

1^a lezione

Luce, occhio e visione

Corso di illuminotecnica

PHILIPS

In questa prima lezione esporremo i concetti essenziali relativi a:

- natura della luce;
- meccanismo della visione;
- sensibilità dell'occhio;

La luce

La luce è energia raggiante costituita da onde elettromagnetiche che, quando colpiscono l'occhio umano, determinano la sensazione della visione.

La natura dell'energia luminosa è la stessa di quella delle altre radiazioni elettromagnetiche tra cui ricordiamo in particolare: le onde radio, i raggi X e le radiazioni gamma. Tutte le radiazioni elettromagnetiche, compresa quindi la luce, si trasmettono in linea retta alla stessa velocità, velocità che è di circa 300.000 km al secondo.

Gli unici parametri che costituiscono una differenziazione fra i vari tipi di onde elettromagnetiche per quanto riguarda la loro diffusione nello spazio sono (figura 1.1): la lunghezza d'onda, la frequenza e l'ampiezza. La lunghezza d'onda, che indicheremo con la lettera L, è la distanza fra i due punti di "ampiezza" massima di due onde successive.

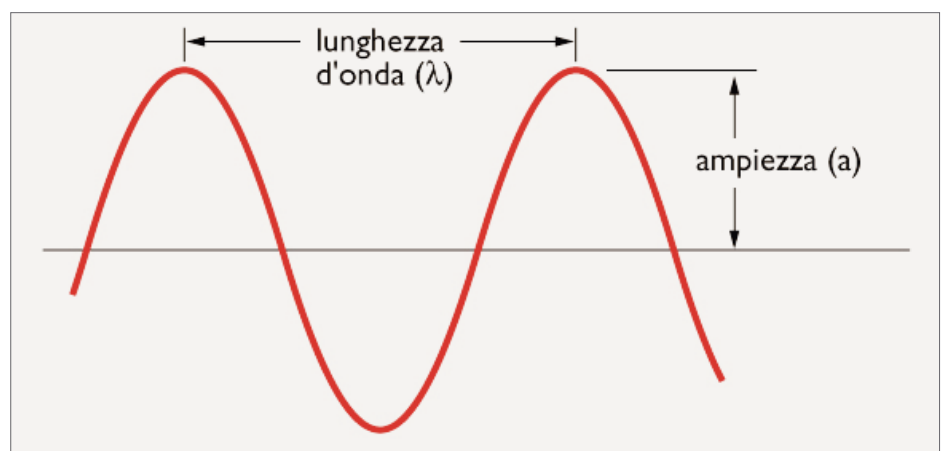


Figura 1.1 Lunghezza d'onda, frequenza, ampiezza.

La frequenza (n) è il numero di onde complete che passano per un certo punto dello spazio in un secondo. Lunghezza d'onda L e frequenza n sono legate dalla relazione: $L \times n = \text{velocità di propagazione} \approx 300.000 \text{ km/sec}$

La lunghezza d'onda di alcuni tipi di radiazioni elettromagnetiche (come ad esempio le onde radio) ha un valore molto elevato tanto da essere espressa, usualmente, in metri od anche in Km.

La lunghezza d'onda delle radiazioni luminose, invece, è molto ridotta tanto da essere espressa generalmente in nanometri.

