

# Centro Osservazione e Divulgazione Astronomica Siracusa



*Emanuele Schembri*

## Telescopi ed aberrazioni ottiche

Siracusa, 30 aprile 2010

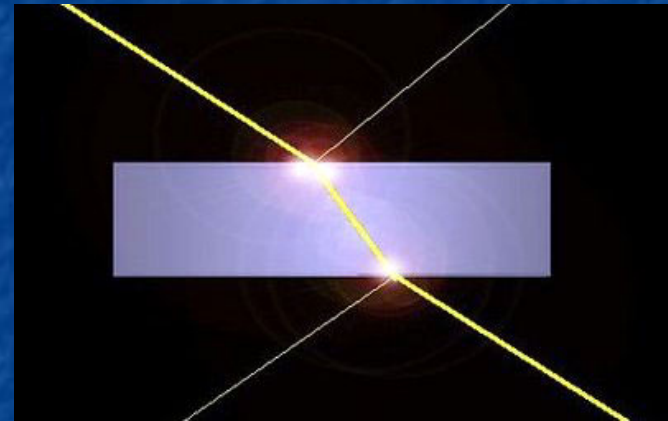
# Definizione

- Le aberrazioni ottiche sono difetti apparenti del comportamento della luce.
- Apparenti, perché si manifestano anche in assenza di imperfezioni dei sistemi ottici, poiché sono una conseguenza delle leggi fisiche che stanno alla base della visione.
- Esse, cioè, traggono origine dalla natura fisica della luce e dalle caratteristiche fisiche degli strumenti che utilizziamo per catturarla e gestirla.

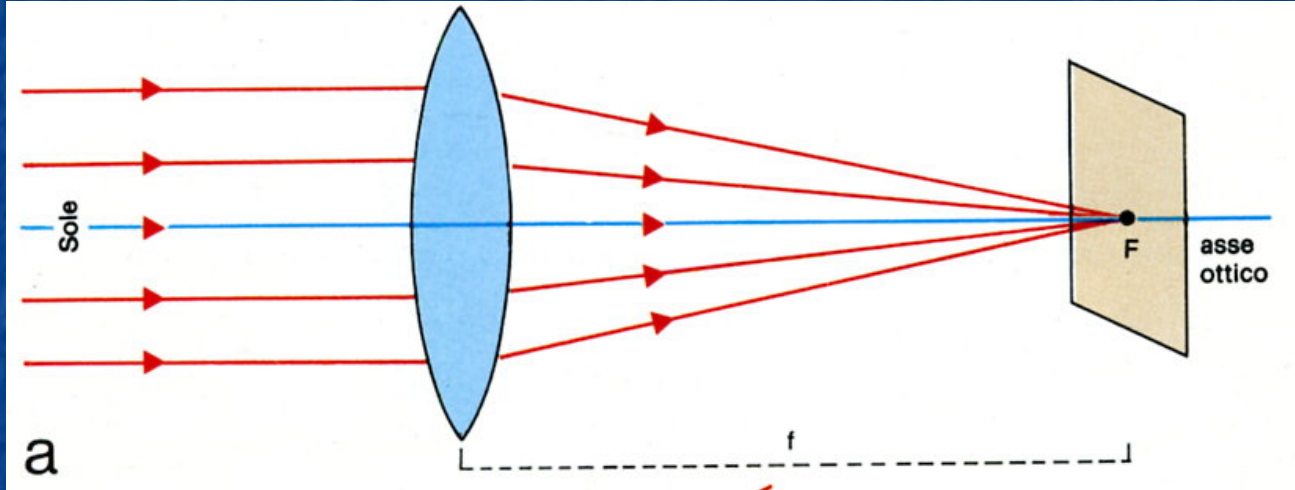
- Possiamo dividere le aberrazioni ottiche in due grandi categorie:
  - **Cromatiche** – Dipendono dalla natura della luce, come insieme di onde a differente lunghezza d'onda, in rapporto al mezzo di propagazione. Riguardano i soli telescopi a lenti.
  - **Geometriche** – Derivano dalla forma del mezzo che utilizziamo per catturare la luce (lenti o specchi).

# Trasmissione della luce nei rifrattori

- Si sfrutta il principio della rifrazione.
- L'indice di rifrazione di un materiale è il rapporto tra le velocità con cui la luce viaggia nel vuoto rispetto a quella di propagazione nel mezzo.
- Si dimostra che:  
$$n_2/n_1 = \sin i / \sin r$$
(legge di Snell)



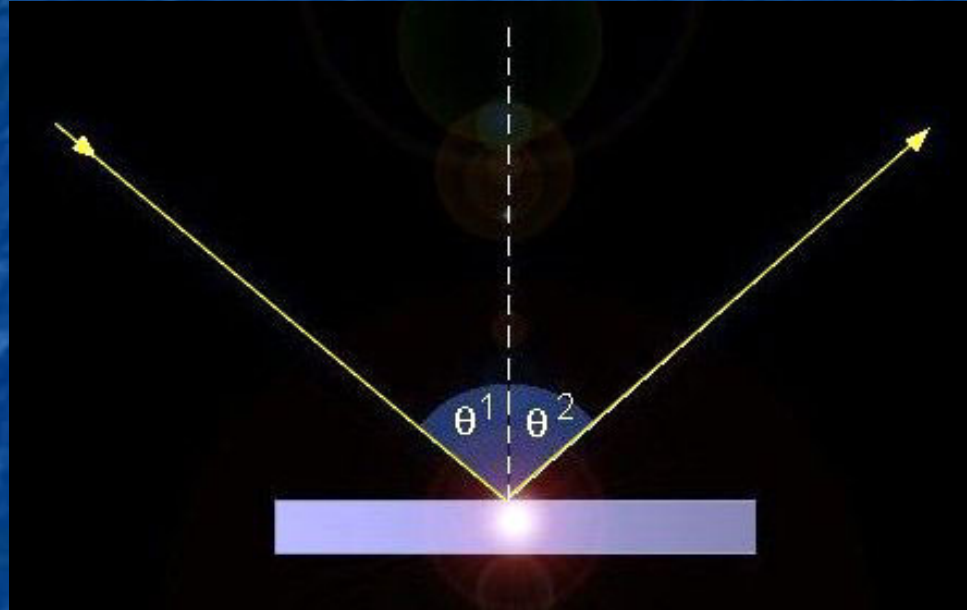
# Trasmissione della luce nei rifrattori



- Il sistema a lenti sfrutta il principio della rifrazione.
- Il percorso della luce viene deviato per il gioco delle rifrazioni in ingresso / uscita dalla lente.
- La forma curva delle superfici di una lente permette di concentrare il fascio di luce in un unico punto.



