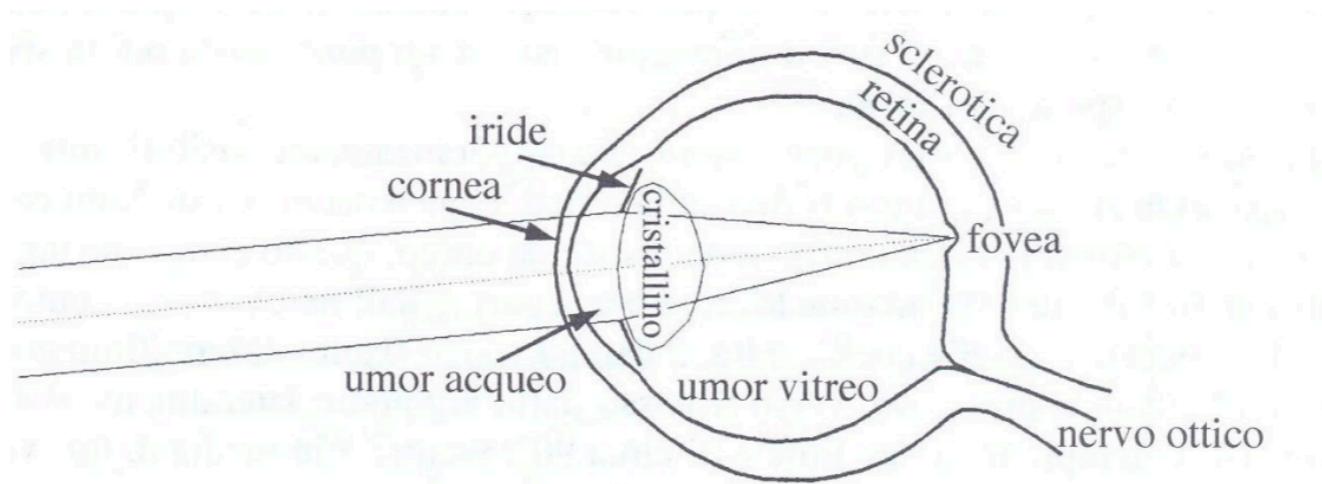


07 - Occhio umano, lente sottile e sua equazione

Prima di capire il funzionamento della macchina fotografica digitale sarebbe necessario comprendere il funzionamento dell'occhio umano, il quale vedremo darà spunto a molte cose nella tecnologia delle acquisizioni di immagini digitali.

Vediamo intanto la struttura dell'occhio umano:

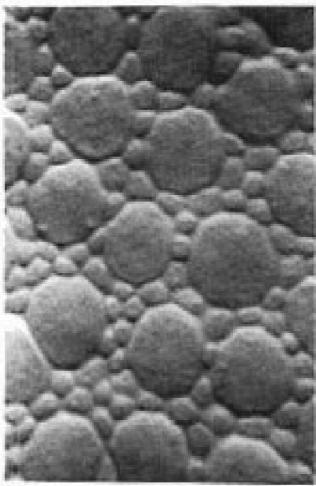


La parte che ci interessa maggiormente è ciò che accade alla retina e al cristallino. La retina è una membrana posta nella parte posteriore dell'occhio ed è formata da milioni di **fotorecettori** tutti collegati al **nervo ottico** il quale è collegato al cervello.

La nostra retina può essere vista come l'equivalente dei sensori nel nostro bayer pattern, in particolare troviamo al suo interno i **coni** e i **bastoncelli** distribuiti in modo mischiato tra di loro e lavorano in maniera diversa:

- I coni sono responsabili della **visione del colore**.
- I bastoncelli hanno il compito di occuparsi della **luminanza**.

Vediamo una foto molto ingrandita di un piccolissimo frammento di retina:

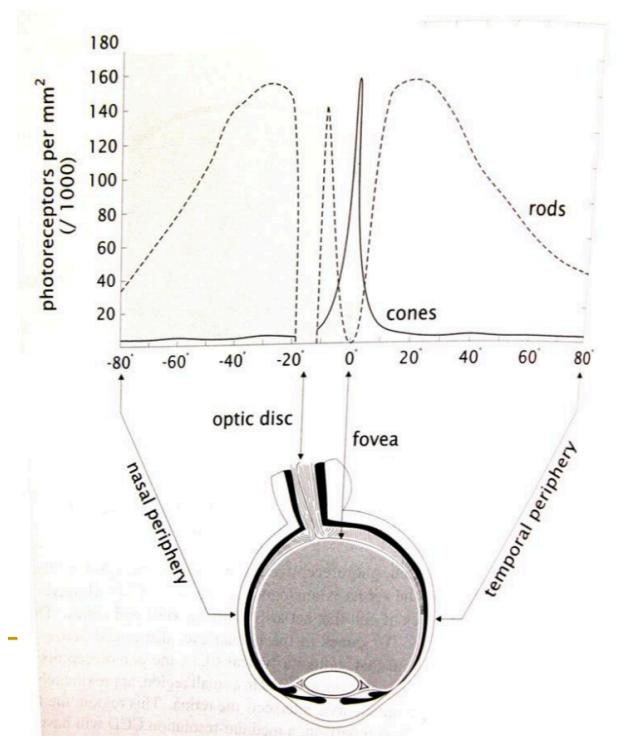


I coni generalmente sono maggiormente distribuiti sulla parte centrale della retina, la fovea è la parte più sensibile difatti, dato che la luce incide per la maggior parte verso il centro. Ogni cono è collegato al nervo ottico.

Bastoncelli

I bastoncelli sono 150 milioni (contro i 7 milioni dei coni), sono distribuiti su tutta la retina ed essendo tanti non abbiamo un solo bastoncello ma bensì sono riuniti a grappoli nel collegamento al nervo ottico, sono responsabili per vista **monocroma**.

Essi assicurano la visione in qualsiasi caso, anche con disfunzioni ai coni, vediamo dunque uno schema di distribuzione tra coni e bastoncelli:



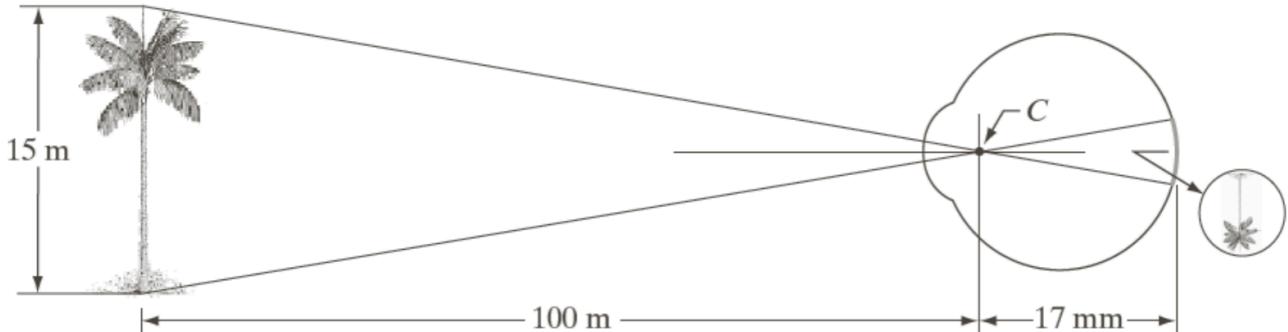
Il punto cieco è un punto dove non vi è nulla, si trova al centro dell'occhio, il cervello supplisce a questa mancanza "interpolando" l'informazione mancante.

Ricordiamo che la fovea è una regione estremamente piccola con una dimensione di

1,5mm × 1,5mm.

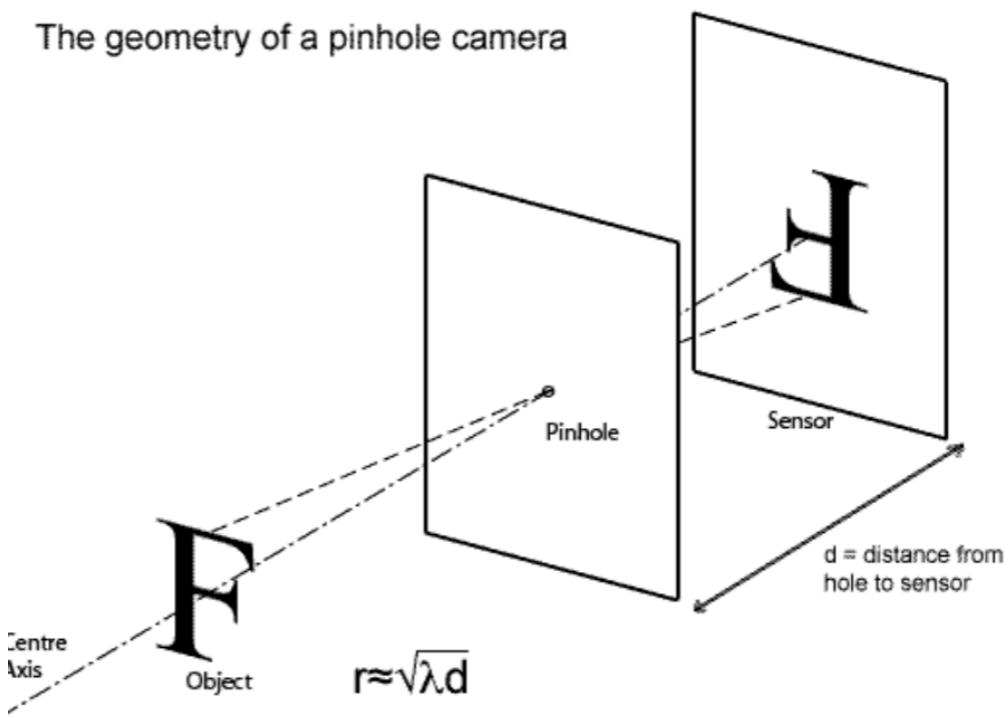
Il numero di coni nella fovea è di circa 337500 elementi, un CCD per raggiungere tale risoluzione deve essere di dimensione non inferiore di 5×5 mm.

