

Studio fotometrico delle Galassie Early type dell'ammasso della Vergine (Virgo Cluster)

Progetto Educativo “Il Cielo come laboratorio”

a.s. 2003-2004

Scuola Polo Liceo Scientifico E.Curiel

Lavoro realizzato da :

Barasti Lorenzo, Bauce Matteo, Carraro Valentina,
Saadeh Daniela, Saccone Filippo, Simonato Sara
(*Liceo S.S. E.Curiel - PD*)

Balbo Matteo, Montalbano Marco, Valente Matteo
(*Liceo S.S. A.Cornaro - PD*)

Monetti Stefano
(*Liceo S.S. G.Galilei - Dolo VE*)

Con la collaborazione di :

Dott. D'Onofrio Mauro – Dipartimento di Astronomia Università di Padova
Prof.ssa Scalabrin Marzia - Referente del progetto
Prof.sse Ferracin Emanuela e Zudori Annamaria – Liceo S.S. A.Cornaro

Cosa sono gli ammassi di galassie?

- Sono agglomerati enormi che contano numerose galassie.
- Si distinguono in base alla loro morfologia in **AMMASSI REGOLARI e IRREGOLARI**

Il grande ammasso più vicino a noi è l'ammasso della Vergine



circa 2000 galassie





Ammasso

Vergine

**Distanza
(Mpc)**

18,3 ca

Galassie

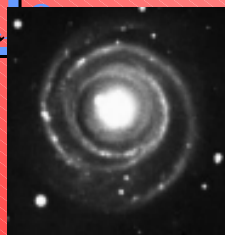
2500 ca

**Velocità
rad.(km/s)**

+1.150 ca

Cosa sono le galassie Early Type?

- Sono galassie aventi forma sferoidale
- Hanno un caratteristico colore rossastro
- Poca quantità di gas freddi e polveri
- Sono prive di strutture evidenti al contrario delle galassie a spirale



classificate in base alle dimensioni e la struttura dei cosiddetti bracci di spirale

come abbiamo proceduto...

- **Analisi immagine**

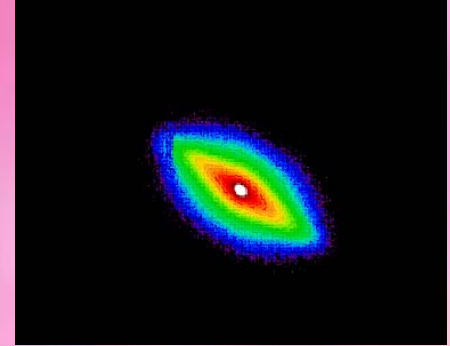


- **Raccolta ed elaborazione dati**



- **Osservazioni e conclusioni**

2) Analisi immagini

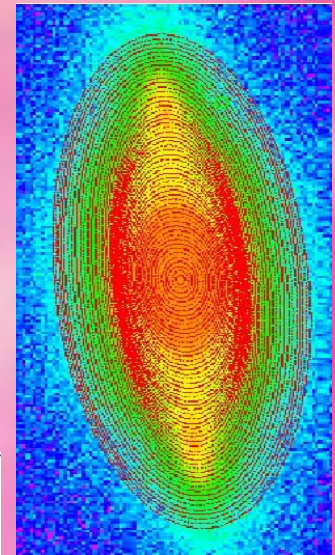


3) Raccolta ed elaborazione dati

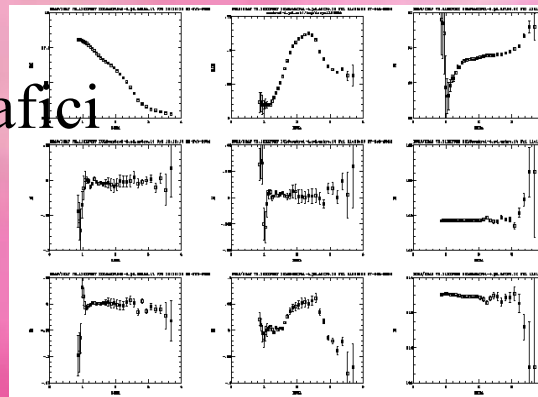
- Determinazione delle isofote

row	SMA	RSMA	ELLIP	ELLIP_ERR	PA	PA_ERR	X0	Y0	MAG_LERR
	pixel				degrees	degrees	pixel	pixel	
1	6.05	1.57	0.2574	0.0144	2.23	1.68	155.95	287.36	0.00282
2	6.66	1.61	0.2546	0.0170	2.93	2.21	155.96	287.33	0.00360
3	7.32	1.64	0.2691	0.0130	3.45	1.61	155.95	287.32	0.00302
4	8.05	1.68	0.2902	0.0096	3.82	1.11	155.94	287.36	0.00227
5	8.86	1.73	0.3193	0.0115	4.76	1.25	155.91	287.43	0.00210
6	9.74	1.77	0.3368	0.0110	6.46	1.13	155.88	287.52	0.00281
7	10.72	1.81	0.3386	0.0085	6.36	0.88	155.89	287.33	0.00242
8	11.79	1.85	0.3659	0.0067	5.21	0.65	155.88	287.26	0.00227
9	12.97	1.90	0.3837	0.0088	6.02	0.83	155.87	287.30	0.00245
10	14.27	1.94	0.4167	0.0070	5.31	0.62	155.83	287.41	0.00235
11	15.69	1.99	0.4324	0.0067	5.63	0.59	155.82	287.48	0.00217
12	17.26	2.04	0.4376	0.0063	6.39	0.55	155.81	287.59	0.00213
13	18.99	2.08	0.4491	0.0069	7.16	0.58	155.80	287.68	0.00219
14	20.89	2.14	0.4622	0.0052	7.01	0.43	155.89	287.61	0.00226
15	22.97	2.19	0.4780	0.0047	7.09	0.38	155.96	287.31	0.00231
16	25.27	2.24	0.4953	0.0049	7.41	0.39	155.94	287.52	0.00210
17	27.80	2.30	0.5046	0.0048	7.12	0.37	156.07	287.08	0.00249
18	30.58	2.35	0.5095	0.0057	7.49	0.44	156.06	287.39	0.00241
19	33.64	2.41	0.5192	0.0050	7.91	0.39	155.92	287.12	0.00228
20	37.00	2.47	0.5192	0.0058	8.51	0.45	156.00	287.32	0.00266
21	40.10	2.53	0.5035	0.0052	8.51	0.41	155.89	287.93	0.00245
22	44.17	2.59	0.4810	0.0045	8.28	0.37	155.81	287.47	0.00225
23	49.25	2.65	0.4625	0.0054	7.00	0.45	156.03	287.25	0.00237
24	54.17	2.71	0.4348	0.0055	4.96	0.48	155.63	287.79	0.00226
25	59.59	2.78	0.4027	0.0086	4.96	0.79	155.72	286.78	0.00248
26	65.55	2.85	0.3831	0.0072	2.11	0.68	155.70	287.42	0.00227
27	72.10	2.91	0.3667	0.0106	2.11	1.03	156.12	286.93	0.00217

- Estrazione dati isofote



- Creazione tabelle e grafici



4) Osservazioni e conclusioni

Ogni gruppo ha organizzato e interpretato i dati raccolti elaborando nuove informazioni sulle galassie considerate

Note sulle approssimazioni

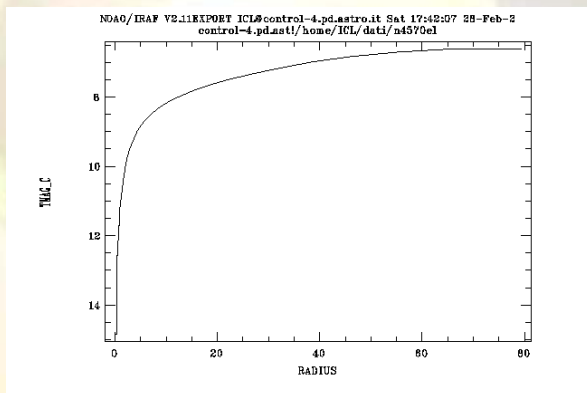
Nel raccogliere ed elaborare i dati abbiamo trascurato:

- 1) Errori nella calibrazione dello strumento
- 2) Errori nell'extrapolazione dei dati
- 3) Errori dovuti all'estinzione atmosferica
- 4) Errori dovuti all'estinzione galattica

1) Errori di calibrazione

- Ogni strumento esegue rilevamenti secondo una scala propria. Per confrontare i dati si utilizza una scala convenzionale: la scala Johnson.
- $m_S = B + a(B - V) + k$
(m_S = magnitudine rilevata, B = mag Johnson, a e k costanti V = mag nel visibile)

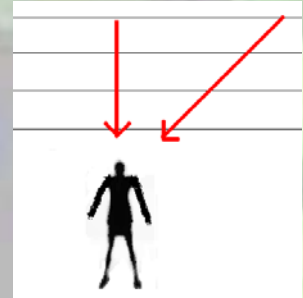
2) Errori di estrapolazione



Considerando valori di r periferici il rapporto Segnale/Rumore tende a 1, rendendo il disturbo più evidente.

3) Errori di estinzione atmosferica

Il fenomeno è determinato dalla presenza di massa d'aria (airmass) tra l'oggetto e l'osservatore telescopi terrestri.



$$\text{airmass} = 1/\cos z$$

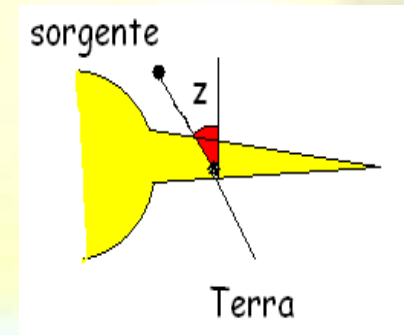
Per correggere il problema:

$$M'_S = M_S + k \sec z^*$$

*z= angolo compreso tra zenith, osservatore e oggetto, M'_S =mag corretta, M_S = mag rilevata, k costante

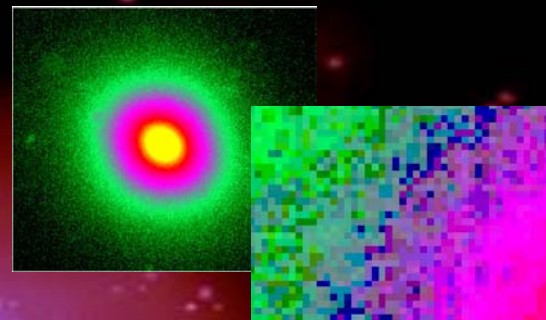
4) Estinzione galattica

- Fenomeno dovuto all'assorbimento delle radiazioni da parte delle polveri e dal rumore dei corpi della Via Lattea
- Il fenomeno è trascurabile in direzione del disco ma consistente verso il bulge



Per affrontare questo lavoro abbiamo approfondito le
nostre conoscenze su...

✓ **Rilevatori CCD (Charged Coupled Devices)**

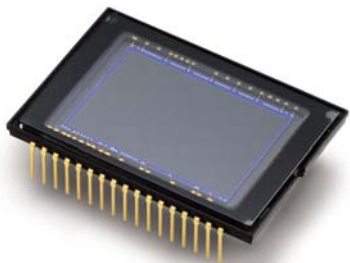


✓ **Parametri misurabili delle Galassie**

✓ **Problema delle distanze in astronomia**

✓ **Morfologia delle galassie**

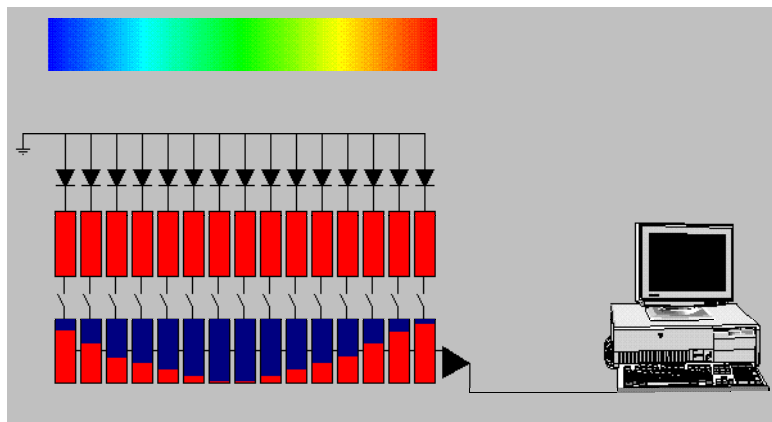
Si usano perciò i CCD, caratterizzati da



- Grande sensibilità
- Linearità segnale
- Immagini digitali

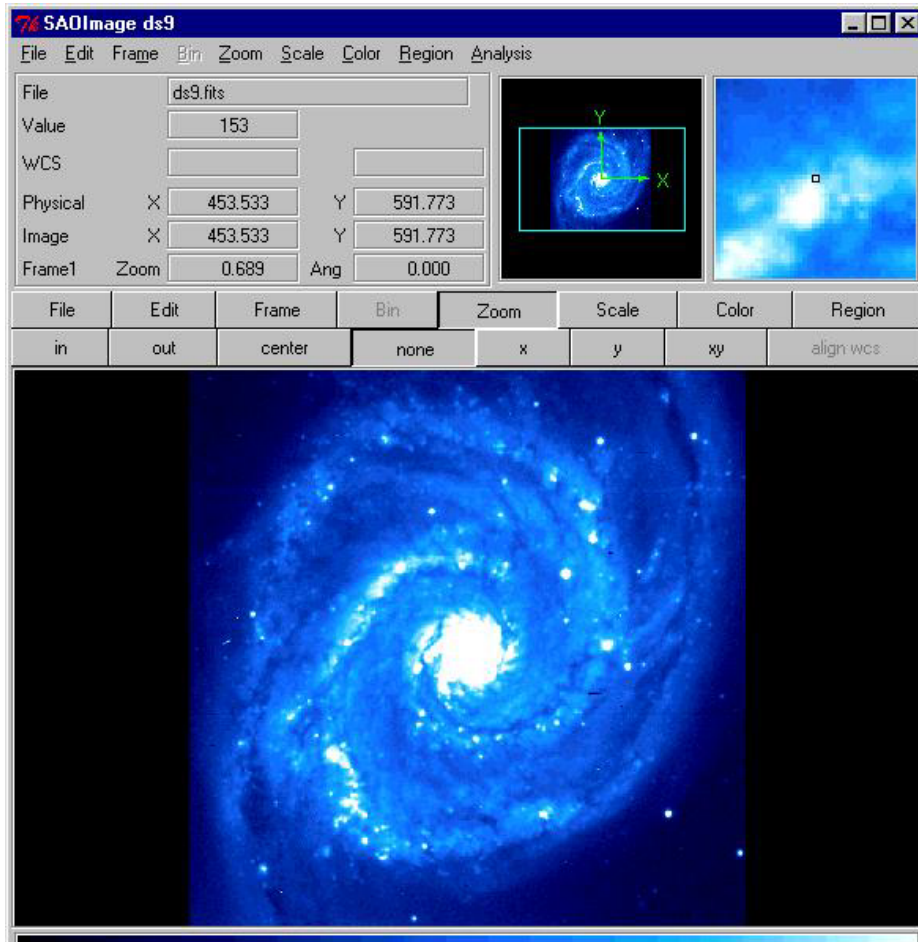
E' possibile lavorare sulle immagini ottenute

