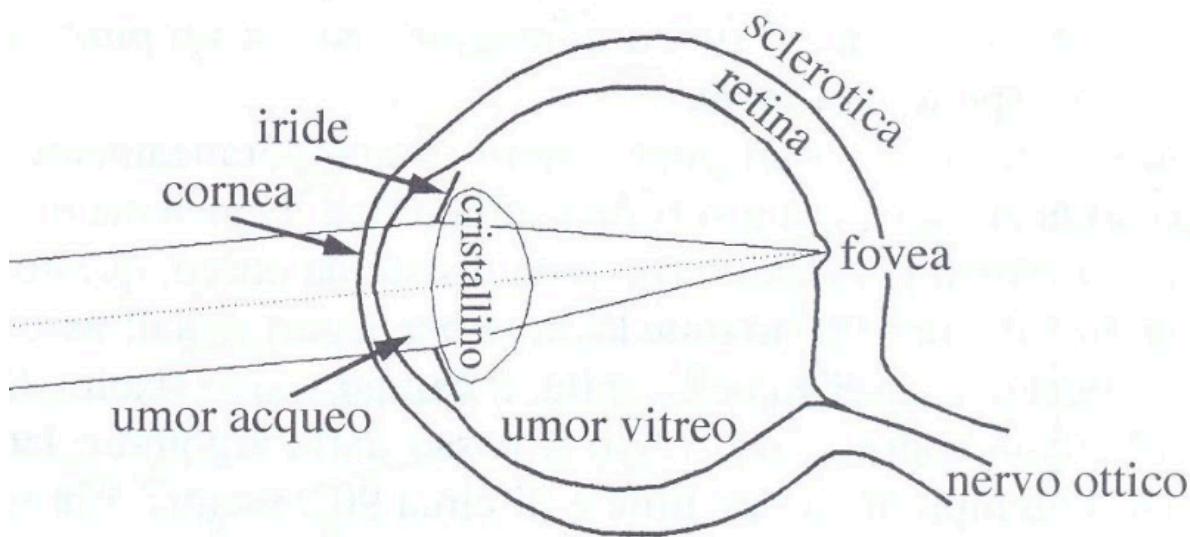


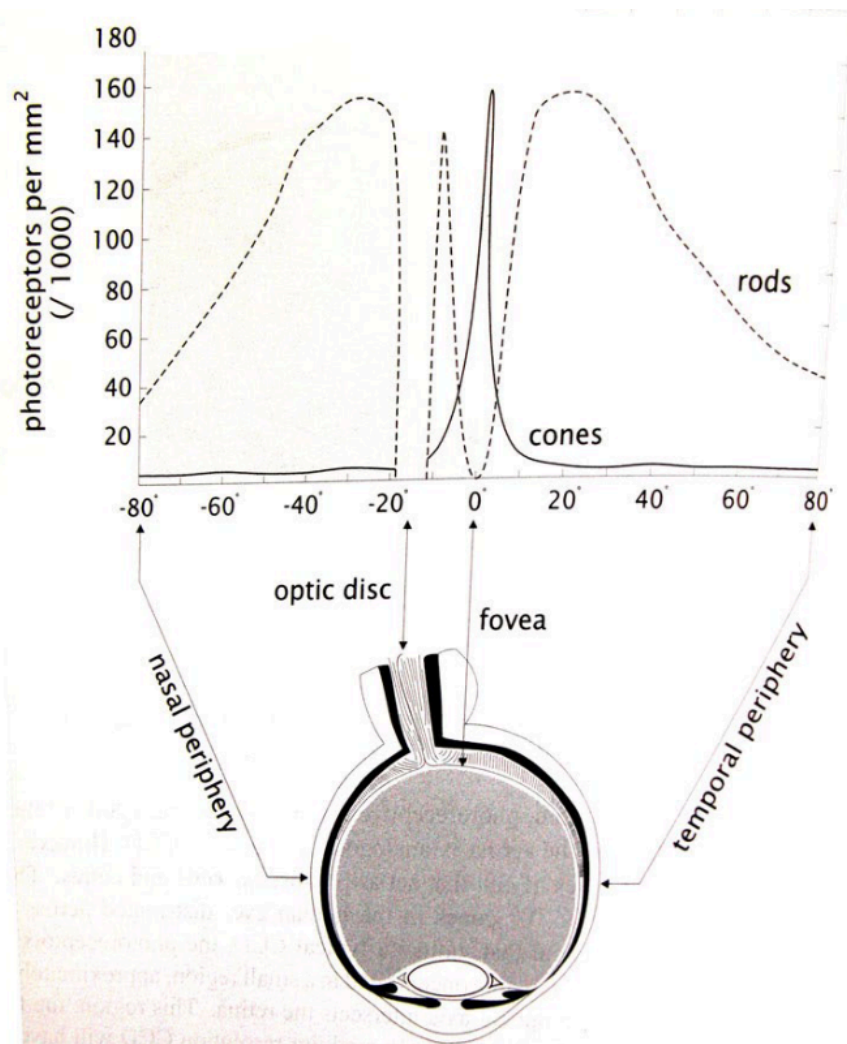
4 Occhio Umano

Ci interessa capire quali sono i limiti della visione umana al fine di usarli nell'immagine processing