# Trasmissione della luce nei riflettori

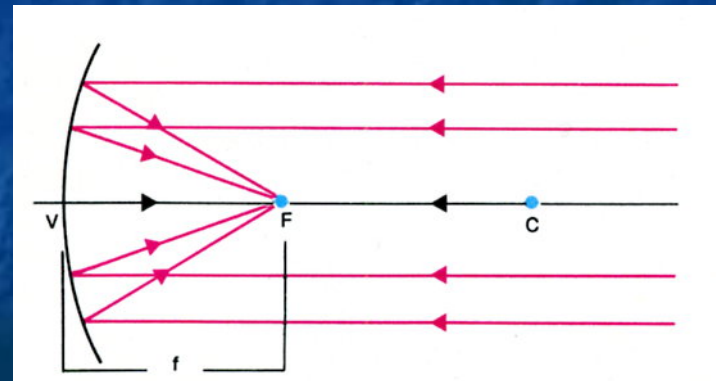
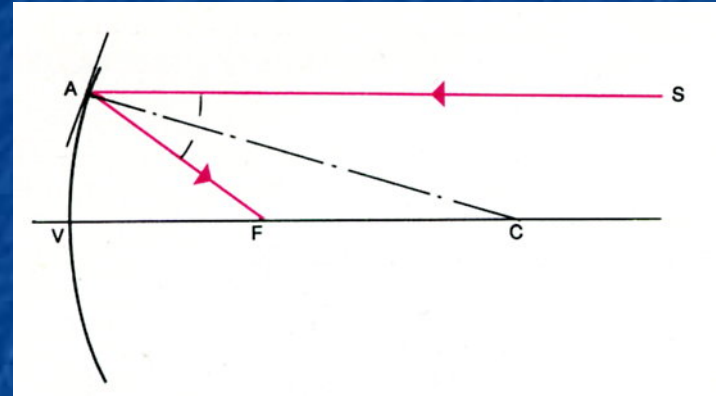


- Il principio fisico della riflessione afferma che l'angolo riflesso è uguale all'angolo incidente misurato rispetto alla normale alla superficie. Il raggio incidente e quello riflesso giacciono sullo stesso piano.



# Trasmissione della luce nei riflettori

- Sfruttando questo principio, uno specchio curvo, opportunamente disegnato, farà convergere i raggi di luce provenienti da un oggetto in un punto immagine, analogamente ad una lente.

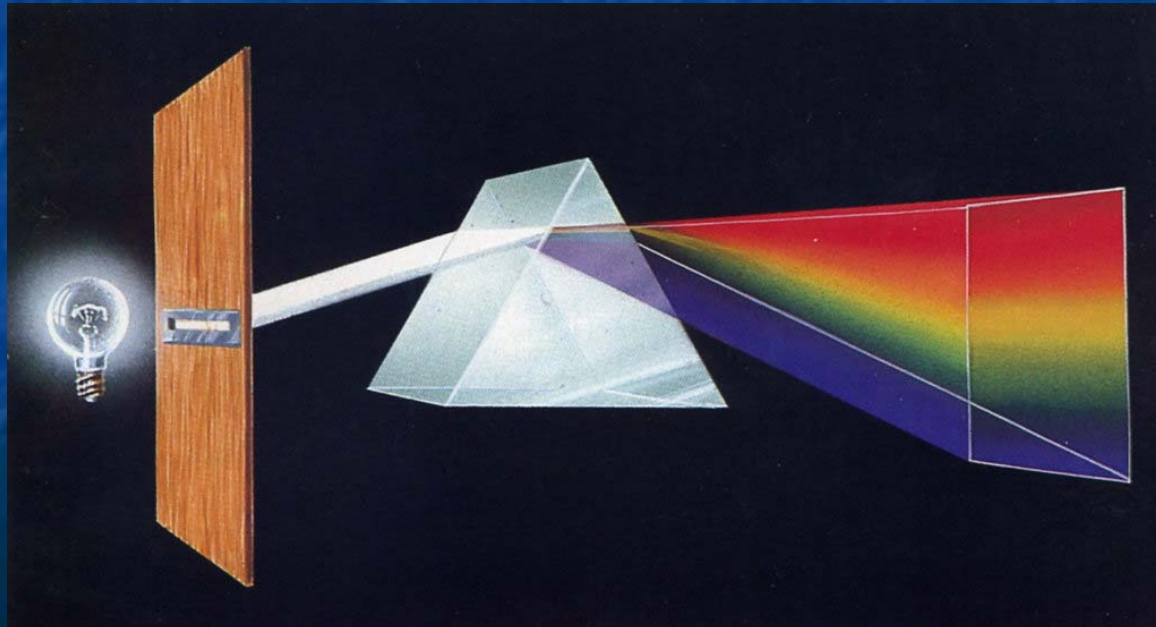


# **Aberrazioni cromatiche**

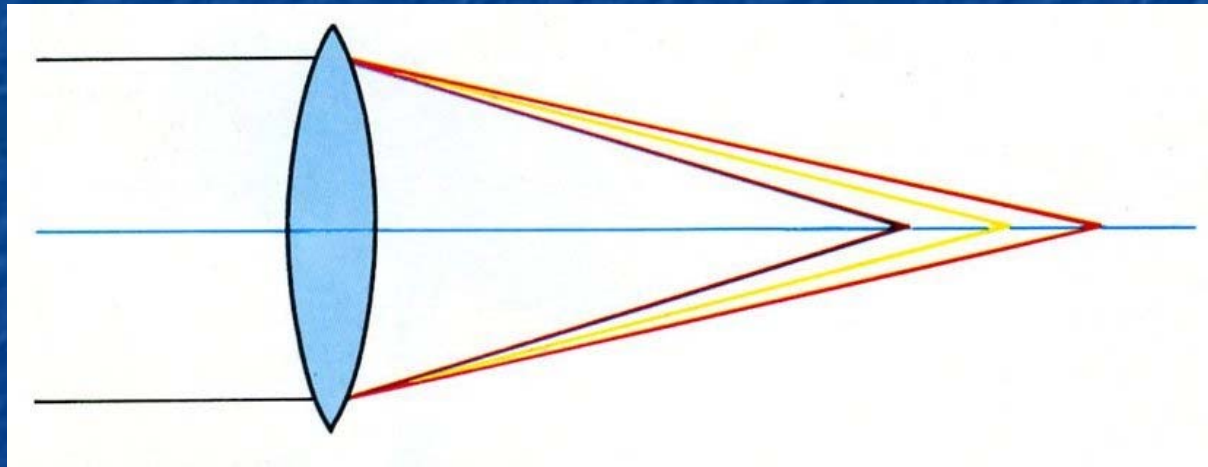


# Aberrazione Cromatica

- E' una diretta conseguenza della natura della luce.
- L'indice di rifrazione cambia al variare della lunghezza d'onda. I raggi subiscono perciò una separazione (dispersione).
- Conseguentemente, è un fenomeno che interessa solo i telescopi a lenti, cioè i rifrattori.



