

Lezione 22 - Ottica geometrica

- E' possibile, in certe condizioni particolari, prescindere dal carattere ondulatorio della radiazione luminosa e descrivere la propagazione della luce usando linee rette e regole della geometria euclidea
- Tutte le volte in cui le dimensioni degli oggetti sono molto più grandi della lunghezza d'onda della luce siamo nel dominio dell'

OTTICA GEOMETRICA

Indice di rifrazione

- L'energia luminosa si propaga con diverse velocità in mezzi diversi
- La velocità massima della luce è quella in vuoto ($c = 3 \times 10^8$ m/s), mentre nei materiali la velocità della luce è inferiore:
$$c_n = \frac{c}{n}$$
- Il simbolo n ($n > 1$) indica l'*indice di rifrazione*, che è caratteristico di ciascun materiale e che misura lo scostamento dalla velocità della luce in vuoto

Riflessione e rifrazione

- Quando la luce incontra un'interfaccia tra due mezzi di diverso indice di rifrazione parte dell'energia luminosa torna indietro (viene *riflessa*) e parte prosegue nel secondo mezzo (viene *rifratta*): gli angoli sono regolati dalla legge di Snell:

$$\theta_1 = \theta_1'$$

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

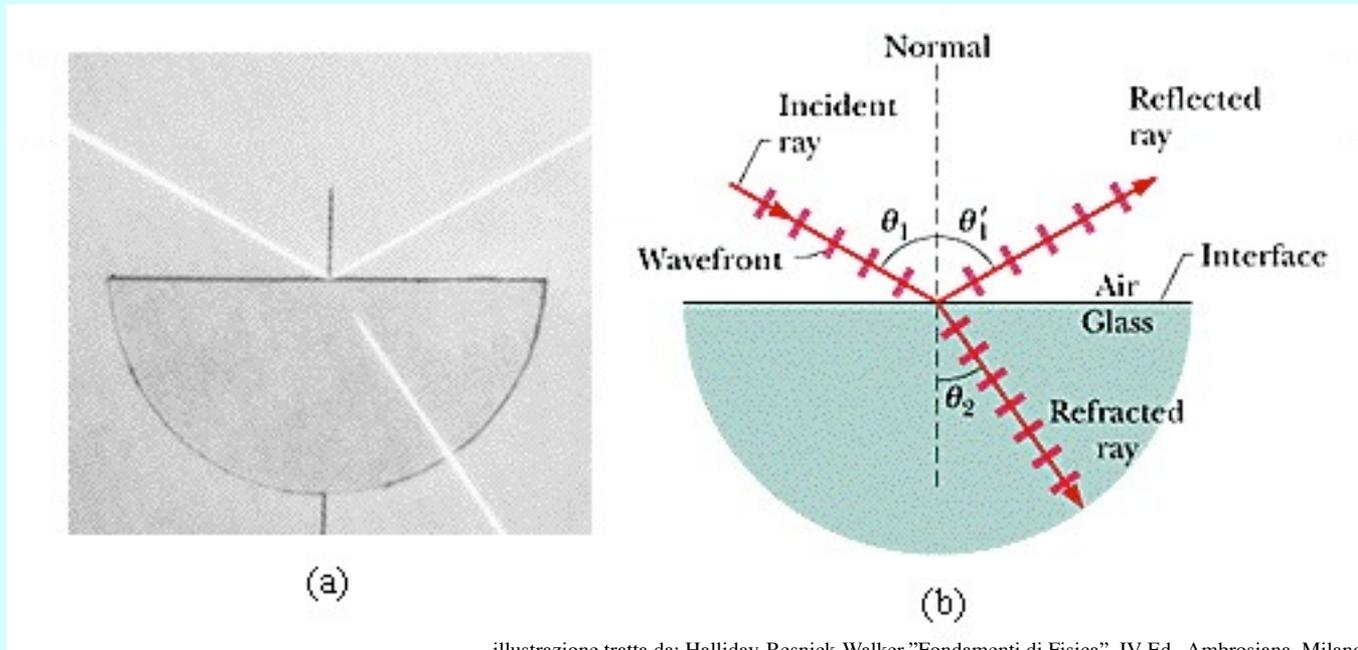
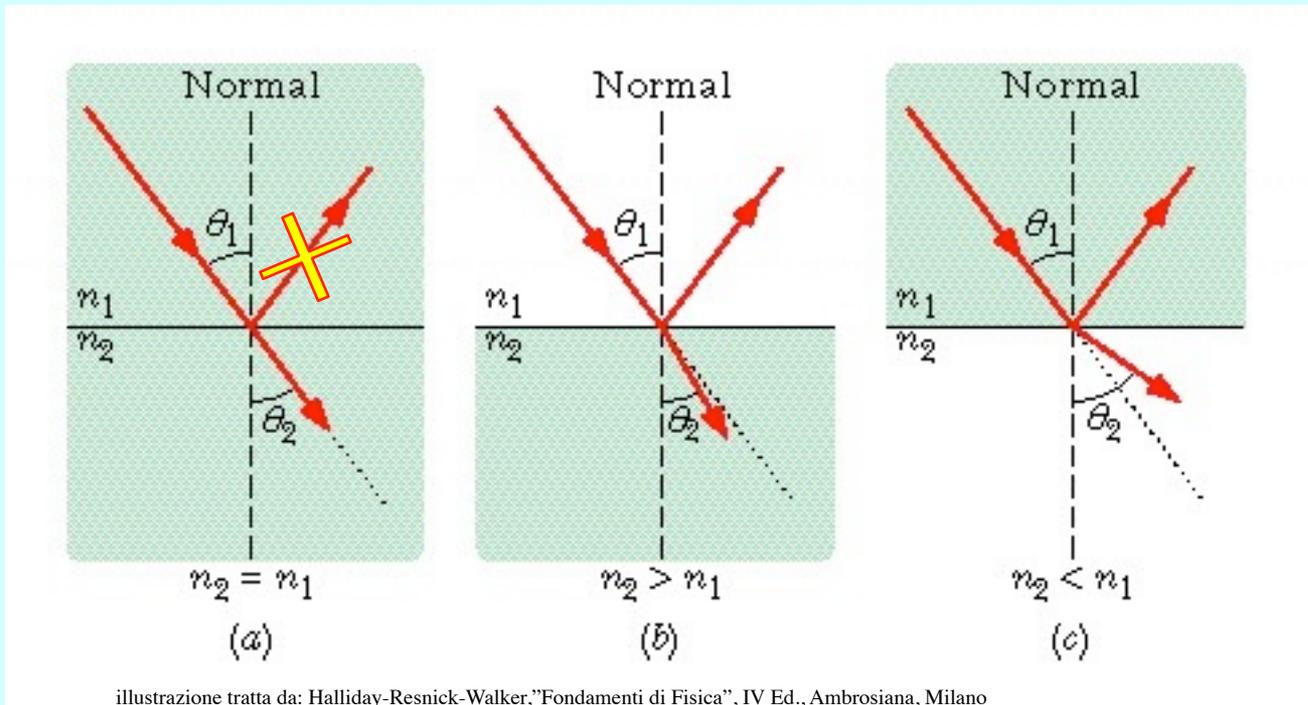


