

Presentazione n. 2

Grandezze illuminotecniche

Le principali grandezze fisiche e fisiologiche utilizzate nell'illuminazione



Corso di formazione - Introduzione e concetti base

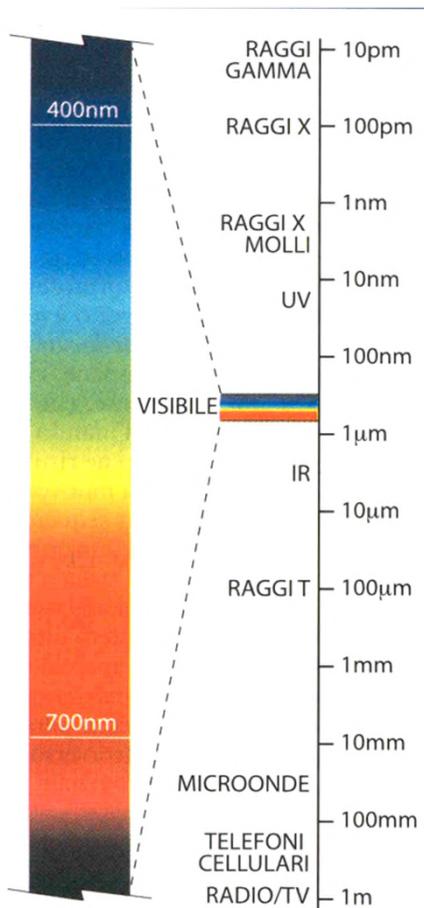
Gennaio 2024 – ing. Diego Bonata

LE GRANDEZZE FOTOMETRICHE

Servono per descrivere la LUCE, quella parte dello spettro che il nostro occhio può percepire.

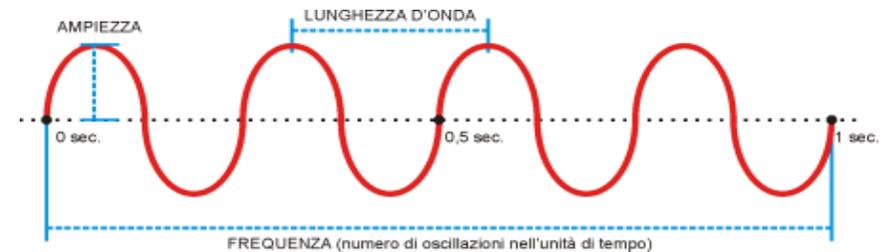
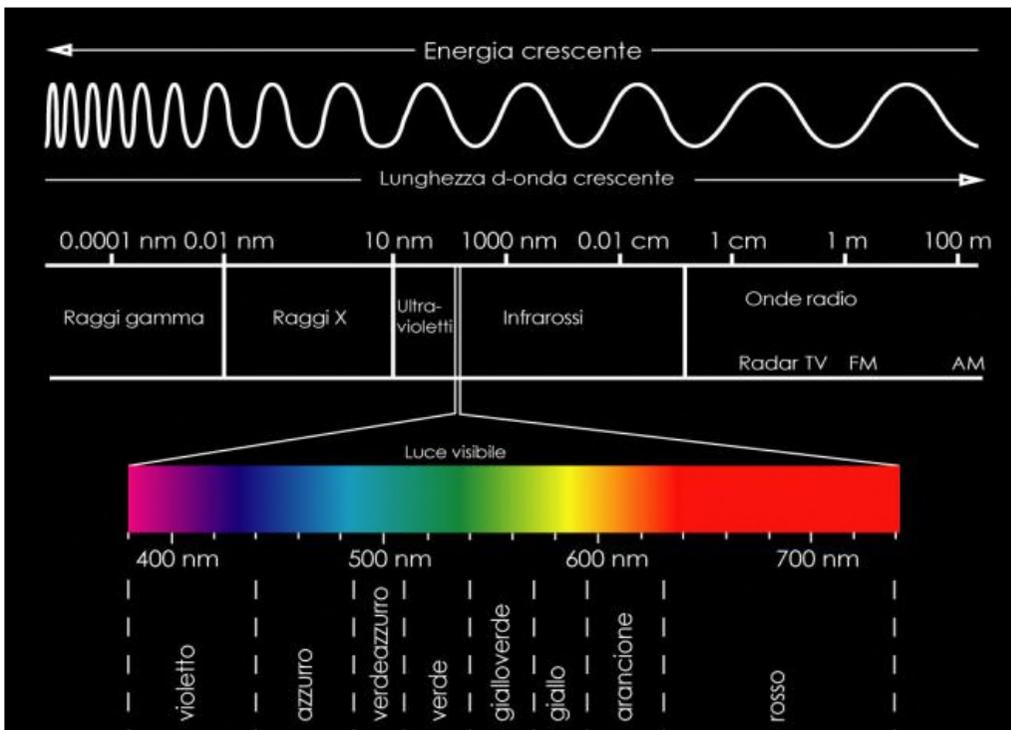
Questo complica le cose: l'occhio risponde in modo diverso al variare delle lunghezze d'onda. Si utilizzano quindi grandezze fisico-fisiologiche