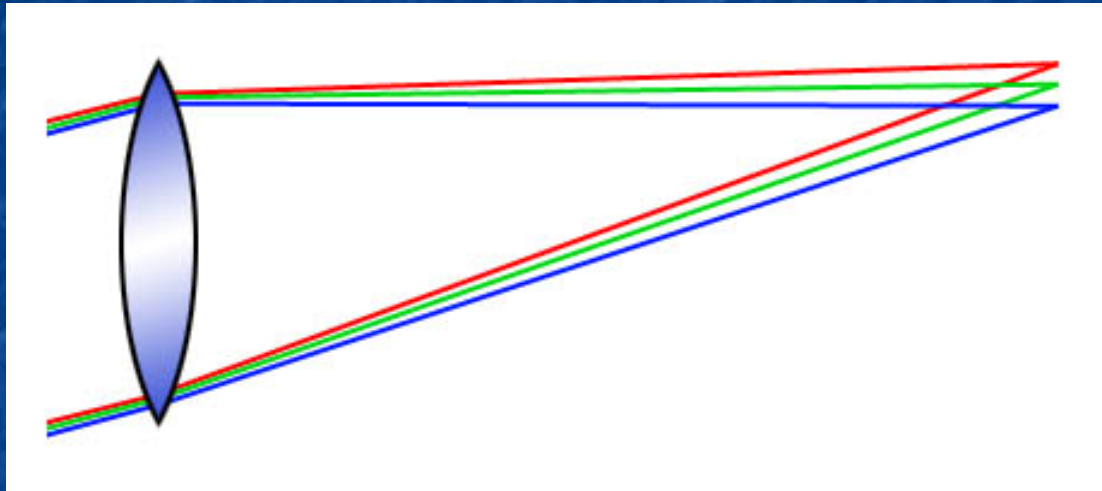
# Aberrazione cromatica assiale



5

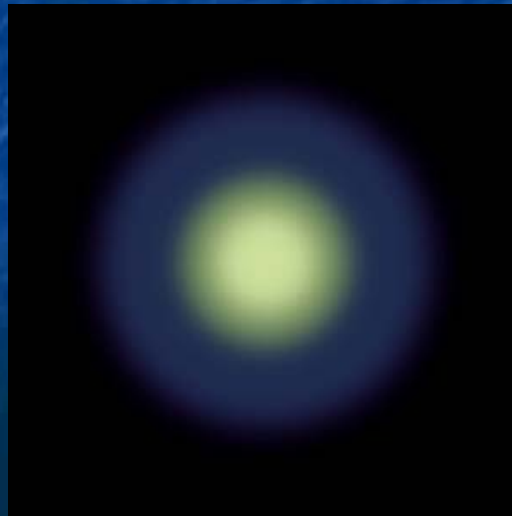
- In una lente, il differente comportamento alla diffrazione ha come conseguenza che ogni colore, proveniente dal medesimo oggetto, si focalizza in un punto diverso.
- Avremo, perciò, tanti piani focali diversi quante sono le componenti della luce.

# Aberrazione cromatica laterale



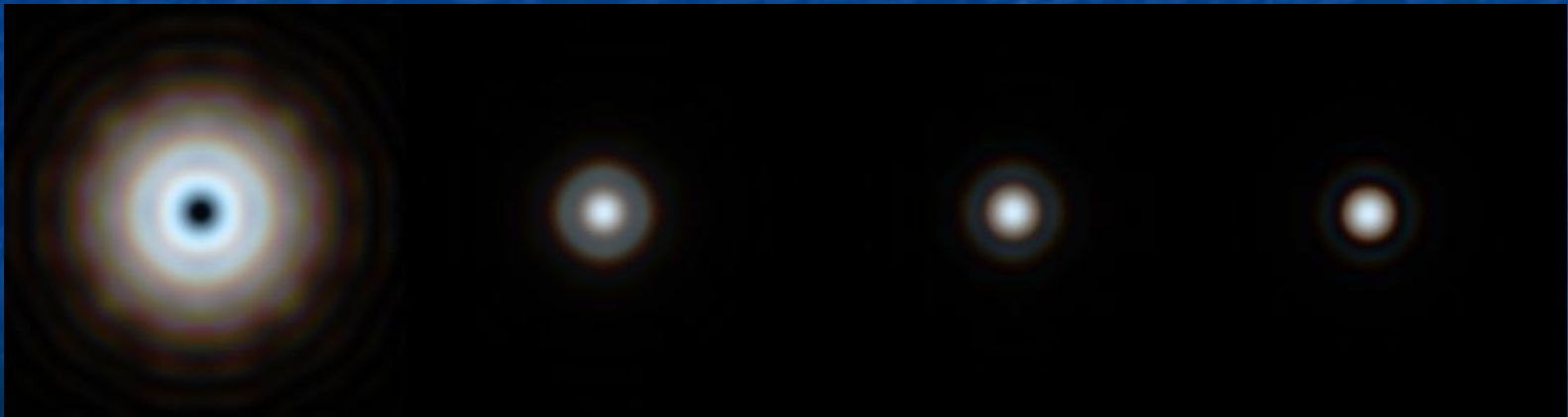
- E' un caso particolare di quella assiale.
- Nasce dai raggi di luce che colpiscono obliquamente la lente, che si focalizzano in punti diversi del piano focale.