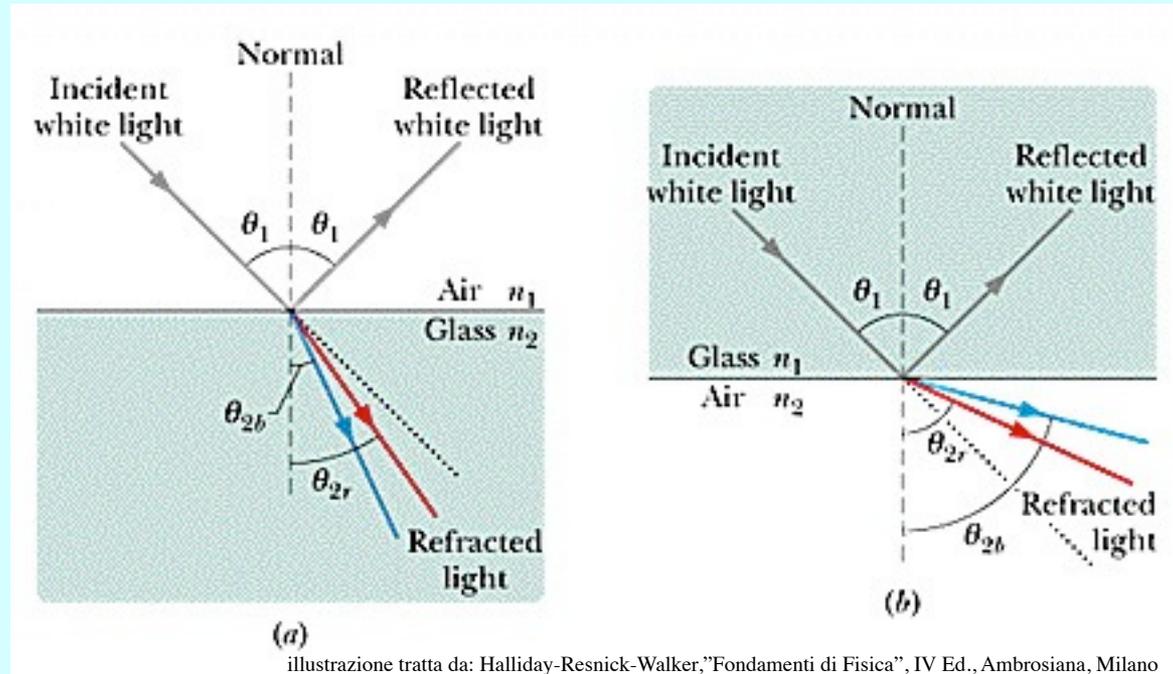
illustrazione tratta da: Halliday-Resnick-Walker, "Fondamenti di Fisica", IV Ed., Ambrosiana, Milano

