



## Sommario

Ottica geometrica.....	2
Principio di Huygens-Fresnel .....	4
Oggetto e immagine.....	6
Immagine reale .....	7
Immagine virtuale.....	9

# Ottica geometrica

---

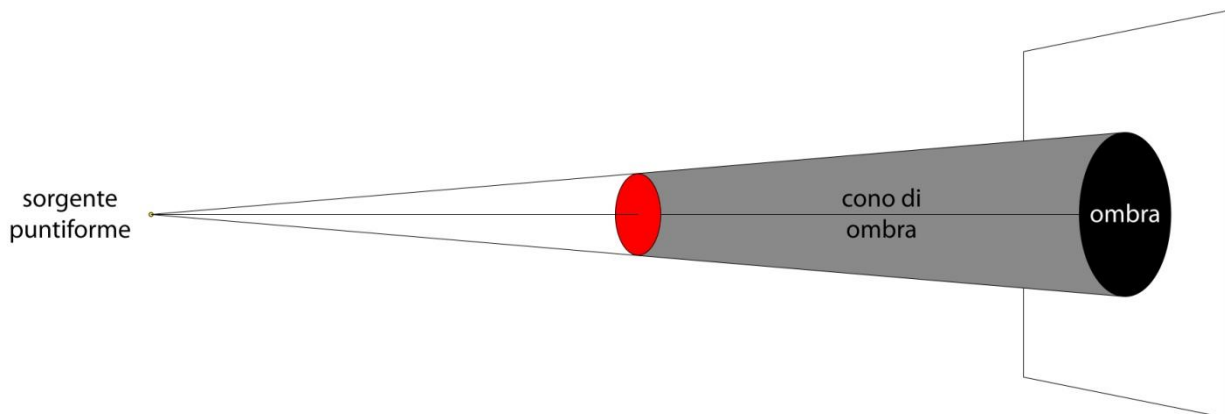
È la branca dell'ottica che studia il comportamento della luce quando questa interagisce solo con oggetti di dimensioni molto maggiori della sua lunghezza d'onda.

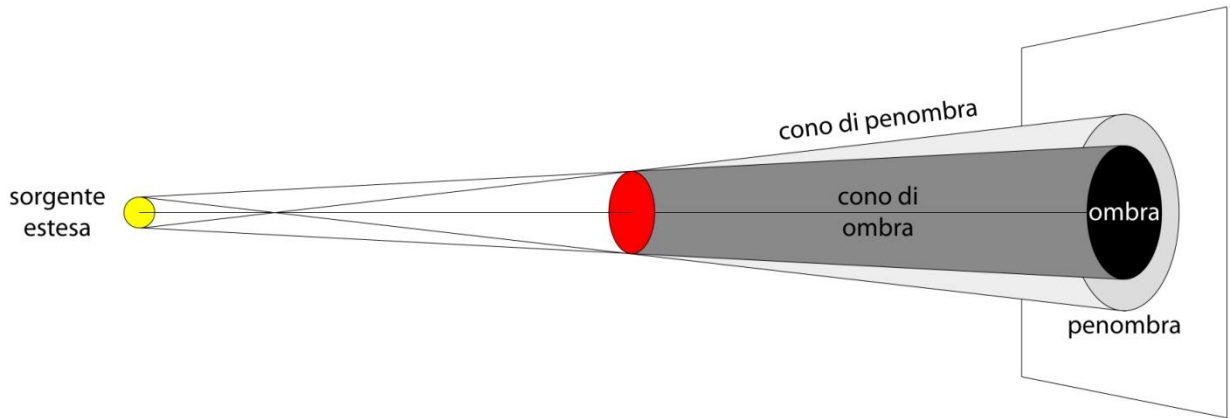
Con questa condizione, gli unici fenomeni rilevanti sono la rifrazione e la riflessione ed è possibile dare una spiegazione approssimata, ma sufficiente in molti casi, del funzionamento di specchi, prismi, lenti e dei sistemi ottici costruiti con essi.

Per affrontare i problemi legati all'ottica geometrica si può partire da due semplici premesse:

- in un mezzo omogeneo, la luce viaggia in linea retta,
- in un mezzo qualunque, la velocità della luce dipende dalle caratteristiche del mezzo.

