

Università di Milano Bicocca

CdL Tecnici di radiologia medica, Tecnici di laboratorio biomedico ed Igiene dentale

FISICA APPLICATA (FISICA GENERALE)

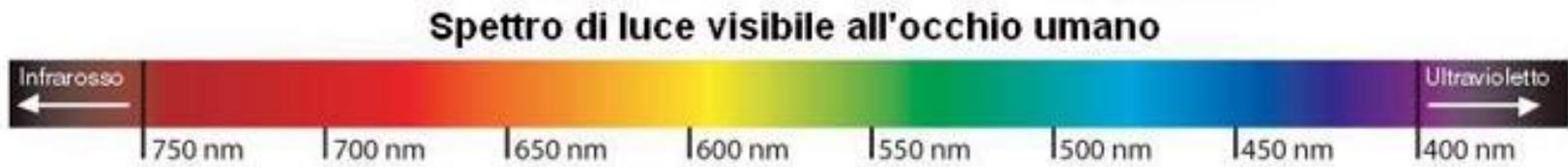
aa. 2019/2020

INTERAZIONE LUCE – MATERIA
LEZIONE 8

Denis Panizza
U.O. Fisica Sanitaria
ASST Monza

Teoria dei colori

In termini fisici il **COLORE** è un giudizio psicologico attribuito a una radiazione elettromagnetica di una data lunghezza d'onda compresa entro certi limiti. In altre parole un determinato colore è caratterizzato da una determinata composizione spettrale.



Lo stimolo visivo che causa la percezione del colore, la luce, è composto da piccole unità indivisibili, i fotoni, i quali presentano aspetti corpuscolari e aspetti ondulatori.

Un fotone è un quanto di energia elettromagnetica caratterizzato da una proprietà della sua propagazione di tipo ondulatorio: la lunghezza d'onda. Il sistema visivo è sensibile solo a lunghezze d'onda tra circa 380 e 780 nanometri.

Teoria dei colore

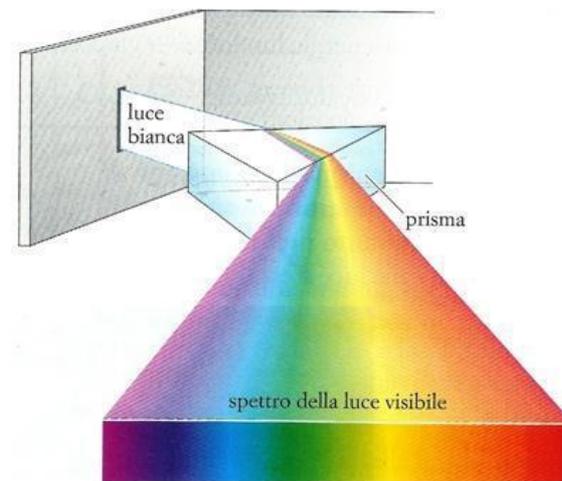
Perché gli oggetti hanno un certo colore?

Ci sono due tipi di oggetti:

- le sorgenti luminose, che emettono luce propria (Sole, lampade, fari...);
- gli oggetti, che riflettono la luce che ricevono da una sorgente luminosa.

Una sorgente ci appare di un certo colore perché emette prevalentemente luce di quel colore. La luce del Sole appare “bianca” perché è un miscuglio di tutti i colori dell’iride.

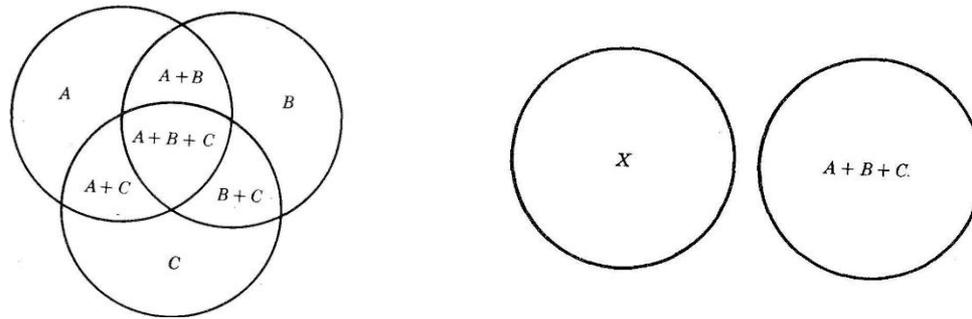
Un oggetto ci appare di un certo colore (ad esempio rosso) perché riflette quella componente di colore (rossa) della luce che lo illumina e assorbe tutte le altre. Si può modificare il colore di un oggetto illuminandolo con luce di colori diversi.