Riflessione e rifrazione II



- a) non c'è soluzione di continuità: non esiste riflessione
- b) da mezzo meno denso a mezzo più denso: il raggio rifratto si avvicina alla normale
- c) da mezzo più denso a mezzo meno denso: il raggio rifratto si allontana dalla normale

Dispersione



- L'indice di rifrazione dipende dalla lunghezza d'onda della luce (colore) e questo dà luogo al fenomeno della *dispersione cromatica* (che si osserva ad esempio nella luce solare che attraversa un prisma)

Riflessione totale

- Quando la luce si propaga da un mezzo otticamente più denso ad uno otticamente meno denso, esiste un *angolo critico* di incidenza al di sopra del quale tutta l'energia luminosa rimane confinata nel primo mezzo (fibre ottiche):

Da $\sin \theta_2 = \frac{n_1}{n_2} \sin \theta_1$ con $\frac{n_1}{n_2} > 1$ si ha $\frac{n_1}{n_2} \sin \theta_c = 1$ e quindi $\theta_c = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$

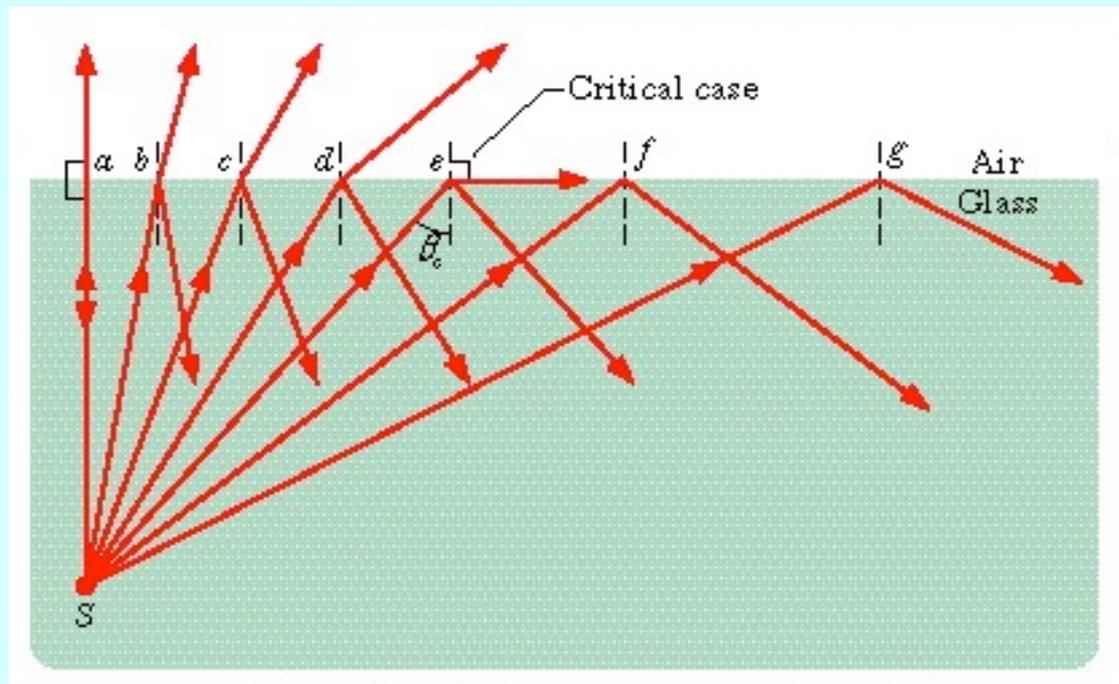


illustrazione tratta da: Halliday-Resnick-Walker, "Fondamenti di Fisica", IV Ed., Ambrosiana, Milano

Specchio piano

- Una superficie piana lucidata (ad esempio di metallo) funziona da *specchio*: un raggio di luce viene riflesso in una direzione precisa invece che diffuso
- La figura mostra la costruzione dell'immagine di una sorgente puntiforme da parte di uno specchio piano
- Le immagini sono *reali* se ponendo un rivelatore nel punto immagine si rileva energia, altrimenti si dicono *virtuali*

