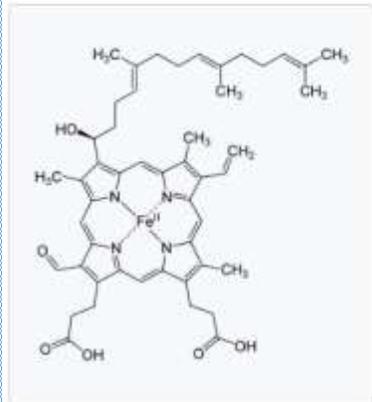
Struttura della clorofilla a



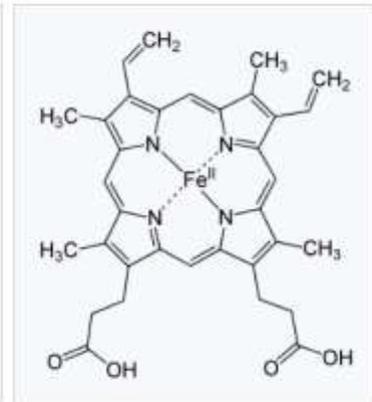
Struttura della clorofilla b



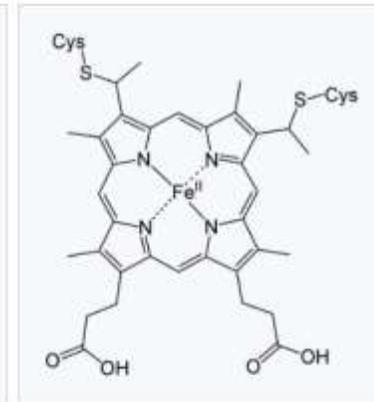
Forme dell'eme



eme a



eme b



eme c

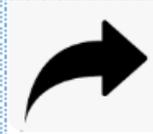


La biologia dietro al colore

- Lo strumento di rilevamento: l'occhio.



- I fotorecettori.



- Le sostanze implicate nell'occhio.

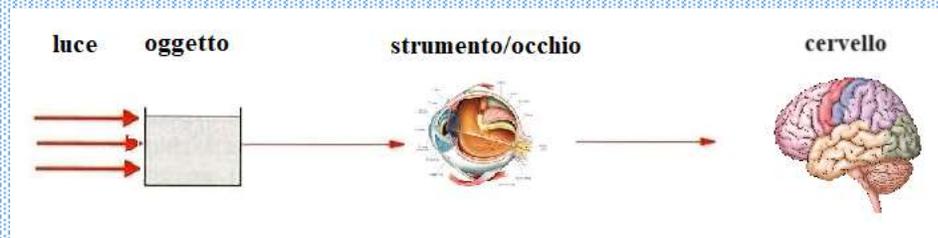


Conclusione

Tre problematiche disciplinari:
un problema interdisciplinare



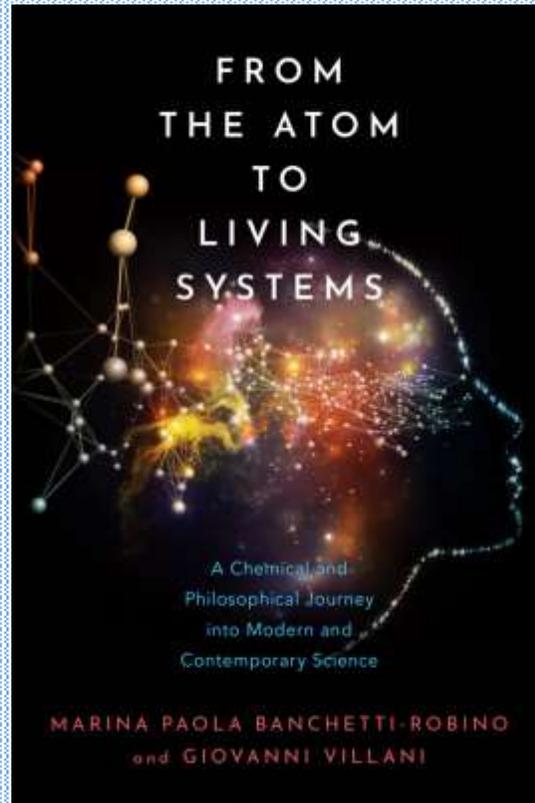
- La luce (Fisica)
- L'oggetto: stato fisico e composizione (Fisica, Chimica)
- Lo strumento/occhio (Fisica, Chimica, Biologia)
- Linguistico, artistico, estetico ... → culturale



complesso → semplice

Dov'è il colore?