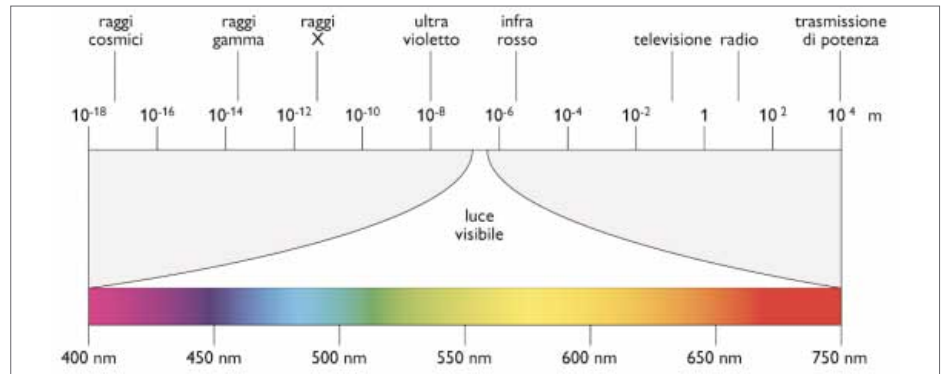


Figura 1.2 Spettro delle radiazioni elettromagnetiche.

Il nanometro (simbolo nm) corrisponde ad un miliardesimo del metro. Le vibrazioni elettromagnetiche conosciute si sviluppano su uno spettro continuo (definito come "spettro delle radiazioni elettromagnetiche") che si estende su un'ampia gamma di lunghezze d'onda (figura 1.2).

Le radiazioni visibili

Le radiazioni visibili per l'occhio umano sono comprese in una fascia molto limitata di tale spettro compresa tra le lunghezze d'onda di circa 380 e di circa 780 nm. Nella figura 1.2 tale fascia è stata ingrandita cambiando l'unità di misura, passando, cioè, dal metro al nanometro. Il fatto che noi riusciamo a percepire sotto forma di luce soltanto una parte così limitata delle radiazioni elettromagnetiche è dovuto alla particolare natura del nostro occhio. Si potrebbe fare una similitudine con un apparecchio radio: l'antenna riceve tutte le onde che si propagano nelle immediate vicinanze ma solo quelle sulle quali il circuito è accordato possono essere captate. Una proprietà molto importante dei nostri occhi è la facoltà di distinguere i diversi colori, la capacità cioè di stabilire un confronto fra onde di differente lunghezza dello spettro visibile. Quando l'occhio riceve una radiazione la cui lunghezza d'onda è, ad esempio, di 470 nm noi diciamo di vedere una luce blu, mentre una radiazione di 600 nm corrisponde ad una luce di colore arancione. I vari colori fondamentali corrispondenti alle diverse oscillazioni comprese nei limiti su indicati (380 e 780 nm) sono ben distinguibili nell'arcobaleno e sono indicati nella **tabella 1.1**.

Violetto	410 nm
Blu	470 nm
Verde	520 nm
Giallo	580 nm
Arancione	600 nm
Rosso	650 nm

Tabella 1.1 Colori e lunghezze d'onda.

Le lunghezze d'onda comprese tra quelle indicate corrispondono a tutta la gamma di tinte intermedie tra un colore fondamentale e l'altro. Quando le varie oscillazioni corrispondenti alle sopraindicate lunghezze d'onda colpiscono contemporaneamente l'occhio i loro effetti si integrano dando luogo alla cosiddetta luce bianca. La luce bianca non corrisponde dunque ad una determinata lunghezza d'onda ma è prodotta dalla fusione delle varie luci colorate che costituiscono lo spettro visibile. Ciò può essere dimostrato facendo passare un fascio di raggi solari attraverso un prisma di vetro (**figura 1.3**). Dato che l'indice di rifrazione non è uguale per tutte le lunghezze d'onda ed è tanto più elevato quanto minore è la lunghezza d'onda stessa, dalla parte opposta del prisma si vedrà emergere una successione di raggi luminosi il cui colore passa dal violetto al rosso. I colori rosso verde e blu sono detti primari o fondamentali perché con la loro mescolanza è possibile ottenere qualunque gradazione di colori. Si dicono invece complementari due colori (ad esempio: il rosso ed il verde, il giallo ed il blu) la cui somma dà il bianco.