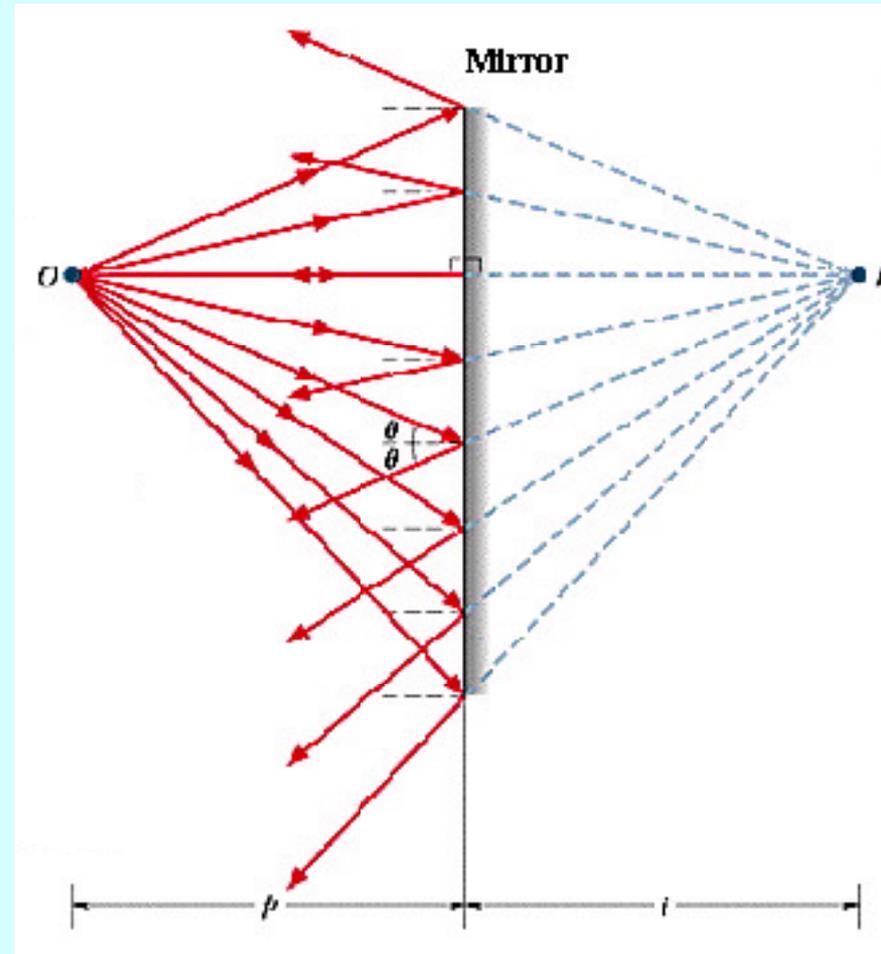


illustrazione tratta da: Halliday-Resnick-Walker, "Fondamenti di Fisica", IV Ed., Ambrosiana, Milano

$$p \text{ (distanza oggetto)} = -i \text{ (distanza immagine)}$$

Specchi sferici

- Curvando la superficie dello specchio piano si possono ottenere degli *specchi sferici*
- Le immagini virtuali prodotte da questi sono ingrandite o rimpicciolite rispetto a all'oggetto

