

Lezione 28 ottobre 2019

A partire dalla formula dei costruttori di lenti:

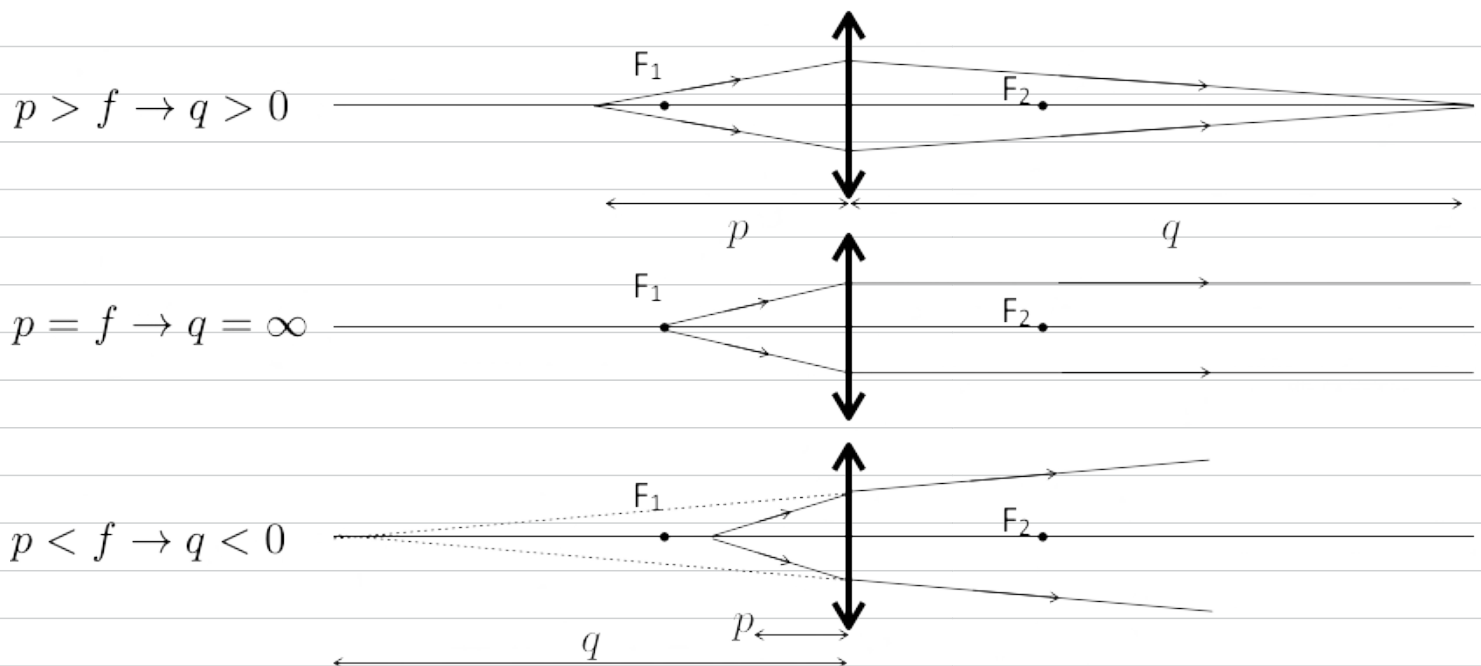
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

vediamo come varia la distanza dell'immagine q , al variare della distanza p a cui viene messa la sorgente (oggetto) in alcuni casi particolari.

Dalla (1) otteniamo

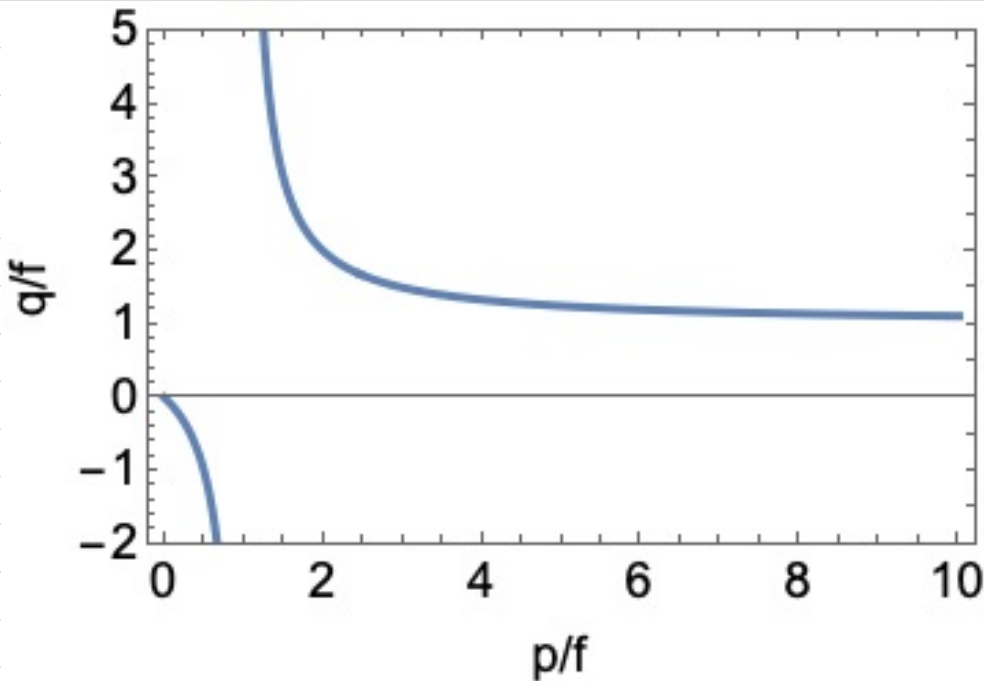
$$q = \frac{fp}{p-f}$$

e quindi:



In particolare abbiamo:

$$q = \frac{fp}{p-f}$$



p	q
$2f$	$2f$
$3f$	$1.5f$
$6f$	$1.2f$
$9f$	$1.125f$
$12f$	$1.09f$
$20f$	$1.05f$

utilizzati per $p \gg f$

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{f} - \frac{1}{p}$$



trascurabile

e quindi

$$\frac{1}{p} \approx \frac{1}{f}$$

$$p \approx f$$

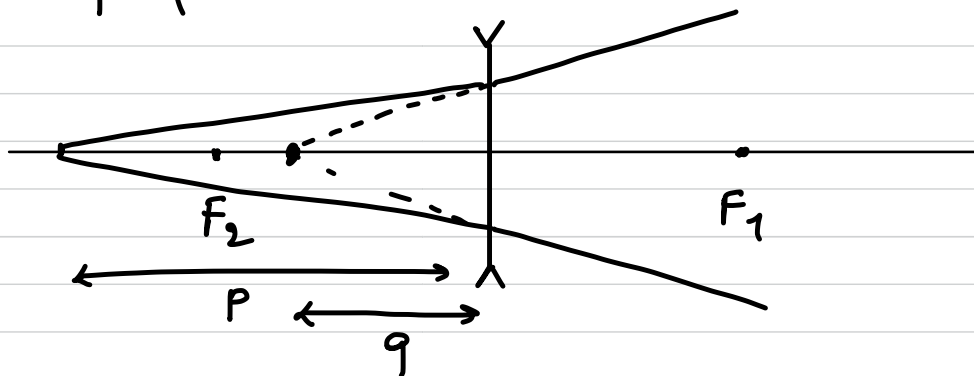
Un modo veloce per stimare la focale di una lente è guardare dove si forma l'immagine di una sorgente "lontana". C'è una ser-

gente posta a 20f consecutive una stima
di f con un errore del 5%.

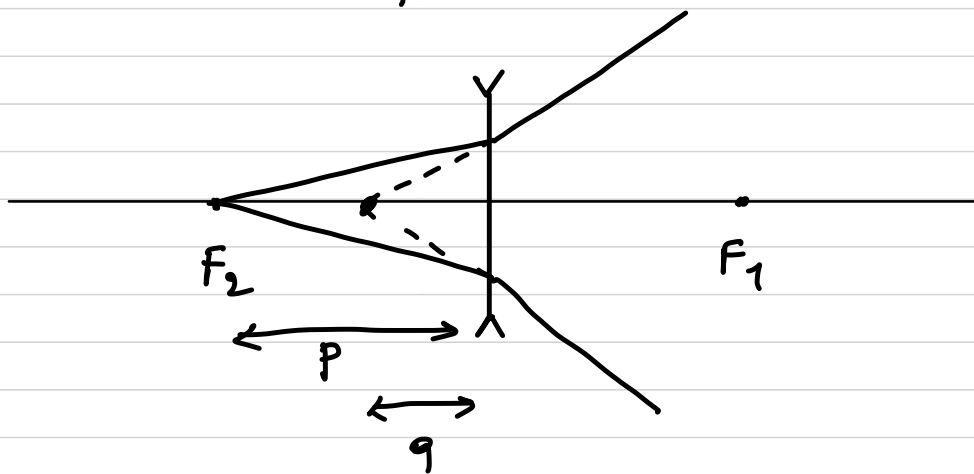
per una lente divergente:

$$q = \frac{fp}{p-f}$$

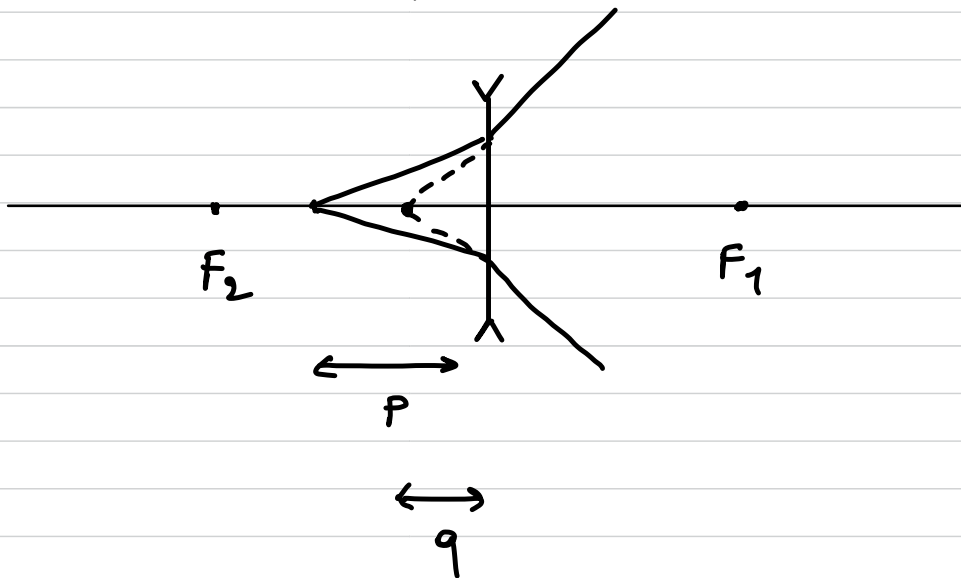
$$p > |f| \rightarrow q < 0$$



$$p = |f| \rightarrow q = -\frac{|f|}{2}$$

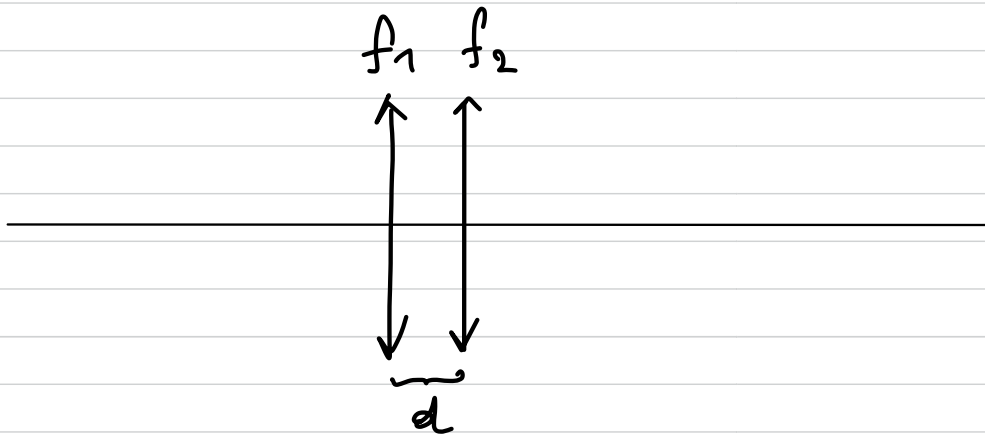


$$p < |f| \rightarrow q < 0$$



l'immagine di una lente divergente è sempre VIRTUALE ($q < 0$).

Calcoliamo adesso come si comporta una coppia di lenti vicine



$$\begin{cases} \frac{1}{p_1} + \frac{1}{q_1} = \frac{1}{f_1} & \longrightarrow \frac{1}{q_1} = \frac{1}{f_1} - \frac{1}{p_1} \\ \frac{1}{p_2} + \frac{1}{q_2} = \frac{1}{f_2} & (2) \end{cases}$$

$p_2 = -q_1 + d$ e quindi per $d \rightarrow 0$ (o comunque trascurabile rispetto a p_1)

$$\frac{1}{p_2} = -\frac{1}{q_1} = -\left(\frac{1}{f_1} - \frac{1}{p_1}\right)$$

e quindi sostituendo nella (2)

$$-\frac{1}{f_1} + \frac{1}{p_1} + \frac{1}{q_2} = \frac{1}{f_2} \longrightarrow \frac{1}{p_1} + \frac{1}{q_2} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{1/p_2}$

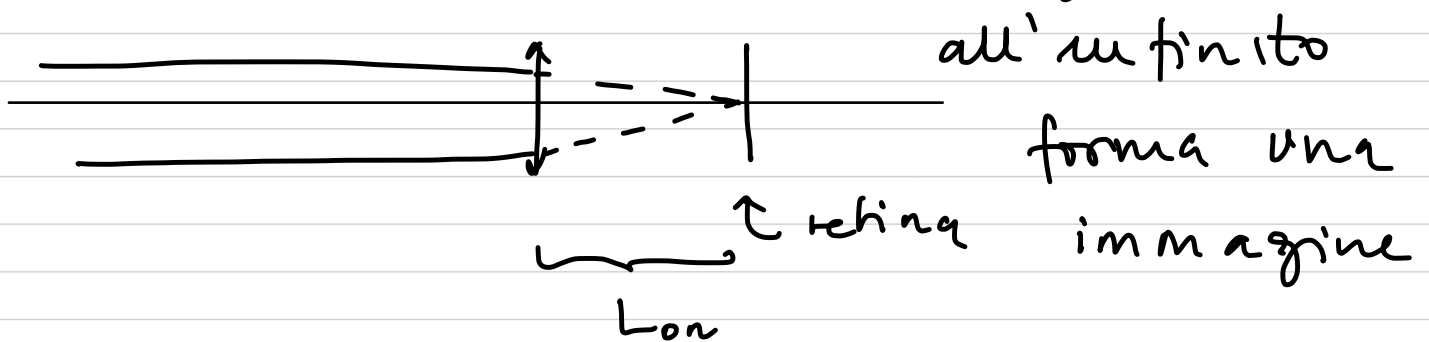
Il doppietto di lenti di focale f_1, f_2 si comporta quindi come un'unica lente con focale data dalla relazione:

$$\frac{1}{f_{TOT}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

Utilizzando quanto abbiamo appena visto, siamo in grado adesso di calcolare la lunghezza di un occhio miope sapendo che richiede la correzione di una lente con potere diottrico di -1 diottria:

L'occhio si può schematizzare come composto da una lente (il cristallino) e da un piano in cui si deve formare l'immagine (la retina).