Composizione dei colori

Mescolanza additiva

Si ha sintesi additiva quando si sovrappongono le luci di colore diverso provenienti da diverse sorgenti



Più colori arrivano simultaneamente o in rapida successione all'occhio

$$X = aA + bB + cC$$

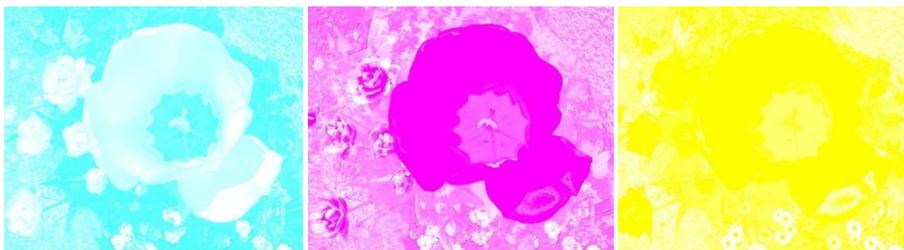
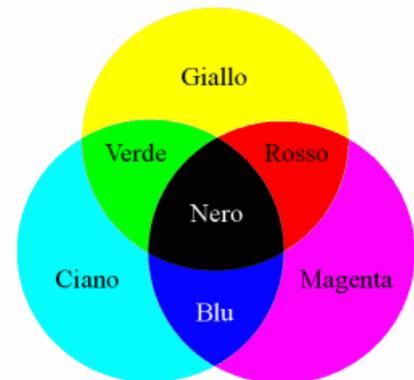
Non è possibile distinguere in ciascuna miscela i colori di cui è costituita

Il blu, il verde e il rosso (in inglese Red-Green-Blue: RGB) possono essere considerati *colori primari* in quanto usandoli come componenti si può imitare la più estesa gamma di colori senza usare coefficienti negativi

Composizione dei colori

Mescolanza sottrattiva

Si ha sintesi sottrattiva quando si eliminano da una luce bianca alcune componenti di colore: il procedimento è in un certo senso l'opposto della sintesi additiva.



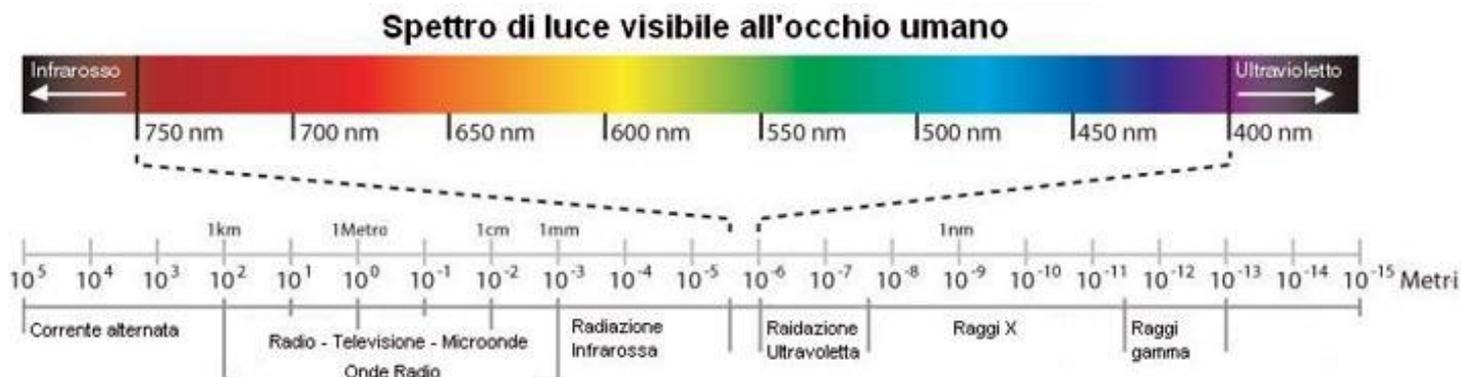
I colori primari in sintesi sottrattiva sono giallo, magenta e ciano (in inglese Cyan-Magenta-Yellow: CMYK)

La sintesi sottrattiva è quella usata in pittura e nella stampa. Gli stimoli di colore giungono modificati all'occhio: ogni filtro sottrae una certa frazione dell'energia incidente su di esso. Ogni pigmento o inchiostro controlla quella particolare regione dello spettro in cui assorbe.