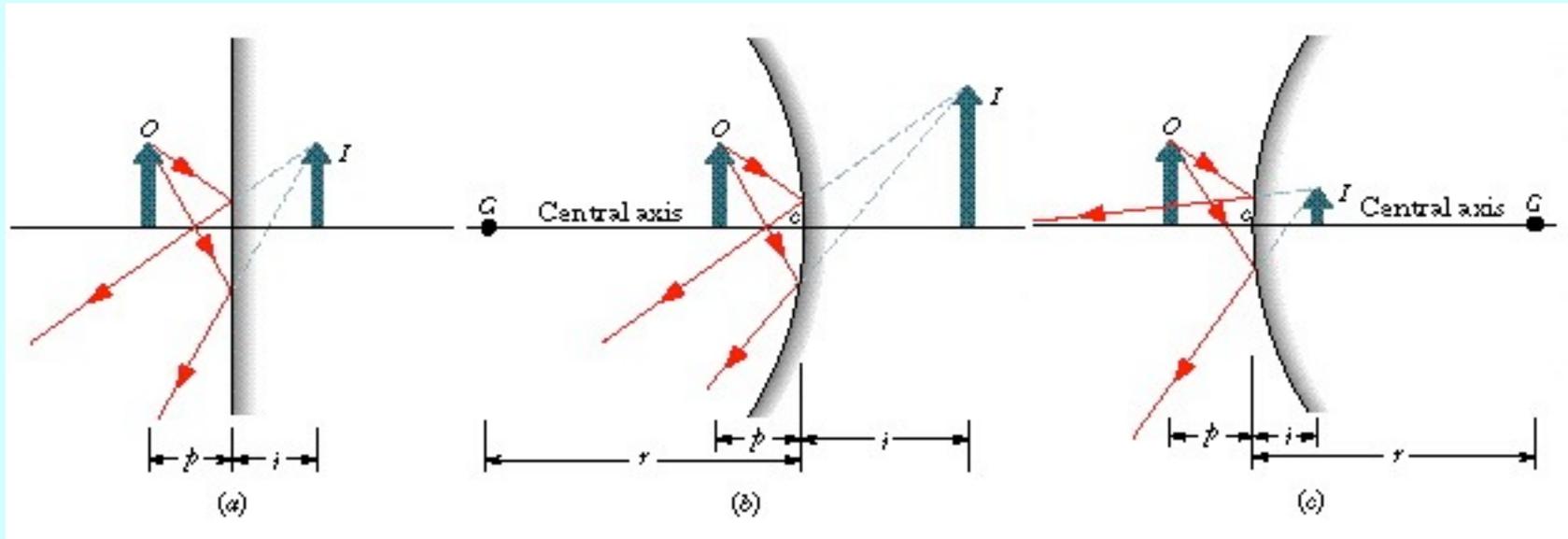


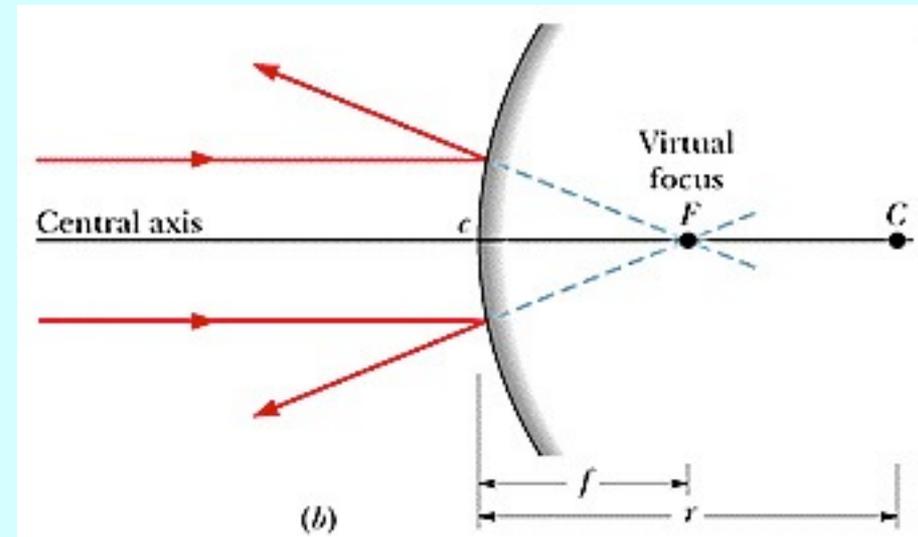
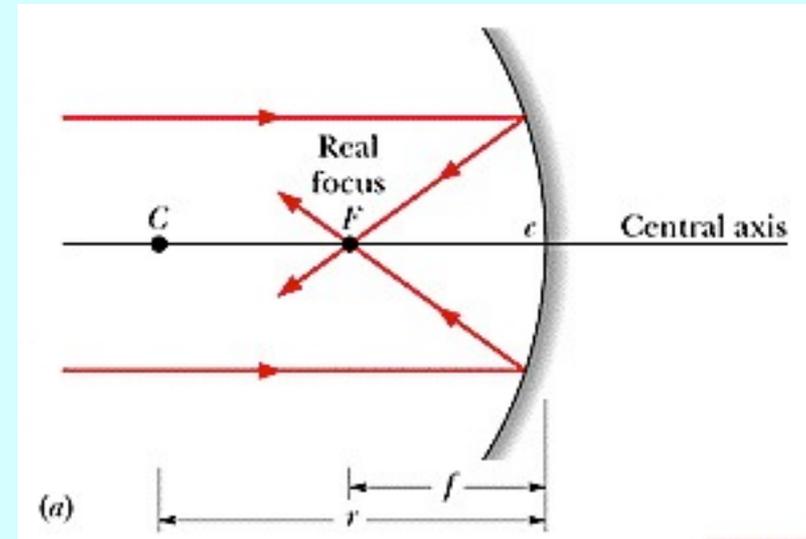
illustrazione tratta da: Halliday-Resnick-Walker, "Fondamenti di Fisica", IV Ed., Ambrosiana, Milano