In un occhio normale un oggetto posto

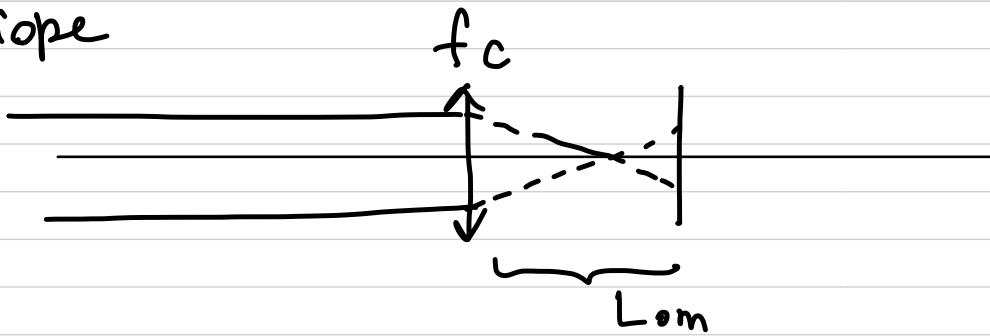


sulla retina. Da questo segue che la lunghezza dell'occhio normale (L_{on}) è uguale alla focale del cristallino (f_c) a riposo

$$f_c = L_{on}$$

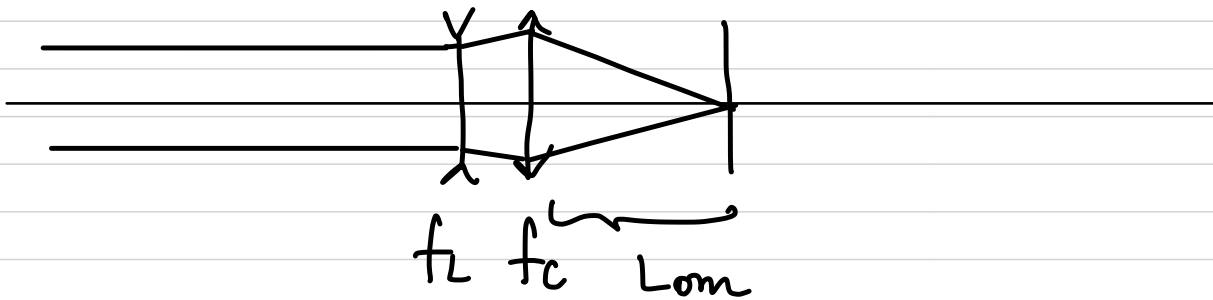
Consideriamo adesso il caso di un occhio

miope



Lo chiamiamo la distanza fra cristallino e retina L_{om} . Poiché nei miopi $L_{om} > L_{on}$ l'immagine di un oggetto all'infinito si forma prima del piano della retina.

Vediamo cosa succede mettendo la correzione con $\frac{1}{f_L} = -1 \text{ m}^{-1}$ (1 diottria)



$$\frac{1}{f_{tot}} = \frac{1}{f_L} + \frac{1}{f_c} = \frac{1}{L_{om}} \quad \text{or} \quad \frac{1}{f_c} = \frac{1}{L_{om}}$$

$$\frac{1}{L_{om}} = \frac{1}{f_L} + \frac{1}{L_{on}}$$

$$L_{om} = \frac{f_L L_m}{L_m + f_L} = - \frac{L_m}{L_m - 1}$$

Dato poi che $L_m \approx 17 \text{ mm} \rightarrow L_{om} = 17.294 \text{ mm}$

$\frac{1}{f_L}$ (diottrie)	L_{om} (mm)	L_{om}/L_m
-1	17.294	1.017
-2	17.598	1.035
-3	17.914	1.054
-4	18.240	1.073
-5	18.579	1.092

Quanto visto finora nelle luci ci permette adesso di capire il ruolo di oculare, canonchiale e collimatore nello spettrometro che usiamo in laboratorio.

