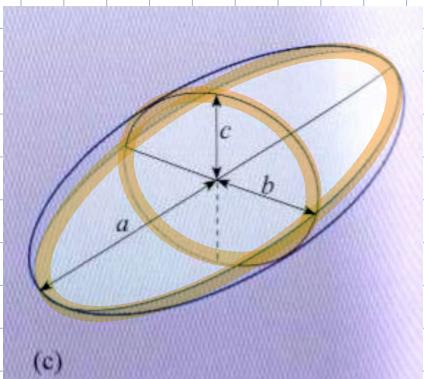


**FORMA INTRINSECA DELLE GALASSIE** → non si parla più di forma apparente

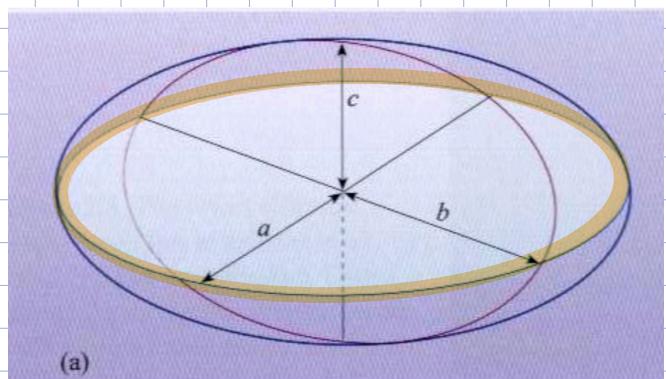
**GALASSIE ELLITICHE** → hanno forma di ellissoidi (oblatti, prolatti, triassiali)

→ forma e orientazione si derivano grazie a:

- presenza di bande di polvere e dischi di gas ionizzato
- e/o nesso che si dispiegano sui piani di equilibrio
- metodi statistici



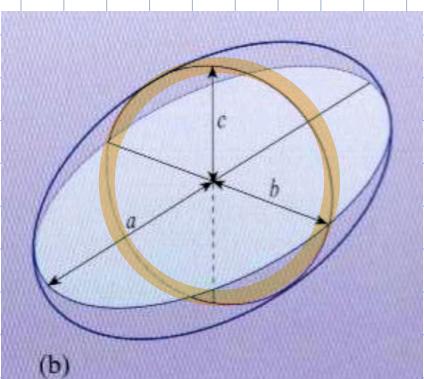
= GAS E POLVERI



$a=b>c$  → **ELLISSOIDE TRIASSIALE**

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$$

2 piani di equilibrio



$a=b>c$  → **ELLISSOIDE OBLATO**

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$$

piano di equilibrio  
1 asse corto

→ ellisse rotata attorno al suo asse minore

→ **ELLISSOIDE PROLATO**

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1$$

$a>b=c$

→ rotazione attorno all'asse lungo

piano di equilibrio  
1 asse lungo

- $a$  = semiasse lungo
- $b$  = semiasse intermedio
- $c$  = semiasse corto

→ forma proiettata varia a seconda della **direzione di vista**

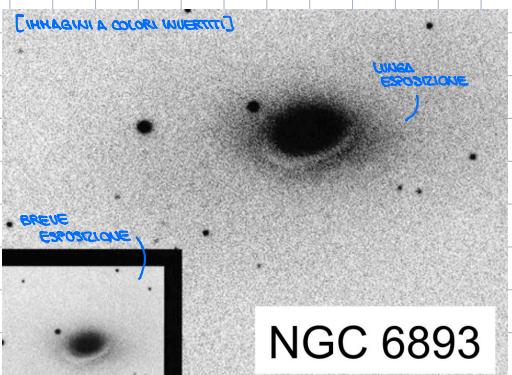
### ELLITICHE CON BANDE DI POLVERI

1) lungo l'**asse maggiore** ⇒ oggetti **oblati**

con pose brevi sintonia delle **bande scure** (chiare in negativo) che oscurano la zona centrale della galassia