Funzionamento dei CCD



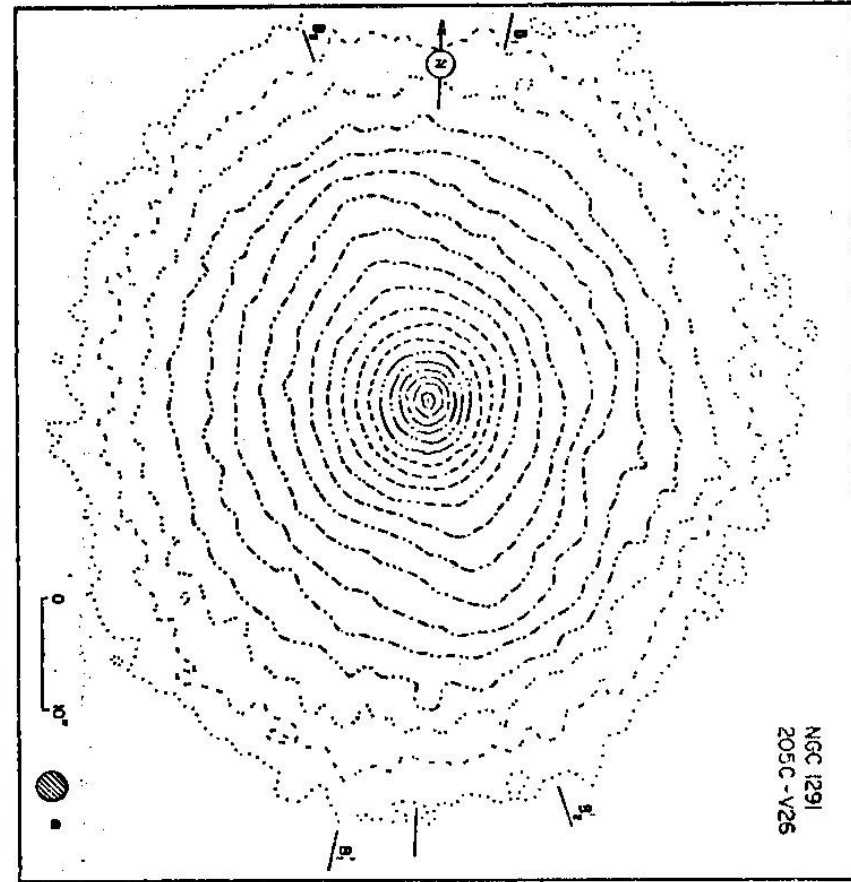
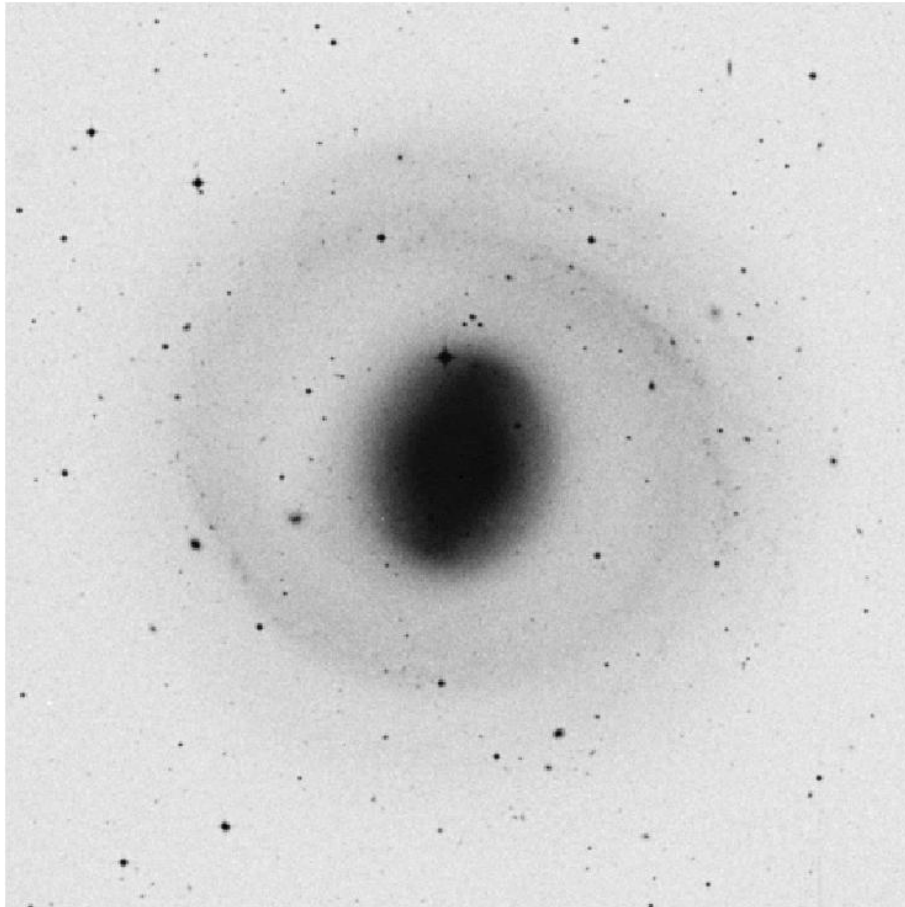
I CCD convertono i fotoni percepiti da ogni singolo pixel ottenendo su un computer una mappatura digitale della luminosità del campo osservato.

Elaborazione immagini



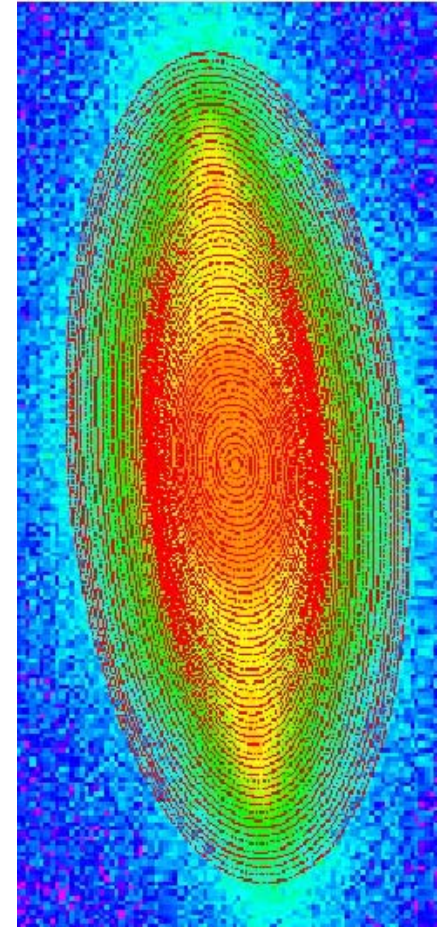
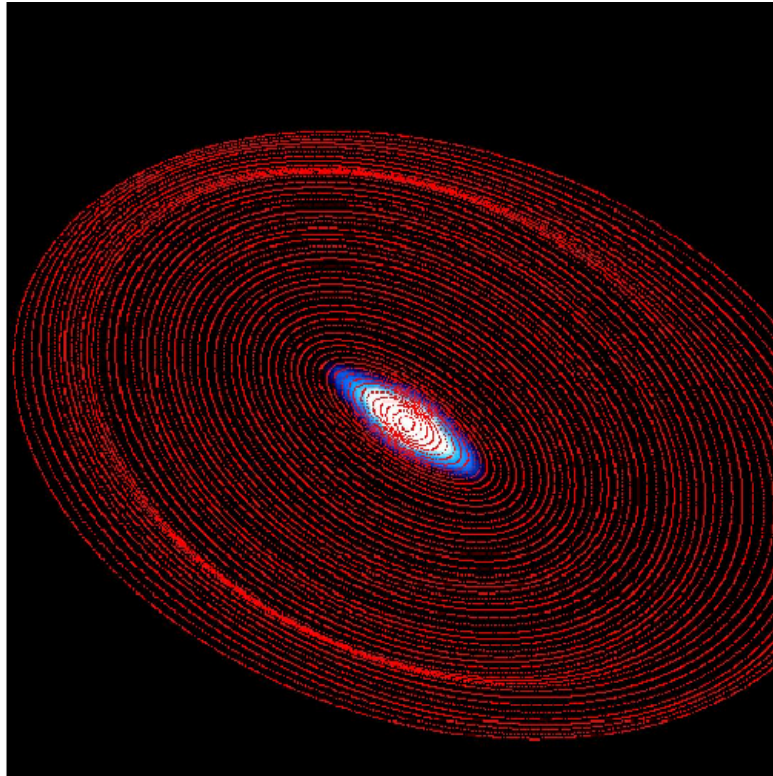
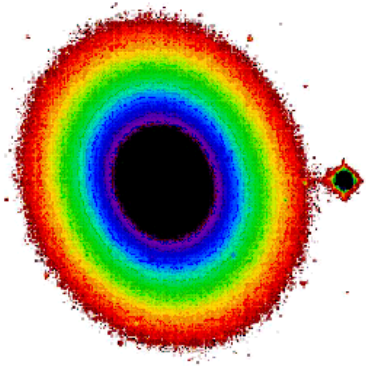
Con alcuni software
(es. IRAF) è
possibile elaborare i
dati ottenuti dalle
immagini del CCD.

Le isofote

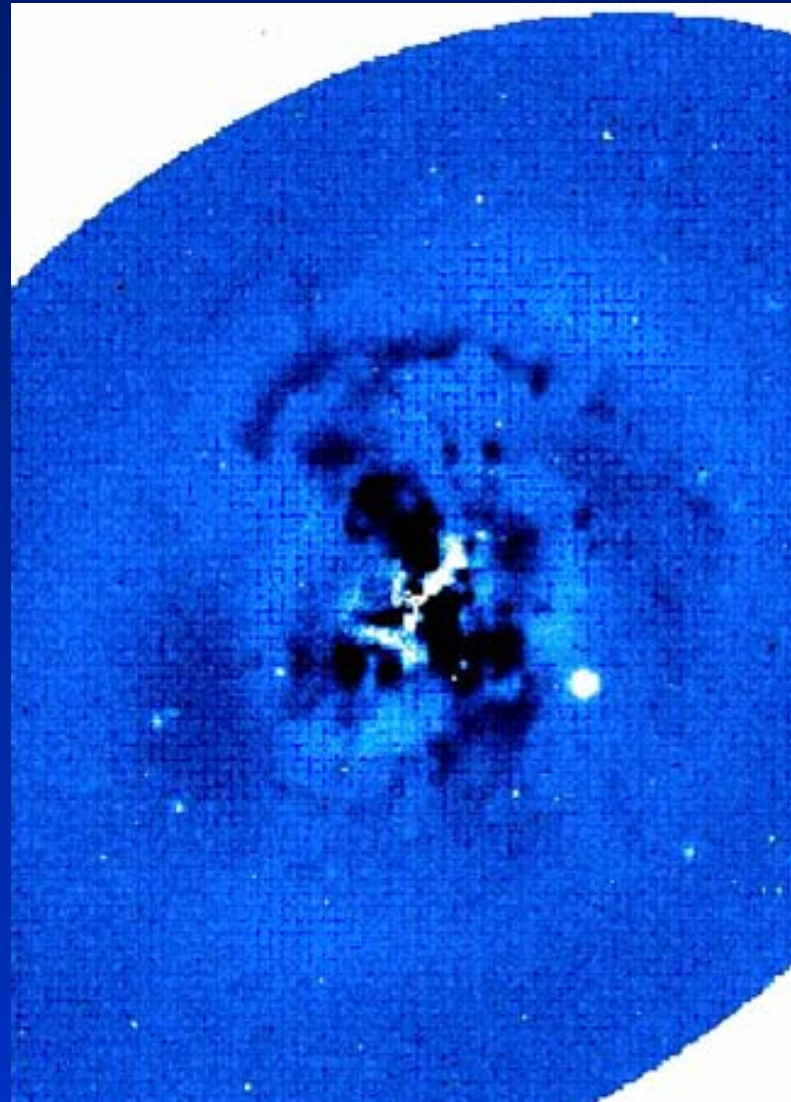


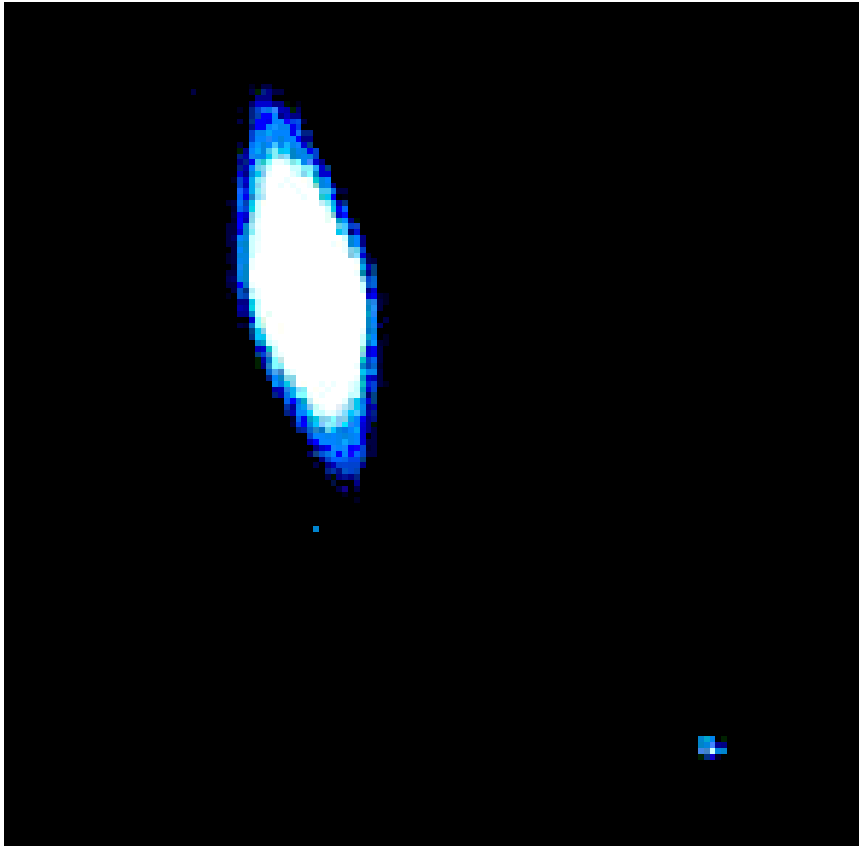
Le isofote sono le linee che congiungono i punti con la stessa brillantezza superficiale, rilevata con il CCD.

Utilizzando le isofote si possono creare immagini in falsi colori delle galassie



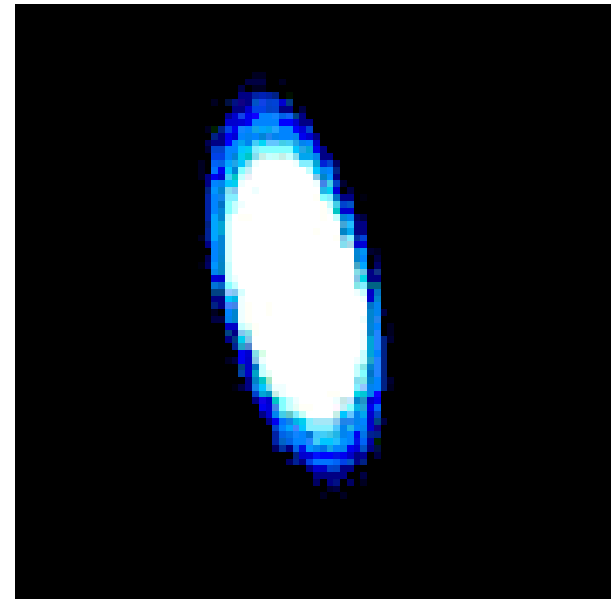
In alcuni casi per evidenziare strutture particolari è stato compiuto un lavoro di sottrazione tra l'immagine originale e un modello creato a partire dalle isofote





← Immagine
originale

Modello ricostruito →
tramite lo studio delle
isofote e della morfologia
della galassia



Parametri misurabili delle Galassie

- Si risale alla magnitudine della galassia con la relazione:

$$\text{mag}_{(\text{radius})} = \mu_{\text{sky}} - 2.5 \text{Log}(T_{\text{flux}(\text{radius})}/I_{\text{sky}})$$

(essendo μ_{sky} e I_{sky} la brillantezza del cielo e il numero di conteggi CCD dovuti al cielo e $T_{\text{flux}(\text{radius})}$ il flusso di apertura)

- Ottenuto il valore della magnitudine apparente si ricava quello della magnitudine assoluta (come se fosse a $d=10$ pc) nota la distanza dell'oggetto:

Mag assoluta Mag apparente Distanza

$$M = m + 5 - 5 \text{Log} d$$

- Con la magnitudine assoluta di una galassia si può stimare quante stelle come il sole contiene. Infatti:

The diagram illustrates the relationship between absolute magnitude and luminosity. It features the equation $M/M_s = -2.5 \log(L/L_s)$ in blue. Four labels with arrows point to parts of the equation: 'Mag assoluta galassia' points to M , 'Mag assoluta sole (4,8 mag)' points to M_s , 'Luminosità galassia' points to L , and 'Luminosità sole' points to L_s .