# Aberrazione Cromatica - Effetti



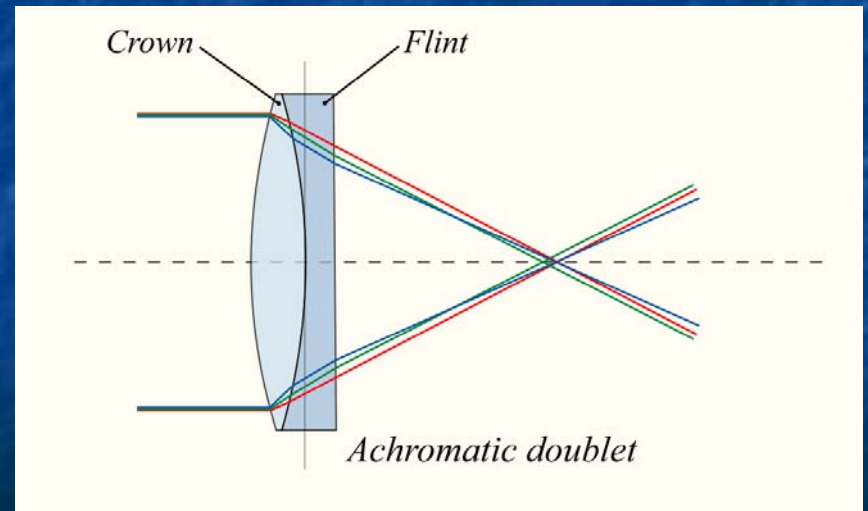
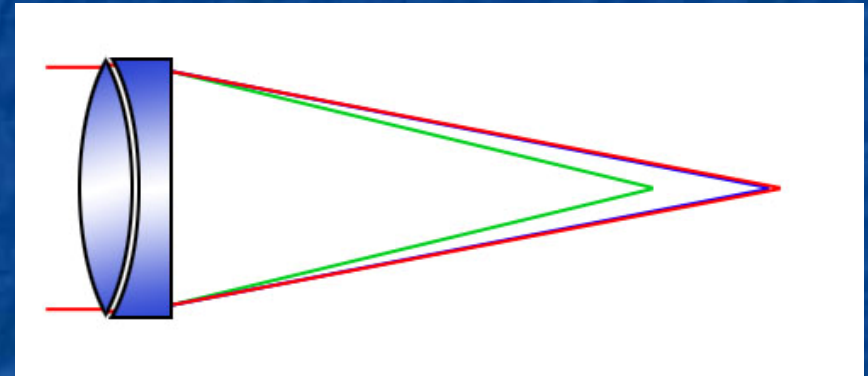
# Aberrazione Cromatica - Soluzioni

- Un prima soluzione è quella di usare lenti con lunghezza focale parecchio più grande del loro diametro. Conseguenza negativa è la bassa luminosità del sistema.



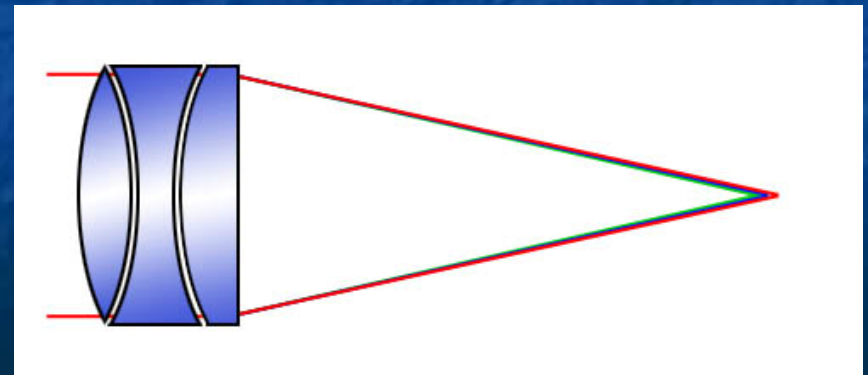
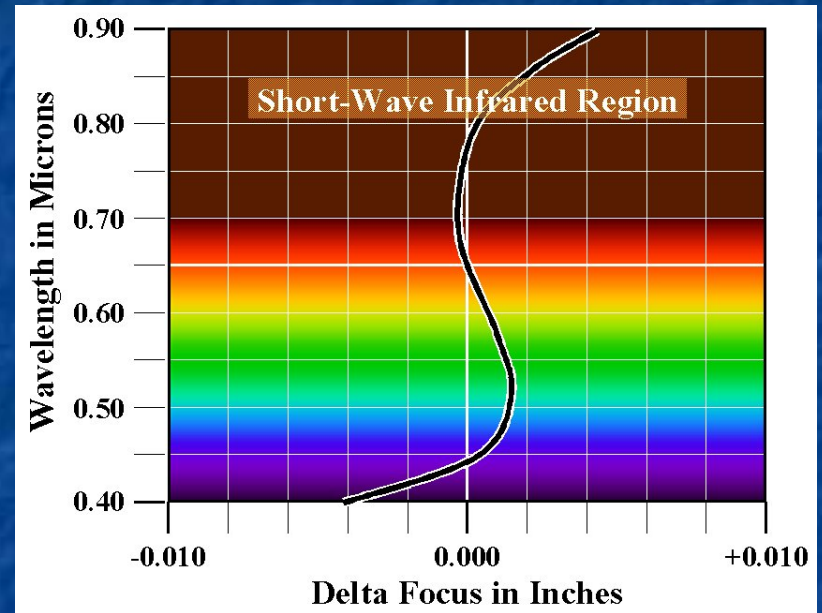
# Aberrazione Cromatica - Soluzioni

- Un passo decisivo fu l'introduzione, nel XVIII sec., del **doppietto acromatico**.
- Il doppietto è costituito da una lente convergente ed una divergente di diverso materiale.
- Il sistema permette però di foccheggiare solo una coppia di colori, il blu ed il rosso.



# Aberrazione Cromatica - Soluzioni

- Nel doppietto acromatico, l'indice di rifrazione del vetro Flint non è lineare a tutte le lunghezze d'onda. Il cromatismo viene ridotto ma non annullato.
- Il problema è risolto con il **tripletto apocromatico** (o di Cooke): ai due elementi si aggiunge un vetro speciale a bassa dispersione (fluorite o terre rare).
- In questo modo, convergono sullo stesso fuoco i tre colori fondamentali, rosso, blu e verde.

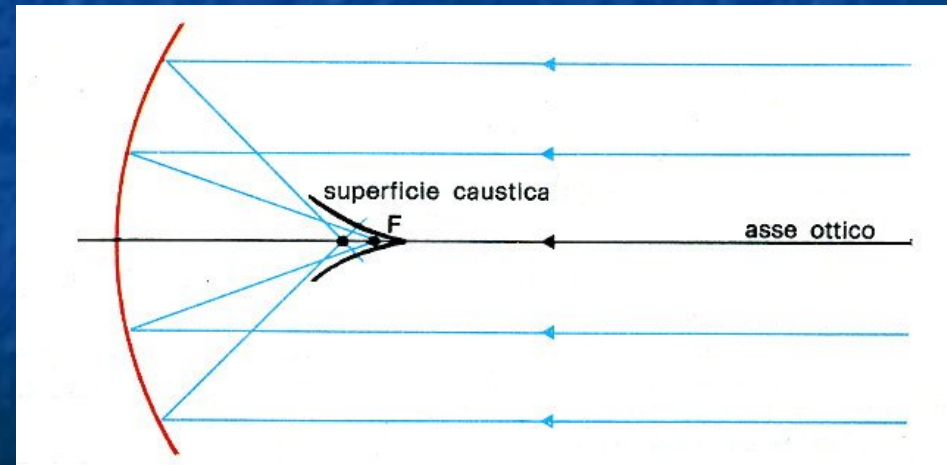
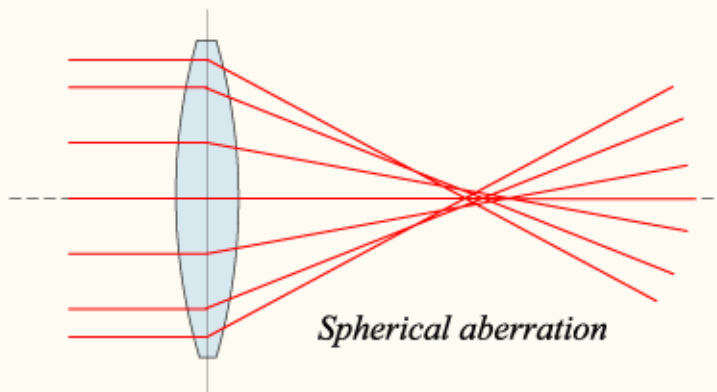