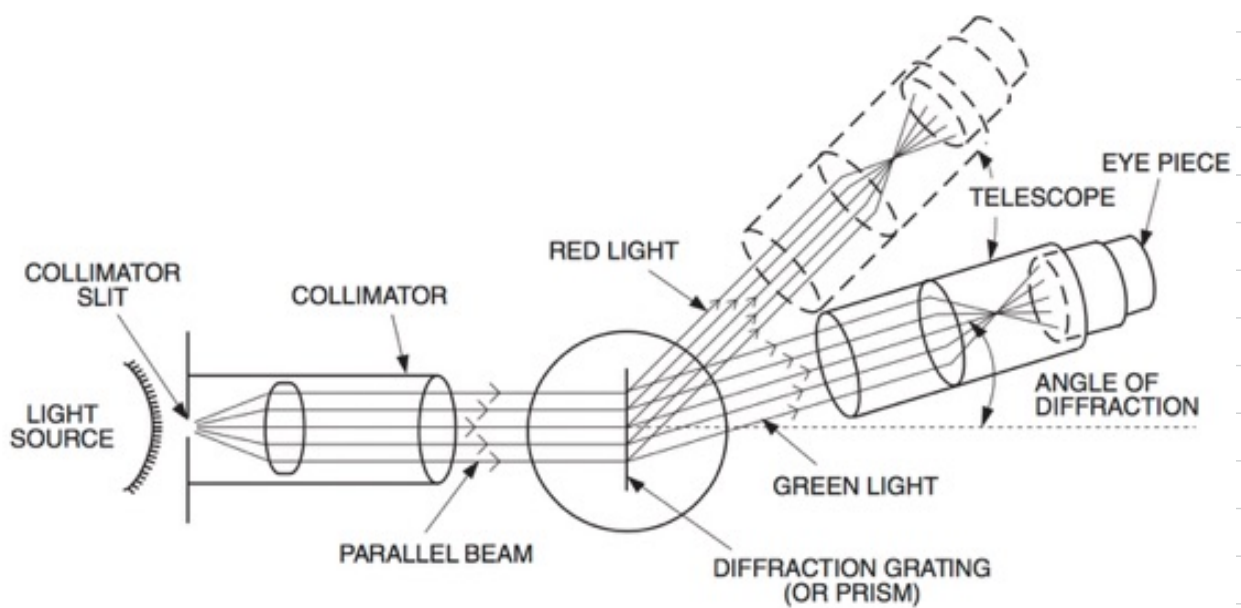
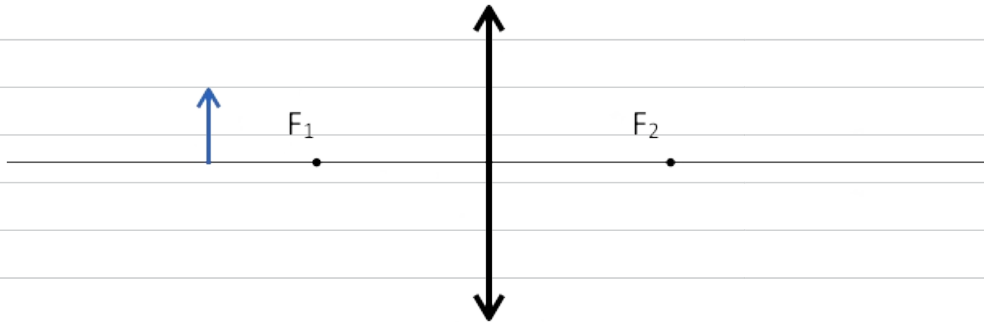


Immagine di un oggetto COSTRUZIONE GEOMETRICA

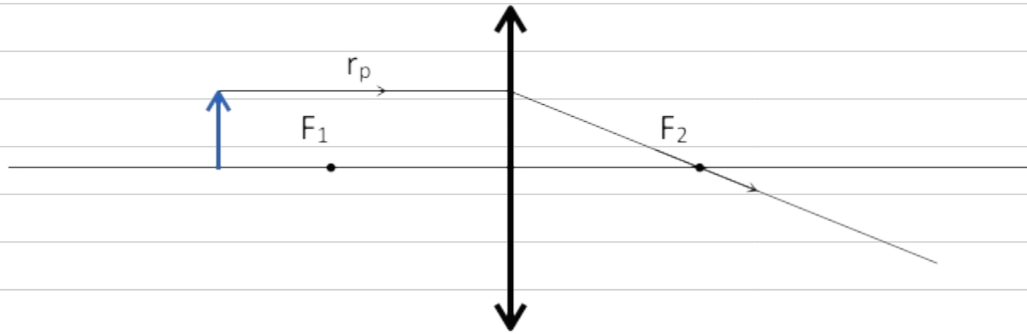
Supponiamo di avere un oggetto esteso



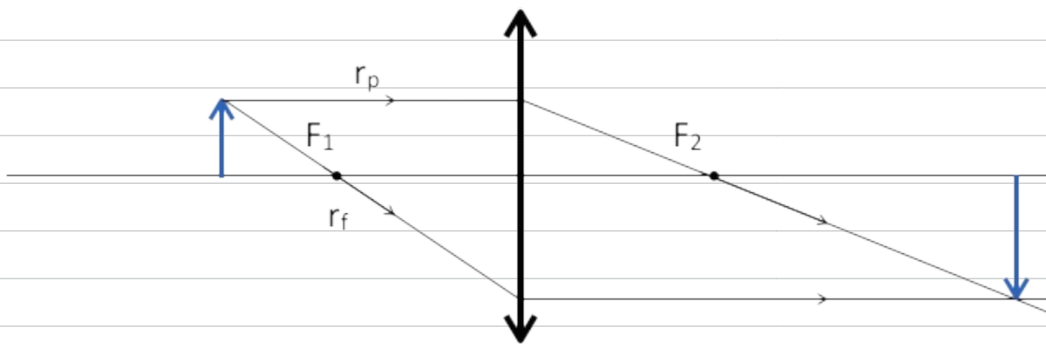
indicato in figura dalla freccia blu. Ci chiediamo quale sia la sua immagine formata dalla lente di focale f .