Fuoco degli specchi

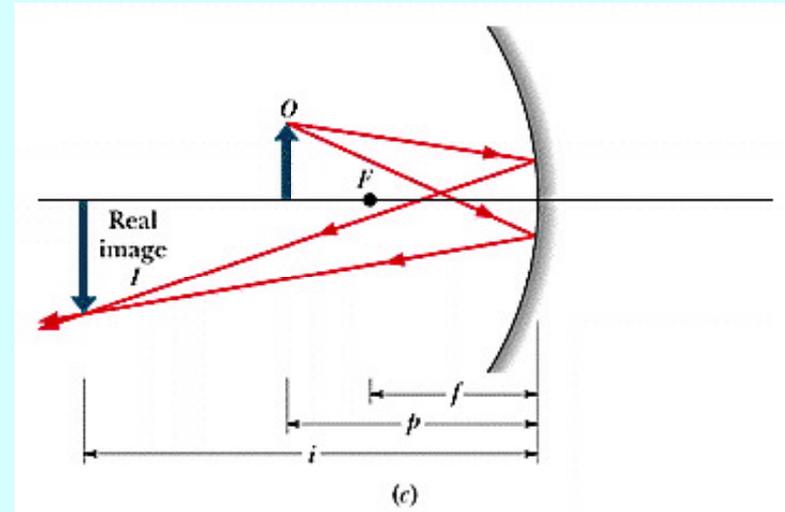
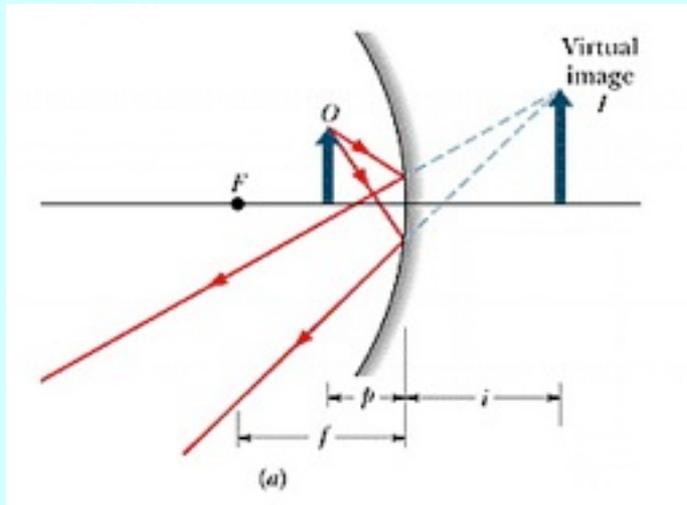
- Raggi paralleli all'asse (provenienti dall' ∞) vengono concentrati in un punto particolare detto fuoco
- Il fuoco può essere reale o virtuale

$$f = \frac{r}{2}$$

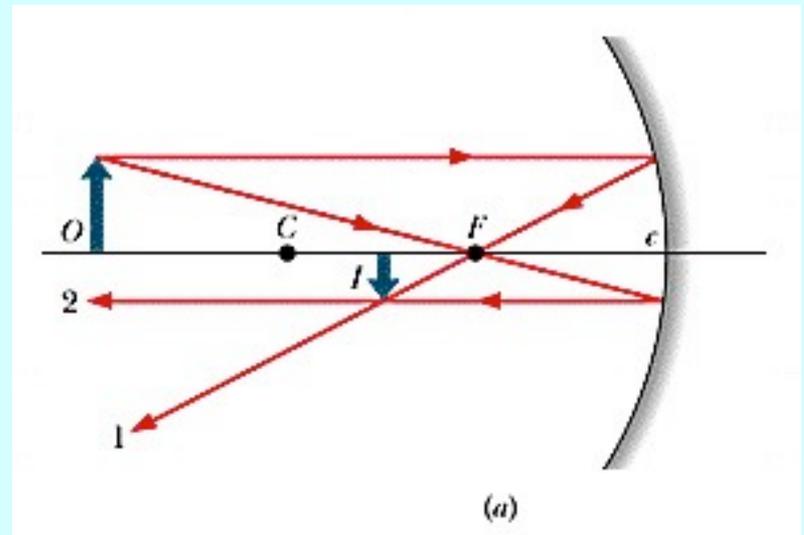
relazione tra distanza focale f e raggio di curvatura r dello specchio