- Flusso luminoso
- Intensità luminosa
- Illuminamento
- Luminanza
- Efficienza
- Rendimento luminoso
- Fattore di utilizzazione e Utilanza
- Temperatura di colore
- Resa cromatica



ONDE ELETTROMAGNETICHE

La luce è costituita da onde elettromagnetiche e l'insieme di tutte le tipologie di onde elettromagnetiche in funzione della loro lunghezza d'onda costituisce lo spettro elettromagnetico



Il campo delle radiazioni visibili dal nostro occhio è compreso tra 380 e 780 *nm*.

Ogni lunghezza d'onda e ogni frequenza, è percepita dall'occhio umano sotto forma di un determinato colore.

Solo il **10%** delle OE che arrivano al nostro occhio raggiunge i fotorecettori

FLUSSO LUMINOSO

Definizione: quantità di luce emessa da una sorgente luminosa nell'unità di tempo (secondo). Più precisamente è l'energia irraggiata nell'unità di tempo (ossia è una potenza).

Simbolo: Φ (phi)

Unità di misura: lumen [lm]

Paragone idraulico: quantità di acqua che esce da un rubinetto o da una doccia in un secondo.



FLUSSO LUMINOSO

Esempio numerico: una candela emette un flusso luminoso nell'unità di angolo solido pari a 1 lm

Abbiamo detto: flusso luminoso = potenza

Il legame tra lm e W dipende dalla lunghezza d'onda (ossia dalla risposta dell'occhio in funzione della banda spettrale di emissione della sorgente):

per $\lambda < 380 \text{ nm}$ (UV) e $\lambda > 760 \text{ nm}$ (IR) $\Rightarrow 1 \text{ W} = 0 \text{ lm}$

Quantificazione numerica:

- una lampada ad incandescenza da 100 W emette un flusso luminoso complessivo di 1300 lm

Campo di utilizzo:

- flusso totale dalle sorgenti luminose
- flusso emesso da un apparecchio



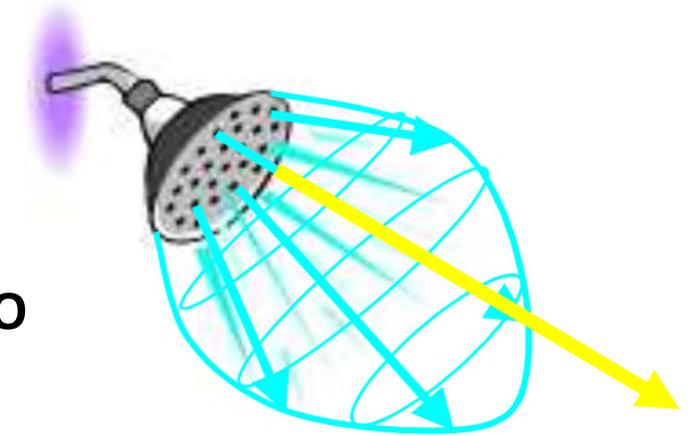
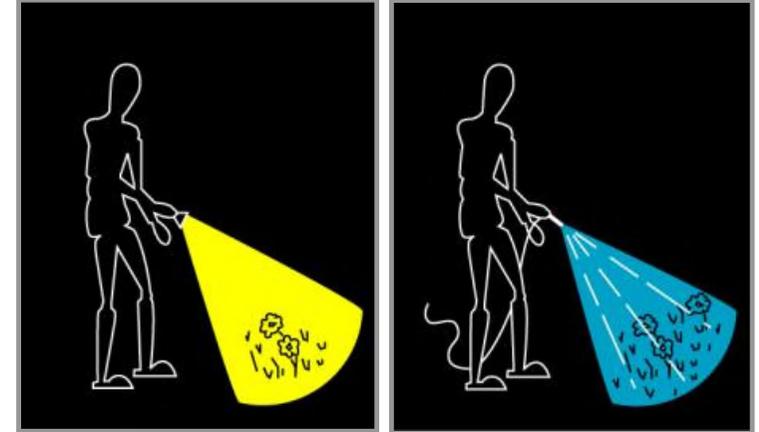
INTENSITÀ LUMINOSA