Mag assoluta galassia

Mag assoluta sole (4,8 mag)

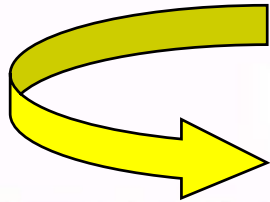
Luminosità galassia

Luminosità sole

$$M/M_s = -2.5 \log(L/L_s)$$

da cui $L = 10^{(-0.4(M-M_s))} L_s$, dove
 $10^{(-0.4(M-M_s))}$ è il numero di stelle come il sole
(luminosità solari) contenute nella galassia

- È utile, di una galassia, conoscere il raggio efficace

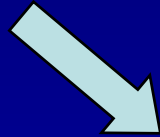


Raggio dell' isofota che contiene metà della luce della galassia.

Si osserva una relazione lineare tra le magnitudini delle galassie e il raggio efficace delle stesse.

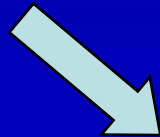
Problema delle distanze in Astronomia

- Metodo della Parallasse



Oggetti “vicini”

- Effetto Doppler



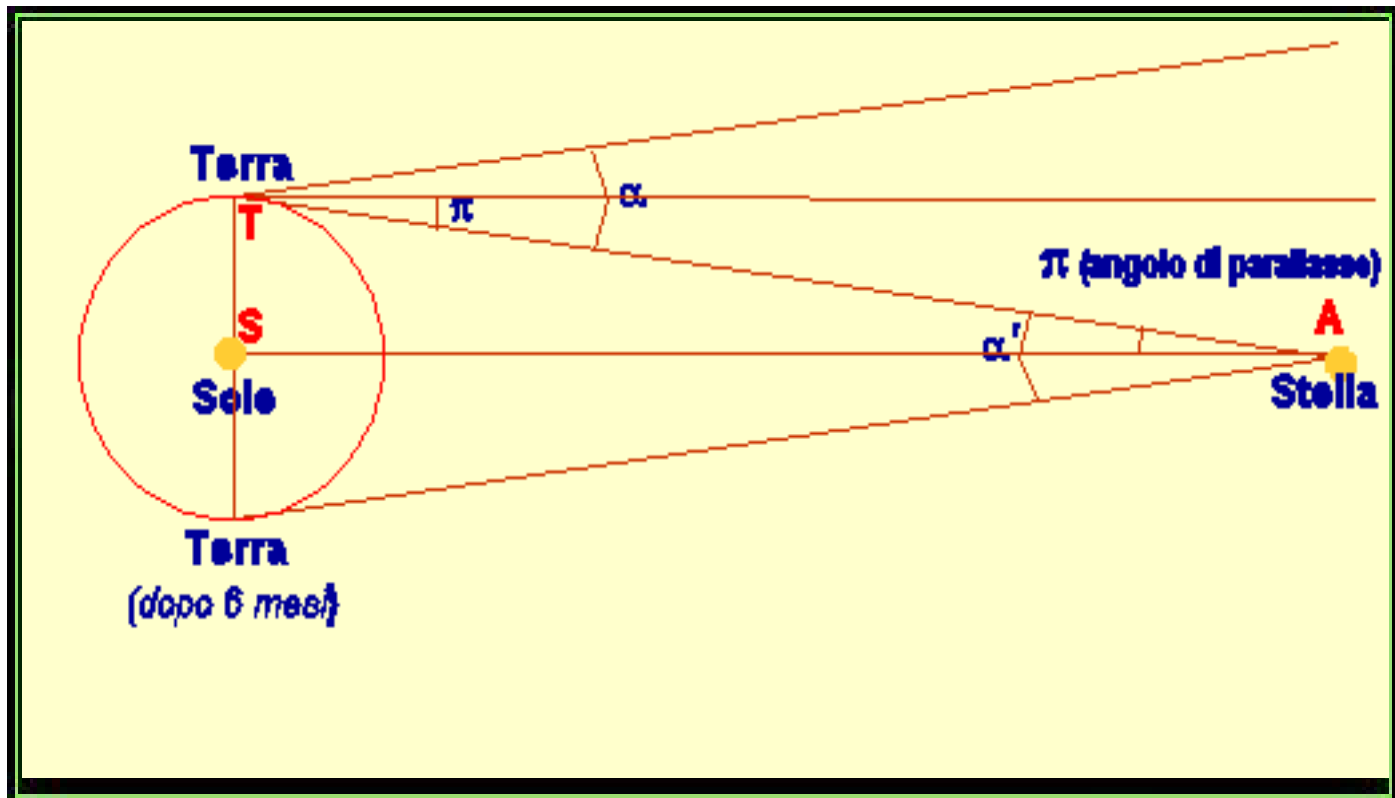
Galassie

ANGOLO DI PARALLASSE

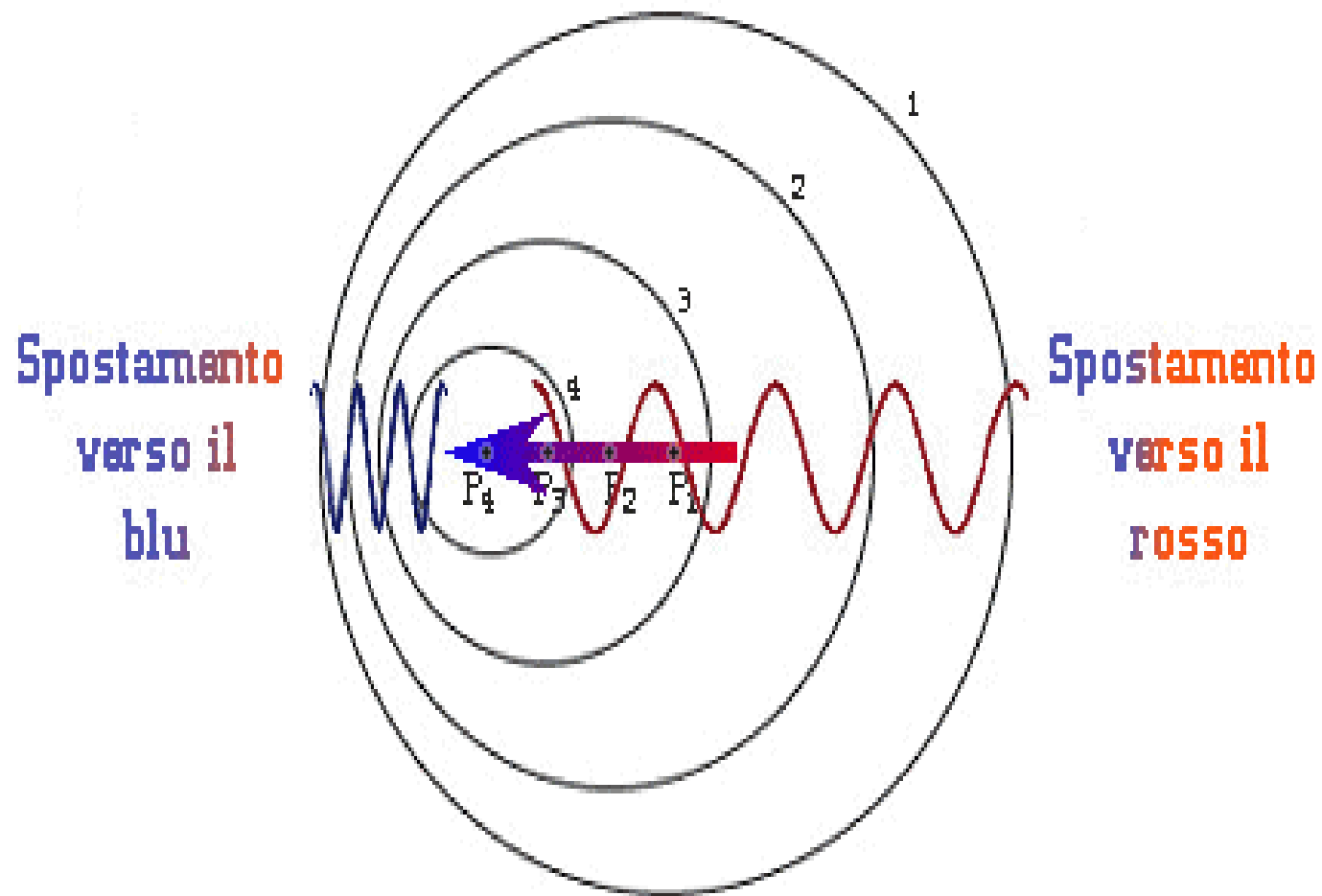
è l'angolo che si forma tra le due linee di vista di due osservatori che guardano uno stesso oggetto, posti ad una certa distanza tra loro.



Per determinare la posizione di una stella ci si serve della triangolazione partendo da due punti che definiscono una linea di base.
Questo procedimento viene chiamato ***parallasse trigonometrica***.

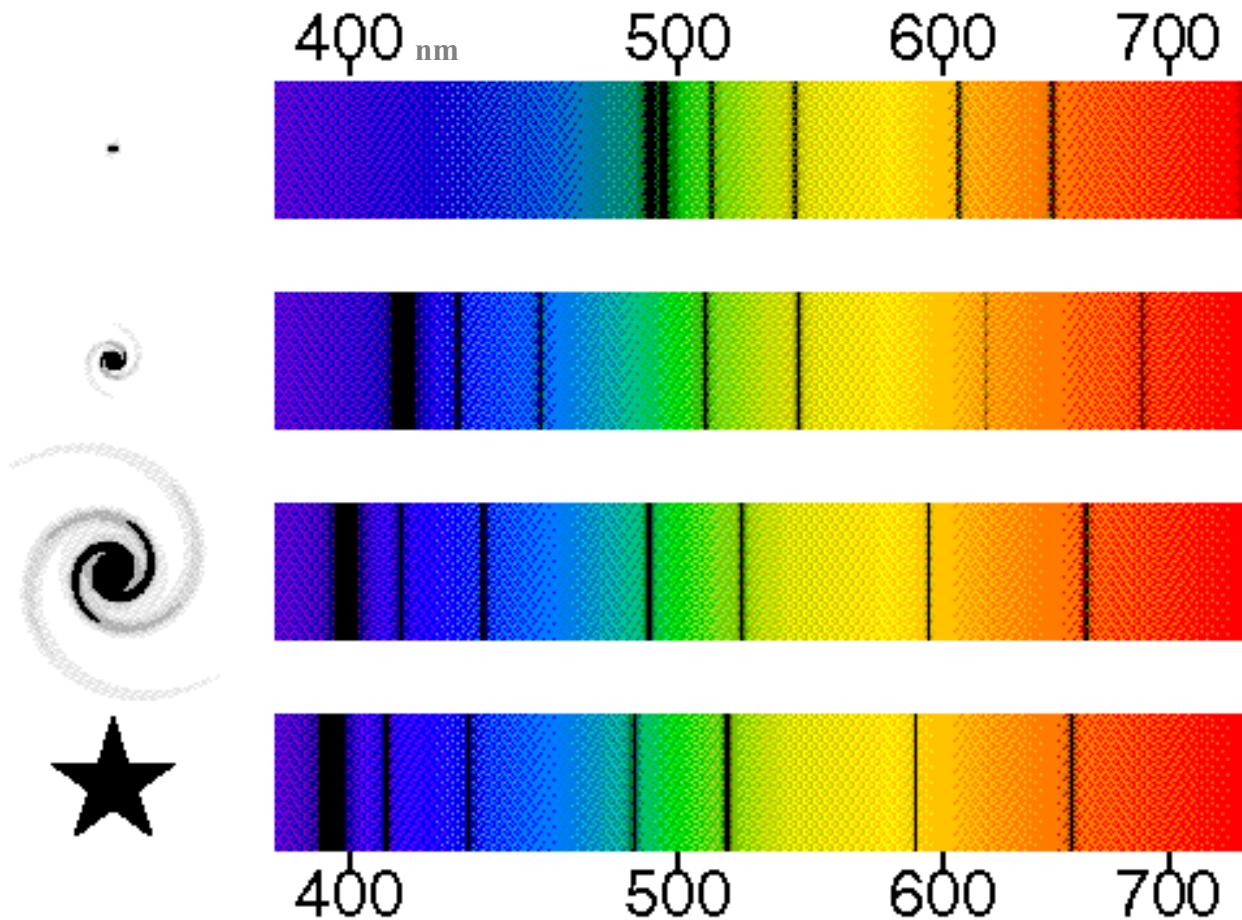


Effetto doppler



Redshift

Spostamento dello spettro verso lunghezze d'onda maggiori



Lo spostamento dello spettro ($\Delta\lambda$) verso lunghezze d'onda maggiori è proporzionale alla velocità di allontanamento (v) dell'oggetto

$$\Delta\lambda = v/c \cdot \lambda$$

Per la legge di Hubble la velocità di allontanamento è in relazione con la distanza dell'osservatore (r)

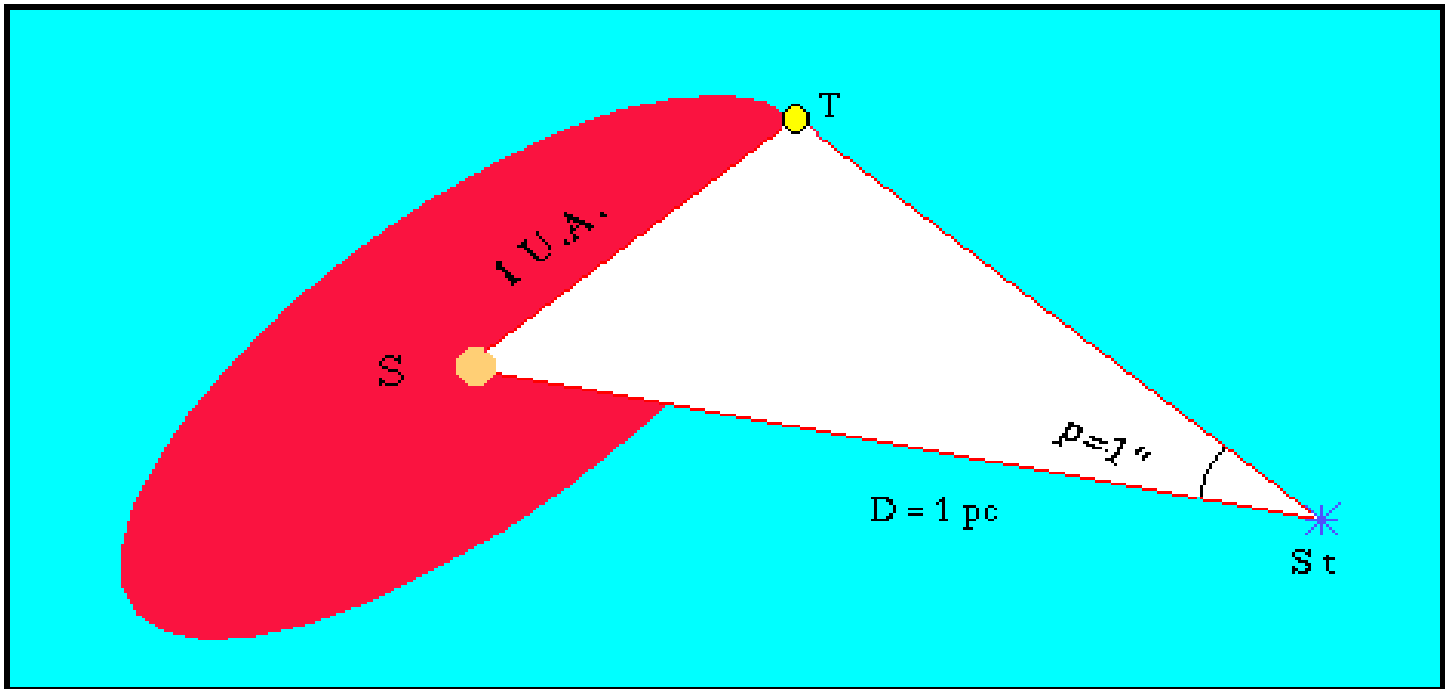
$$v = H \cdot r$$

H: costante di Hubble (75 Km/s·Mpc)