Per costruire l'immagine utilizzeremo la propagazione di alcuni raggi luminosi di cui conosciamo il comportamento:

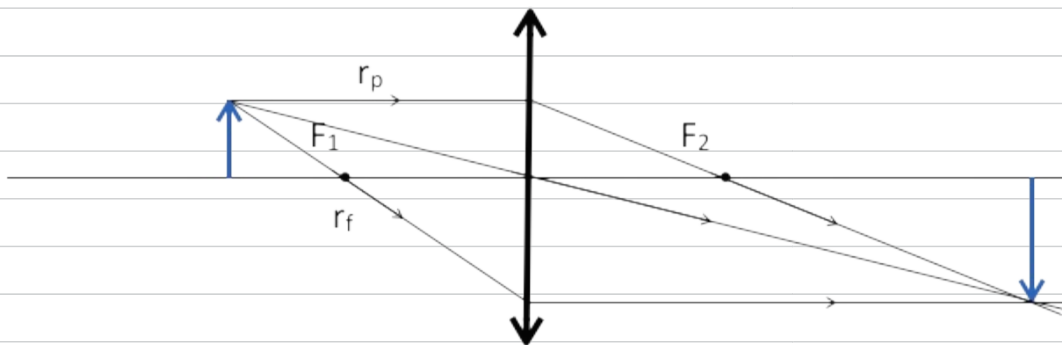
il raggio r_p parallelo all'asse ottico passa per il fuoco secondario F_2



il raggio r_f che passa per il fuoco primario F_1 dopo la lente è parallelo all'asse ottico



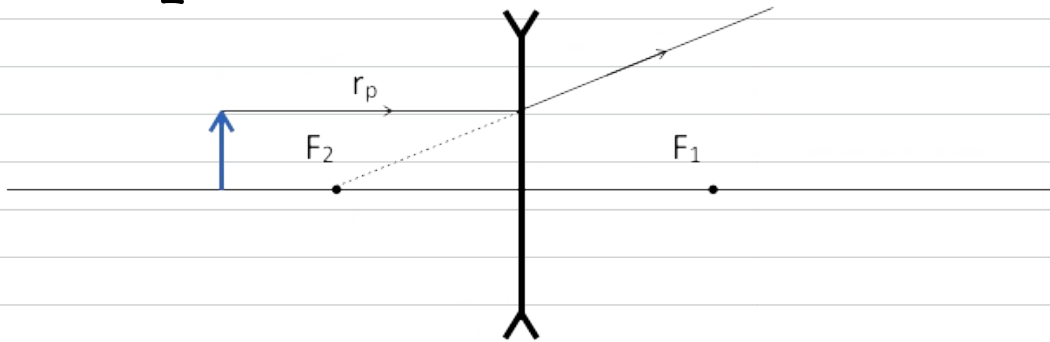
il raggio r_c che passa per il centro di una lente sottile non viene deviato



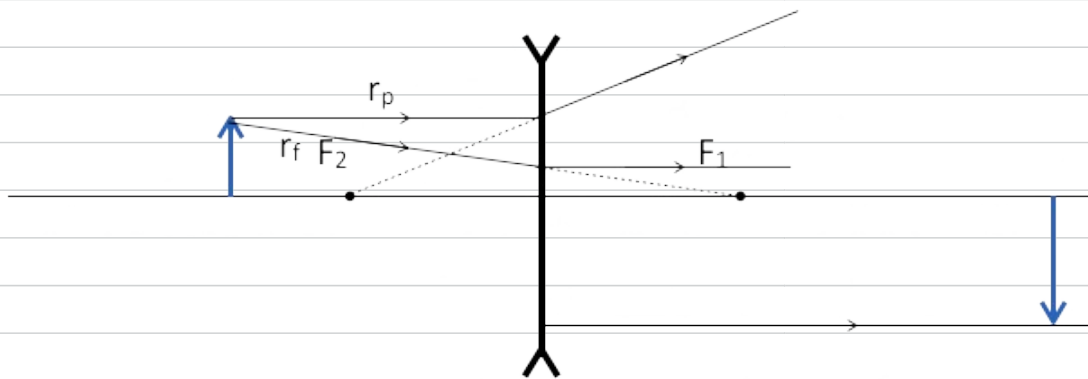
È quindi sufficiente tracciare due di questi raggi per ottenere l'immagine di un oggetto esteso.

Nel caso di una lente divergente avremo:

il raggio r_p parallelo all'asse ottico passa per il fuoco secondario F_2



il raggio r_f che passa per il fuoco primario F_1 dopo la lente è parallelo all'asse ottico