→ parallelo all'asse maggiore perché non è visto perpendizialmente da taglio

→ oggetti triassiali con banda ortogonale all'asse corto / **ellissoide oblatto** [piano di equilibrio 1 asse corto]



NGC 6893

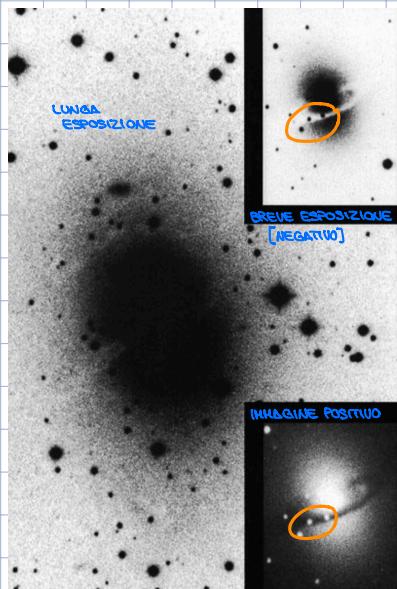
[da Catalogue Atlas]

2) lungo l'asse minore  $\Rightarrow$  oggetto prolati



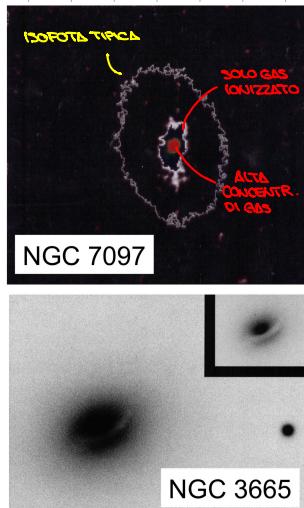
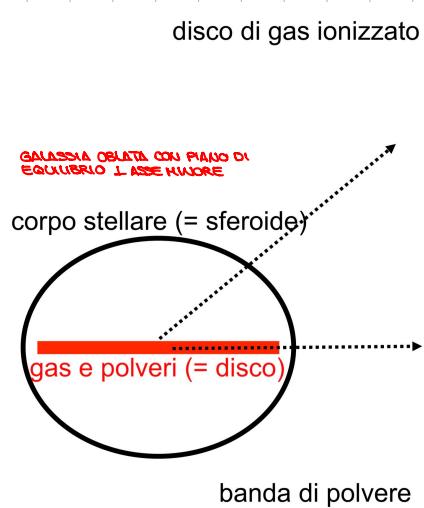
piano di equilibrio + asse lungo  
 $\Rightarrow$  sistema prolati o triassiale

NGC 5266  $\rightarrow$



### RICOSTRUIRE INCLINAZIONE

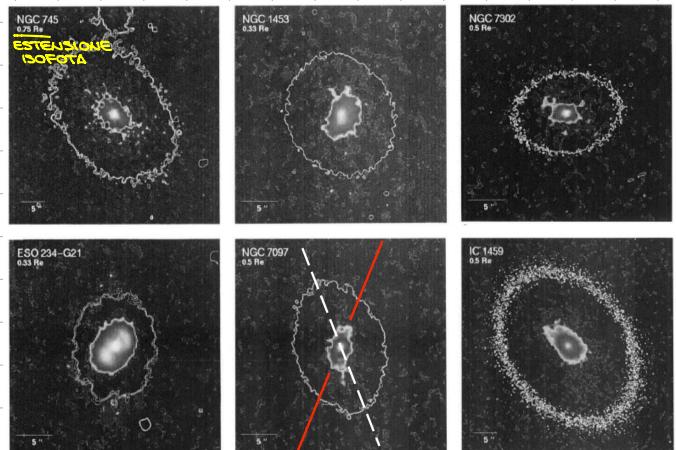
- $\rightarrow$  si osserva la forma apparente della banda di polvere [struttura sottile]
- e il passo da schiacciamento apparente a schiacciamento intrinseco