# **Aberrazioni geometriche**



# Aberrazione sferica

- In un sistema geometrico sferico, quanto più un raggio monocromatico è vicino ai bordi, tanto più è messo a fuoco vicino all'obiettivo. **5**
- Avremo un intervallo di punti focali detto *aberrazione sferica longitudinale*; la focheggiatura è sempre un compromesso, le stelle non appariranno mai puntiformi ma come dischetti dai bordi sfumati.



# Aberrazione sferica - Effetti

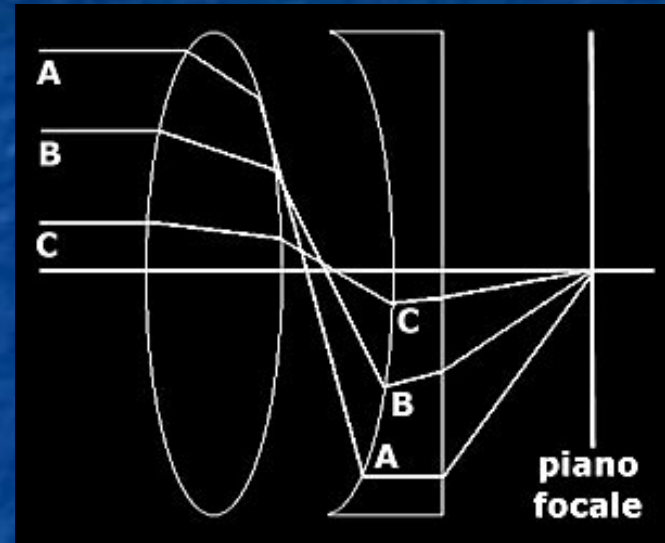


# Aberrazione sferica - Effetti



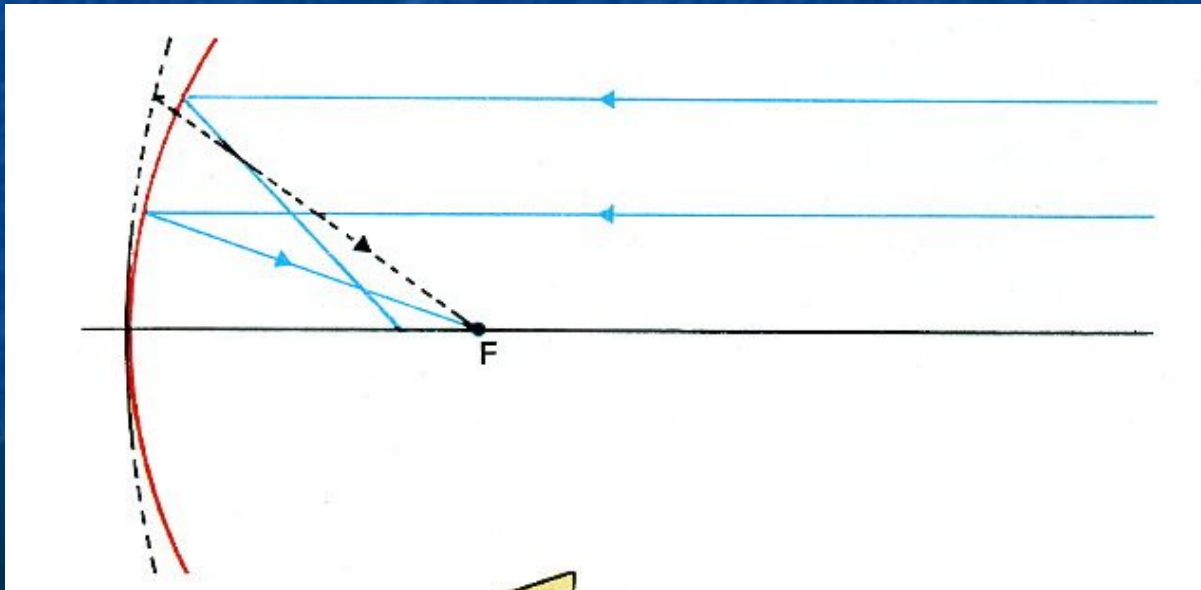
# Aberrazione sferica - Soluzioni

- Utilizzo di strumenti non troppo luminosi (basso rapporto diametro / lunghezza focale).
- Il doppietto acromatico, per i rifrattori, fa sì che le due aberrazioni si sommino algebricamente, annullandosi (quasi).
- Utilizzo di lenti con un profilo diverso da quello sferico (lenti asferiche).