La prima ha come conseguenza che, per rappresentare la luce emessa da una sorgente, si possono tracciare delle rette concentriche, i cosiddetti **raggi luminosi**, uscenti dalla sorgente stessa (comunemente puntiforme). In questo modo è così possibile spiegare la formazione di ombre e penombre:

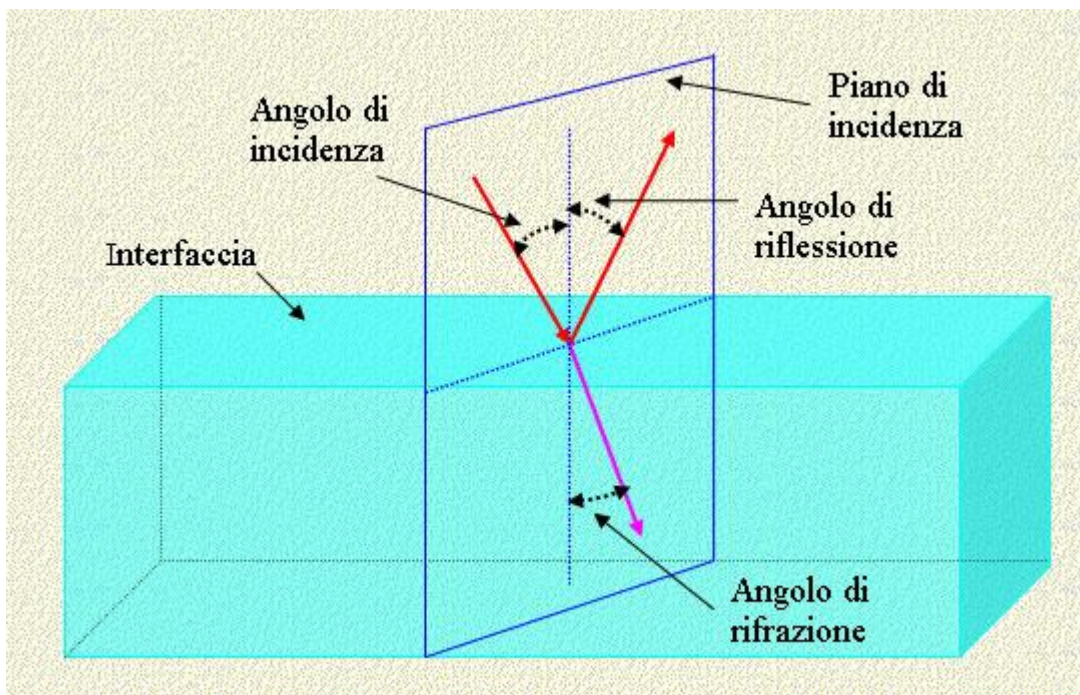




La seconda, invece, porta alla definizione di **indice di rifrazione assoluto**  $n$  di un mezzo, espresso come rapporto fra la velocità della luce nel vuoto, che è una costante universale, e la velocità della luce nel mezzo considerato:

$$n = c / v \geq 1$$

L'indice di rifrazione di un qualunque mezzo sarà quindi sempre maggiore di 1 (ma per l'aria si assume un valore pari a 1).  
 I fenomeni legati alla propagazione delle onde, spiegabili con l'ottica geometrica, sono due: **riflessione e rifrazione** della luce nel passaggio da un mezzo ad un altro.