Parsec (pc)

distanza alla quale un'unità astronomica (UA)
sottende un arco di 1''

$$1 \text{ pc} = 3,2558 \text{ a.l.} = 3,0857 \cdot 10^{16} \text{ m}$$

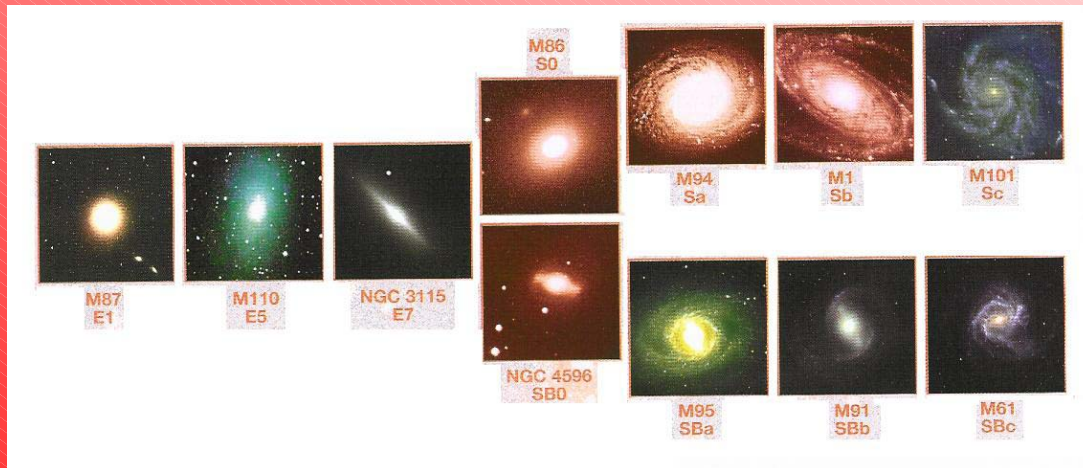


Morfologia delle galassie

1939 Hubble presenta uno schema di classificazione morfologica delle galassie

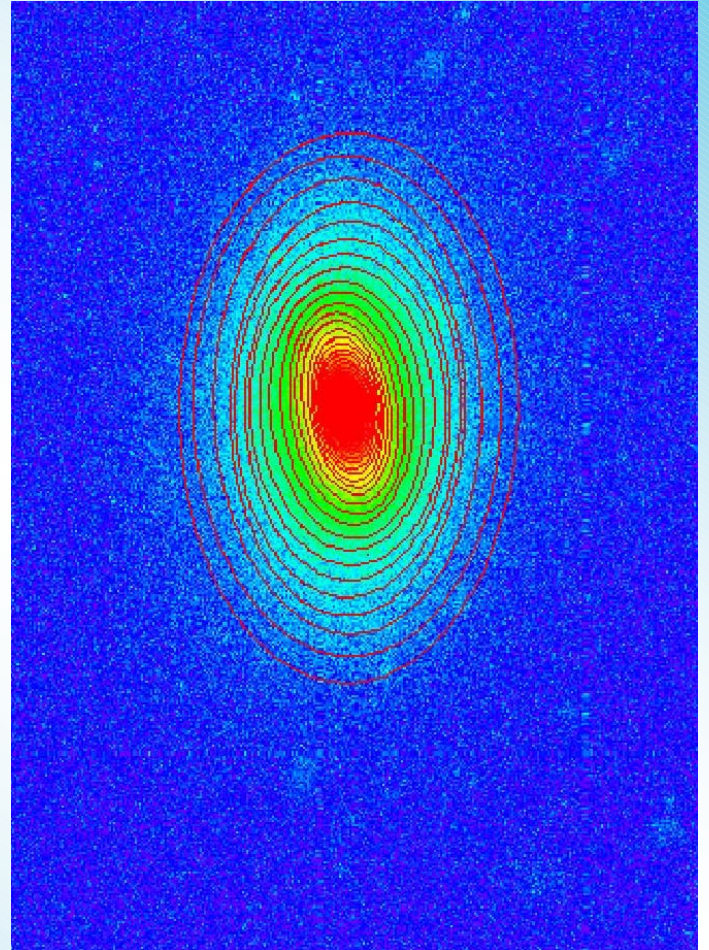
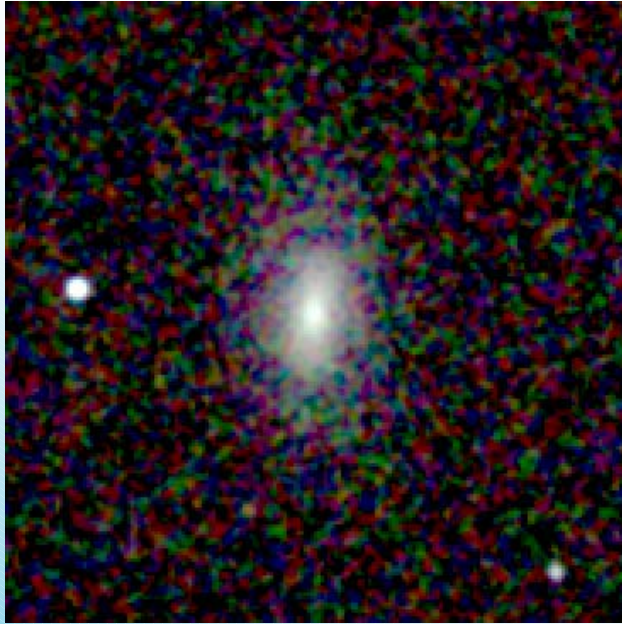
- Ellittiche, la loro forma è ellissoidale e la loro eccentricità è variabile
- Lenticolari, si situano tra le ellittiche e quelle a Spirale
hanno forma sferoidale con disco
- Spirali
 - normali 
 - barrate 
- Irregolari, non presentano alcune simmetrie

Il diagramma di Hubble



ANALISI RISULTATI

GALASSIA NGC 4431



M60 = NGC 4431

Tipo di oggetto	Galassia	Classe	S0		
Ammasso	Vergine	Distanza	18.3 Mpc		
R.A.	12h 27m 27.3s	Dec.	12° 17'25''		
Mag. Misurata	11 mag	Mag. NASA	13.72 mag		
Diametro (arcmin)	1.7 x 1.1'	Mag. Assoluta	-20.26 mag		
Velocità radiale	934 Km/s	Re	17.3 arcsec	N° stelle come il sole	1.05 x 10¹⁰

I NOSTRI DATI NGC 4431

Semiassse Maggiore

Ellitticità

Angolo di posizione

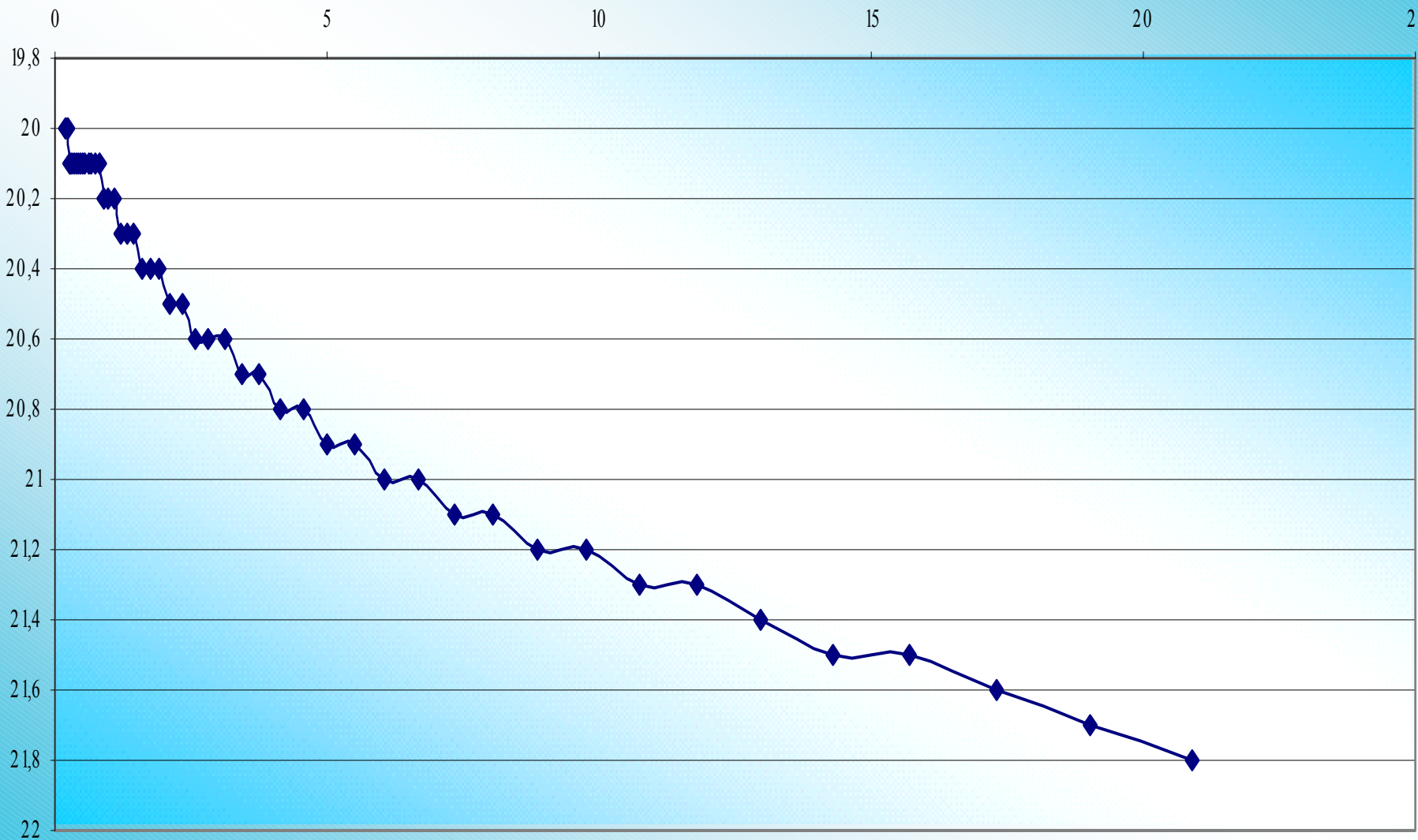
Scala

Magnitudine Galassia

SMA	RSMA	ELLIP	ELLIP_ERR	PA	PA_ERR	X0	Y0	MAG_LERR	MAG_UERR	TMAG_E	TMAG_C	RADIUS	MAG	MAG
pixel				degrees	degrees	pixel	pixel							
6,05	1,57	0,2574	0,0144	2,23	1,88	155,95	287,36	0,00282	0,00281	15,5	15,2	2,123550	20,5	18,1
6,66	1,61	0,2546	0,0170	2,93	2,21	155,96	287,33	0,00360	0,00359	15,3	15,0	2,335905	20,5	18,1
7,32	1,64	0,2691	0,0130	3,45	1,61	155,95	287,32	0,00302	0,00301	15,1	14,8	2,569496	20,6	18,1
8,05	1,68	0,2902	0,0096	3,82	1,11	155,94	287,36	0,00227	0,00227	15,0	14,7	2,826445	20,6	18,1
8,86	1,73	0,3193	0,0115	4,76	1,25	155,91	287,43	0,00270	0,0027	14,9	14,5	3,109090	20,6	18,1
9,74	1,77	0,3368	0,0110	6,46	1,13	155,88	287,52	0,00281	0,0028	14,7	14,4	3,419999	20,7	18,1
10,72	1,81	0,3386	0,0085	6,36	0,88	155,89	287,33	0,00242	0,00242	14,5	14,2	3,761998	20,7	18,1
11,79	1,85	0,3659	0,0067	5,21	0,65	155,88	287,26	0,00227	0,00227	14,4	14,0	4,138198	20,8	18,1
12,97	1,90	0,3837	0,0088	6,02	0,83	155,87	287,30	0,00245	0,00244	14,3	13,9	4,552018	20,8	18,1
14,27	1,94	0,4167	0,0070	5,37	0,62	155,83	287,41	0,00235	0,00234	14,2	13,7	5,007220	20,9	18,1
15,69	1,99	0,4324	0,0067	5,63	0,59	155,82	287,63	0,00217	0,00217	14,0	13,6	5,507942	20,9	19,1
17,26	2,04	0,4276	0,0063	6,39	0,55	155,89	287,49	0,00219	0,00218	13,9	13,4	6,058736	21,0	19,1
18,99	2,09	0,4491	0,0069	7,16	0,58	155,86	287,57	0,00256	0,00256	13,7	13,3	6,664610	21,0	19,1
20,89	2,14	0,4622	0,0052	7,01	0,43	155,89	287,61	0,00226	0,00225	13,6	13,1	7,331071	21,1	19,1
22,97	2,19	0,4780	0,0047	7,09	0,38	155,96	287,31	0,00231	0,00231	13,5	13,0	8,064178	21,1	19,1
25,27	2,24	0,4953	0,0049	7,47	0,39	155,94	287,52	0,00210	0,0021	13,3	12,8	8,870597	21,2	19,1
27,80	2,30	0,5046	0,0048	7,12	0,37	156,07	287,08	0,00249	0,00249	13,2	12,7	9,757657	21,2	19,1
30,58	2,35	0,5095	0,0057	7,49	0,44	156,06	287,39	0,00241	0,0024	13,0	12,5	10,733420	21,3	19,1
33,64	2,41	0,5192	0,0050	7,97	0,39	155,92	287,12	0,00228	0,00227	12,9	12,4	11,806770	21,3	19,1
37,00	2,47	0,5192	0,0058	8,51	0,45	156,00	287,32	0,00266	0,00265	12,8	12,2	12,987440	21,4	19,1
40,70	2,53	0,5035	0,0052	8,51	0,41	155,59	287,93	0,00245	0,00244	12,6	12,1	14,286190	21,5	19,1
44,77	2,59	0,4810	0,0045	8,28	0,37	155,81	287,47	0,00225	0,00224	12,4	11,9	15,714810	21,5	19,1
49,25	2,65	0,4625	0,0054	7,00	0,45	156,03	287,25	0,00237	0,00237	12,2	11,8	17,286290	21,6	19,1
54,17	2,71	0,4348	0,0055	4,96	0,48	155,63	287,79	0,00226	0,00225	12,0	11,6	19,014920	21,7	19,1
59,59	2,78	0,4027	0,0086	4,96	0,79	155,72	286,78	0,00248	0,00248	11,8	11,5	20,916410	21,8	19,1
65,55	2,85	0,3831	0,0072	2,11	0,68	155,70	287,42	0,00227	0,00227	11,7	11,3	23,008050	21,9	19,1