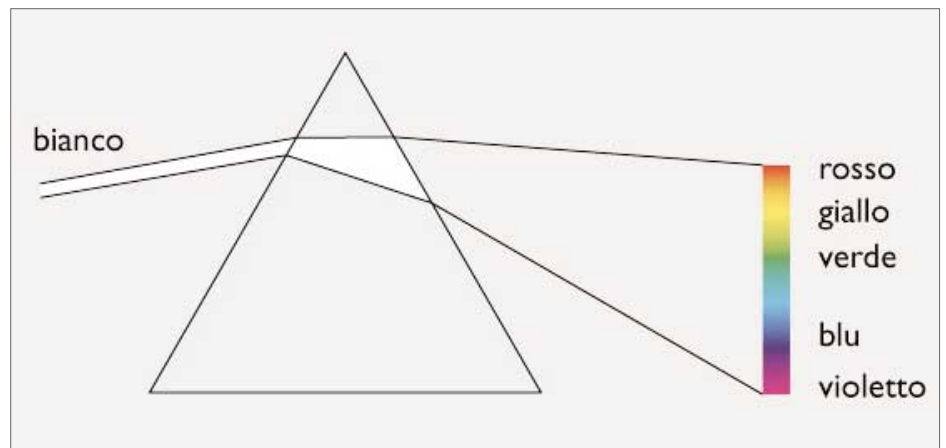


Figura 1.3 Composizione della luce bianca.

Le radiazioni infrarosse ed ultraviolette

Le radiazioni di lunghezza d'onda compresa tra 780 nm ed 1 mm e quelle di lunghezza d'onda compresa tra 380 e 100 nm costituiscono la banda rispettivamente delle radiazioni infrarosse e di quelle ultraviolette.

Esistono in commercio particolari tipi di lampade adatte ad emettere determinate gamme di radiazioni infrarosse od ultraviolette caratterizzate da proprietà utili sia a scopi terapeutici che industriali. Nello spettro della luce emessa dalle lampade comunemente usate per illuminazione, invece, le uniche radiazioni ultraviolette ed infrarosse di cui si debba ipotizzare la presenza sono normalmente soltanto quelle a lunghezza d'onda compresa

tra 380 e 315nm per quanto riguarda il campo dell'ultravioletto e di poco superiore ad 800 nm per quanto attiene all'infrarosso.

Le suddette radiazioni ultraviolette ed infrarosse possono provocare, con il passare del tempo, un più o meno marcato degrado degli oggetti esposti per effetto rispettivamente foto - chimico e termico.

Ne consegue che il progettista illuminotecnico dovrà farsi carico di esaminare molto attentamente lo spettro di emissione delle lampade che intende adottare e prevedere, se necessario, l'impiego di adatti filtri.

Il meccanismo della visione

L'occhio dell'uomo é costituito essenzialmente dai seguenti "componenti": un sistema ottico, un sistema di messa a fuoco, la pupilla e la retina.

Il sistema ottico

Assicura la formazione dell'immagine e comprende in particolare: la cornea, l'umore acqueo, il cristallino e l'umore vitreo (**figura 1.4**).

Tale sistema proietta sulla retina un'immagine capovolta e rimpiccolita. È compito del cervello raddrizzare le immagini evitando così che il mondo "venga visto alla rovescia". Il funzionamento del sistema ottico si può spiegare come segue: da ogni punto della zona circostante all'oggetto l'occhio riceve un fascio di raggi luminosi divergenti. Il cristallino, che può essere paragonato ad una lente biconvessa, concentra tutti i raggi procedenti da ogni punto dell'oggetto in un punto della retina. Si forma così un gran numero di punti immagine che, insieme, costituiscono l'immagine retinica dell'oggetto.