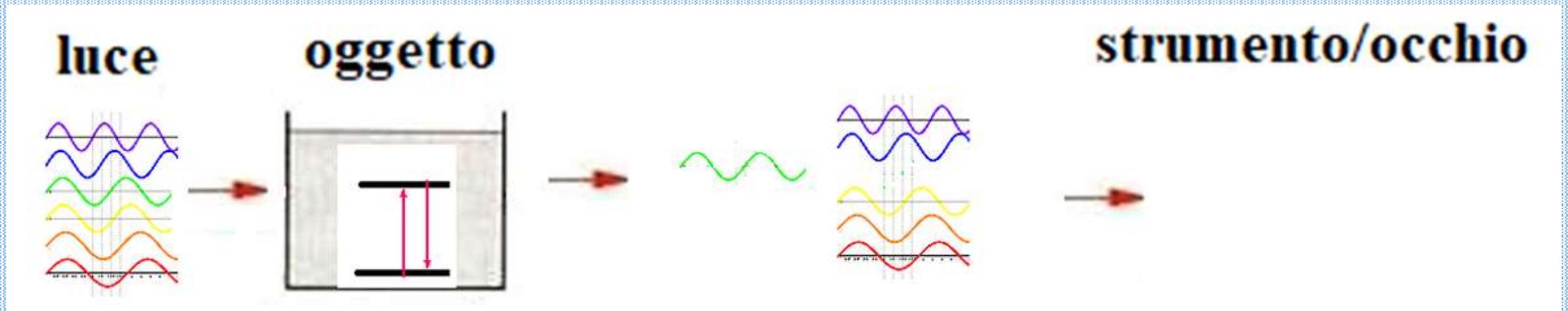
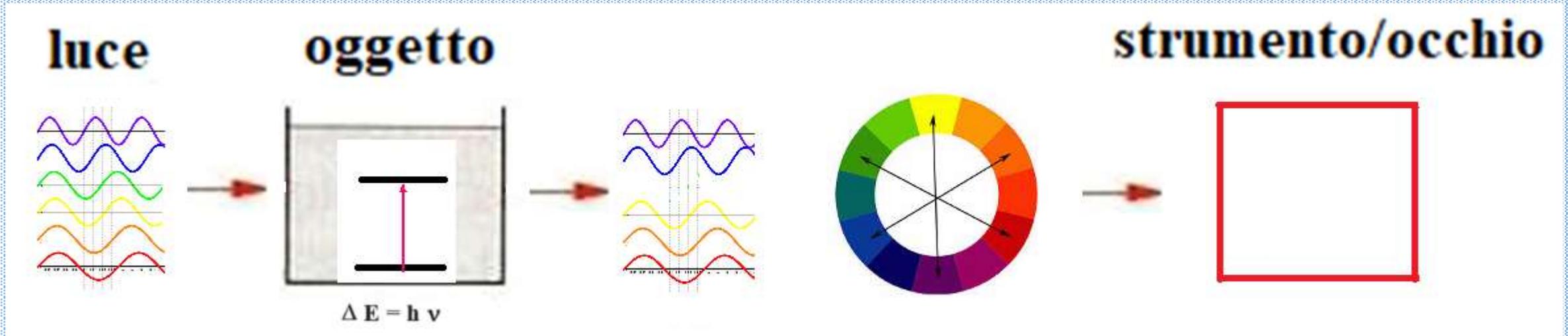
Nella luce, nell'oggetto, nell'occhio o nella nostra testa?