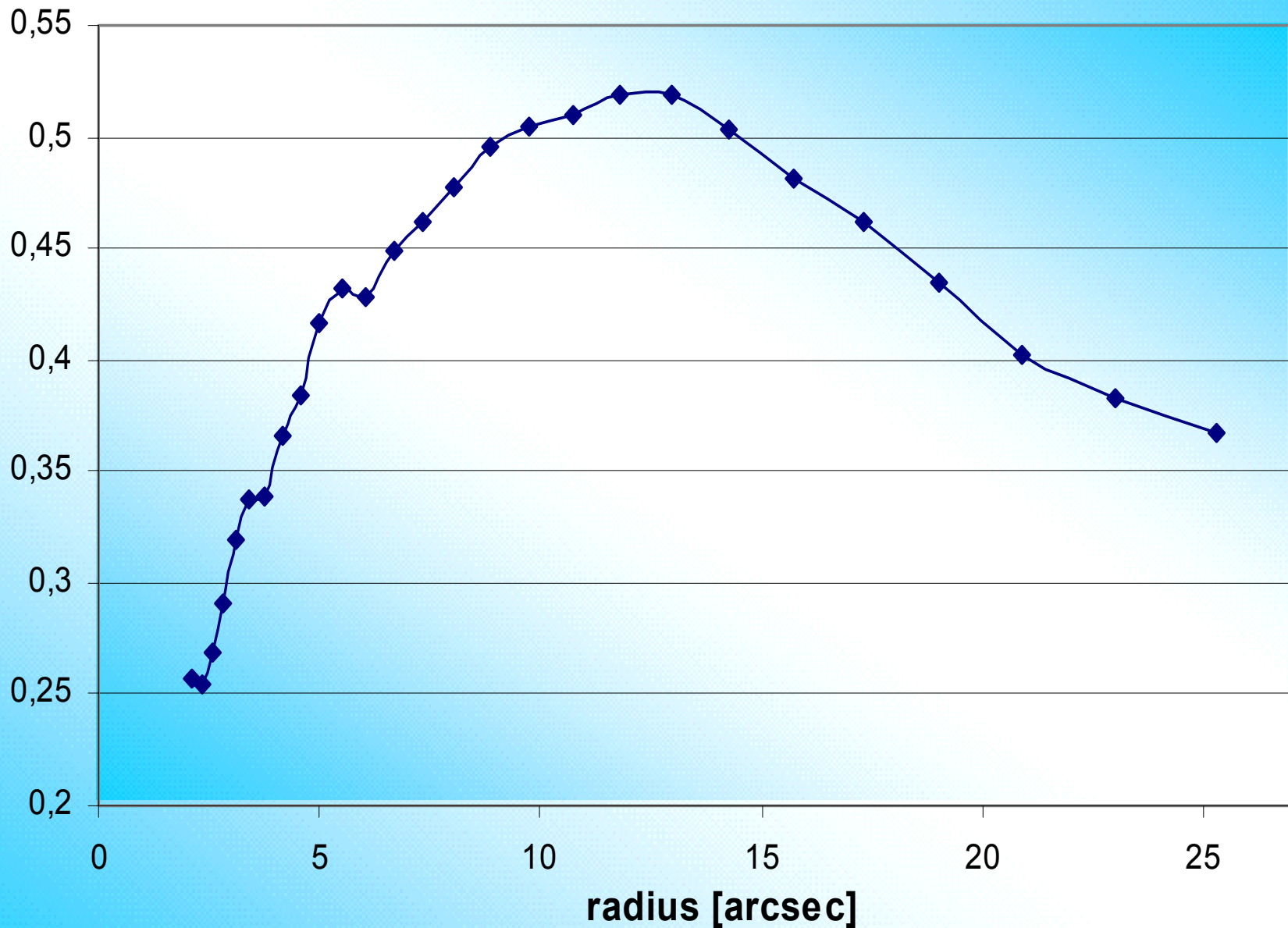
Profilo di brillantezza di NGC4431

Radius (arcsec)

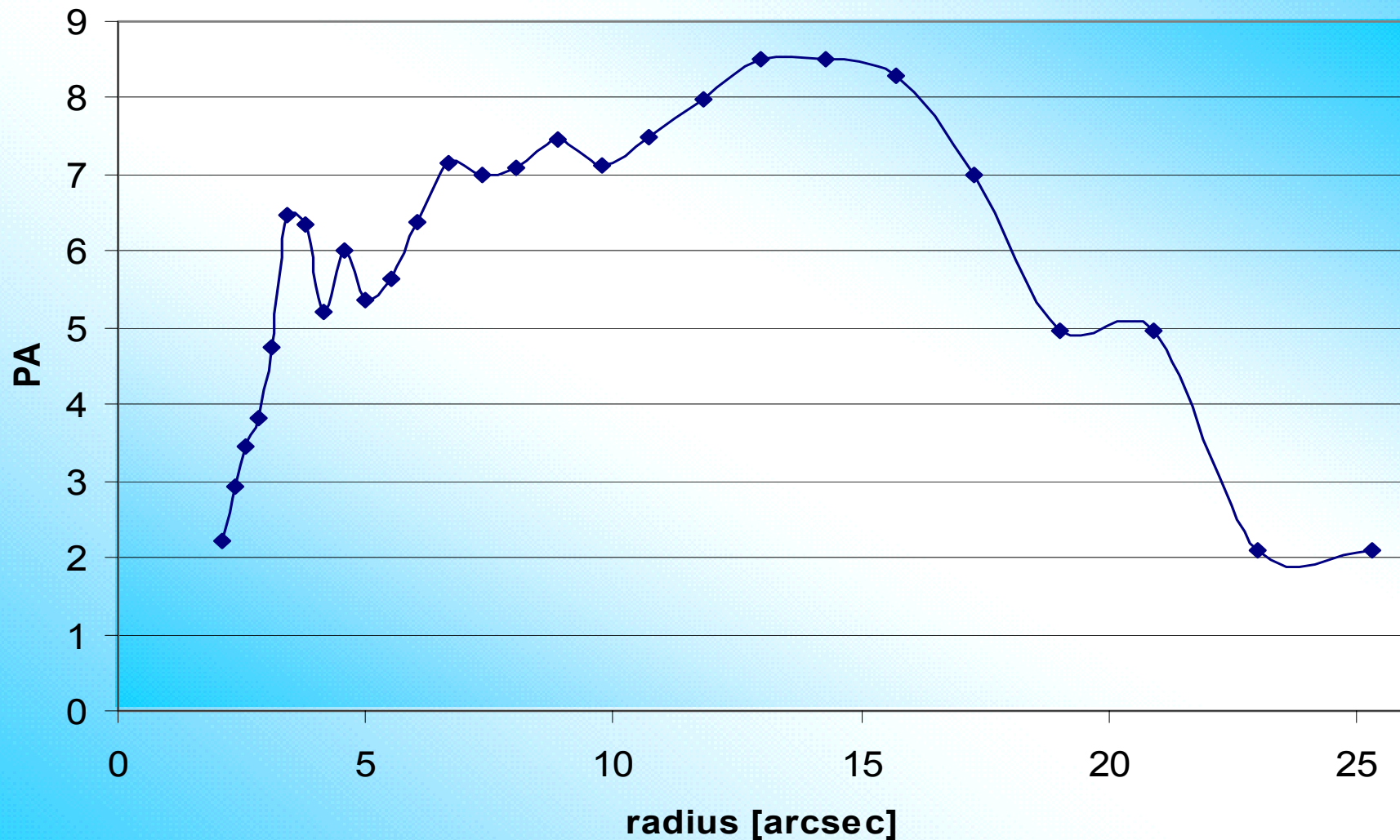


VARIAZIONE DELL'ELLITTICITA' DI NGC 4431

ELLITTICITA' DELL'ISOGLA

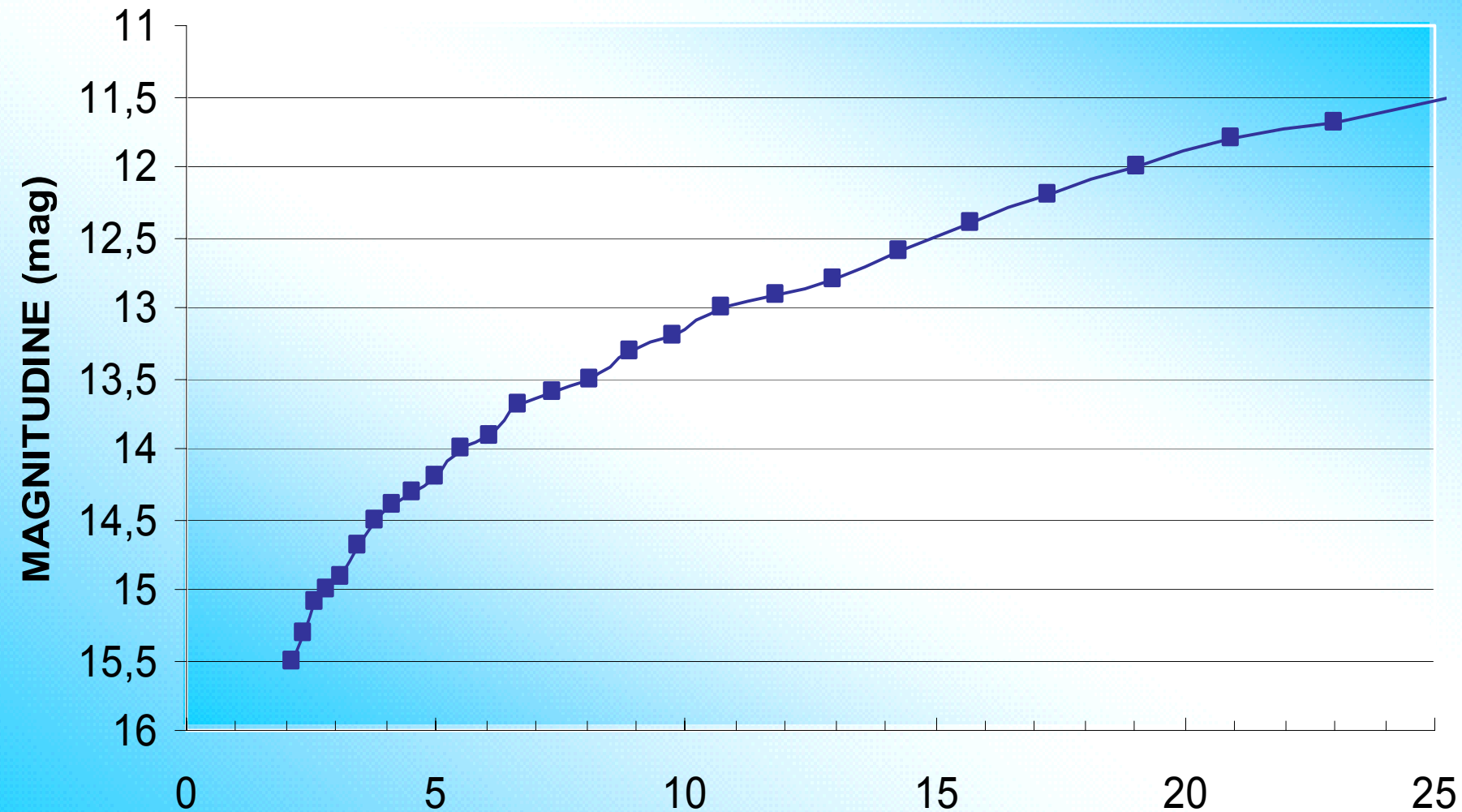


VARIAZIONE DELL'ANGOLO DI POSIZIONE DI NGC 4431

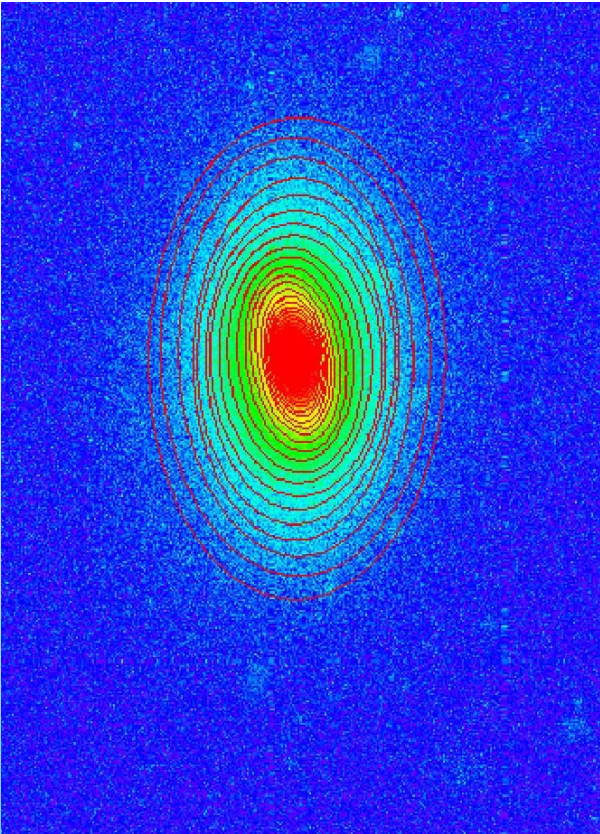


Curva di crescita di NGC 4431

RADIUS (arcsec)



Osservazioni



- Si può notare la presenza di polveri (sottrazione di modelli)
- L'ellitticità e l'angolo di posizione presentano consistenti variazioni
- E' molto simile a una galassia ellittica (anche se è SO)
- Non è una galassia molto luminosa

Galassia NGC4623

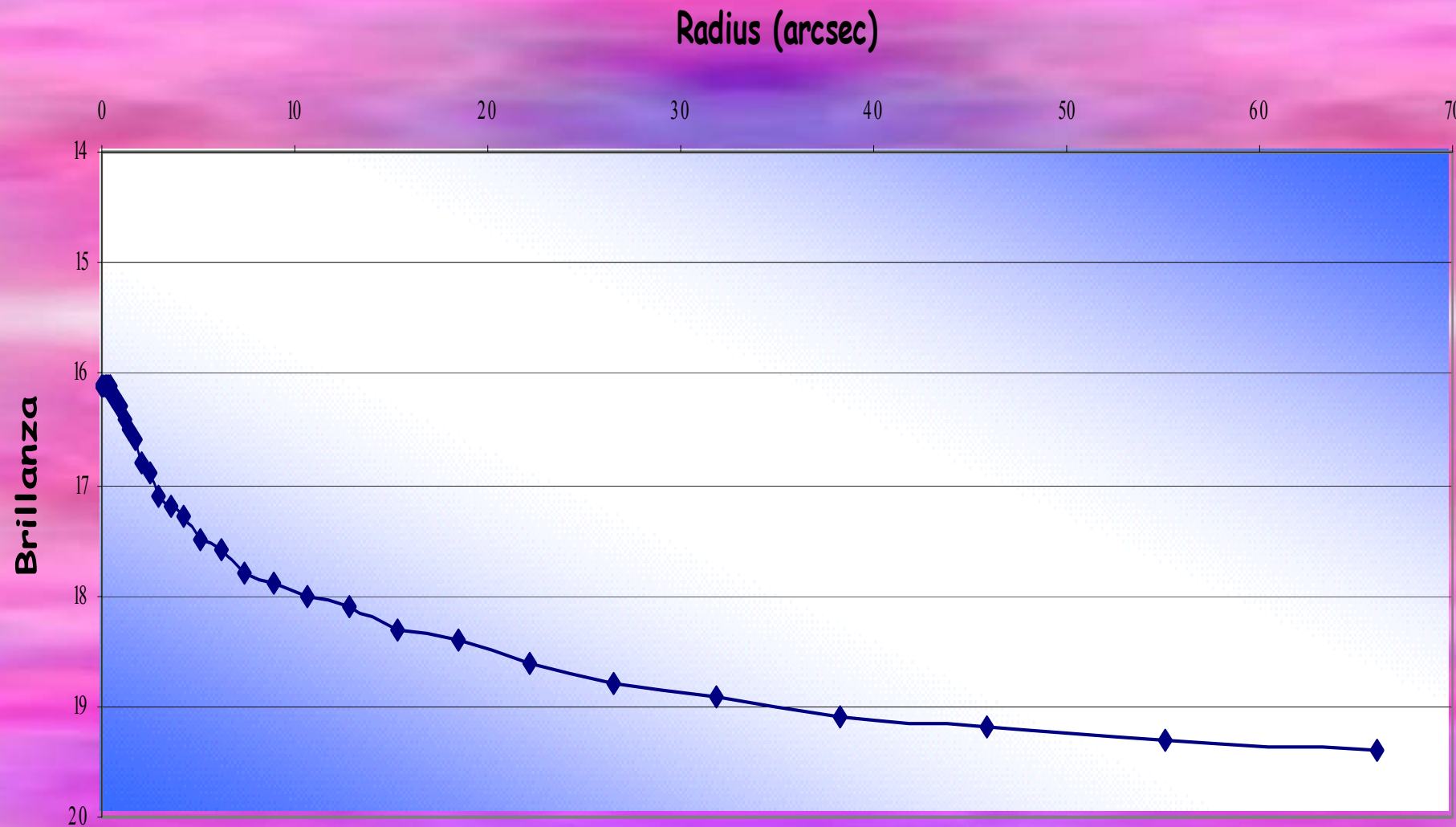
AR	δ	Velocità radiale
12 h 42 m 10.7 s	+7° 40' 37"	1892 km/s
z	Diametro (arcmin)	Classe
0.00631	2.2 × 0.7	SBO