Come si forma l'immagine



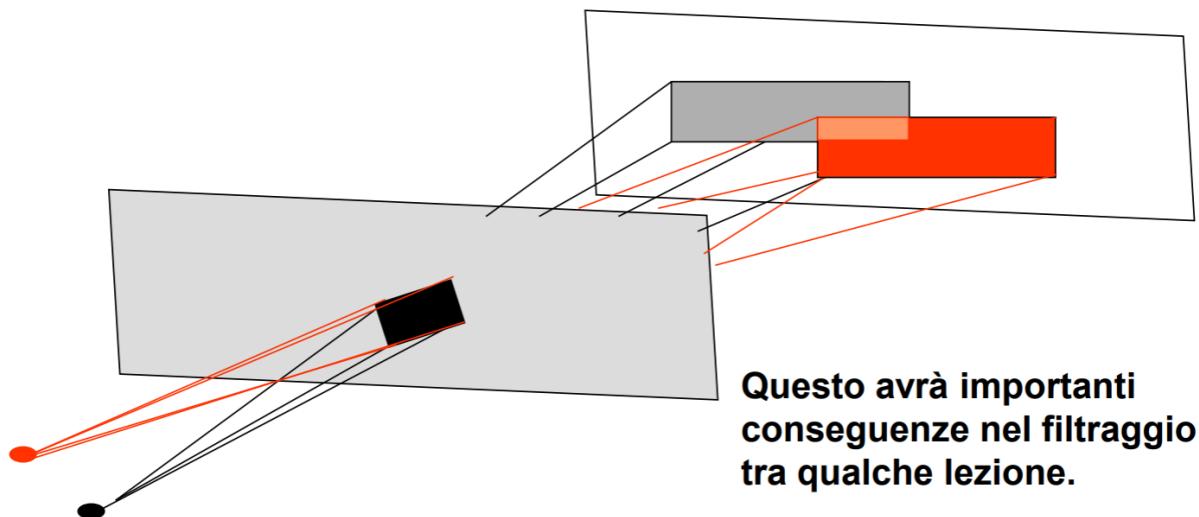
Considerando questa immagine vediamo come il soggetto che stiamo osservando si ritrova specchiato nel nostro occhio, sarà infatti compito del cervello ribaltare l'immagine finale.

Possiamo andare a generalizzare questo concetto attraverso l'esperimento del [pinhole](#):



Se il buco è troppo piccolo difficilmente arriverà a formarsi tutta l'immagine, quindi potremmo provare ad aumentare la dimensione del foro, ciò però porta a diversi problemi...

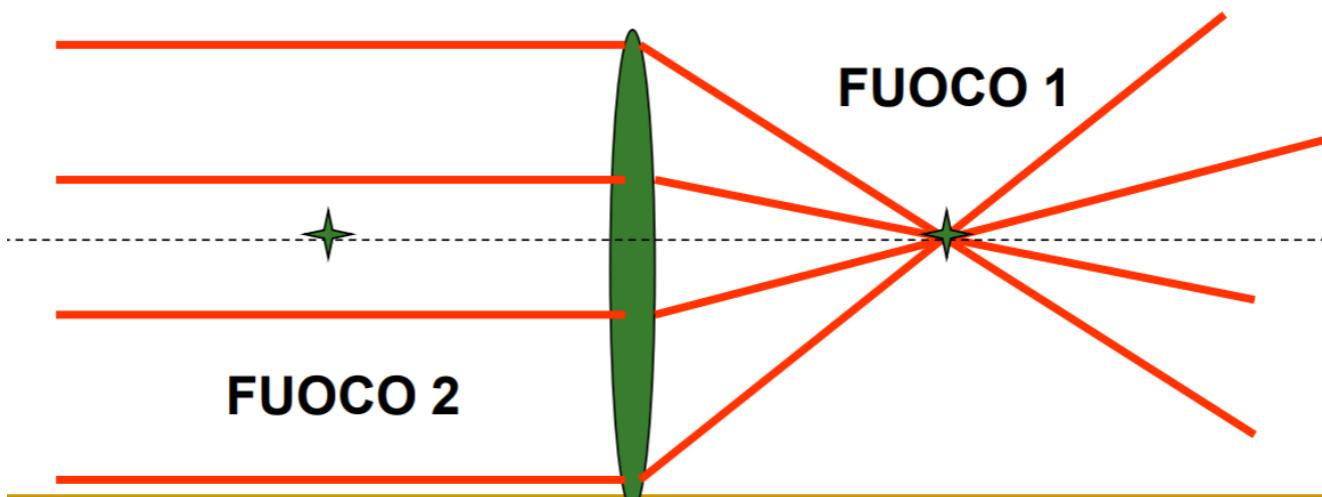
L'effetto di più sorgenti puntiformi vicine si “sovrappongono”:



Questo avrà importanti conseguenze nel filtraggio... tra qualche lezione.