Grazie



Sistema a due stati





Il **diagramma di Jablonski** illustra i possibili processi che seguono l'assorbimento di un fotone

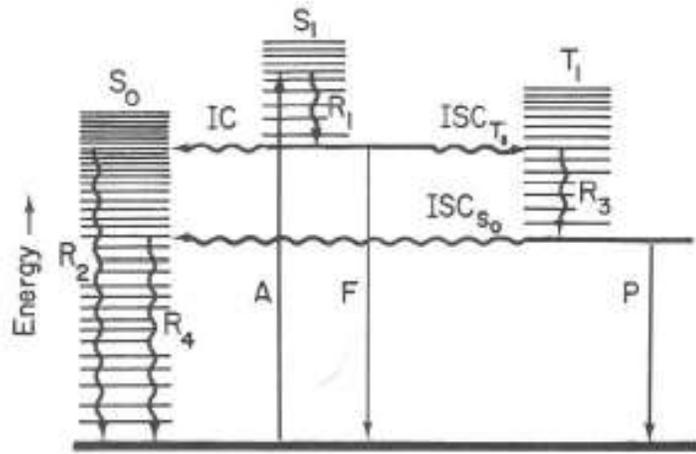


Fig. 5-19. Jablonski diagram illustrating possible electronic processes following absorption of a photon. Key: *A*-absorption, *F*-fluorescence, *P*-phosphorescence, *IC*-internal conversion, *ISC*-intersystem crossing, *R*-vibrational relaxation. S_0 is the singlet ground state and S_1 and T_1 are the lowest singlet and triplet excited states. Straight arrows represent processes involving photons and wiggly arrows represent processes that do not involve photons.

R_1 - R_4 meccanismi di rilassamento vibrazionale : perdita di energia vibrazionale attraverso collisioni con altre molecole (10^{-13} - 10^{-11} s)

- dal GS vibrazionale di S_1 possono avvenire diversi **processi non radiativi**:
 - ♦ **conversione interna (IC)** (passaggio isoenergetico tra stati con uguale molteplicità di spin)

♦ intersystem crossing (ISCT)

(passaggio isoenergetico tra stati con diversa molteplicità di spin)

- A partire del GS vibrazionale di S_1 possono avvenire **due processi radiativi**:
 - ♦ **fluorescenza (F)** ($S_1 \rightarrow S_0$, senza variazione nella molteplicità di spin)
 - ♦ **fosforescenza (P)** ($S_1 \rightarrow T_1$ (ISCT) e $T_1 \rightarrow S_0$, sempre con variazione della molteplicità di spin)