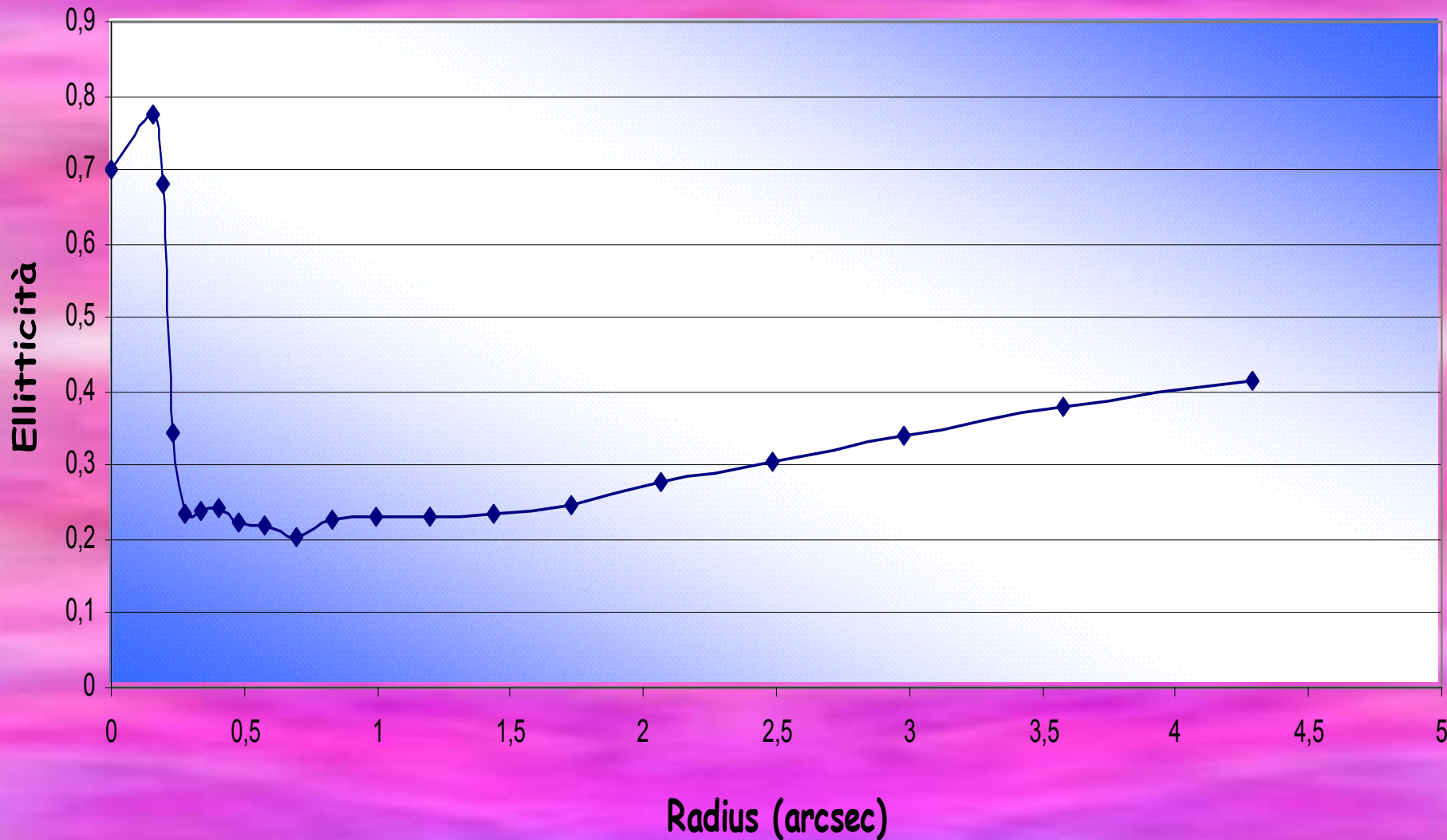
MAGNITUDINE APPARENTE	MAGNITUDINE NASA	MAGNITUDINE ASSOLUTA
14.31 mag	13.24 mag	-17.03 mag

DISTANZA	STELLE COME IL SOLE	RAGGIO EFFICACE
18.3 x 10⁶ Mpc	5,26 x 10⁸	22.14 arcsec

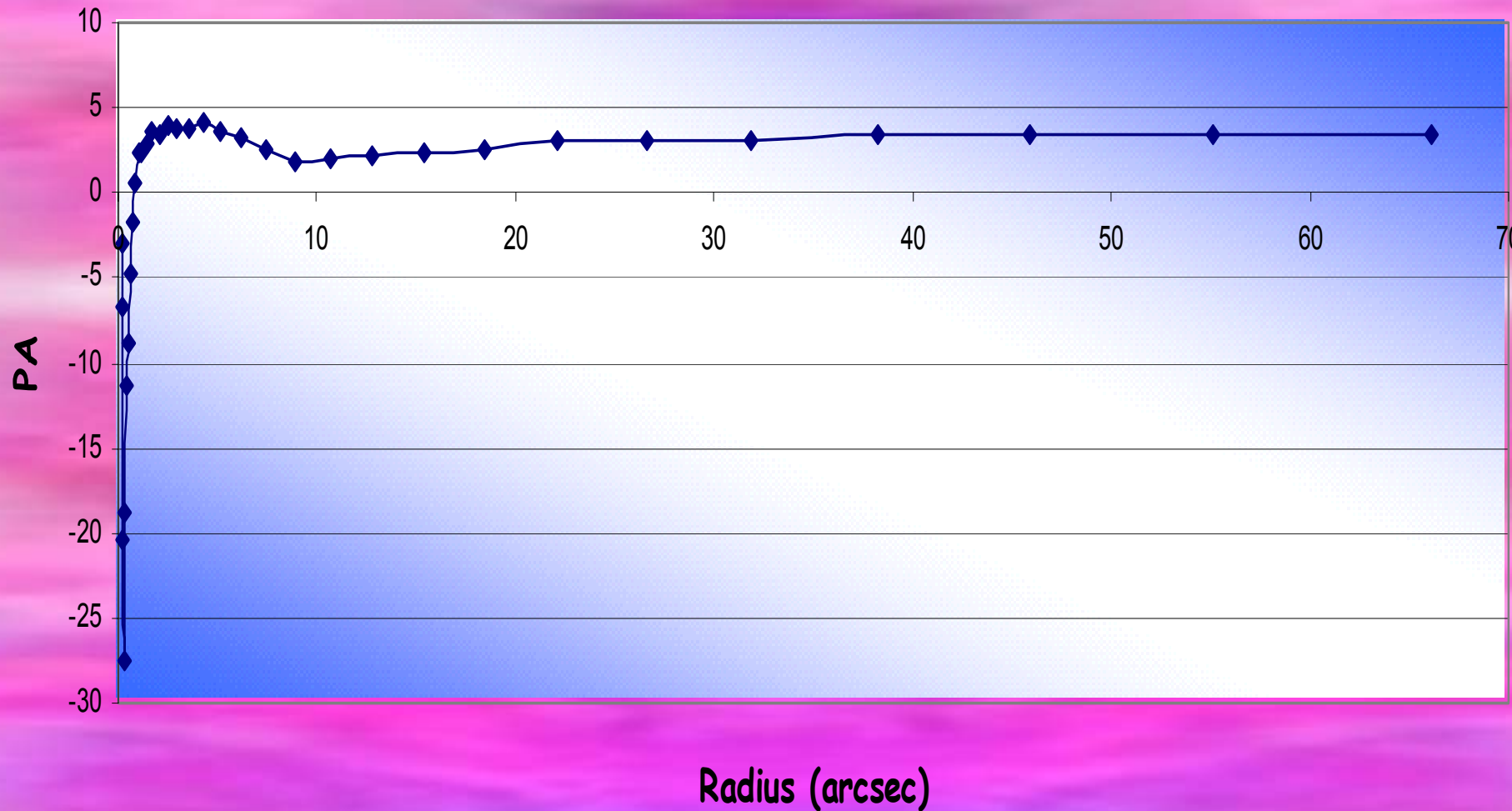
Profilo di brillanza di NGC 4623



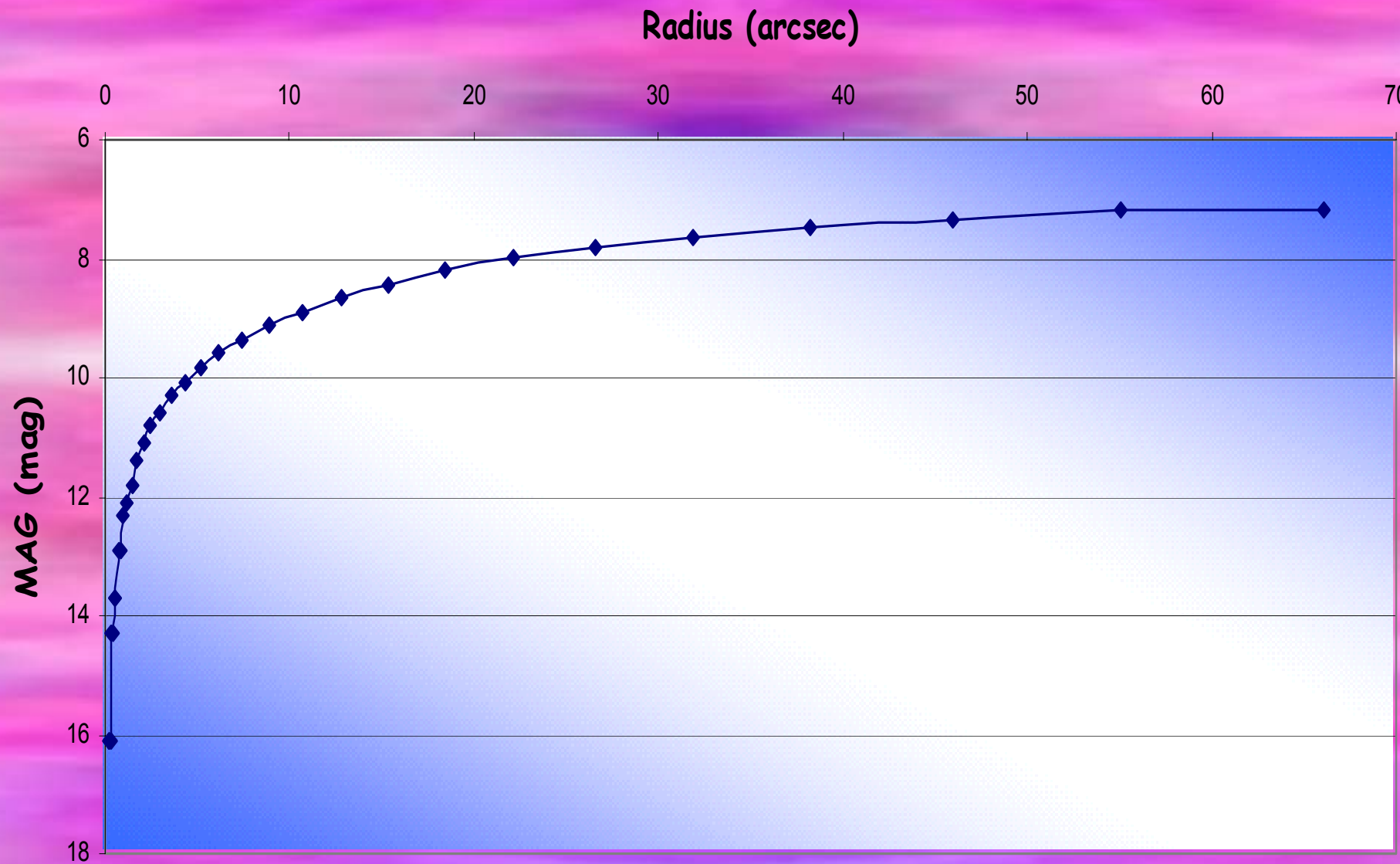
Profilo di Ellitticità di NGC4623

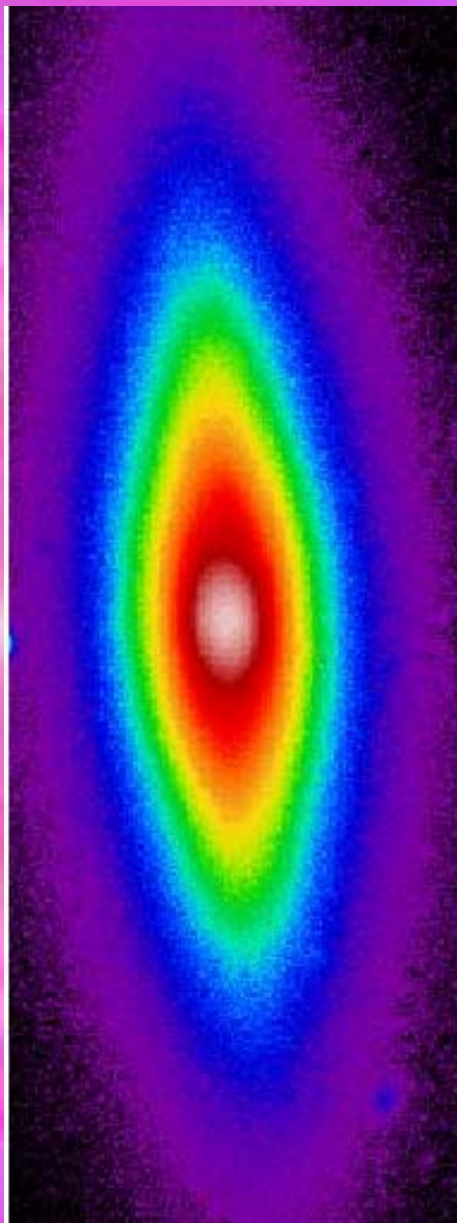


Variazione dell'angolo di posizione di NGC4623



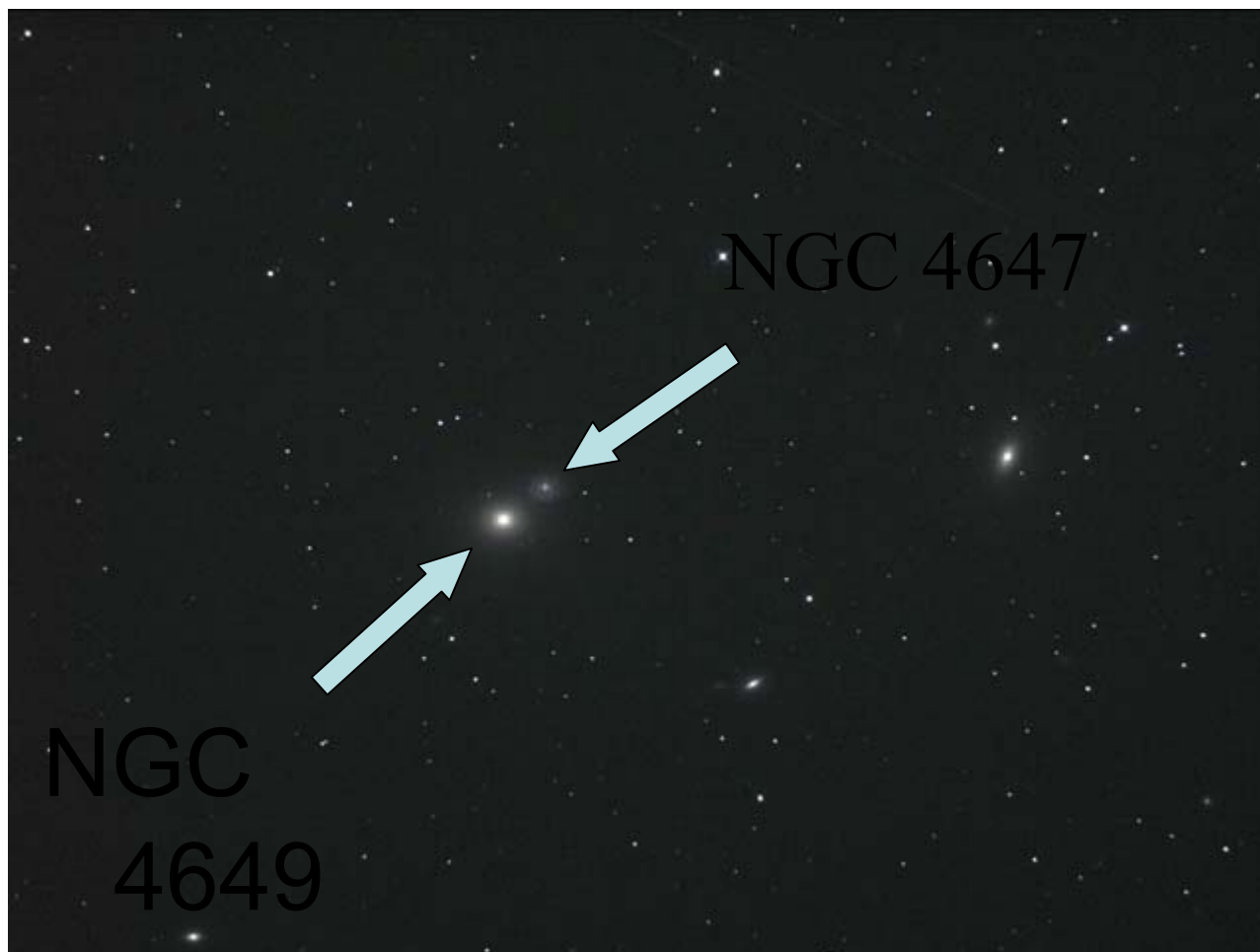
Curva di crescita di NGC4623





- Ha caratteristiche simili alla NGC4570
- Il disco debole, però, poiché presenta uno schiacciamento accentuato, viene generalmente classificata come lenticolare (E7 da alcuni cataloghi)
- L'angolo di posizione è pressochè costante (a eccezione delle isofote più interne)
- L'ellitticità aumenta andando verso l'esterno
- La mappa residua suggerisce la presenza di un disco interno allineato con il corpo centrale della galassia
- E' presente una sorgente appena più intensa dell'ambiente circostante nelle isofote più esterne