Definizione: densità del flusso luminoso (parte) emesso in una determinata direzione da una sorgente luminosa per l'angolo solido che la contiene.

Simbolo: I

Unità di misura: candela [cd]

Paragone idraulico: intensità di un getto d'acqua in una determinata direzione

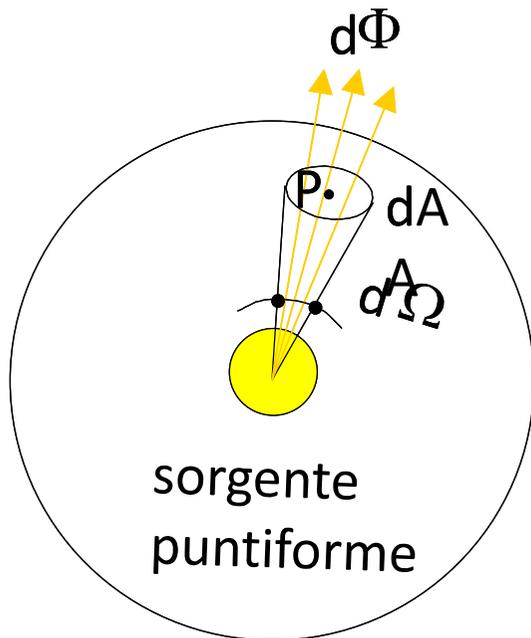


FLUSSO E INTENSITA' LUMINOSA E PARAGONE IDRAULICO

- l'acqua totale che esce è il **flusso**
- l'acqua dal singolo foro è **l'intensità**

INTENSITÀ LUMINOSA

Esempio numerico: una candela emette un flusso luminoso nell'unità di angolo solido pari a 1 lm



*) flusso luminoso che transita nell'unità di angolo solido. Si misura in candele (cd).

Quantificazione numerica :

- lucciola: 0,01 cd
- candela di cera: 1 cd
- fanale auto: 100 cd



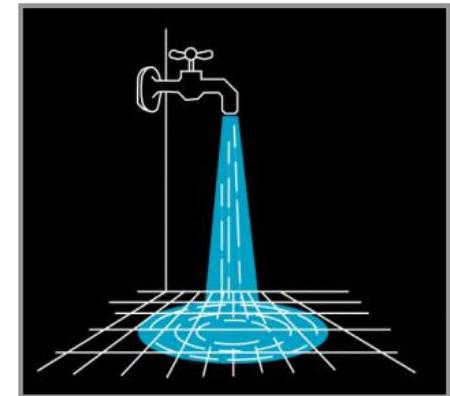
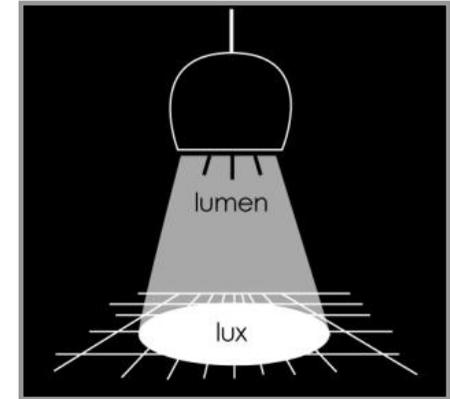
ILLUMINAMENTO

Definizione: flusso emesso (Φ) per unità di superficie (**S**).