A noi interessa la retina che è una membrana che ricopre la parte posteriore dell'occhio: è formata da bastoncelli e coni



I coni sono circa 6/7 milione e sono concentrati nella fovea, sono responsabili della visione FOTOTICA (policroma), i bastoncelli sono invece 75/150 milioni e sono distribuiti su tutta la retina, sono poco sensibili al colore e permettono la visione SCOTOTICA (monocroma)



questa è la loro disposizione sulla retina: la linea continua sono i coni la tratteggiata i bastoncelli

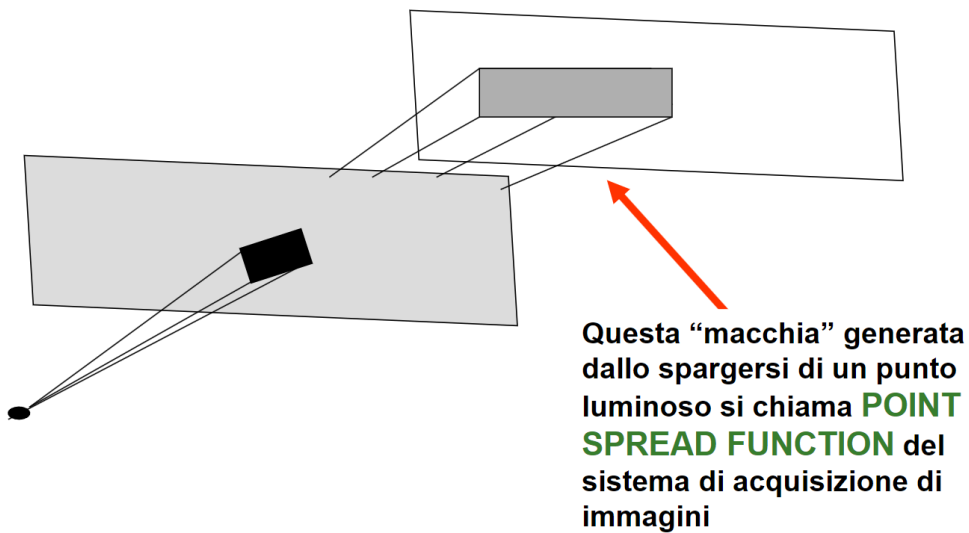
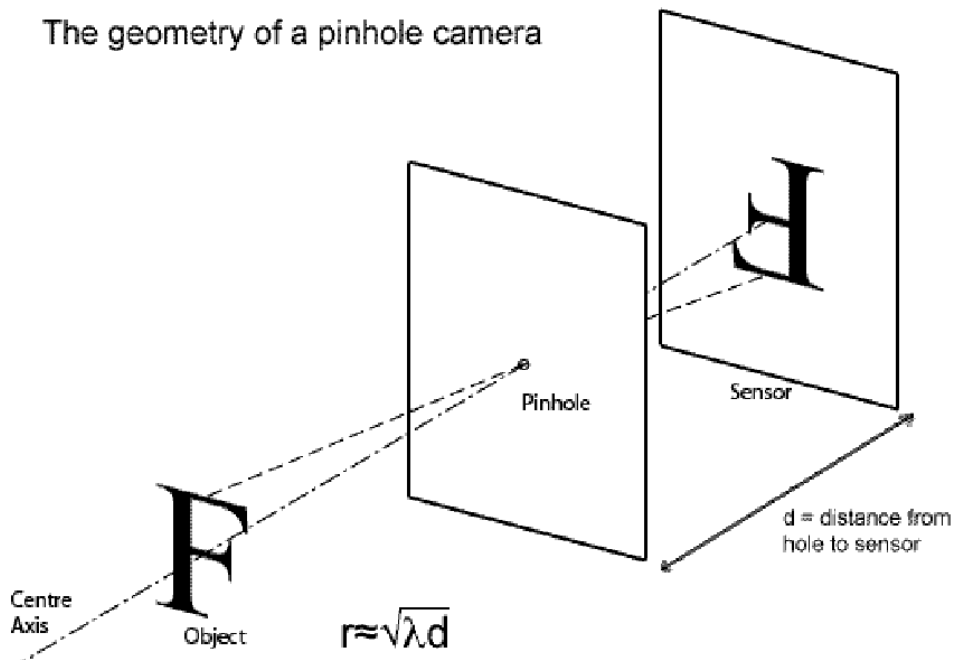
- La fovea è una regione di 1,5 mm x 1,5 mm
- Ed ha una popolazione di coni di circa 150.000 elementi per mm^2
- Il numero di coni nella fovea è di circa 337.500 elementi;
- Un CCD può contenere lo stesso numero di recettori in non meno di 5 mm x 5 mm!!