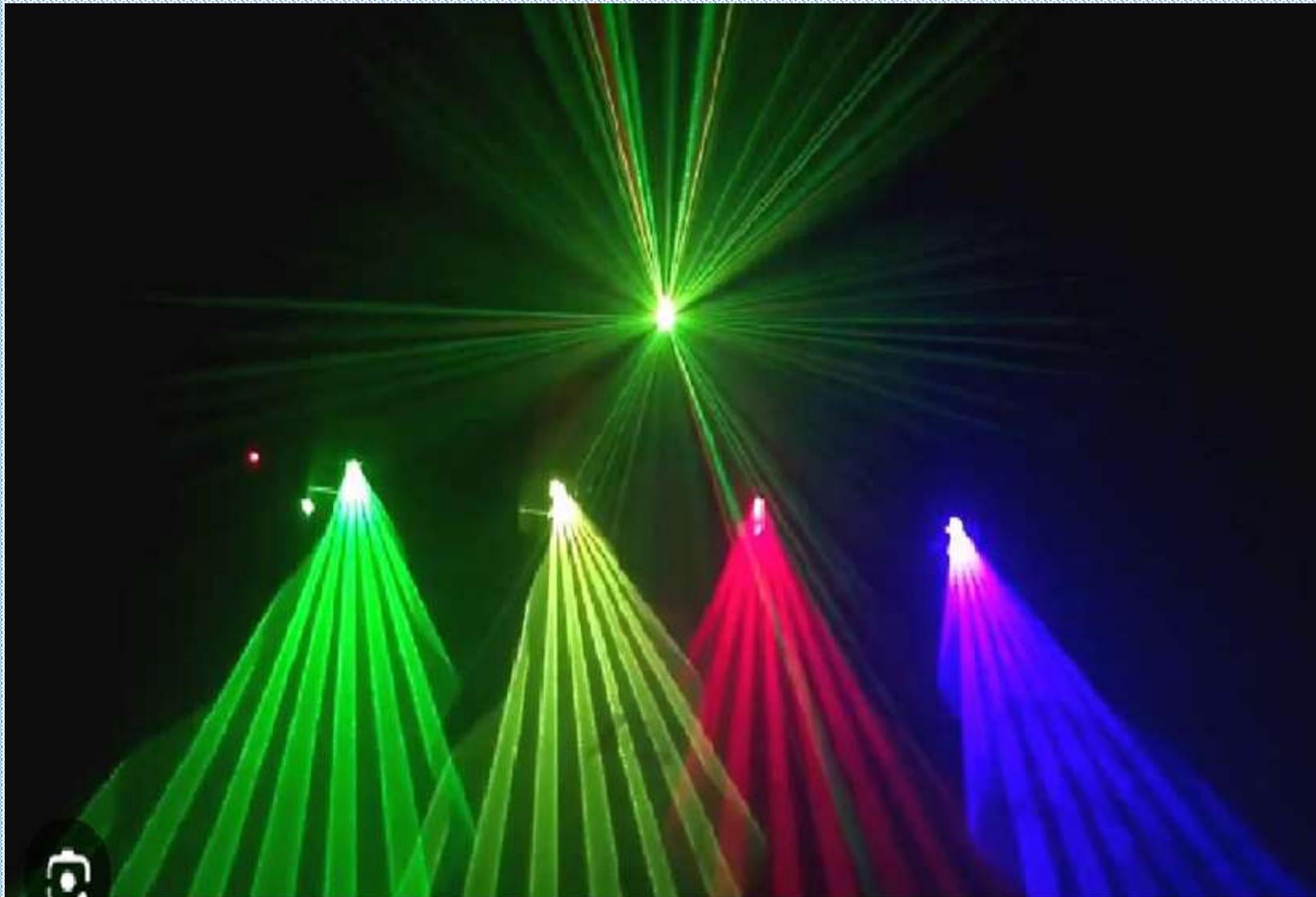
Problema:
colore \rightarrow calore
discreto \rightarrow continuo