Simbolo: **E**

Unità di misura: **lux** [$\text{lx} = \text{lumen}/\text{m}^2$].

Paragone idraulico: quantità di acqua per unità di superficie.



ILLUMINAMENTO

Misura quanta luce (ossia quanti lumen) cadono su una superficie e varia con l'inverso del quadrato della distanza dalla sorgente e in funzione dell'orientamento della superficie.

Una sorgente che emette 100 cd perpendicolarmente a una superficie.

- a 2 metri $E_p = I/d^2 = 100/2^2 = 25 \text{ lx}$

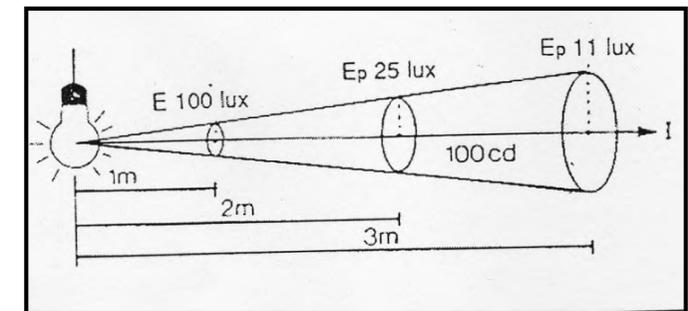
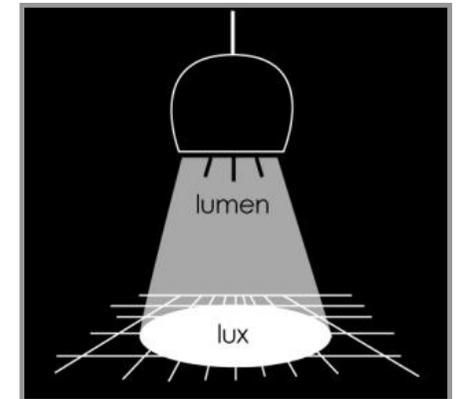
- a 3 metri $E_p = I/d^2 = 100/3^2 = 11 \text{ lx}$

Quantificazione numerica:

Luna piena: 0,25 lx - Sole estivo: 100.000 lx

Strada locale: 10 lx – Autostrada: 30 lx

Scrivania ufficio: 300 lx

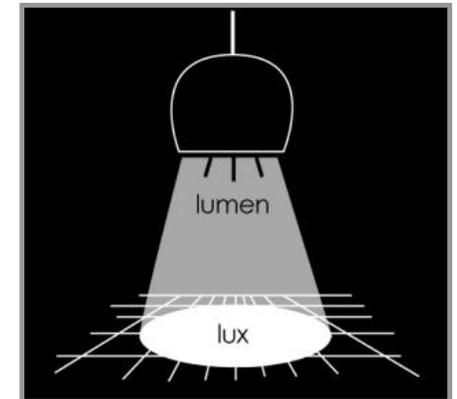


ILLUMINAMENTO

Campo di utilizzo:

Progettazione illuminotecnica di:

- Aree e piazze, Percorsi ciclo-pedonali, Giardini e parchi, etc..
- Superfici orizzontali e verticali
- Illuminazione d'interni



LUMINANZA

Definizione: intensità luminosa emessa in una determinata direzione da una superficie luminosa o illuminata. Esprime l'effetto di luminosità che una superficie produce sull'occhio direttamente o indirettamente