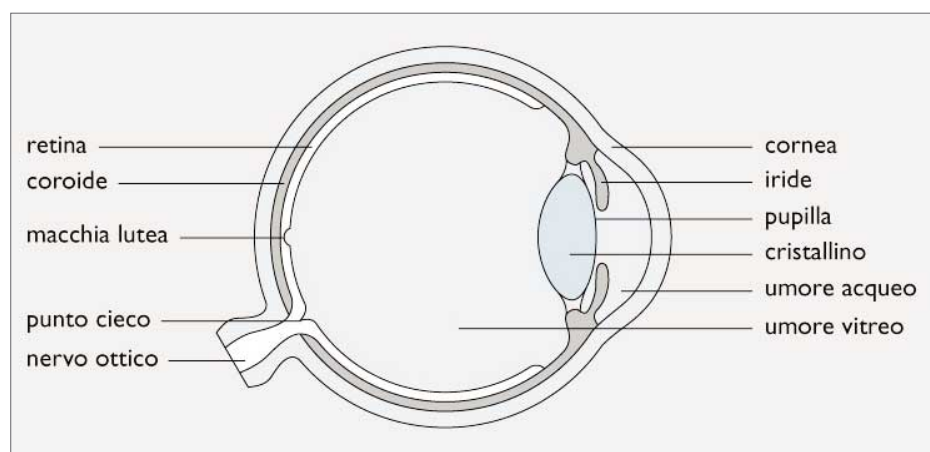


Figura 1.4 L'occhio.

Il sistema di messa a fuoco

Costituito dal cristallino e da una serie di piccoli muscoli permette di ottenere un'immagine nitida qualunque sia la distanza tra l'occhio e l'oggetto (**figura 1.5**).

L'occhio si adatta automaticamente alla distanza fra il cristallino e l'oggetto; questa facoltà va sotto il nome di "accomodamento". Quando l'occhio è in riposo la curvatura del cristallino è pressoché nulla e l'occhio stesso è "a fuoco" per l'osservazione di oggetti all'infinito. Con questo accomodamento tutti gli oggetti a distanza maggiore di 6 m sono visti con nitidezza. Orbene, per osservare oggetti a distanza minore di 6 m i muscoli cosiddetti "ciliari" si contraggono aumentando il raggio di curvatura del cristallino che diviene sufficientemente convesso in modo da fornire, anche in questo caso, un'immagine nitida. È ovvio che un normale accomodamento dipende in larga misura dall'elasticità del cristallino. Da giovani l'elasticità è così accentuata che normalmente possiamo vedere nitidamente oggetti a distanza di appena 15 cm. Col passare degli anni il cristallino diviene meno elastico e la capacità di adattamento va diminuendo per cui diviene necessario far ricorso ad adatti occhiali.