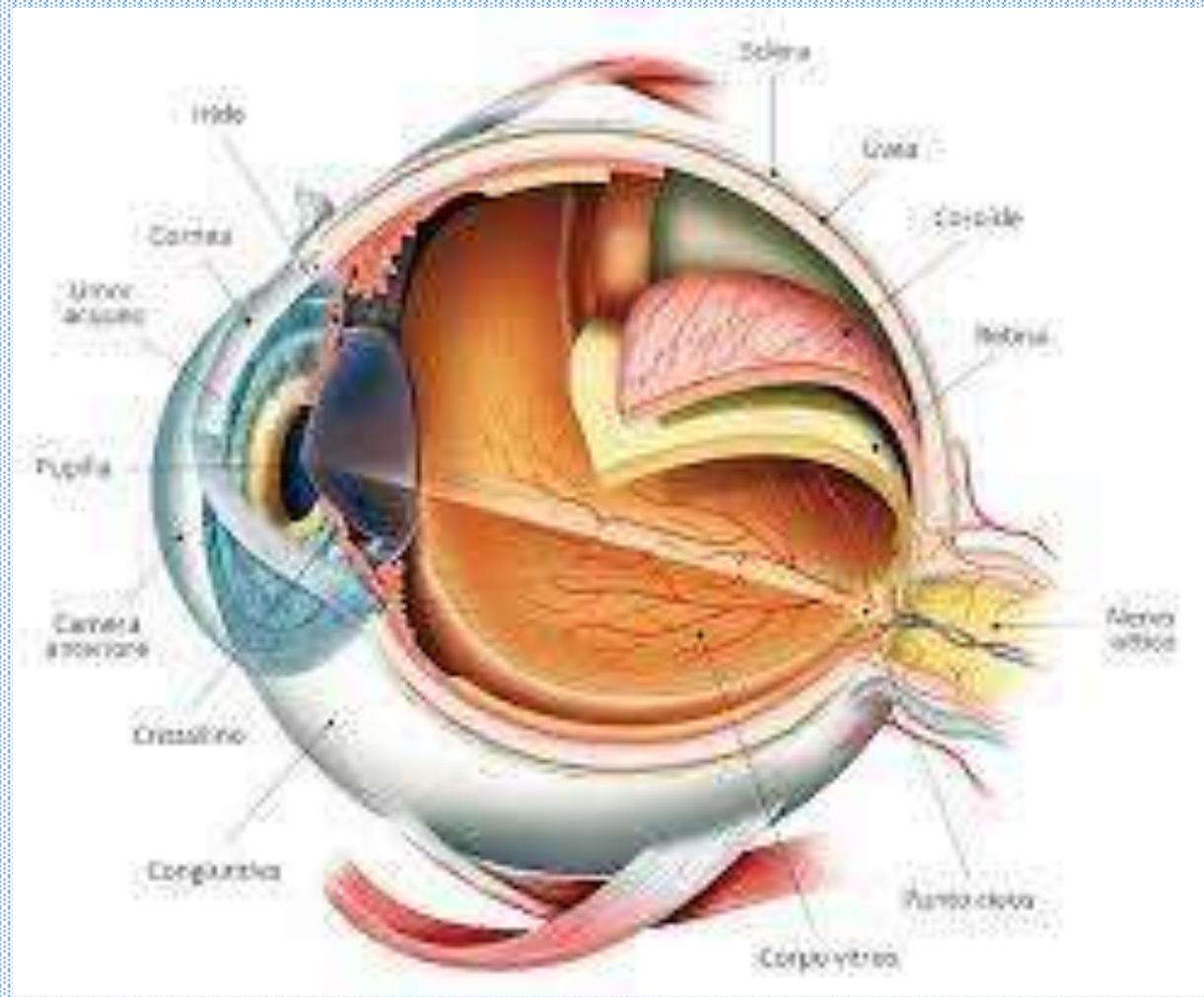
Sostanze fluorescenti

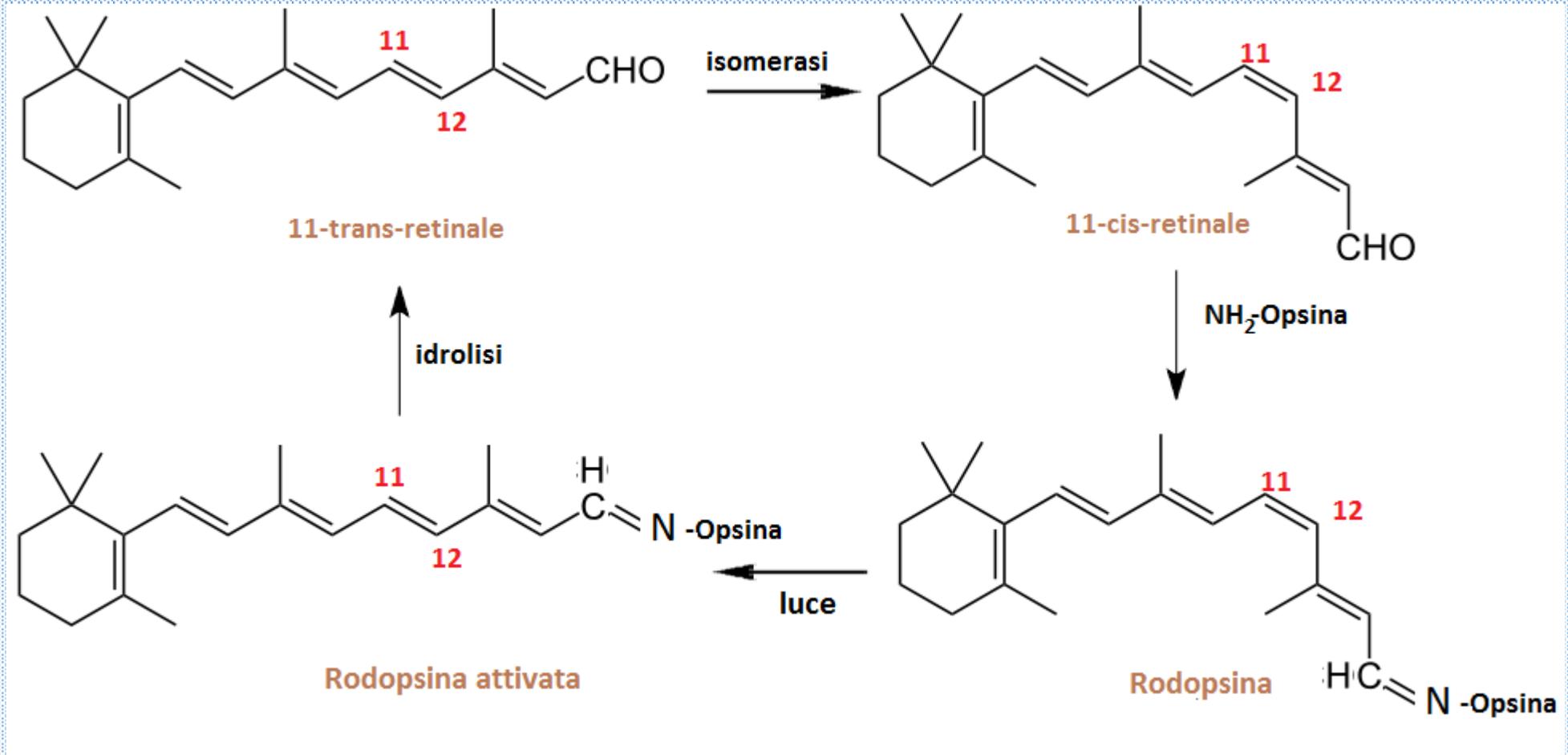