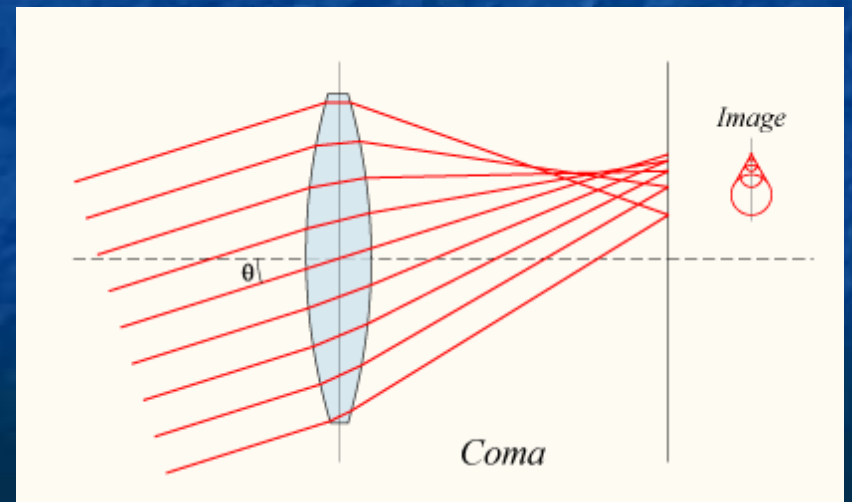
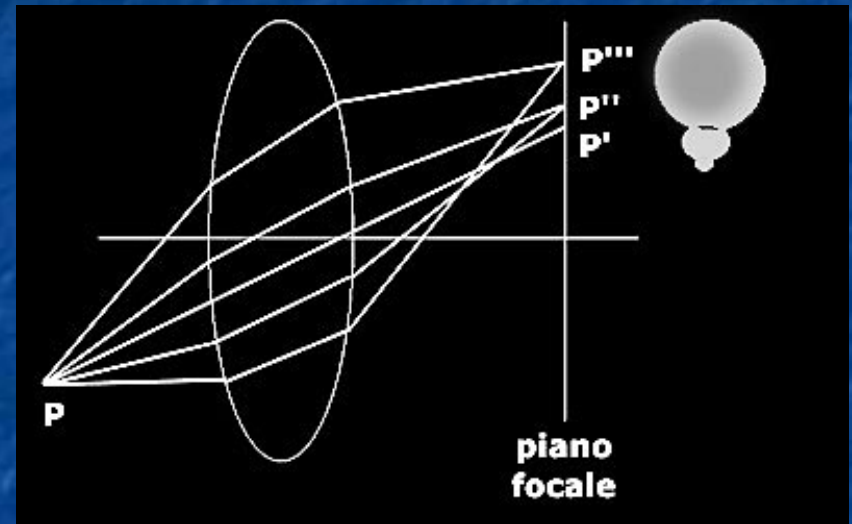
# Aberrazione sferica - Soluzioni

- Nei riflettori, l'aberrazione sferica si corregge dando agli specchi il profilo di una parabola (*paraboloide*).
- Allontanando la parte periferica, tutti i raggi, parassiali e marginali, convergono sul fuoco del sistema.

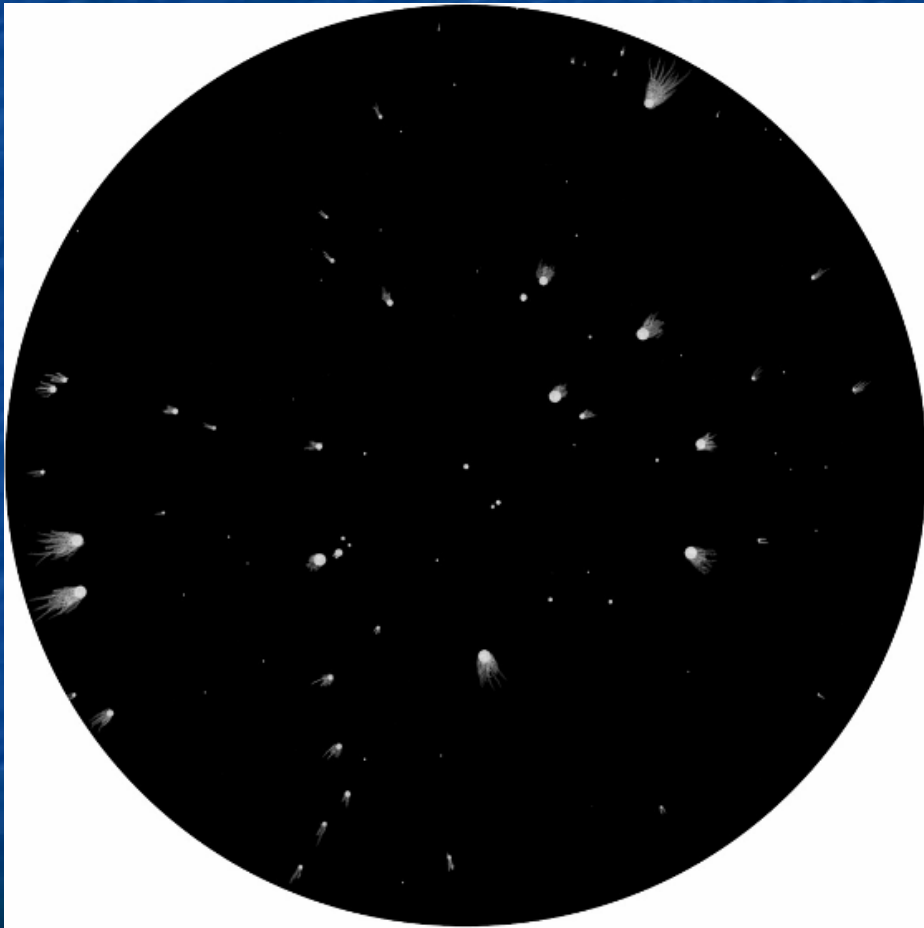


# La Coma

- Aberrazione di tipo extra-assiale.
- I raggi di luce non paralleli all'asse ottico vengono focalizzati su piani diversi, generando una macchia a forma di goccia, che ricorda la chioma di una cometa.
- Si parla di coma interno o esterno a secondo se la chioma è rivolta verso l'asse ottico o verso i bordi.

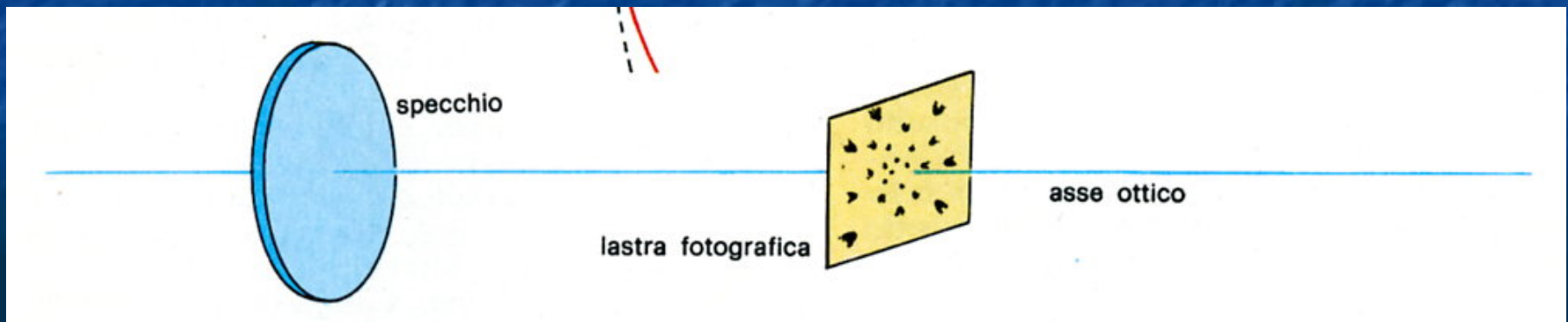
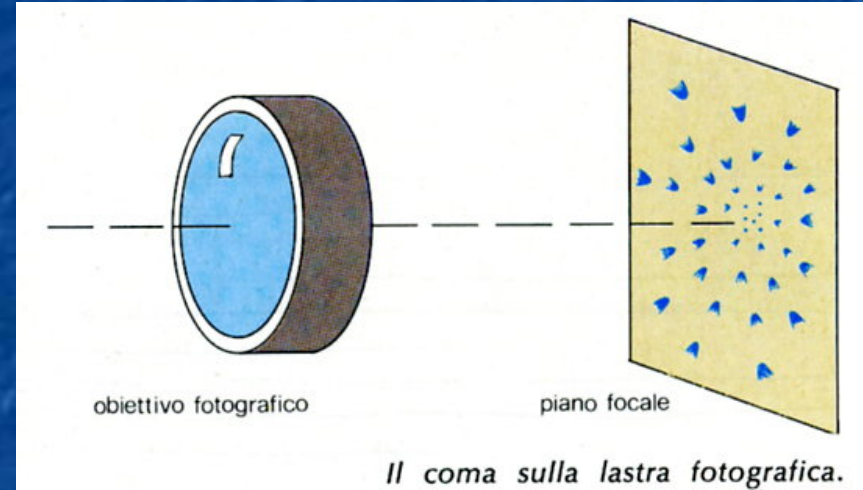