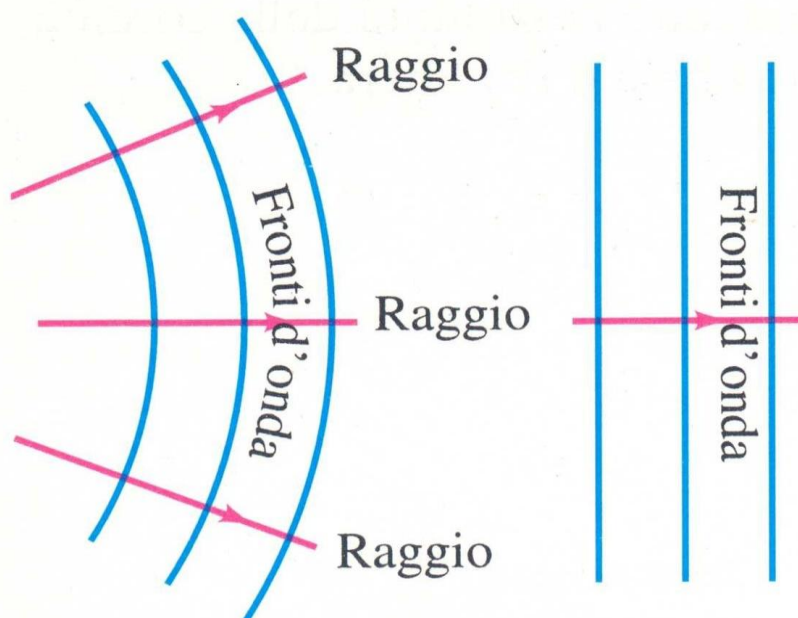


## Principio di Huygens-Fresnel

---

Si consideri un'onda che si propaga nello spazio. Si chiama **fronte d'onda** l'insieme dei punti che vibrano concordemente (**insieme dei punti dotati di fase uguale**), in modo tale che per ciascuno di essi lo spostamento dalla posizione di equilibrio assuma lo stesso valore in ogni istante.

Questo significa che una sorgente di onde sferiche, produrrà fronti d'onda sferici (il fronte d'onda corrisponde alla superficie sferica, in questo caso). A grande distanza dalla sorgente ogni onda è approssimabile con un'onda piana, in quanto i raggi sono tra di loro praticamente paralleli.