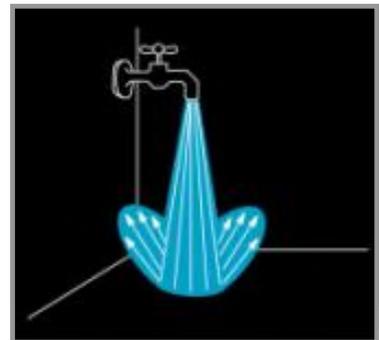
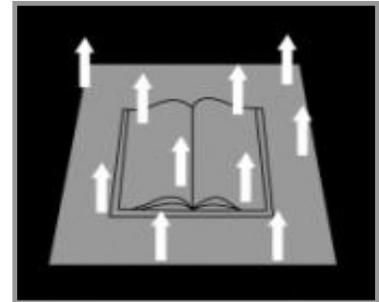
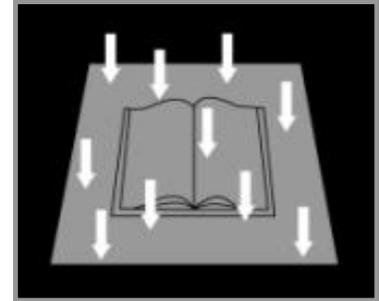
Simbolo: **L** **Unità di misura:** [cd/m²]

Paragone idraulico: schizzi d'acqua che rimbalzano da una superficie. Quanta acqua rimbalza in una direzione dipende dalla capacità di assorbimento della superficie.

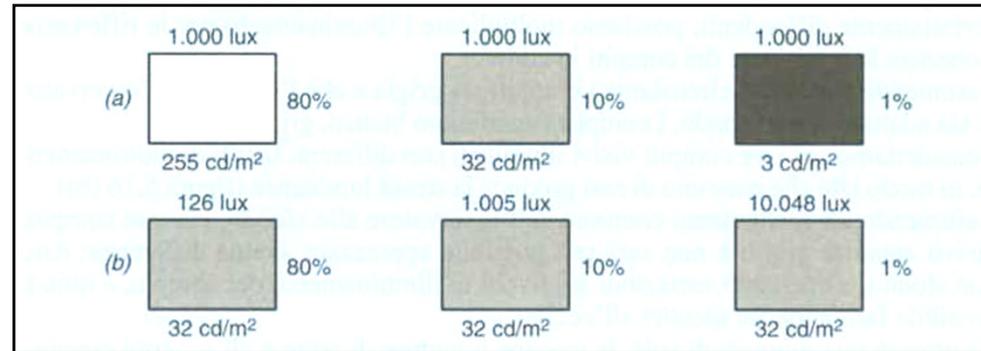
Campo di utilizzo: Progetto d'interni e esterni

Quantificazione numerica:

- Autostrada = 2 cd/m² (circa 30-35 lux)
- Lampada incandescenza 100 W = 600 cd/m²
- Superficie del Sole = 165.000 cd/m²



LUMINANZA



In figura sono rappresentati tre compiti visivi diversi (bianco, grigio e nero) su cui si misura un illuminamento di 1.000 lx.

I compiti hanno riflettanze diverse e supponendo le superfici diffondenti, la luminanza è data da:

$$L = \rho E / \pi \quad [\text{cd/m}^2] \quad \text{ove } \rho = \Phi_{\text{riflesso}} / \Phi_{\text{incidente}}$$

Si rileva: Per avere parità di luminanza, una superficie bianca necessita di meno lux[lx] di una scura

EFFICIENZA LUMINOSA

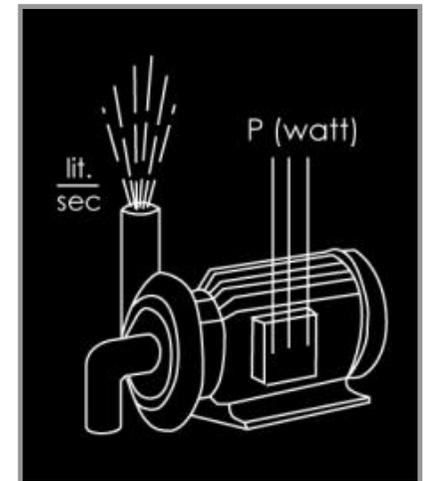
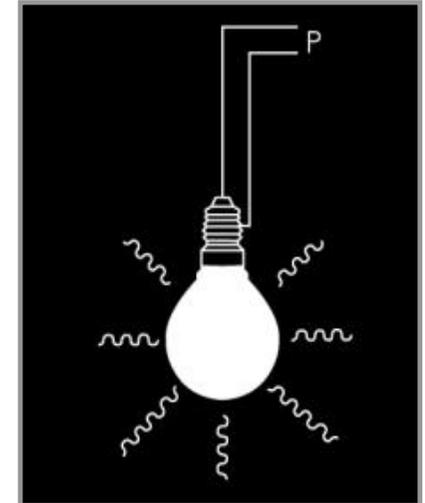
Definizione: rapporto tra il flusso emesso (Φ) [lm], e la potenza elettrica assorbita (P) [W]. Esprime il rendimento e quindi la capacità di una lampada di trasformare l'energia elettrica assorbita in energia luminosa.