$\rightarrow$  bande di polvere associate a gas

$\Rightarrow$  stesso struttura visto sotto delle angolazioni diverse

- oggetto di taglio = polvere oscura il contributo delle stelle  $\rightarrow$  BANDA
- oggetto di faccia = polvere molto sottile  $\rightarrow$  DISCO DI GAS la cui forma dipende dall'inclinazione

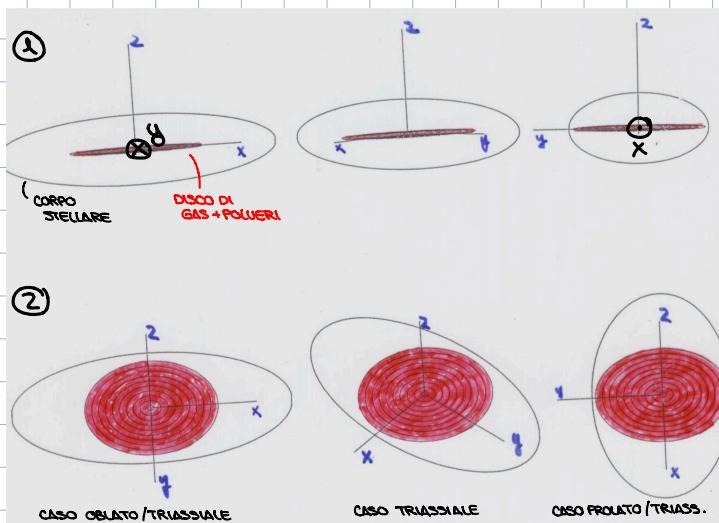


$\rightarrow$  galassia visto sotto diverse direzioni (estensione diversa perché triassiale)

$\rightarrow$  cambia la forma del corpostellare ma non quella del disco di gas

① lungo piano di simmetria

② fuori dal piano di simmetria

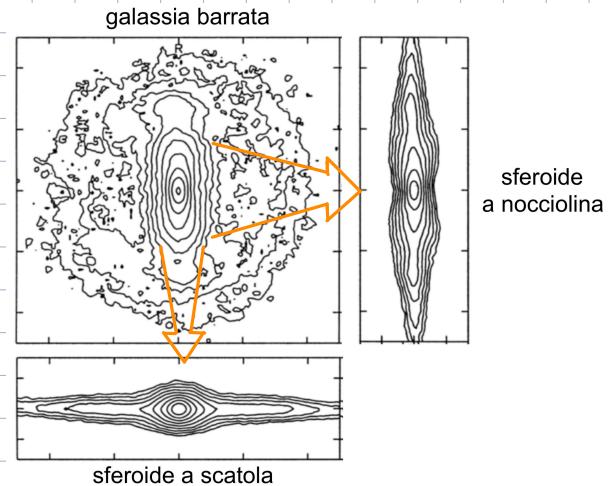


## GALASSIE A DISCO [VEDI SUOE ESEMPI]

- le loro forme (sferoidale = ellisseide, disco = ellisseide oblungo molto schiacciato si deduce osservando galassie con diversa orientazione)
- Orientazione definita dal **disco**, schiacciamento intrinseco decresce con il **Tipo morfologico** e si definiscono:
    - dalle galassie viste di Taglio
    - con metodi statistici