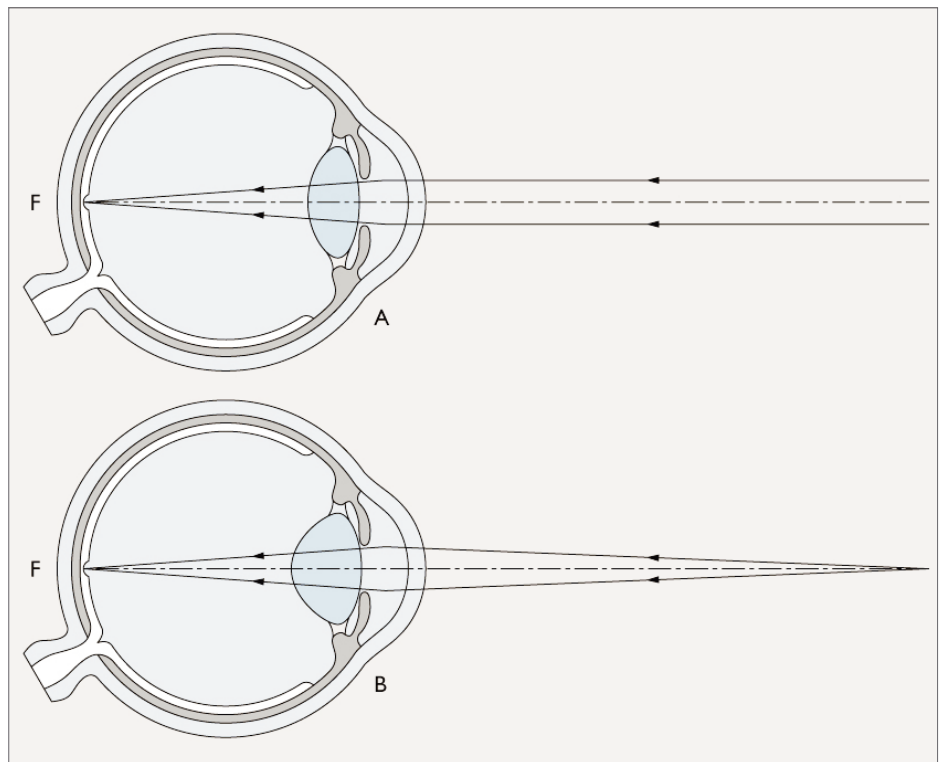


Figura 1.5 Sistema di messa a fuoco.

La pupilla

Regola la quantità di luce che entra nell'occhio ed influenza nel contempo la profondità di campo. I muscoli ciliari possono far variare il diametro della pupilla tra 2 ed 8 mm per cui essa ha l'attitudine a dilatarsi al massimo nel caso di poca luce ed a contrarsi al massimo nel caso di troppa luce.

La retina

La retina si comporta come una pellicola fotografica adatta a ricevere impressioni sia in bianco - nero che a colori. Essa è costituita da un gran numero di cellule sensibili alla luce (**figura 1.6**) che si differenziano in: "bastoncelli" e "coni".

Gli impulsi luminosi ricevuti dai coni e dai bastoncelli vengono trasmessi al cervello tramite il nervo ottico. I bastoncelli, a differenza dei coni, non sono sensibili al colore. Sia gli uni che gli altri hanno comunque il potere di modificare la propria sensibilità a seconda che la luce disponibile sia poca o molta e contribuiscono così a realizzare l'adattamento dell'occhio.

La concentrazione dei bastoncelli e dei coni varia sull'area della retina. La fovea che è una piccola depressione al centro della retina avente un diametro di circa 0,5 mm contiene solo coni.

Esternamente a quest'area coni e bastoncelli sono mischiati e la proporzione di coni diminuisce man mano che si va verso la zona periferica della retina. In condizioni d'illuminazione

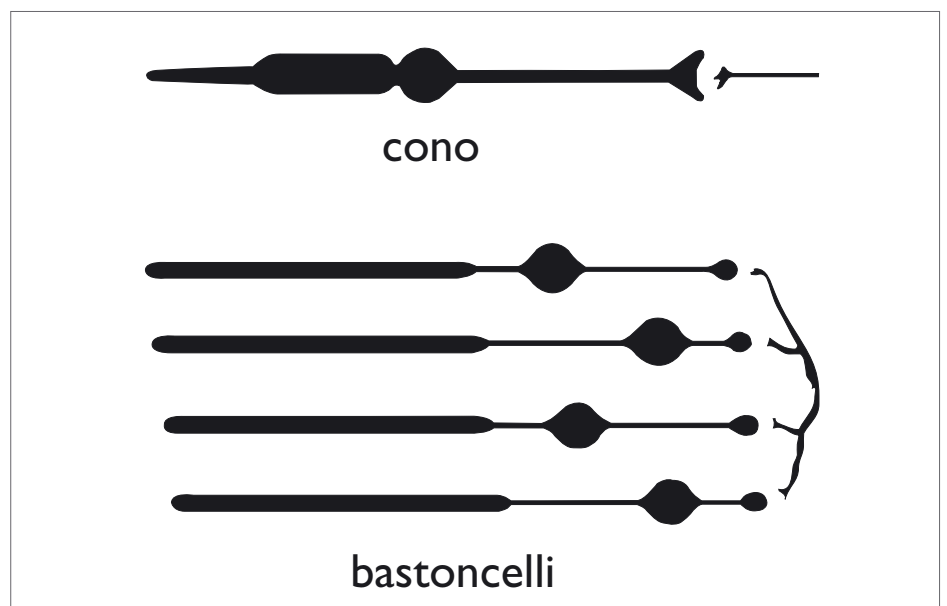


Figura 1.6 Coni e bastoncelli.

molto scarsa, a determinare il fenomeno della visione provvedono solo i bastoncelli per cui la percezione periferica è superiore a quella foveale e non si ha la sensazione del colore (visione scotopica).