Galassia NGC 4649

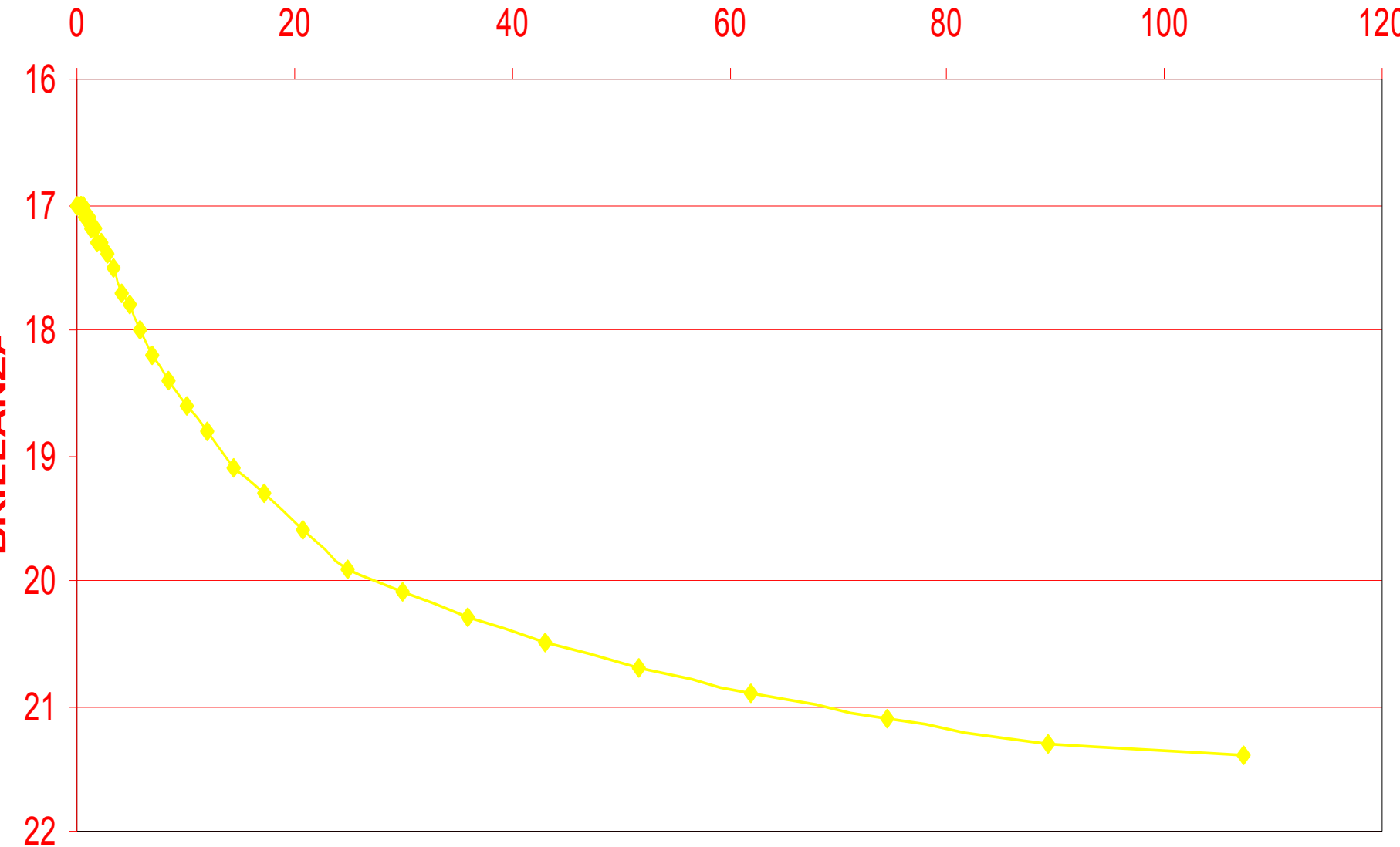


M60 = NGC 4649

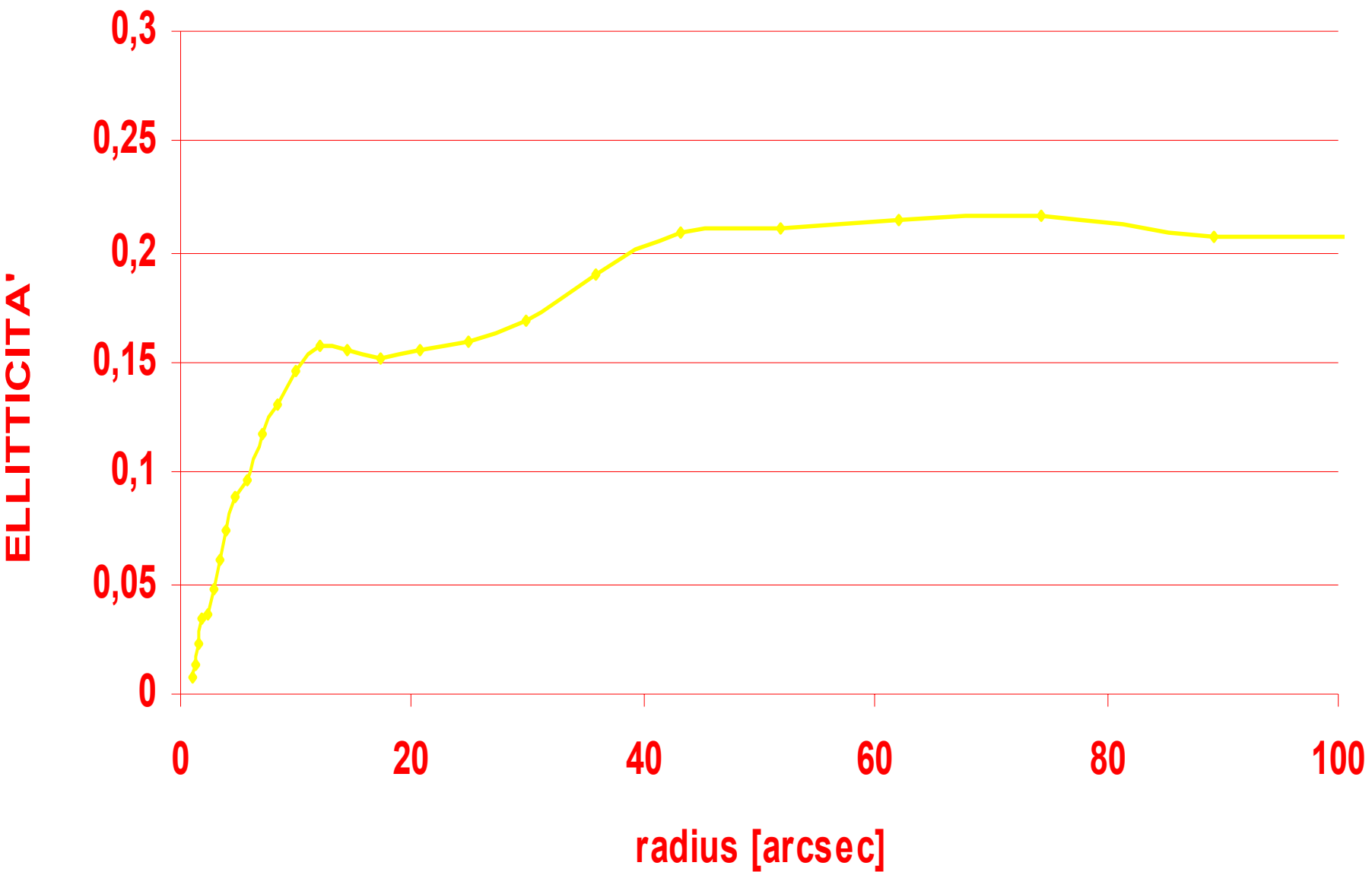
Tipo di oggetto	Galassia	Classe	E1 (Galassia ellittica)		
Ammasso	Vergine	Distanza	18.3 Mpc		
R.A.	12h 43.6m (2000.0)	Dec.	+11° 33’(2000.0)		
Mag. Misurata	8.9 mag	Mag. NASA	9.81 mag		
Diametro (arcmin)	2.0 x 1.8’	Mag. Assoluta	-22.41 mag		
Velocità radiale	1117 Km/s	Re	43.1 arcsec	N° stelle come il sole	7.67 x 10 ¹⁰

Profilo di brillantezza di NGC4649

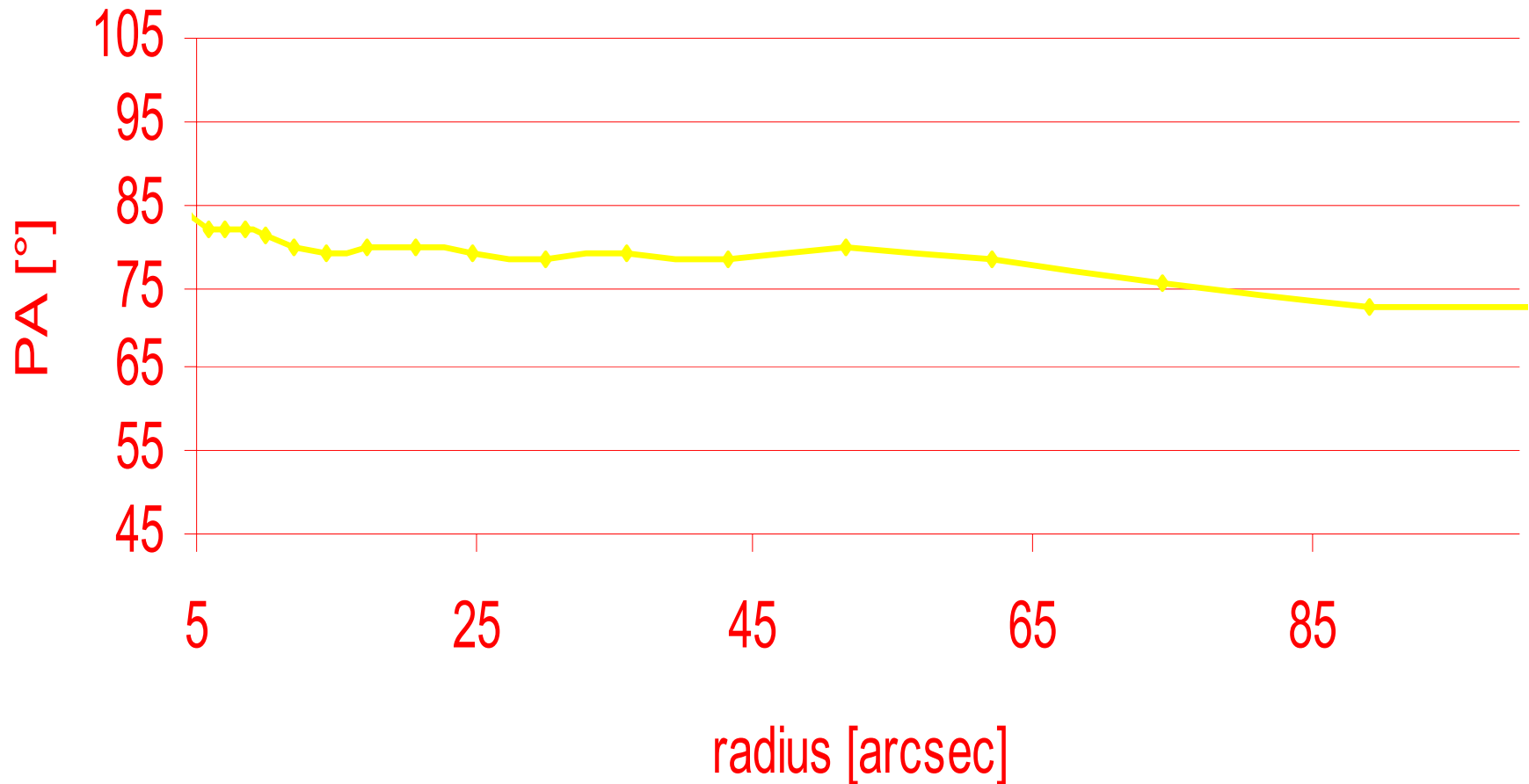
radius (arcsec)