Quando due stimoli si mescolano additivamente, il colore percepito è determinato dai meccanismi visivi. Si tratta insomma di un **fenomeno biologico**. Diversamente, il colore percepito in sintesi sottrattiva ha cause esclusivamente fisiche.

La radiazione elettromagnetica e la spettroscopia

Le radiazioni elettromagnetiche assumono una diversa denominazione a seconda della loro **frequenza ν** (ovvero della loro **lunghezza d'onda $\lambda=c/\nu$**). La zona del visibile costituisce una frazione assai esigua dell'intero spettro.



Le radiazioni elettromagnetiche, qualunque sia la loro frequenza, vengono emesse o assorbite dalla materia sempre sotto forma di fotoni. L'assorbimento di un fotone fa passare l'atomo, o la molecola, dal livello fondamentale ad un livello eccitato, cedendogli tutta la propria energia.

La radiazione elettromagnetica e la spettroscopia

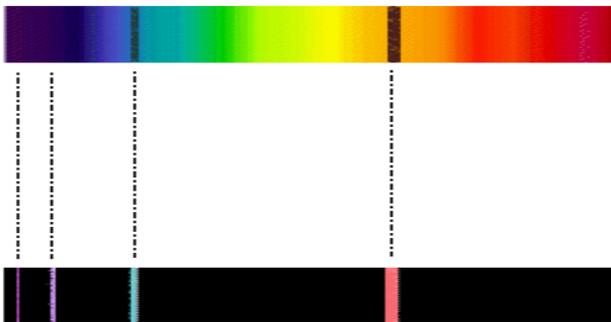
La diseccitazione dell'atomo può avvenire in un unico salto o con una successione di passaggi a livelli energetici sempre più bassi.

Alla transizione tra due stati, 1 e 2, corrisponde dunque l'emissione (o l'assorbimento) di un fotone, di frequenza:

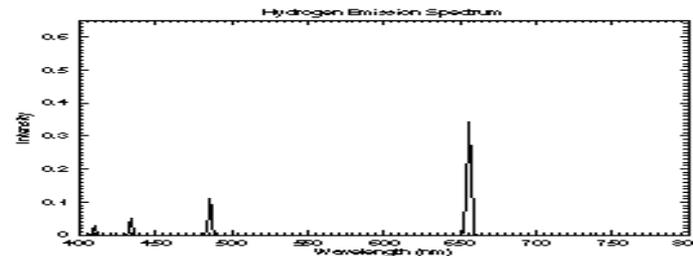
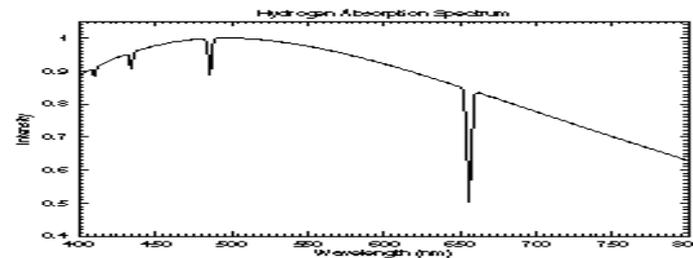
$$\nu = \frac{|E_1 - E_2|}{h}$$

Quando i livelli energetici sono molto distanziati tra loro, lo spettro della radiazione (assorbita o emessa) è discontinuo (**spettro a righe**), viceversa quando i livelli sono numerosi e fitti, lo spettro appare praticamente **continuo**.