# La coma - Effetti



# La coma

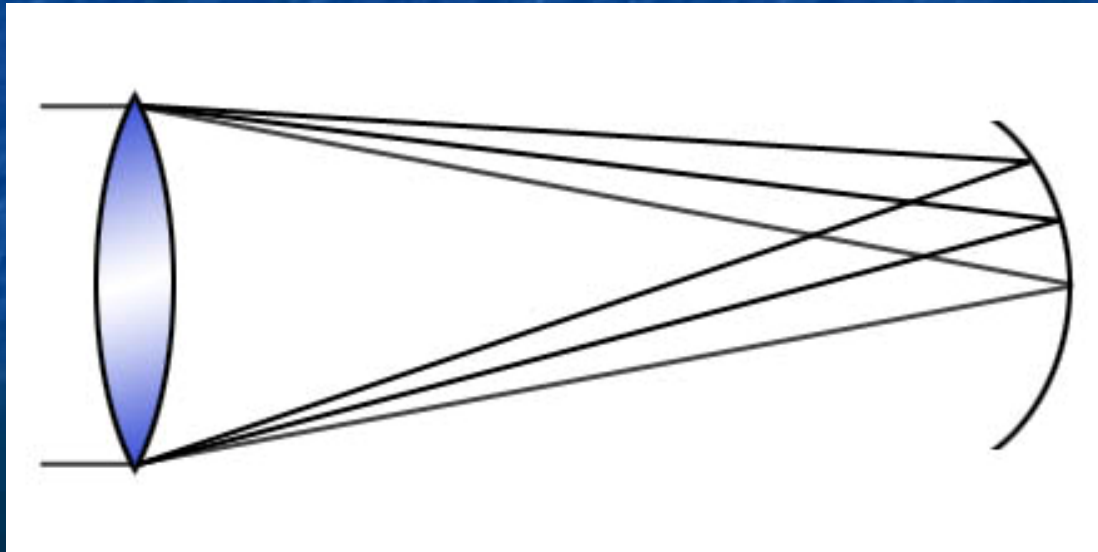
- La coma si presenta sia sui sistemi a lenti che su quelli a specchio.





# Curvatura di campo

- Poiché la lente o lo specchio sono delle calotte curve, i diversi punti immagine non si focalizzano su una superficie piana ma su una superficie sferica, detta superficie di Petzval, di raggio generalmente pari alla lunghezza focale.
- Il problema è comune alla maggior parte dei telescopi.



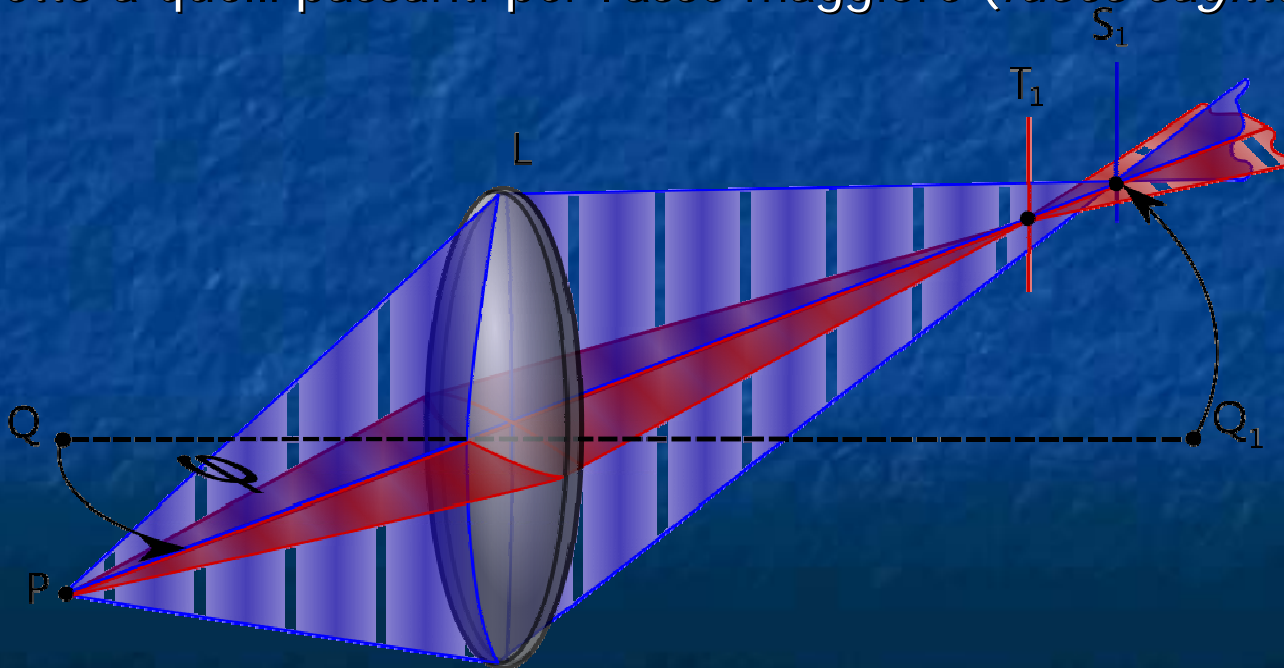
# Curvatura di campo

- Non è possibile mettere simultaneamente a fuoco il centro e la periferia del campo inquadrato.
- Il miglior fuoco è sempre un compromesso.
- In campo fotografico, il problema si affronta interponendo, a monte dell'oculare, dei dispositivi ottici detti spianatori di campo.
- Nell'osservazione visiva, molti oculari permettono una correzione parziale della curvatura.