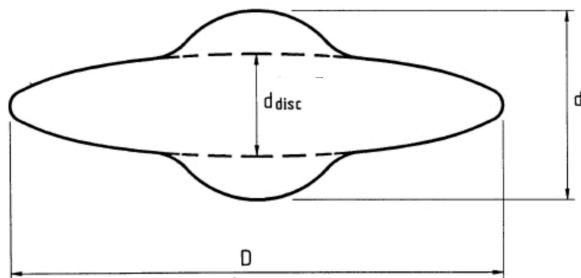
## SFEROIDI E PSEUDOSFEROIDI

- SFEROIDI CLASSICI** (M32, M104): sferoidi oblunghi poco trascinati (simili a ellissi di bassa luminosità)
- PSEUDOSFEROIDI**:
  - sferoidi a scatola (**boxy bulges**): barre viste lungo l'asse maggiore (NGC 4565, NGC 7332)
  - sferoidi a nocciolina (**peanut bulges**): barre viste lungo l'asse intermedio (NGC 128, NGC 7582)
  - sferoidi a disco (**disk-like bulges**): sferoidi oblati molto schiacciati [simili a dischi] (NGC 1353, NGC 6381)



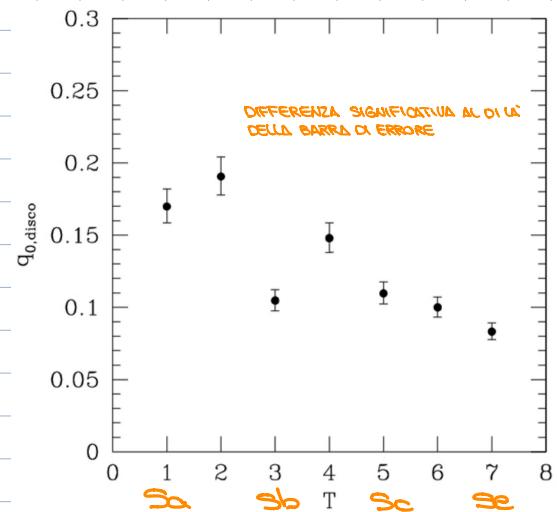
## SCHIACCIAMENTO INTRINSECO [galassie viste di Taglio]

[DISCO + SFEROIDE PRODUCE DELLE ISOFOTE A DISCO DA MOLTO ALTO]



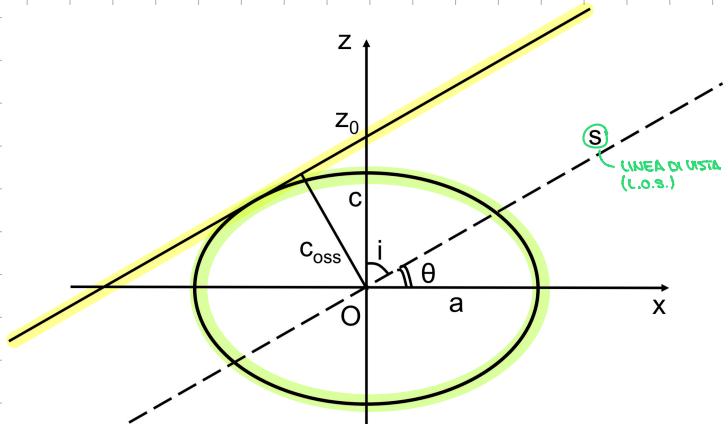
→ il rapporto  $q = d/D$  è contrattinato dalla luce dello sferoide  
Lo schiacciamento intrinseco del disco è  $q_{0, \text{disc}} = d_{\text{disc}}/D$   
[estrapolo logaritmo del disco dalle regioni estreme]

Lo schiacciamento intrinseco del disco diminuisce con il **Tipo morfologico**



## SCHIACCIAKENTO INTRINSECO : METODO STATISTICO

→ HP: ASSUNGO TUTTE LE GALASSIE COME SFEROIDI OBLATI



rapporto ossiale apparente

$$q_{\text{oss}} = c_{\text{oss}} / a_{\text{oss}} = c_{\text{oss}} / a$$

rapporto ossiale intrinseco

$$q = c/a$$

$$\begin{cases} \frac{x^2}{a^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1 \\ z = \tan \theta x + z_0 = \tan \left( \frac{\pi}{2} - i \right) x + z_0 = (\cot i) x + z_0 \end{cases}$$