Nel caso invece in cui la luce disponibile sia sufficiente i principali elementi attivi sono i coni ed ha luogo la normale visione dei colori (visione fotopica).

La sensibilità dell'occhio

L'occhio umano valuta in misura diversa l'intensità corrispondente alle varie lunghezze d'onda ed è per questo che uguali quantità di energia raggiante di differenti lunghezze d'onda non provocano un'impressione luminosa di uguale intensità. Se, ad esempio, si considerano uguali quantità di energia per tutte le varie lunghezze d'onda e si paragona l'intensità dell'impressione luminosa ricevuta, si constata che alla radiazione giallo verde (lunghezza d'onda pari a 555nm), corrisponde l'impressione luminosa più intensa mentre le radiazioni rosse e violette determinano un'impressione molto più debole. A seguito di esperimenti effettuati su un gran numero di persone è stato possibile rappresentare graficamente (figura 1.7) la sensibilità spettrale relativa dell'occhio umano. La sensibilità dell'occhio alla radiazione giallo verde è stata considerata come pari al 100% ed a tale lunghezza d'onda corrisponde un fattore di sensibilità visiva uguale ad uno. La sensibilità a tutte le altre lunghezze d'onda può essere espressa in rapporto a questa sensibilità massima. Così, ad esempio, il fattore di sensibilità dell'occhio per la radiazione di colore arancio (corrispondente ad una lunghezza d'onda di 600 nm) è di 0,63.

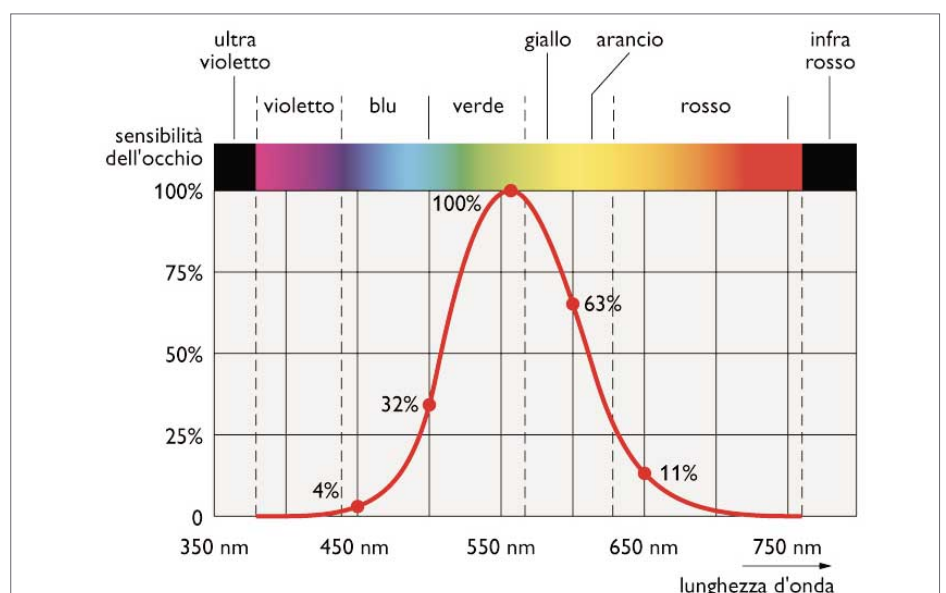


Figura 1.7 Schema della sensibilità spettrale dell'occhio umano.