Formazione dell'immagine

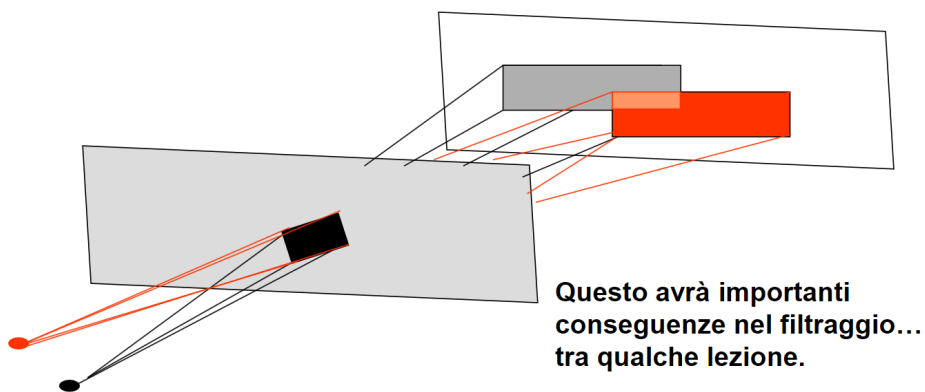
Usiamo il modello del PINHOLE, in cui si descrive l'occhio come una scatola in cui su una parete c'è una pellicola sensibile alla luce e sul lato opposto c'è un buco fatto con un ago (pin hole)

Il raggio del foro è proporzionale alla radice quadrata della distanza (d) per la lunghezza d'onda (λ) della luce emessa.

The geometry of a pinhole camera



L'effetto di più sorgenti puntiformi vicine si "sovrappone":



Il pinhole però non basta, infatti già dal rinascimento si è cominciata ad usare una particolare lente chiamata lente sottile il cui diametro è di un ordine di grandezza più