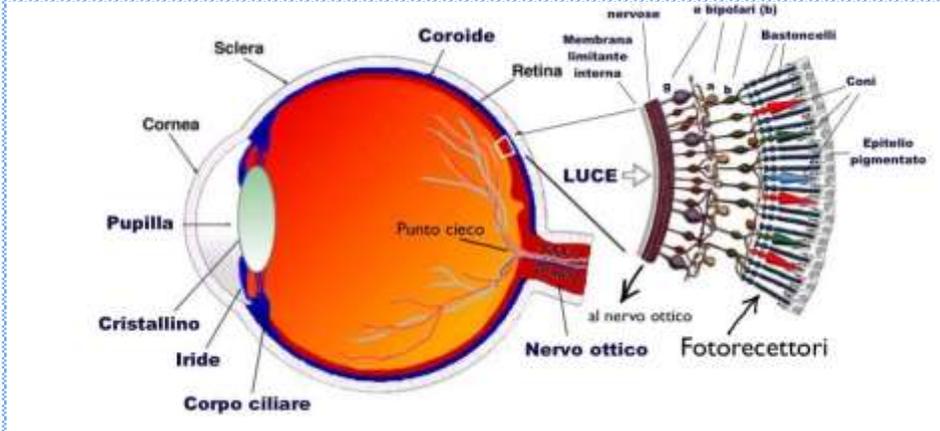
**Fosforescenza del
solfuro di zinco**



Luce laser di vari colori







Problema:
continuo → discreto