il raggio r_c che passa per il centro di una lente sottile non viene deviato

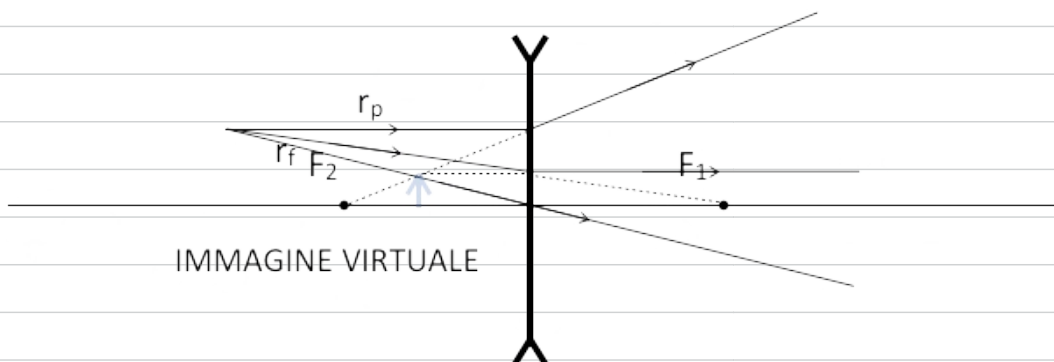
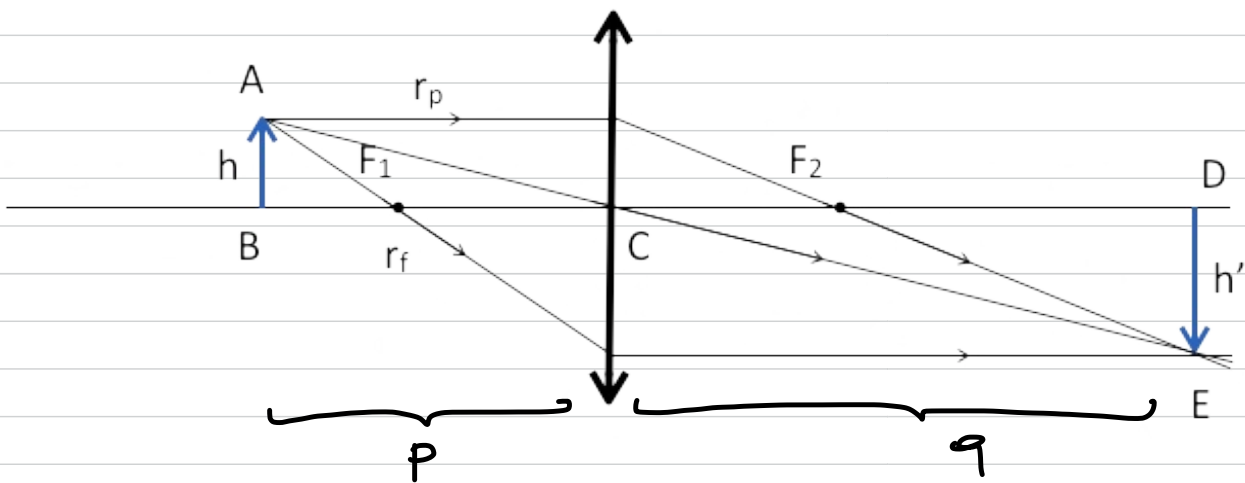


Immagine di un oggetto: INGRANDIMENTO



L'ingrandimento M è il rapporto fra le dimensioni trasversali h' dell'immagine e quelle h dell'oggetto. Per tenere conto che l'immagine è invertita si introduce un segno meno:

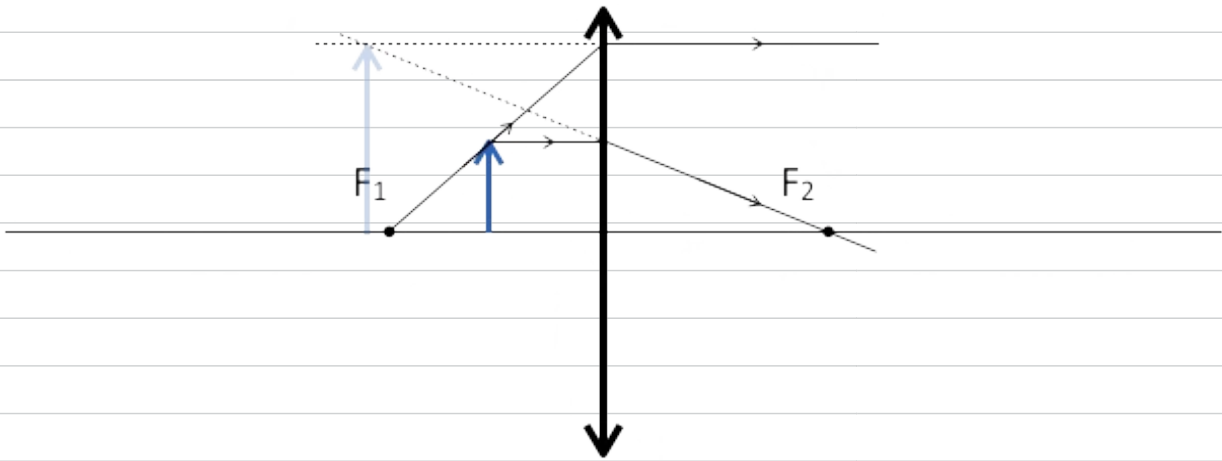
$$M = -\frac{h'}{h}$$

Il suo valore si basa alle distanze p e q si può trovare osservando che i due triangoli BAC e DEC sono simili da cui segue:

$$\frac{h}{h'} = \frac{p}{q} \rightarrow M = -\frac{q}{p}$$

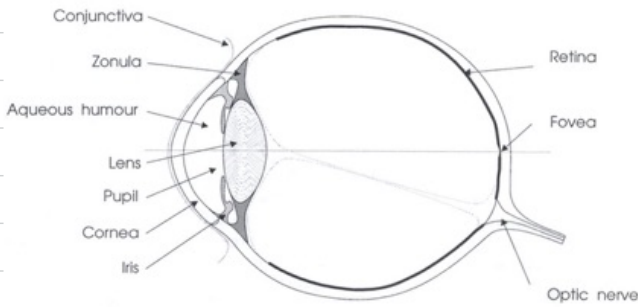
LALENTE DI INGRANDIMENTO

la forma piú semplice di microscopio si può ottenere utilizzando una lente di ingrandimento che è costituita da una lente convergente ponendo l'oggetto a distanza $p < f$



$$p = kf \quad q = \frac{p \cdot f}{p - f} = \frac{kf^2}{kf - f} = \frac{kf}{k - 1}$$

$$M = -\frac{q}{p} = -\frac{kf}{k - 1} \cdot \frac{1}{kf} = \frac{1}{1 - k}$$



il **CRISTALLINO** è una lente la cui distanza focale viene fatta variare da un muscolo (muscolo ciliare) che contraendosi altera i raggi di curvatura delle sue superfici (accomodamento dell'occhio che consente di formare sulla retina immagini nitide di oggetti situati a varie distanze).