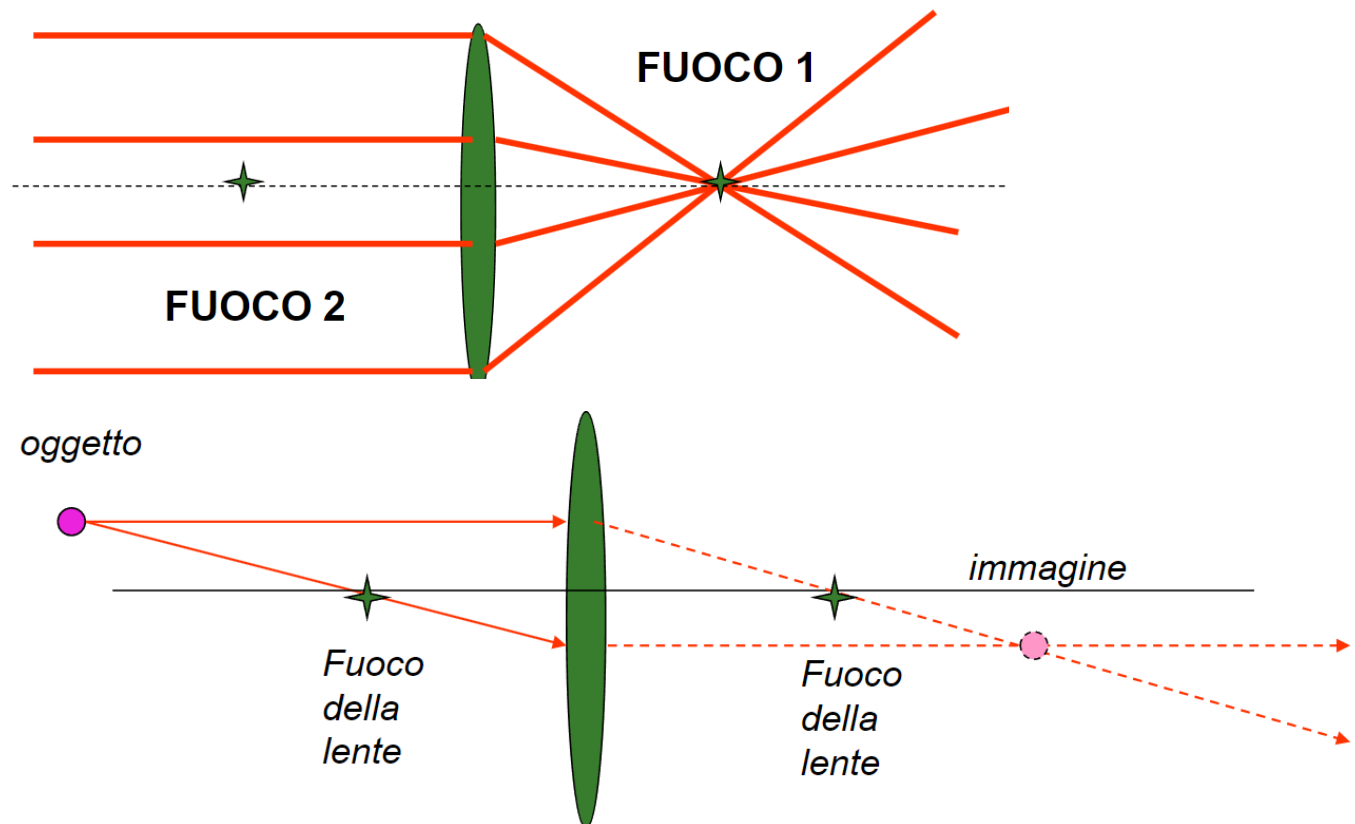
grande dello spessore della lente



Definizione geometrica

Una lente sottile è definita da una proprietà geometrica importante che si può enunciare come due parti “speculari” l’una all’altra:

- raggi paralleli all’asse della lente sottile vengono concentrati in un unico punto detto FUOCO, posto a distanza F dalla lente;
- raggi che si dipartono dal FUOCO vengono ritrasmessi tutti paralleli nella direzione dell’asse della lente.
- una lente sottile ha due fuochi equidistanti da essa.



- Un oggetto puntiforme, emette raggi luminosi in ogni direzione, solo uno è parallelo all’asse ottico e la lente lo farà passare per il fuoco.
- Solo uno passa per il fuoco e la lente lo farà passare in un raggio parallelo alla lente.
- Il punto in cui i due raggi si reincontrano è il punto di formazione della immagine dell’oggetto puntiforme.
- Si può dimostrare (per una lente ideale) che anche gli altri raggi si “reincontrano” in tale punto.
- Se si pone il piano dei sensori più avanti o più indietro del piano che contiene l’immagine si ottiene una immagine SFOCATA dell’oggetto originale

Equazione della lente

Saltando tutti i vari passaggi intermedi otteniamo l'equazione della lente sottile, che è

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

Se f sono metri allora $\frac{1}{\text{mer}}$ è uguale a una diottria

- **u** → la **distanza dell'oggetto** dalla lente (di solito positiva se l'oggetto è davanti alla lente, cioè dal lato da cui arriva la luce);
- **v** → la **distanza dell'immagine** dalla lente (positiva se l'immagine è reale e si forma dall'altro lato della lente);
- **f** → la **lunghezza focale** della lente (positiva per le lenti convergenti, negativa per le divergenti).

a) In una lente "fissa" la quantità f è costante. Se la distanza dell'oggetto dalla lente, cioè u , cresce, per la relazione di cui sopra v non può che diminuire: ecco perché la messa a fuoco richiede che il piano dei sensori possa essere avvicinato o allontanato dalla lente

b) Se il piano dei sensori non può essere mosso (caso della retina umana!) l'unica cosa da fare è aggiustare la lunghezza focale (ciò fanno i muscoli che mantengono in tensione il cristallino). La variabilità della lunghezza focale della lente si misura anche essa in diottrie.

c) Se due oggetti sono a distanza u_1 e u_2 e entrambe queste quantità sono molto maggiori di f essi formano le loro immagini approssimativamente su un unico piano (i due valori corrispondenti v_1 e v_2 sono vicinissimi). Se u_1 e u_2 sono però differenti e comparabili (meno di 30 volte la distanza della lente) allora essi non possono essere focalizzati contemporaneamente: si manifesta il fenomeno della "profondità di campo" che risulta più accentuato se f è grande.

Magnificazione

Col termine magnificazione andiamo a indicare la proprietà, della lente sottile, di alterare la dimensione dell'immagine di un oggetto rispetto alla dimensione effettiva di esso. Il fattore di magnificazione è dato da:

$$\frac{h}{k} = \frac{v}{u} = m$$