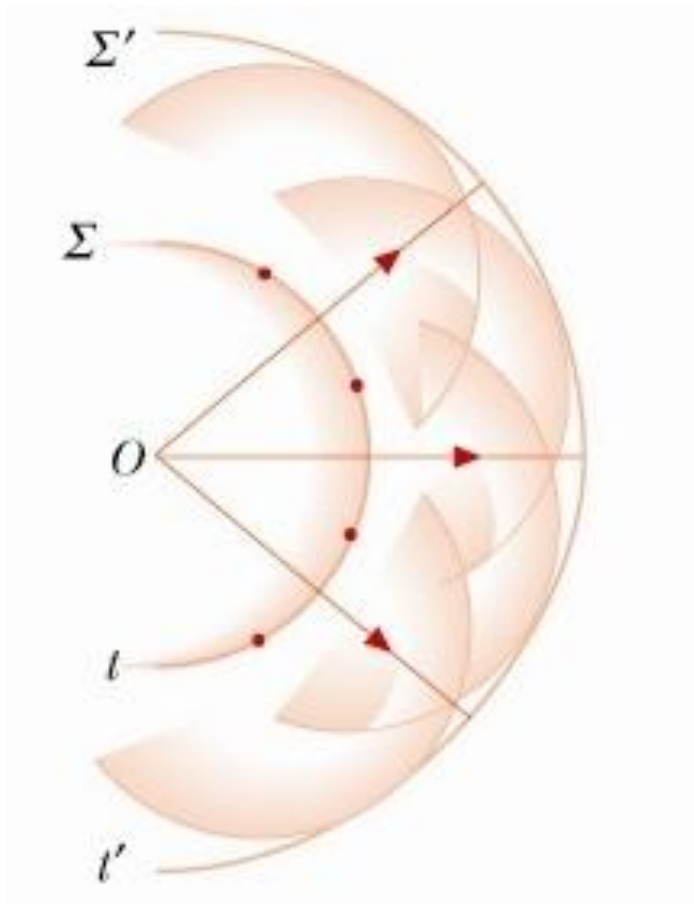


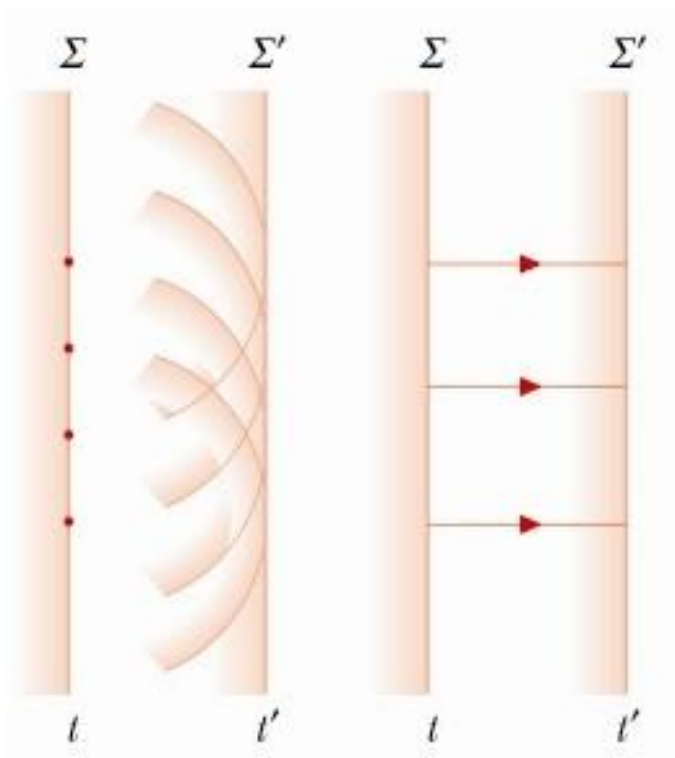
Si definisce **raggio ottico o raggio luminoso** la linea perpendicolare al fronte d'onda e quindi parallela alla direzione di propagazione dell'onda; non è una realtà fisica, ma un'utile costruzione geometrica.

Il **principio di Huygens-Fresnel**, o più semplicemente **principio di Huygens** (dal nome del fisico olandese Christiaan Huygens), costituisce uno strumento di calcolo molto utile, in quanto consente di determinare un nuovo fronte d'onda ad un certo istante a partire dal fronte d'onda precedente.

Ciascun punto di un fronte d'onda può essere considerato come sorgente di onde secondarie emisferiche, che si dipartono dal punto nella stessa

direzione del fronte d'onda e con la stessa velocità. Ogni punto del primo fronte d'onda  $\Sigma$  genera un'onda secondaria. In caso di mezzo di propagazione isotropo, ogni onda secondaria avrà un raggio  $r = v \cdot t$  al tempo  $t$ ; la tangente alle onde secondari è il nuovo fronte d'onda  $\Sigma'$ , a distanza  $r$ .





## Oggetto e immagine

---

Nell'ottica geometrica i tre concetti primari sono il punto oggetto, il punto immagine e il raggio luminoso, a cui si aggiunge l'eventuale presenza di un sistema ottico (lente, specchio, ecc.):

### Punto oggetto

Ogni punto di un oggetto esteso emette un intero fascio di luce, che diverge dal punto oggetto. I raggi di luce emessi dai punti della superficie dell'oggetto appartengono ad un'onda emisferica in accordo al principio di Huygens e sono quindi perpendicolari ai fronti d'onda emisferici emergenti dal punto oggetto.

### Raggio luminoso

La luce si propaga linearmente e il raggio ottico sostituisce il fronte d'onda nella rappresentazione della propagazione della luce nel mezzo.

### Sistema ottico

I raggi provenienti da un punto oggetto sono sempre divergenti. La presenza di un sistema ottico modifica il flusso di luce divergente da un punto dell'oggetto in un altro flusso che può essere convergente o divergente.

### Punto immagine

Ogni punto dell'immagine corrisponde ad un punto, e ad uno solo, dell'oggetto. Anche se infiniti raggi di luce lasciano l'oggetto nelle diverse direzioni, solo quelli che sono in grado di giungere al punto immagine considerato, attraverso il sistema ottico, contribuiscono alla costruzione di quello specifico punto immagine. Le particolari direzioni di tali raggi dipendono dalla configurazione sperimentale considerata, cioè dalla posizione dell'oggetto e del sistema ottico.