Simbolo: η (eta) **Unità di misura:** [lm/W].

Paragone idraulico: rapporto tra la quantità di acqua che esce da una pompa e la potenza elettrica necessaria per farla funzionare.

Quantificazione numerica:

- Per lampade ad incandescenza è pari a circa 6-18 lm/W
- Per lampade a mercurio 40 – 60 lm/W
- Per lampade al sodio ad alta pressione 60 – 150 lm/W



RENDIMENTO LUMINOSO (LORL)

Definizione: Il rendimento luminoso è il rapporto fra il flusso luminoso emesso dall'apparecchio d'illuminazione verso l'esterno ed il flusso luminoso emesso dalla sorgente (esempio filamento della lampada ad incandescenza)

N.b. Alto rendimento non vuol dire ottimo apparecchio. Le sfere hanno rendimento massimo (100%) ma minima efficacia illuminante (poco flusso va dove serve a terra)

Simbolo: $\eta = F/F_s$

F= è il flusso emesso verso l'esterno dall'apparecchio

F_s= il flusso luminoso emesso dalla sorgente

Quantificazione numerica:

Un buon apparecchio stradale ha $\eta \geq 75-80\%$

Un buon apparecchio d'interni ha $\eta \geq 60-65\%$



RENDIMENTO LUMINOSO (LORL)

Definizione: Il fattore di utilizzazione è % dato dal rapporto fra il flusso che va sull'ambito da illuminare e quello che viene emesso dalla lampada

Formula: $QU = F_{ambito} / F_{lampada}$

Ci dice quanto del flusso emesso finisce realmente su ciò che desidero illuminare. Ma può essere in parte ingannevole, ed anche se è meno noto, forse è più utile l'UTILANZA

Quantificazione numerica:

- In ambito stradale è buono già se superiore a 0.3
- In impianti sportivi o grandi aree è discreto se >0.5

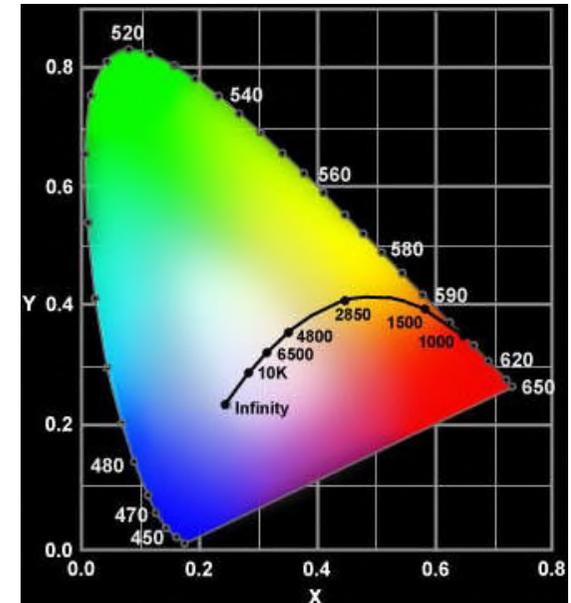
TEMPERATURA DI COLORE

Si definisce temperatura di colore (teoria di Max Plank) il colore corrispondente a quello di un **corpo nero** riscaldato ad una temperatura in C° ($0 K = -273C^{\circ}$).