→ cerco intersezione tra ellisse e retta tangente parallela alla linea di vista

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{(\cot i x + z_0)^2}{c^2} = 1 \quad \frac{x^2}{a^2} + \frac{\cot^2 i x^2}{c^2} + \frac{2 \cot i x z_0}{c^2} + \frac{z_0^2}{c^2} = 1$$

$$\left( \frac{1}{a^2} + \frac{\cot^2 i}{c^2} \right) x^2 + \frac{2 \cot i x z_0}{c^2} + \left( \frac{z_0^2}{c^2} - 1 \right) = 0$$

$$\Rightarrow \Delta = \frac{\cot^2 i z_0^2}{c^4} - \left( \frac{1}{a^2} + \frac{\cot^2 i}{c^2} \right) \left( \frac{z_0^2}{c^2} - 1 \right) = 0$$

$$\frac{\cot^2 i z_0^2}{c^4} - \frac{z_0^2}{a^2 c^2} + \frac{1}{a^2} - \frac{\cot^2 i z_0^2}{c^4} + \frac{\cot^2 i}{c^2} = 0$$

$$\frac{\cot^2 i}{c^2 \sin^2 i} + \frac{1}{a^2} - \frac{1}{a^2 c^2} \frac{\cot^2 i}{\sin^2 i} = 0$$

$$\cot^2 i + \frac{c^2}{a^2} \sin^2 i - \frac{\cot^2 i}{a^2} = 0 \quad \Rightarrow \quad \cot^2 i + q^2 \sin^2 i - q_0^2 = 0$$

considerando

$$z_0 \sin i = c_0$$

dove:  $i$  = inclinazione

$q$  = rapporto ossiale intrinseco

$q_0$  = rapporto ossiale osservato

UTILIZZO :

① conoscendo  $q_0$  (anche dalla classificazione) e  $i$  (da disco di gas)

$$\Rightarrow \text{risotto } q$$

② conoscendo  $i$  e  $q$   $\Rightarrow$  risotto  $q_0$

③ conoscendo  $q$  e  $q_0$   $\Rightarrow$  risotto  $i$

} se trovano ho un buon modello dinamico

Potrei rimaneggiare l'espressione per renderla più utilizzabile

caso ④

$$(1 - \sin^2 i) + q^2 \sin^2 i = q_0^2$$

$$1 - \sin^2 i + q^2 \sin^2 i = q_0^2$$

$$(q^2 - 1) \sin^2 i = (q_0^2 - 1)$$

$$\sin^2 i = \frac{q_0^2 - 1}{q^2 - 1}$$

$$\sin i = \sqrt{\frac{q_0^2 - 1}{q^2 - 1}}$$

$$i = \arcsin \sqrt{\frac{q_0^2 - 1}{q^2 - 1}}$$

Caso ③

$$\cos^2 i + q^2(\lambda - \cos^2 i) = q_0^2$$

$$\cos^2 i + q^2 - q^2 \cos^2 i = q_0^2$$

$$\cos^2 i = \frac{q_0^2 - q^2}{\lambda - q^2}$$

$$\cos i = \sqrt{\frac{q_0^2 - q^2}{\lambda - q^2}}$$

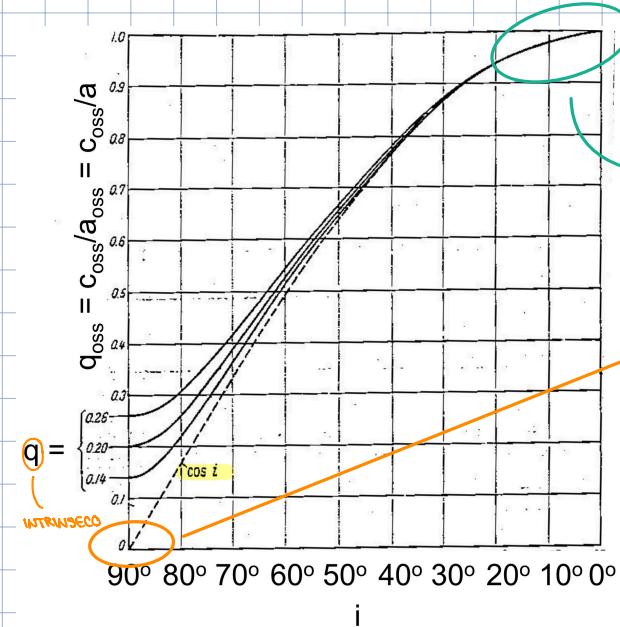
$$i = \arccos \sqrt{\frac{q_0^2 - q^2}{\lambda - q^2}}$$