## Immagine reale

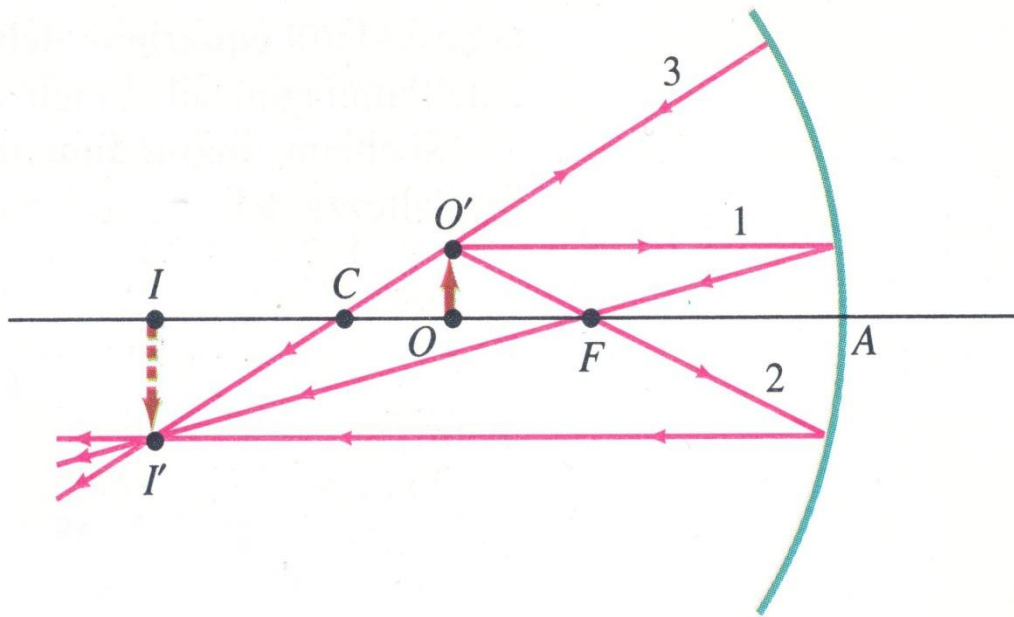
---

La formazione dell'immagine non ha nessuna relazione con la presenza o l'attività dell'osservatore: l'osservazione dell'immagine è un evento separato dalla formazione dell'immagine.

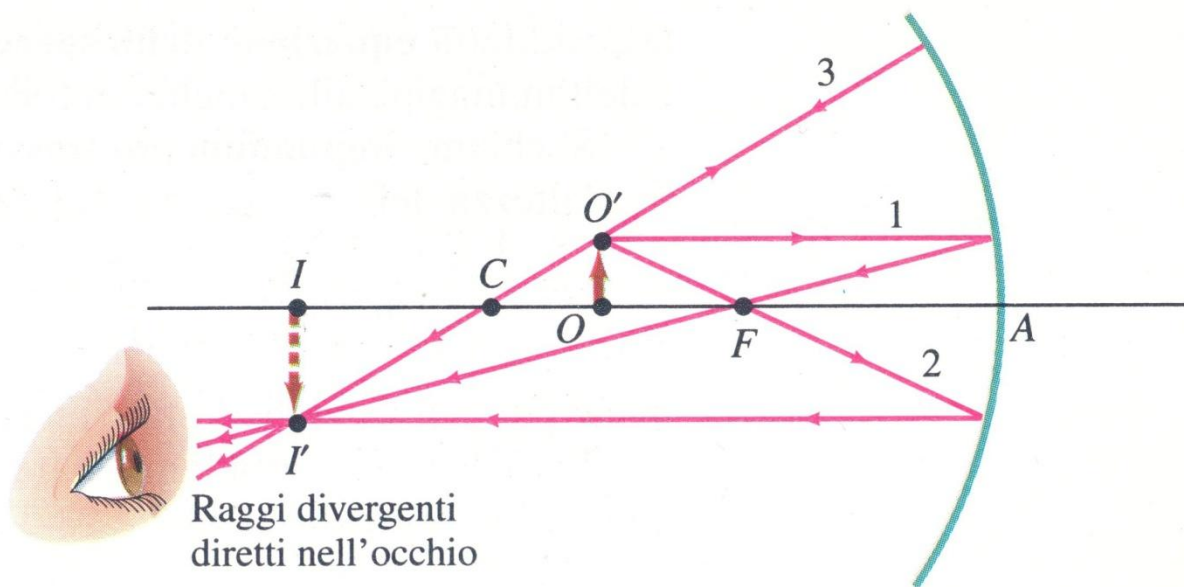
Si ha formazione dell'immagine se un flusso di luce, cioè un insieme di raggi, converge in un unico punto, detto **punto immagine reale**.

I raggi che convergono nel punto immagine reale possono proseguire oltre il punto stesso, formando un nuovo flusso di raggi che divergono dal punto immagine reale: ogni punto immagine reale può quindi comportarsi come un nuovo punto oggetto.