Costruzione geometrica delle immagini

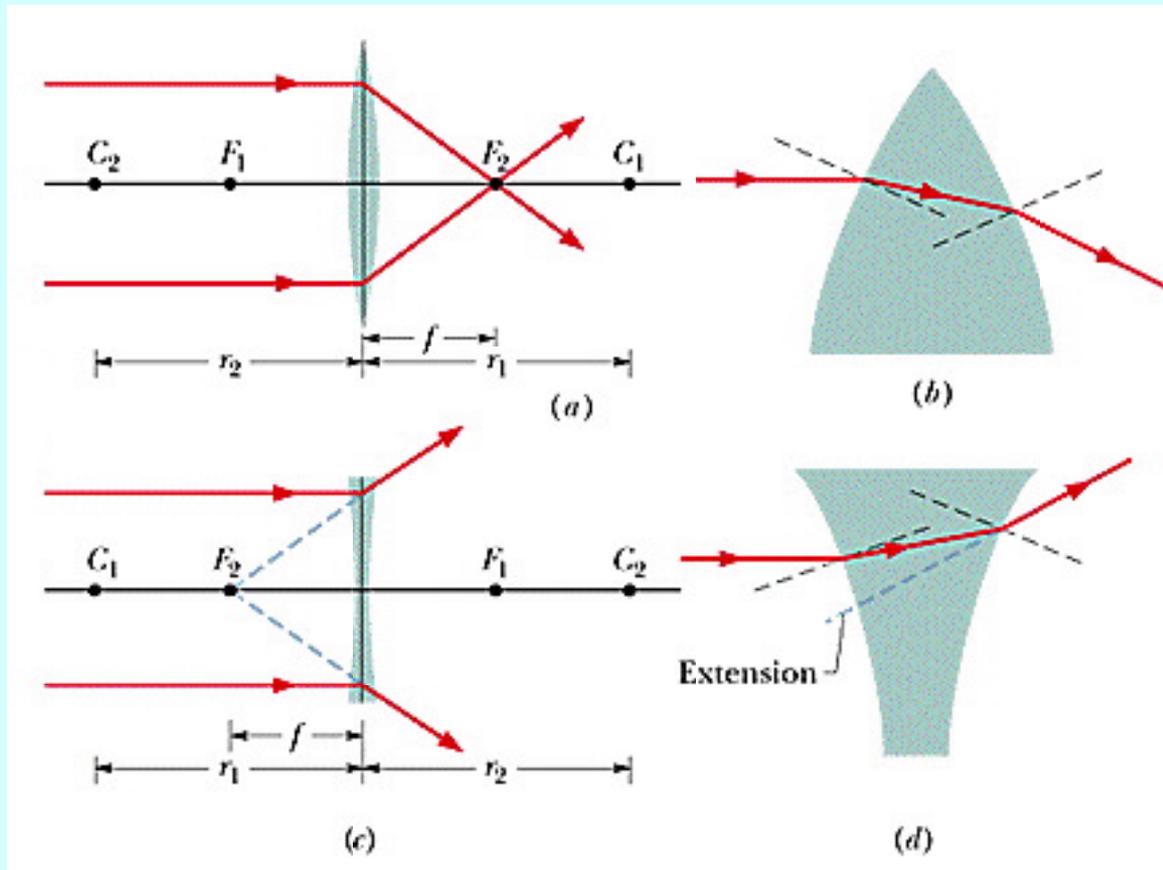


- Utilizzando due soli particolari raggi è possibile costruire geometricamente l'immagine di un oggetto esteso



Lenti sottili

- Le lenti (sottili) sono un tipo di dispositivo ottico basato sulla *rifrazione* piuttosto che sulla riflessione
- Le lenti sono costituite da un pezzo di materiale trasparente, di indice di rifrazione diverso dall'aria, la cui sezione presenta due superfici sferiche concave o convesse
- Le lenti sottili hanno *due fuochi* e possono essere *convergenti* o *divergenti* a seconda del tipo di superfici di interfaccia con l'aria



illustrazioni tratte da: Halliday-Resnick-Walker, "Fondamenti di Fisica", IV Ed., Ambrosiana, Milano

Costruzione delle immagini delle lenti sottili

- Anche per le lenti la costruzione delle immagini può essere fatta per via geometrica mediante il tracciamento di raggi particolari
- L'equazione delle lenti sottili permette di calcolare la posizione dell'immagine nota la distanza focale della lente:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{i} = \frac{1}{f}$$

- $1/f$ si misura in **diottrie** [m^{-1}]
 - $f > 0$ per lenti convergenti
 - $f < 0$ per lenti divergenti
- la distanza oggetto p è > 0
- la distanza immagine è < 0 per un'immagine reale ed è > 0 per un'immagine virtuale