se  $q=0 \Rightarrow \cos i = q_0 \quad i = \arccos q_0 \rightarrow$  espressione valida per dischi infinitamente sottili

se la galassia è visto face-on  $\Rightarrow q_0 = \lambda$

$$i = \arccos \sqrt{\frac{\lambda - q^2}{\lambda - q^2}} = \arccos(\lambda) = 0$$

ricado nel caso infinitamente sottili (non vedo lo spessore)



→ relazione tra inclinazione e rapporto assiale osservato  
per angoli bassi posso approssimare l'andamento del grafico di  $\cos i$   
(devo dare barre di errore)

per un disco infinitamente sottile ho  $q_0$  nullo quando visto edge-on

## SPERI DELLE ORIENTAZIONI

sfera di area unitaria e quindi di raggio  $r = \lambda/(2\sqrt{\pi})$

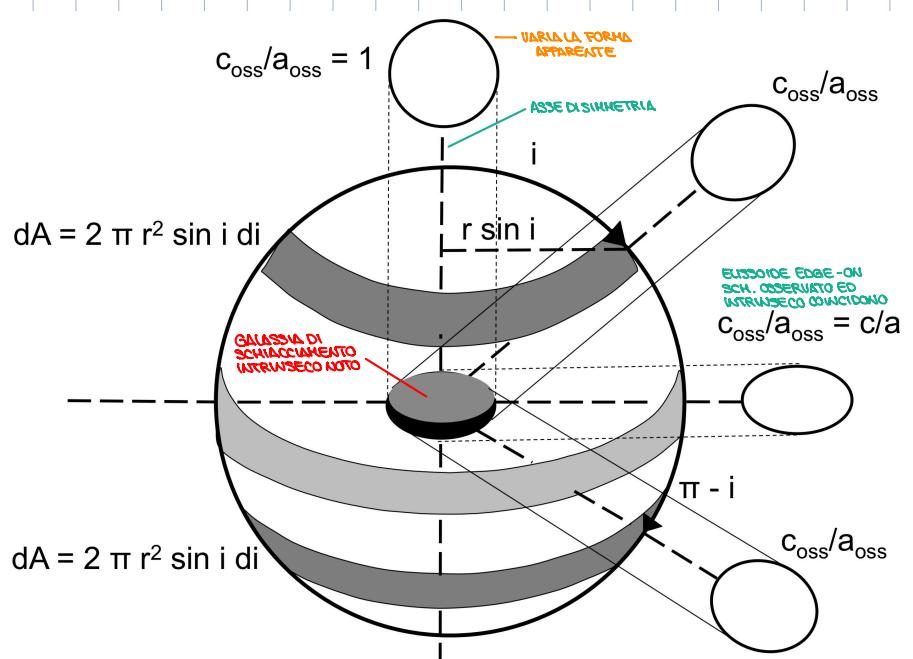
centrata sull'ellisseide in esame, in ogni suo punto definisce una direzione

di osservazione dell'ellisseide passato dall'angolo  $i$  contatto a partire dall'asse di simmetria dell'ellisseide (face-on).