SPETTRO DI ASSORBIMENTO DELL'ATOMO DI H

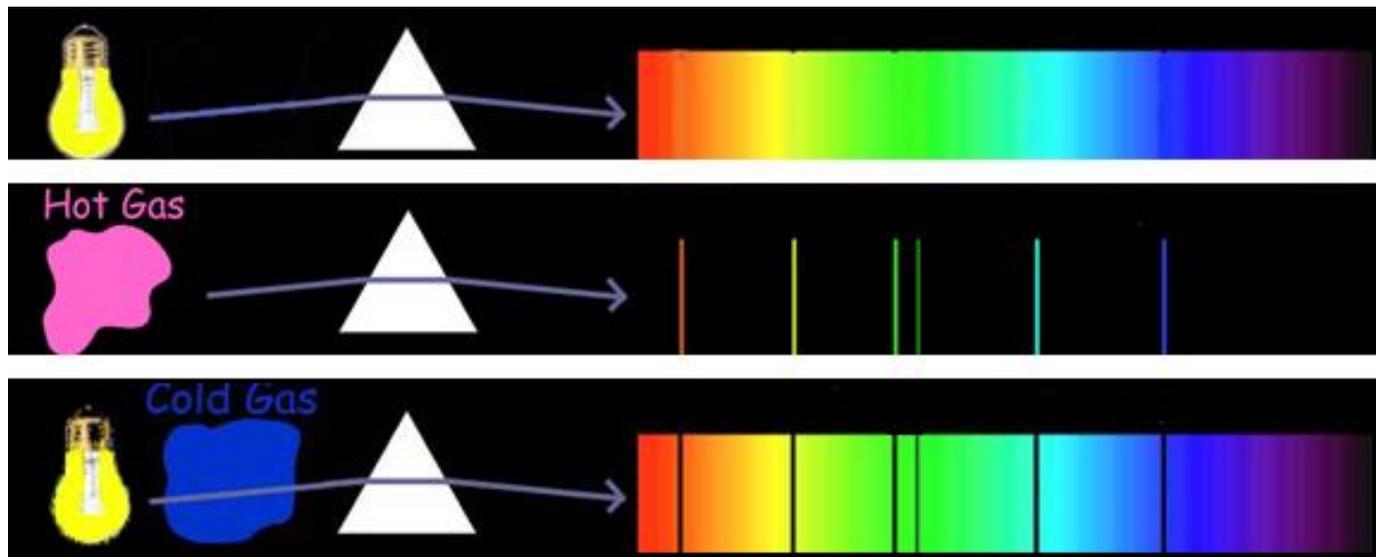


SPETTRO DI EMISSIONE DELL'ATOMO DI H



La radiazione elettromagnetica e la spettroscopia

Nel caso di uno spettro a righe le frequenze hanno valori caratteristici, che permettono di riconoscere l'atomo, o la molecola che le assorbe o emette (in generale la struttura a righe per le molecole appare molto più complessa rispetto a quella degli atomi).

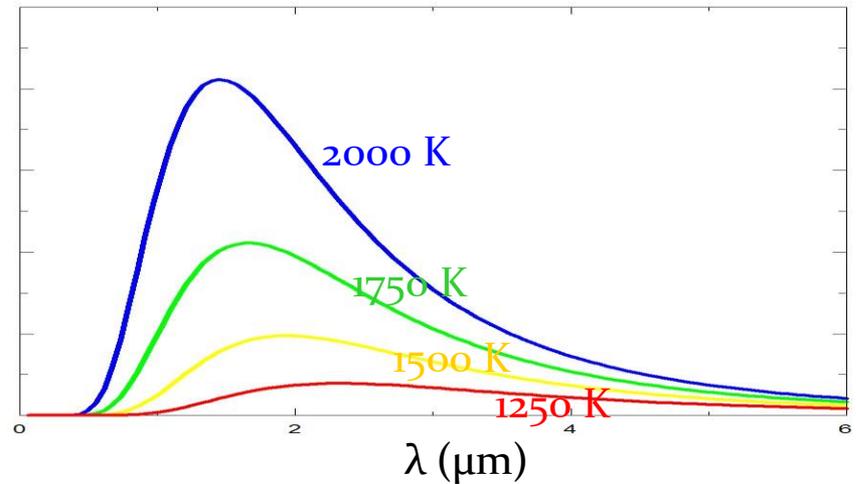


La radiazione elettromagnetica e la spettroscopia

La produzione di radiazione elettromagnetica nella porzione di spettro tra infrarosso e ultravioletto, può avvenire anche mediante il fenomeno dell'**emissione termica**.

*ogni oggetto a qualunque temperatura $T > 0 \text{ K}$
irradia in forma di radiazione elettromagnetica; allo
stesso modo assorbe parte della radiazione incidente*

Lo **spettro** e l'**energia** della radiazione emessa dipendono solo dalla temperatura del corpo e dal materiale di cui è costituito



Un corpo nero è un oggetto che assorbe il 100% della radiazione che incide su di esso. Il suo spettro dipende solo dalla temperatura. La λ per cui l'intensità è massima è proporzionale a T^4 .

Assorbimento ottico e spettrofotometria

Le sostanze assorbono la luce in modo diverso a seconda della lunghezza d'onda. Poiché tali assorbimenti dipendono dalla lunghezze d'onda delle transizioni fra i diversi orbitali atomici: ogni sostanza possiede un particolare **spettro di assorbimento** di onde elettromagnetiche, dalla regione ultravioletta fino alle microne.

Si può definire una funzione dalla lunghezza d'onda, chiamata *trasmissione* $D(\lambda) = I / I_0$, come rapporto tra l'intensità I della luce trasmessa da una sostanza e l'intensità di quella incidente I_0 .