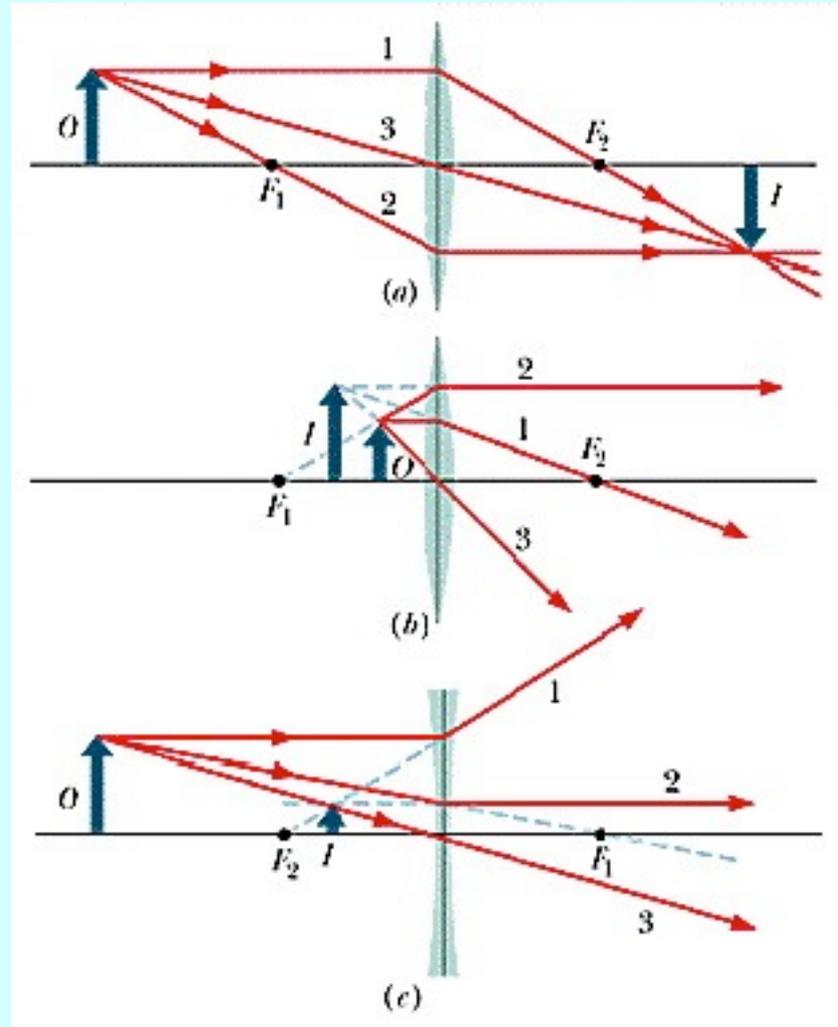


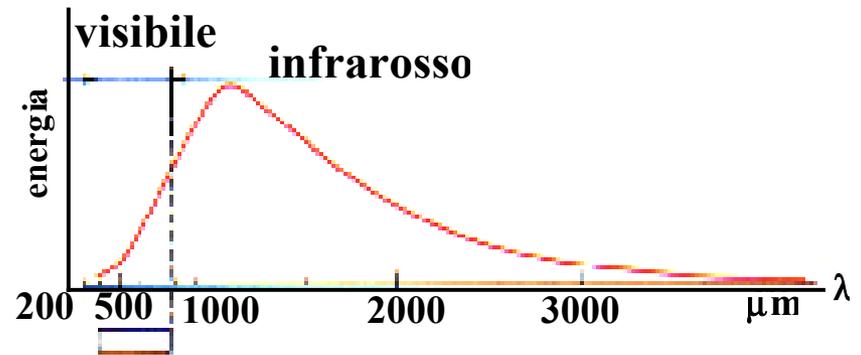
illustrazione tratta da: Halliday-Resnick-Walker, "Fondamenti di Fisica", IV Ed., Ambrosiana, Milano

Illuminazione

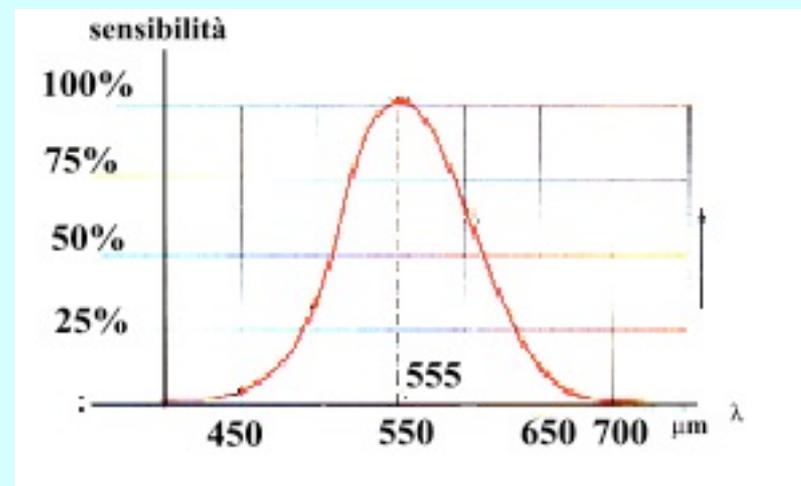
- Per gli scopi di *illuminazione* si usano *lampade* di vario tipo
 - incandescenza
 - vapori di gas
 -
- Ciascun tipo di lampada emette uno spettro caratteristico di radiazione elettromagnetica: solo una parte di questo spettro (quella visibile) è però percepita dalla retina e dà la *sensazione fisiologica* della luce

Potenza luminosa

- Come si vede dallo spettro la maggior parte (91%) della radiazione emessa da una lampada a incandescenza è infrarossa e quindi inutile per l'illuminazione
- La sensazione luminosa percepita dipende poi dalla lunghezza d'onda, secondo la curva di sensibilità dell'occhio, e quindi, per ottenere la *potenza luminosa* equivalente occorre moltiplicare, per ogni lunghezza d'onda, le ordinate corrispondenti delle due curve



spettro di emissione



curva di sensibilità