Ogni angolo  $i$  definisce un parallelo della sfera di lunghezza  $2\pi \sin i$

→ posso usare la sfera per definire la probabilità  $P(q_1 < q_0 < q_2, i)$

di osservare un rapporto ossiale  $q_0(i, q)$  compreso tra i valori  $q_1(i_1, q)$  e  $q_2(i_2, q)$



$P(q_1 < q_0 < q_2) \rightarrow$  doppio dell'area della corona sferica compresa tra i paralleli definiti da  $i_1$  e  $i_2$  [doppio perché rapporto orizzontale per  $i_0$  è uguale a quello per  $\pi - i_0$ ]

Area corona circolare corrisponde all'area di un rettangolo con base  $2\pi r \sin i$  e altezza  $r \sin(i)$  (radianti)  $\rightarrow dA = 2\pi r^2 \sin i di$

$$\begin{aligned} P(q_1 < q_0 < q_2) &= 2 \int_{q_1}^{q_2} dA = \frac{4\pi r^2}{2} \int_{q_1}^{q_2} \sin i di \quad \text{per hp lo sfero ha area circolare} \\ &= \int_{q_1}^{q_2} \sin i di = - \int_{q_1}^{q_2} d(\cos i) \\ &= - \int_{q_1}^{q_2} \frac{q_0}{\sqrt{1-q^2} \sqrt{q_0^2-q^2}} dq_0 = - \frac{1}{\sqrt{1-q^2}} \left[ \sqrt{q_0^2-q^2} \right]_{q_1}^{q_2} \end{aligned} \Rightarrow (0 < q_0 < 1, q) = l$$

### FUNZIONE DI DISTRIBUZIONE DEI RAPPORTI ASSIALI INTRINSECI

Supponiamo di avere un numero  $N_T$  di galassie ellittiche o galassie a disco dello stesso tipo morfologico con  $q$  variabile tra 0 e 1 distribuito secondo una probabilità  $f(q)$

Il numero  $N(q_1 < q_0 < q_2)$  di galassie con schiacciamento apparente  $q_0$  compreso tra  $q_1$  e  $q_2$  sarà dato dalla probabilità  $P(q_1 < q_0 < q_2)$  pesata per  $f(q)$

$$\begin{aligned} N(q_1 < q_0 < q_2) &= N_T \int_0^1 f(q) dq P(q_1 < q_0 < q_2) \\ &= -N_T \int_0^1 f(q) dq \int_{q_1}^{q_2} \frac{q_0}{\sqrt{1-q^2} \sqrt{q_0^2-q^2}} dq_0 \\ &= -N_T \int_0^1 \frac{f(q)}{\sqrt{1-q^2}} dq \left[ \sqrt{q_0^2-q^2} \right]_{q_1}^{q_2} \\ &= -N_T \int_0^1 \frac{f(q)}{\sqrt{1-q^2}} \left[ \sqrt{q_2^2-q^2} - \sqrt{q_1^2-q^2} \right] dq \end{aligned}$$

$\rightarrow N$  e  $N_T$  sono osservabili e quindi note mentre  $f(q)$  è incognita  
[assumo una funzione e valuto la compatibilità, se bene se lo scarto è minore di  $\sqrt{N}$ ]

\* lenticulari e spirali  $\Rightarrow$  GAUSSIANA

$$f(q) \propto \exp \left[ -\frac{(q_0 - q)^2}{2\sigma^2} \right]$$

$$\text{con } q = 0.25 \text{ e } \sigma = 0.06$$

\* ellittiche  $\Rightarrow$  • GAUSSIANA con  $q = 0.65$  e  $\sigma = 0.18$

$$f(q) \propto \left( 1 + \frac{q_0 - q}{\alpha} \right)^\rho \exp[-\rho(q_0 - q)^2]$$

$$\text{con } q = 0.58, \alpha = 0.31, \rho = 3.0$$

$$f(q) \propto \begin{cases} \cos \pi (0.3 - q) & 0.3 \leq q \leq 1 \\ 0 & 0 \leq q < 0.3 \end{cases}$$