Quando l'occhio è a riposo (muscolo ciliare rilassato) il cristallino ha la minima curvatura e l'occhio è accomodato all'infinito. Per la visione di oggetti vicini invece la curvatura del cristallino deve essere aumentata dal muscolo ciliare.

difetti della vista e loro correzione:

MIOPIA: quando il muscolo ciliare è rilassato l'occhio non vede nitidi oggetti lontani poiché la loro immagine si forma davanti alla retina (occhio lungo). La miopia si corregge con lenti divergenti.

IPERMETROPIA: quando l'occhio è a riposo l'immagine di oggetti lontani (all'infinito) si forma dietro la retina (occhio corto). È quindi necessario uno sforzo per accomodare l'occhio all'infinito ed uno sforzo maggiore per accomodarlo a distanza finita. L'ipermetropia si corregge con lenti convergenti.

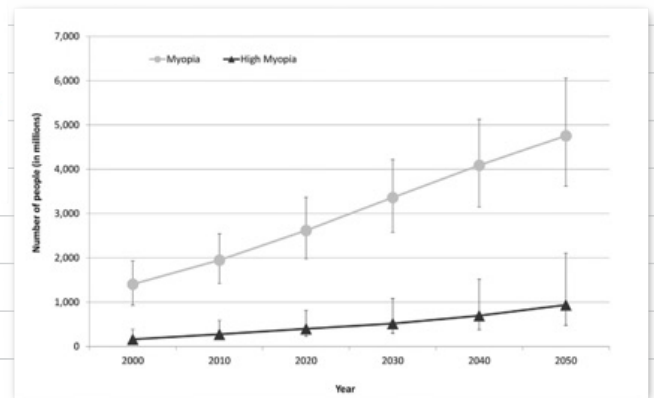
ASTIGMATISMO: la cornea non è limitata da una superficie di rivoluzione attorno all'asse ottico dell'occhio e quindi presenta una curvatura diversa nelle varie sezioni meridiane. Quindi l'occhio non riesce ad accomodare contemporaneamente linee verticali e linee orizzontali. L'astigmatismo si corregge con l'uso di lenti cilindriche.

PRESBIOPIA: invecchiando il cristallino si irrigidisce e si riduce la possibilità di accomodamento per la visione di oggetti vicini. La presbiopia si corregge con lenti convergenti.



Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050

Brien A. Holden, PhD, DSc,^{1,2} Timothy R. Fricker, MSc,¹ David A. Wilson, PhD,^{1,2,3} Monica Jong, PhD,¹ Kavin S. Naidoo, PhD,^{1,2,3} Padmaja Sankaridurg, PhD,^{1,2} Tien Y. Wong, MD,⁴ Thomas J. Naduvilath, PhD,¹ Serge Resnikoff, MD^{1,2}



Region	Prevalence (%) in Each Decade					
	2000	2010	2020	2030	2040	2050
Andean Latin America	15.2	20.5	28.1	36.2	44.0	50.7
Asia-Pacific, high income	46.1	48.8	53.4	58.0	62.5	66.4
Australasia	19.7	27.3	36.0	43.8	50.2	55.1
Caribbean	15.7	21.0	29.0	37.4	45.0	51.7
Central Africa	5.1	7.0	9.8	14.1	20.4	27.9
Central Asia	11.2	17.0	24.3	32.9	41.1	47.4
Central Europe	20.5	27.1	34.6	41.8	48.9	54.1
Central Latin America	22.1	27.3	34.2	41.6	48.9	54.9
East Africa	3.2	4.9	8.4	12.3	17.1	22.7
East Asia	38.8	47.0	51.6	56.9	61.4	65.3
Eastern Europe	18.0	25.0	32.2	38.9	45.9	50.4
North Africa and Middle East	14.6	23.3	30.5	38.8	46.3	52.2
North America, high income	28.3	34.5	42.1	48.5	54.0	58.4
Oceania	5.0	6.7	9.1	12.5	17.4	23.8
South Asia	14.4	20.2	28.6	38.0	46.2	53.0
Southeast Asia	33.8	39.3	46.1	52.4	57.6	62.0
Southern Africa	5.1	8.0	12.1	17.5	23.4	30.2
Southern Latin America	15.6	22.9	32.4	40.7	47.7	53.4
Tropical Latin America	14.5	20.1	27.7	35.9	43.9	50.7
West Africa	5.2	7.0	9.6	13.6	19.7	26.8
Western Europe	21.9	28.5	36.7	44.5	51.0	56.2
Global	22.9	28.3	33.9	39.9	45.2	49.8