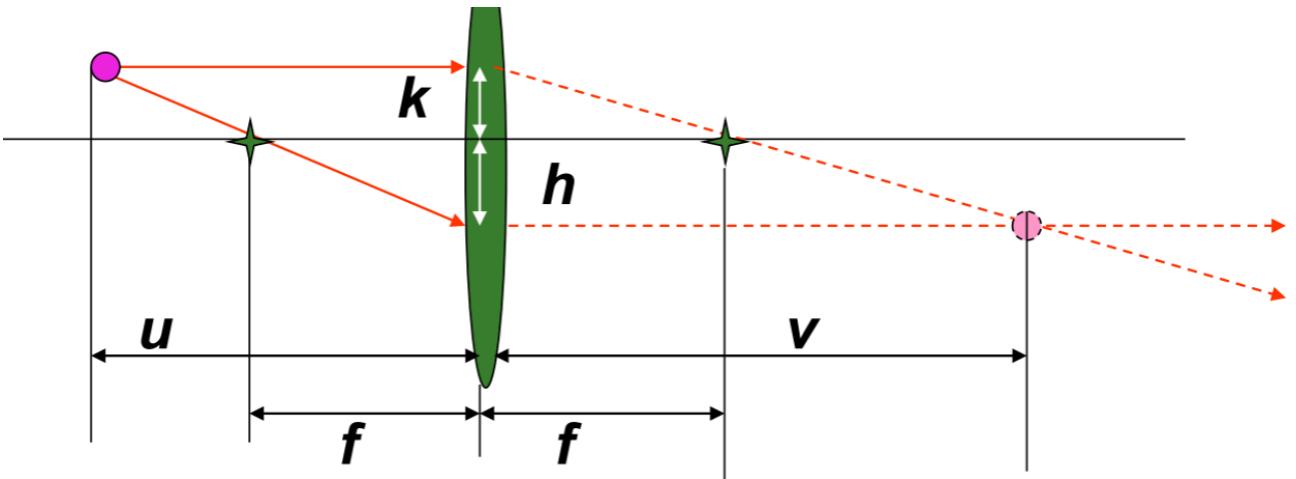
Lente sottile

La soluzione ideale è quella di una **lente**, ispirandoci alla struttura dell'occhio, la lente ideale è proprio quella **sottile**.



Qualsiasi raggio parallelo all'asse ottico appena attraversa la lente, essa lo devia facendolo passare dal fuoco, tutti i raggi paralleli vengono deviati dunque se immaginiamo di porre un sensore alla destra e un oggetto alla sinistra sapremo che l'immagine si formerà ribaltata rispetto alla realtà.

Equazione della lente sottile



Consideriamo il seguente schema che mostra le varie distanze nell'implementazione della lente sottile.

Dato che il triangolo di altezza u e di altezza $h + k$ e il triangolo di base f e di altezza h sono simili, possiamo ricavare il primo pezzo della nostra equazione:

$$h + k = \frac{uh}{f}$$

Allo stesso modo, possiamo operare sui due triangoli alla destra della lente, ottenendo:

$$h + k = \frac{vk}{f}$$

Dato che i secondi membri sono uguali, eguagliando le due equazioni e facendo dei calcoli per semplificare (vedi slide) otteniamo la formula:

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

Notiamo come la stessa equazione funziona sia per l'occhio che per una macchina fotografica dimostrando l'efficacia di questa equazione.

Almeno una delle quantità tra u , v ed f deve poter cambiare, altrimenti l'equazione sarebbe costante, possiamo cambiare solamente la v , la distanza della lente dal sensore in sostanza.

Fattore di magnificazione

Consideriamo $h/k = v/u = m$ dove m è un fattore di magnificazione.

Mettiamo caso dopo aver fotografato un oggetto con una determinata grandezza e un secondo oggetto a distanza u' quanto dovrà essere il fattore di magnificazione in modo tale da ottenere lo stesso effetto di ingrandimento?

Partendo dall'equazione della lente sottile troviamo, dove f non è altro che la nuova focale:

$$f = \frac{u' \cdot m}{m + 1}$$