L'intensità luminosa può essere considerata come il numero di fotoni che attraversa una sezione unitaria nell'unità di tempo.

Unità di misura nel SI: **candela cd**

Assorbimento ottico e spettrofotometria

La trasmittanza di un filtro o di una soluzione dipende, oltre che da λ , anche dallo spessore Δx attraversato dalla luce.

La diminuzione percentuale dell'intensità risulta proporzionale allo spessore attraversato, per cui si può scrivere:

$$\frac{\Delta I}{I} = -K \Delta x$$

dove K è una costante che dipende dal materiale e dalla lunghezza d'onda λ .

La trasmittanza D risulta:

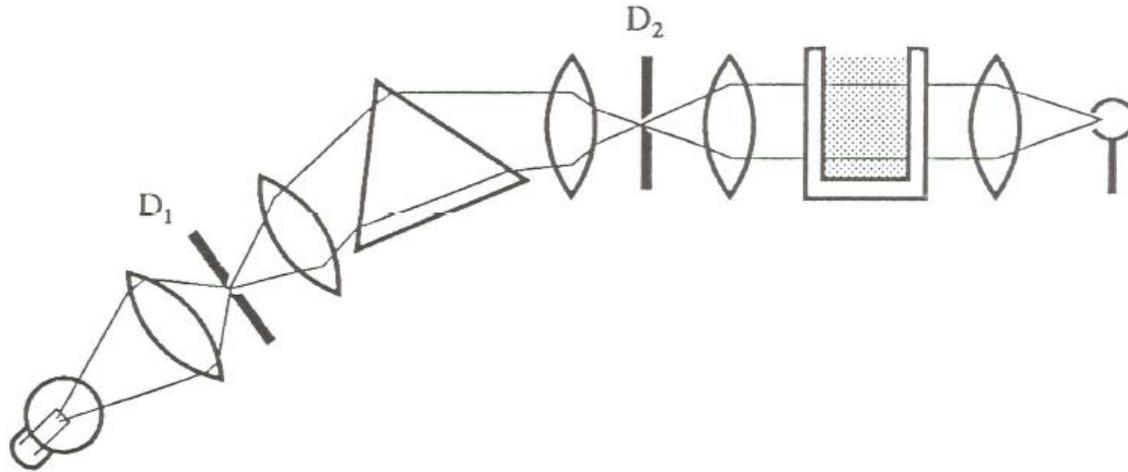
$$D = \frac{I}{I_0} = e^{-Kx}$$

con K chiamata *costante di estinzione* e misurata in cm^{-1} . Per le soluzioni, la costante K dipende dalla concentrazione C della soluzione oltre che dalla lunghezza d'onda e si può scrivere $K = k(\lambda)C$.

Legge di Lambert-Beer

$$I = I_0 e^{-k(\lambda)Cx}$$

Assorbimento ottico e spettrofotometria



La trasmittanza si può misurare mediante un dispositivo chiamato **spettrofotometro**.

La luce bianca, emessa da una lampada, viene concentrata da un condensatore (lente convergente) sulla fessura d'ingresso D_1 , poi passa da un collimatore e arriva come fascio parallelo su un prisma, dove viene dispersa e infine raccolta da un'altra lente.

La fessura d'uscita D_2 seleziona un campo spettrale ristretto, che una lente rende parallelo prima che attraversi la cuvetta contenente la soluzione di cui si vuole misurare l'assorbimento.

Una lente infine raccoglie la luce e la trasmette ad una fotocellula che ne misura l'intensità.

Variando il capo spettrale tramite D_2 , si ottiene la curva di trasmittanza attraverso la soluzione in funzione della lunghezza d'onda.

Assorbimento ottico e spettrofotometria

In uno spettrofotometro, la luce viene assorbita da singoli atomi, da molecole, da complessi molecolari o anche da ioni posti nella cuvetta.

Ogni tipo di particella assorbe in un determinato intervallo di lunghezze d'onda e quindi la si può riconoscere dal suo spettro di assorbimento. Nel caso di modifica della composizione chimica di una sostanza, lo spettro varia sensibilmente.

L'emoglobina ha uno spettro differente quando trasporta ossigeno (ossiemoglobina). Per questo motivo il sangue arterioso appare rosso chiaro, mentre quello venoso bluastro.

Mediante misure spettrofotometriche, eseguite attraverso lo spessore di una regione, è pertanto possibile misurare la quantità di ossiemoglobina trasportata in un distretto circolatorio e quindi ricavare parametri indicativi dell'efficienza del sistema cardio-circolatorio