Per poter formare un punto immagine reale, è necessario un sistema ottico che trasformi il flusso di raggi che diverge dal punto oggetto in un flusso di raggi che converga nel punto immagine reale.



L'osservazione dell'immagine è operata dall'occhio umano o da un suo sostituto (ad esempio, pellicola o CCD). L'occhio umano agisce come sistema ottico aggiuntivo, e trasforma in un segnale nervoso comprensibile al cervello i raggi che si intersecano nel punto immagine reale e che da esso ne fuoriescono, divergendo.



Nel caso di un'immagine reale estesa, l'occhio interpreta i raggi divergenti dai punti immagine reali come se provenissero da un oggetto. Tuttavia, la situazione è differente dalla riflessione diffusiva, in quanto l'immagine è formata solo da quegli specifici raggi che si incontrano nei suoi punti



immagine ed i raggi emergono quindi dall'immagine reale solo in un insieme ristretto di direzioni e non in ogni direzione. L'occhio rileva quindi l'immagine reale solo se posto lungo il flusso dei raggi che emergono dall'immagine reale.

In alternativa all'osservazione visuale diretta, si possono utilizzare schermi, pellicole o CCD:

#### Schermo

Consente l'osservazione dei punti immagine reali in ogni direzione dello spazio. Se si pone uno schermo in corrispondenza dei punti immagine reali, i raggi convergenti in ciascun punto vengono diffusi dallo schermo in ogni direzione. Si genera così una situazione del tutto analoga alla riflessione diffusiva ed un osservatore in una posizione qualsiasi nello spazio può osservare l'immagine sullo schermo.

#### Pellicola o CCD

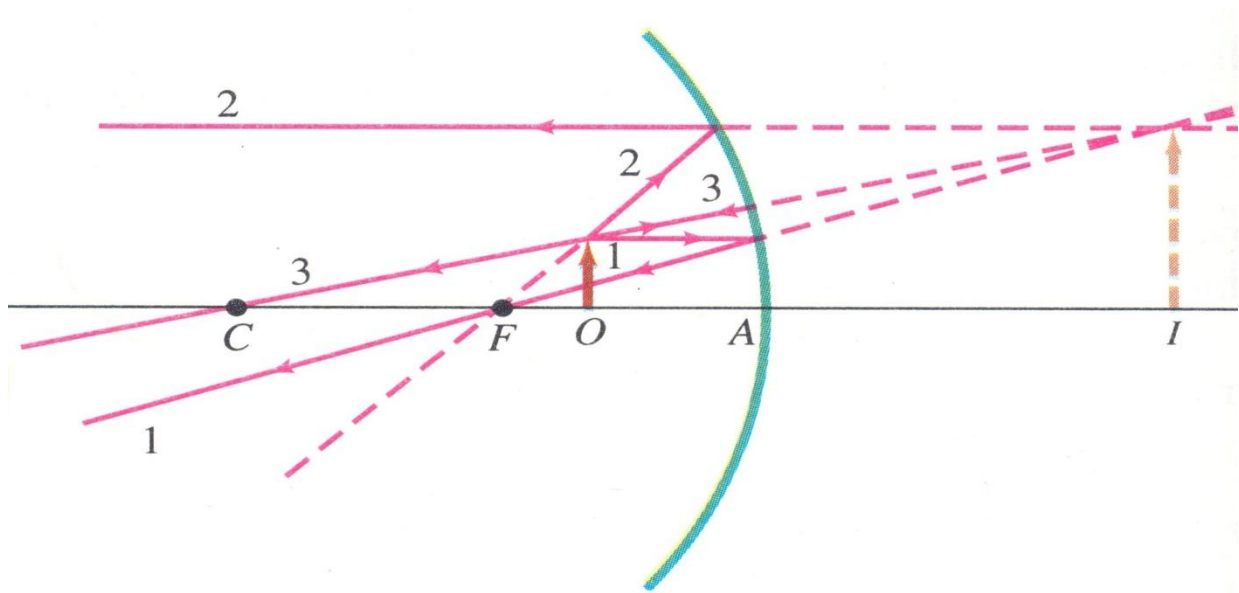
L'immagine reale è anche osservabile ponendo in corrispondenza dei punti immagine reali un materiale fotosensibile di natura chimica (emulsione della pellicola) o elettrica (CCD, Charged Coupled Device). La funzione della pellicola o del CCD è del tutto analoga a quella della retina.