rosso	800K
giallo	3000K
bianco caldo	4000K
bianco freddo	5000K
azzurro	8000K

Una sorgente si definisce:

calda	\leq di 3300K
intermedia	da 3300K a 5300K
fredda	\geq 5300K



TEMPERATURA DI COLORE

4100° K



vapori di mercurio - LED

3000° K



Ioduri metallici
bruciatore ceramico

2500° K



vapori di sodio
bianco

2000° K

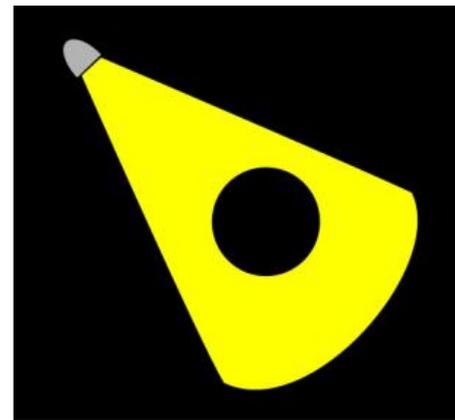
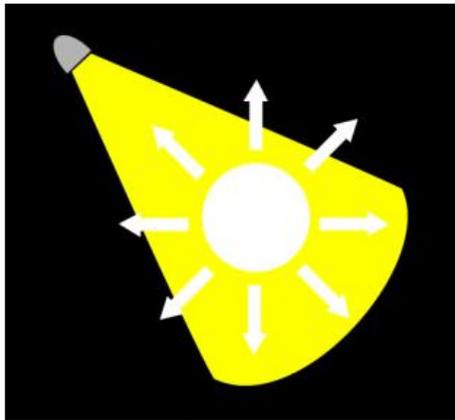


vapori di sodio
alta pressione

RESA CROMATICA

Il colore può essere definito come una **sensazione ottica** che dipende dall'insieme delle lunghezze d'onda che un corpo non assorbe, cioè riflette.

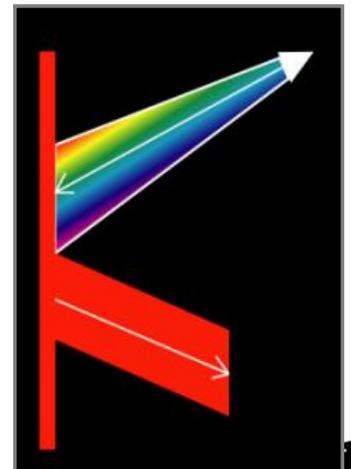
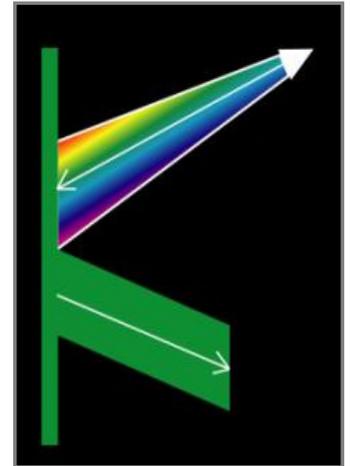
Ad esempio, un corpo **bianco riflette** tutte le onde elettromagnetiche
... mentre un corpo **nero le assorbe**



RESA CROMATICA

Una parete appare **verde** o **rossa** perché riflette le radiazioni luminose verdi o rosse ed assorbe tutti gli altri colori dello spettro.

La buona resa dei colori da parte di una sorgente artificiale di luce è condizionata quindi dal fatto che essa emetta tutti i colori dello spettro. Se dovesse mancare un colore qualsiasi, questo non potrebbe essere riflesso.



RESA CROMATICA

Le proprietà di una sorgente che esprime la capacità di riprodurre in modo naturale i colori degli oggetti illuminati, viene valutata attraverso l'indice di resa cromatica (IRC) o Ra .

Ra = 0 sorgente monocromatica

Ra = 90-100 Ottima resa cromatica lampada a incandescenza

Questo fattore viene determinato confrontando la luce emessa dalla lampada in esame con la luce di una **sorgente campione** (ad esempio la luce diurna o luce emessa da lampada ad incandescenza) con la stessa temperatura di colore.



SON (sodio AP)

Ra = 25-65



CDO-TT (Master CityWite)

Ra = 85



HPI (Ioduri Metallici)

Ra = 80