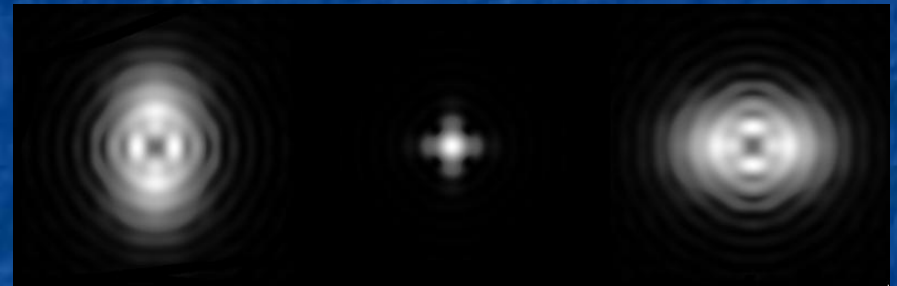
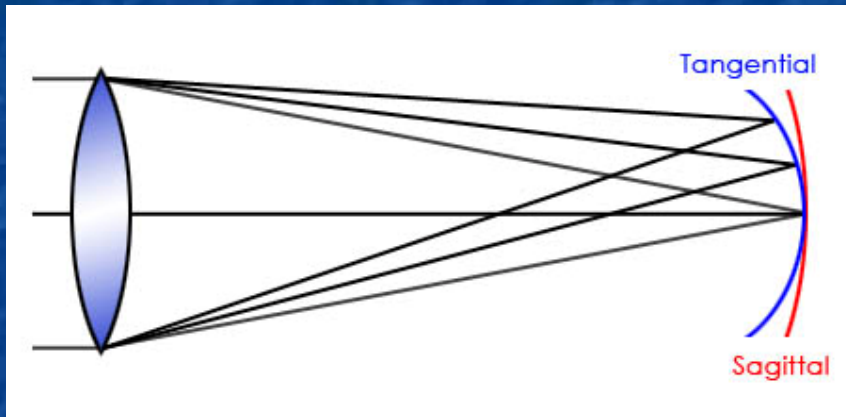


# Astigmatismo

- Per porre rimedio alla curvatura di campo, i progettisti ottici introducono delle deformazioni nelle lenti o specchi.
- Ciò ha come conseguenza l'insorgere dell'astigmatismo.
- In una lente o specchio deformata, i raggi entranti lungo l'asse minore andranno a fuoco (*fuoco tangenziale*) più vicino alla lente rispetto a quelli passanti per l'asse maggiore (*fuoco sagittale*).



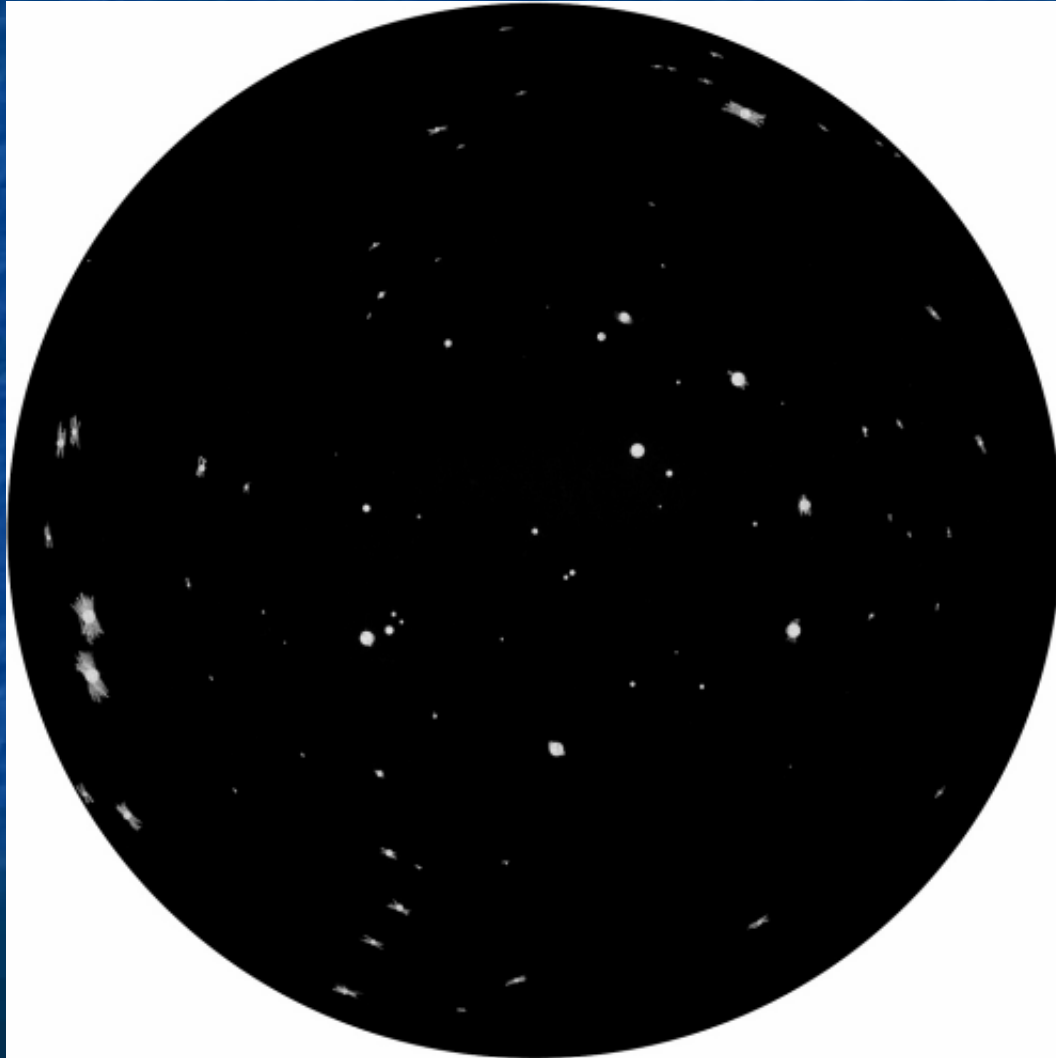
# Astigmatismo



- In pratica, al posto di un'unica superficie focale curva, ne avremo due di curvatura meno accentuata, che coincidono solo sull'asse ottico.
- In fase di progettazione si cerca il miglior compromesso tra astigmatismo e curvatura di campo.



# Astigmatismo - Effetti



FINE