Tali alternative non sono possibili nel caso di immagini virtuali, dal momento che i raggi divergono dai punti immagine virtuali. In questo caso, per poter utilizzare schermi, pellicole o CCD, è necessario introdurre sistemi ottici ausiliari per trasformare l'immagine virtuale in un'immagine reale.

## Immagine virtuale

---

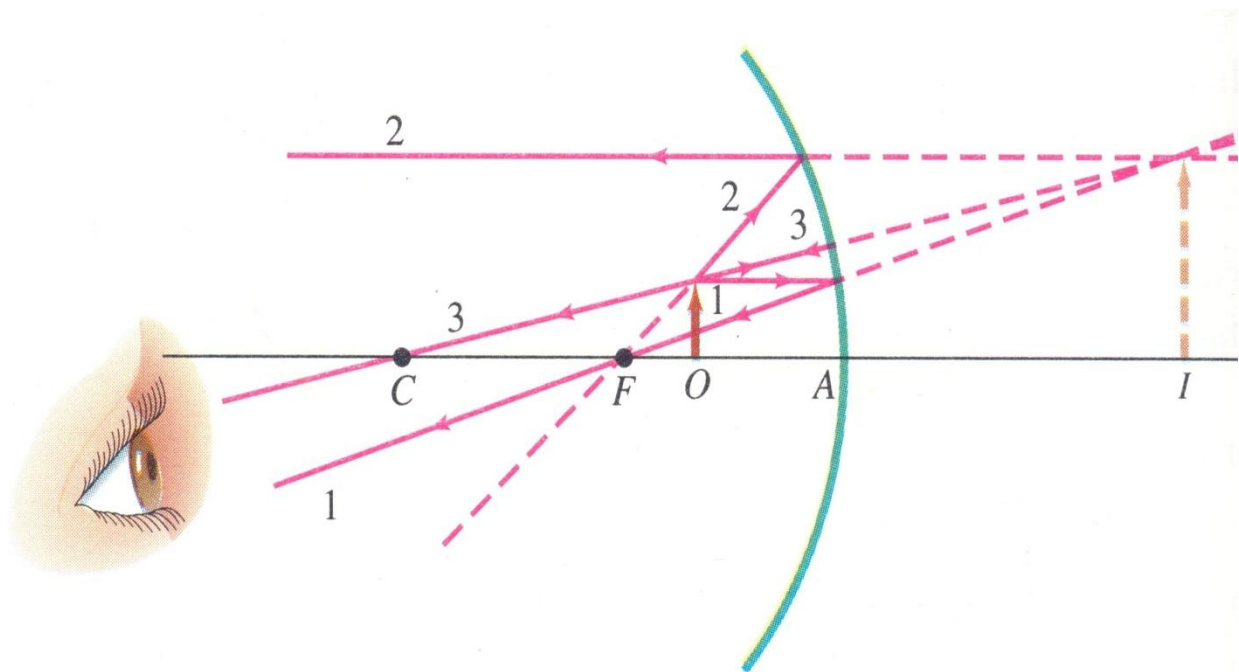
Si ha formazione dell'immagine se un flusso di luce, cioè un insieme di raggi, diverge da un unico punto, detto **punto immagine virtuale**. Tipicamente, il punto immagine virtuale si ottiene intersecando i prolungamenti dei raggi che divergono dal sistema ottico.



L'intero flusso di luce, divergente da ogni punto oggetto ed interagente con un eventuale sistema ottico, contribuisce alla formazione dell'immagine virtuale.

L'osservazione dell'immagine è operata dall'occhio umano o da un sistema ottico ausiliario alternativo (ma schermi o pellicole non sono in grado di rivelare immagini virtuali).

L'occhio umano agisce come sistema ottico aggiuntivo e trasforma in un segnale nervoso comprensibile al cervello i raggi che divergono dal punto immagine virtuale.



Nel caso di un'immagine virtuale estesa, l'occhio interpreta i raggi divergenti dai punti immagine virtuali come se provenissero da un oggetto. Il cervello umano non è in grado di distinguere tra i raggi che emergono da un oggetto o da un'immagine reale e quelli che divergono da un'immagine virtuale.