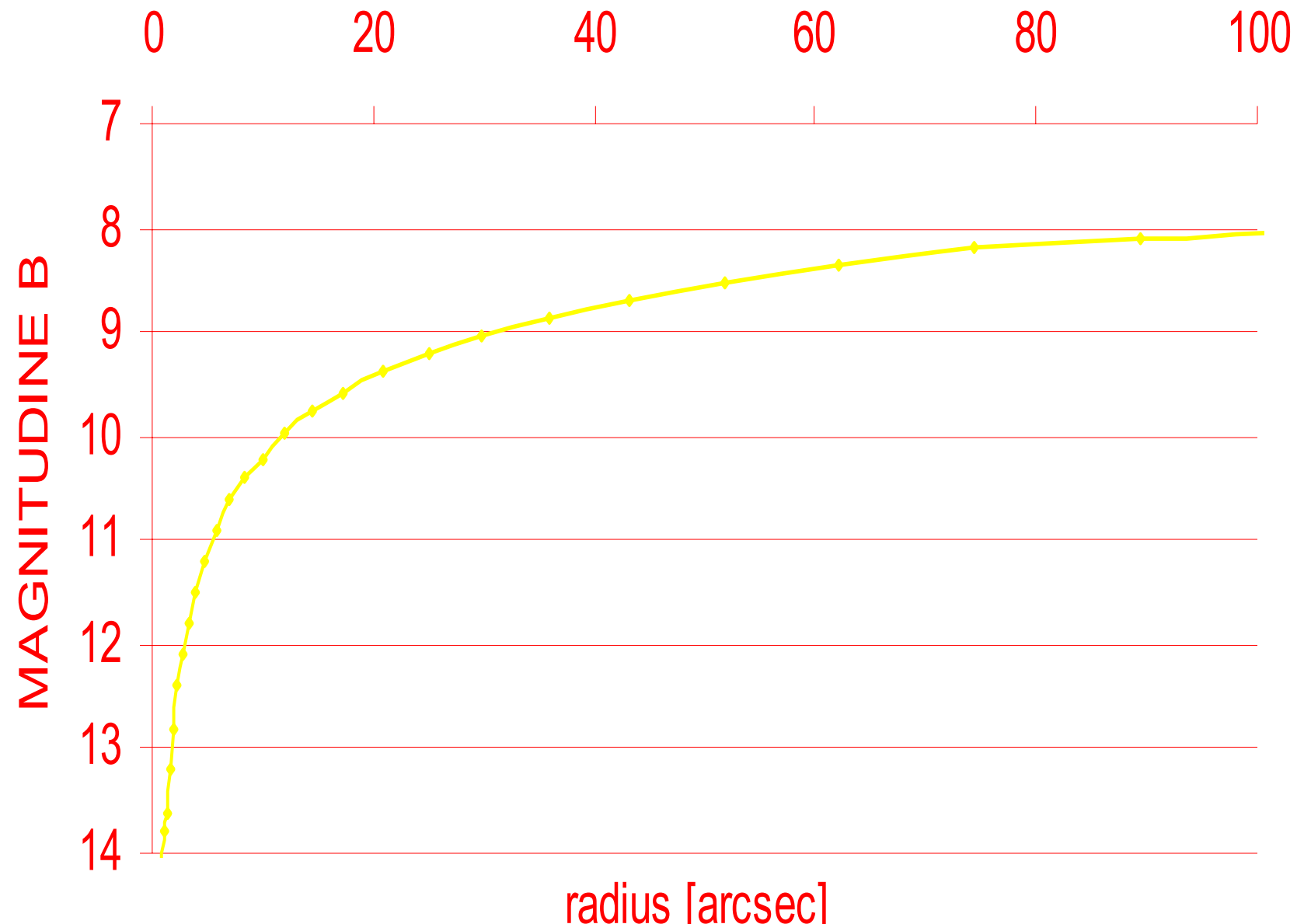
PROFILO DI ELLITTICITA' DI NGC 4649



VARIAZIONE DELL'ANGOLO DI POSIZIONE DI NGC4649



CURVA DI CRESCITA DI NGC 4649

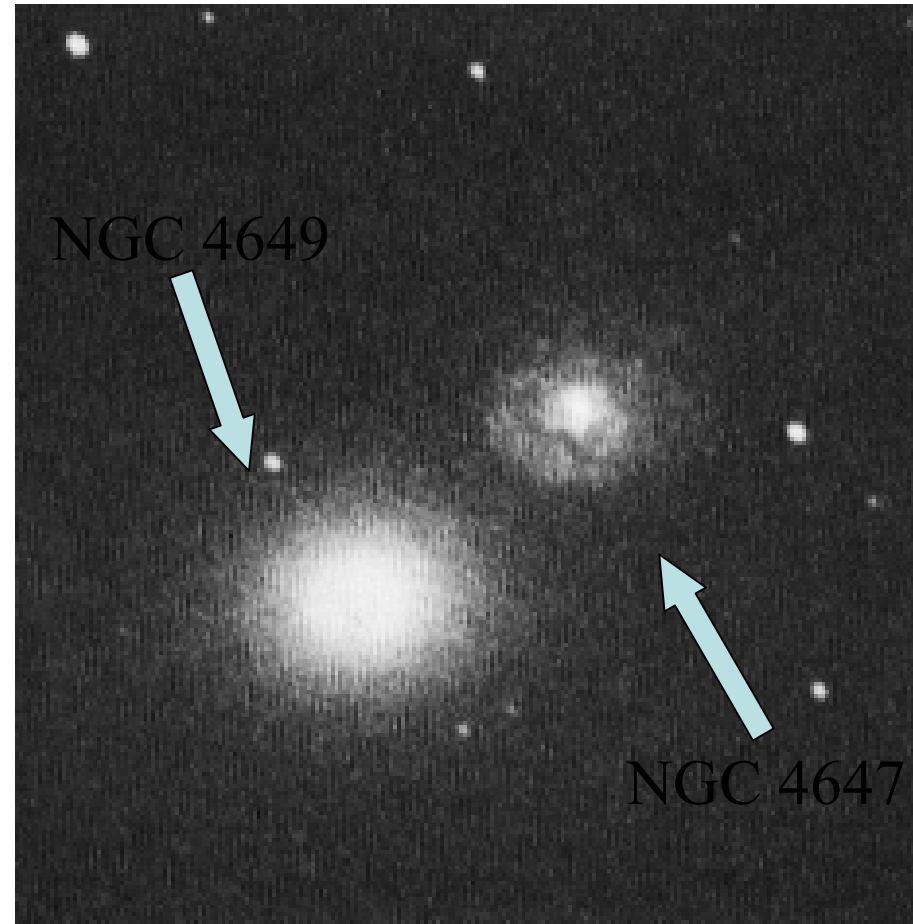


NGC 4649 (M60)



Si tratta di una delle galassie più brillanti del catalogo di Messier. Si presenta con una classica struttura ellittica, con la parte centrale più marcata rispetto alla periferia.

Nell'alone di M 60 si trova
Ngc4647 che però non è
verosimilmente legata
all'ellittica in quanto la
sua distanza è di **66**
milioni di anni luce
contro i **53** di M 60.



Galassia NGC4570



AR (2000)	δ (2000)	Velocità radiale
12 h 36 m 53.4 s	+7° 14' 48"	1730 km/s
z	Diametro (arcmin)	Classe
0.005771	3.8 × 1.1	SO / E7

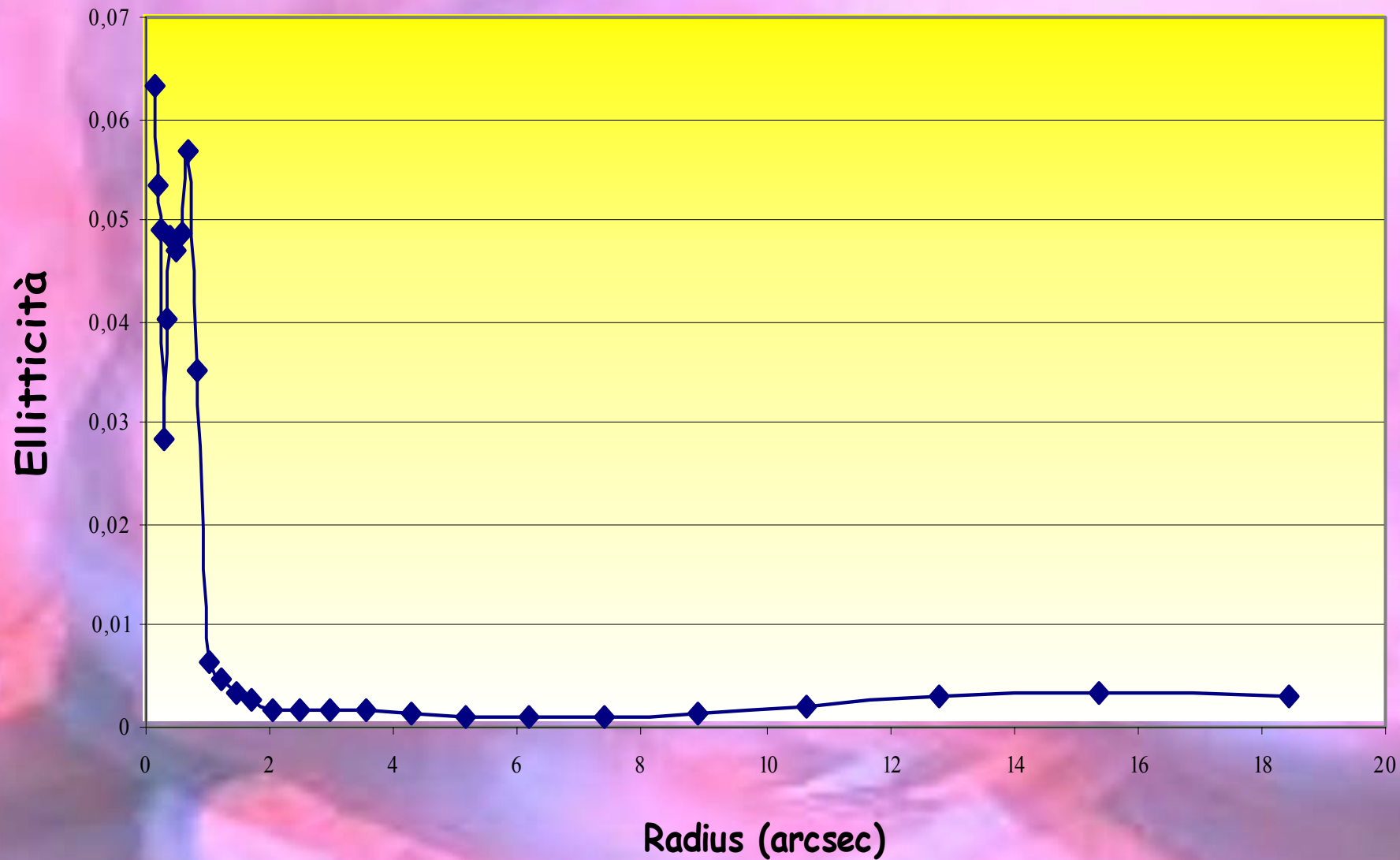
MAGNITUDINE APPARENTE	MAGNITUDINE NASA	MAGNITUDINE ASSOLUTA
14.25	11.84	-17.06

DISTANZA	STELLE COME IL SOLE	RAGGIO EFFICACE
18.3 x 10 ⁶ Mpc	5,6 x 10 ⁸	26.57

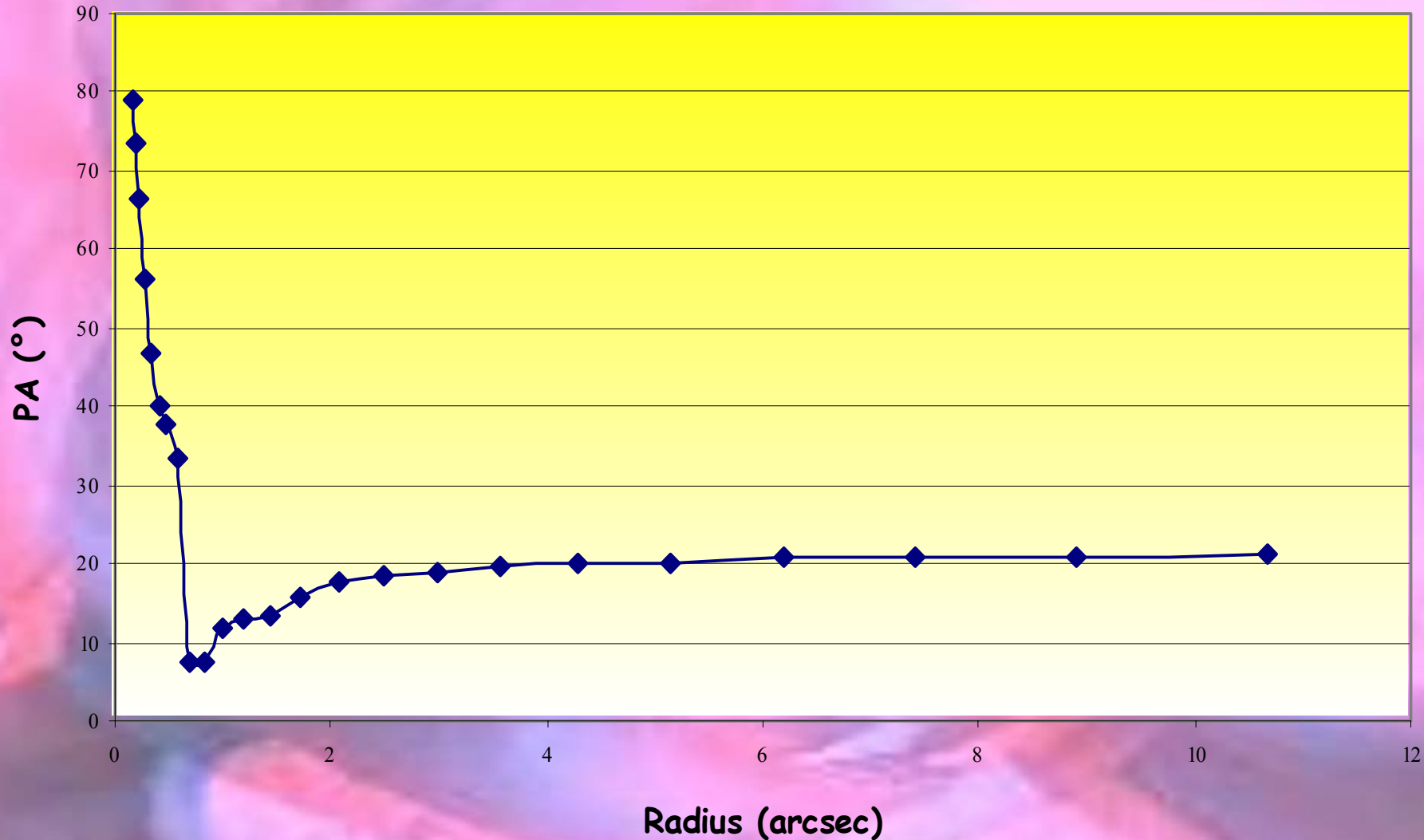
PROFILO DI BRILLANZA DI NGC4570



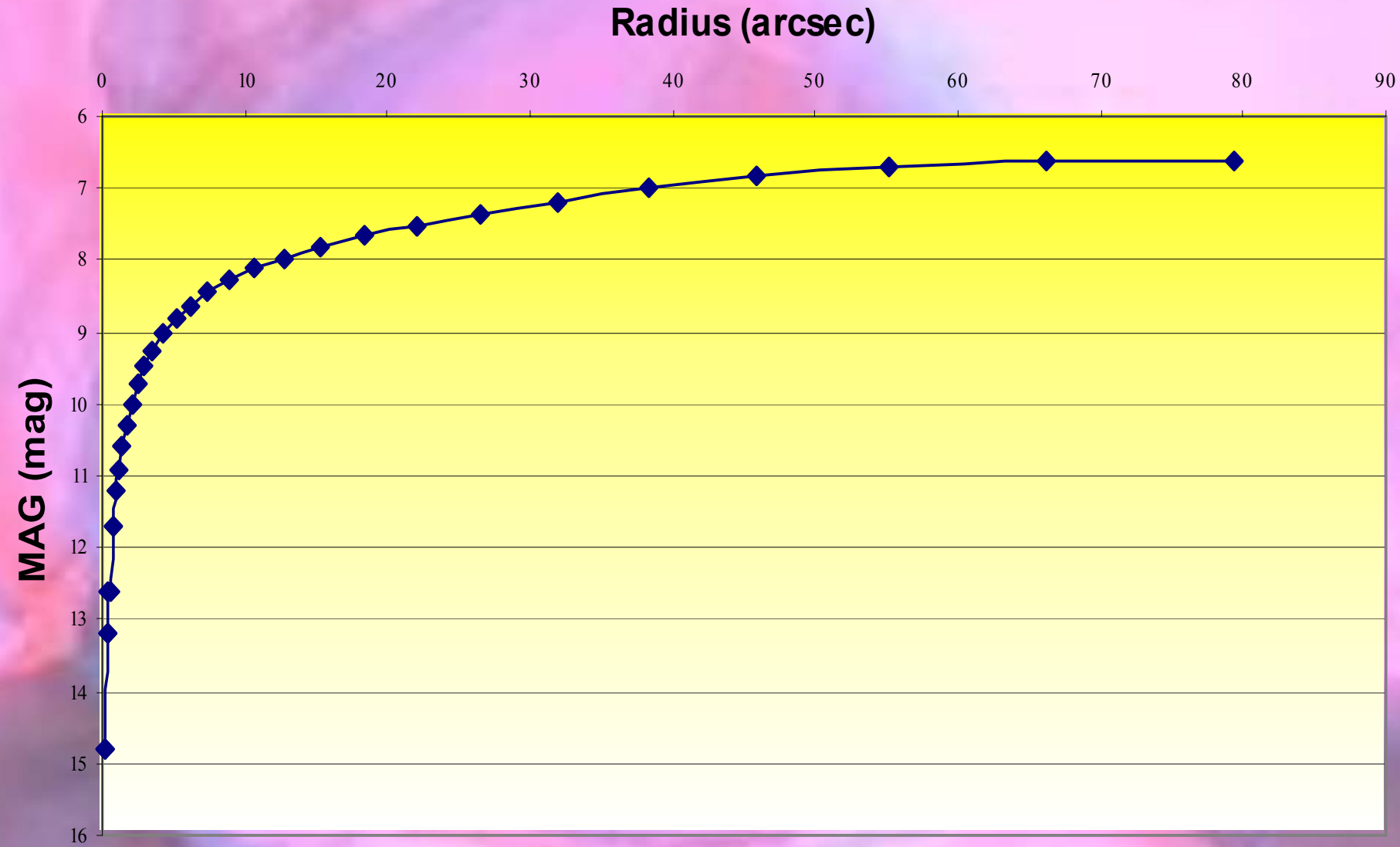
VARIAZIONE DELL'ELLITTICITA' DI NGC4570



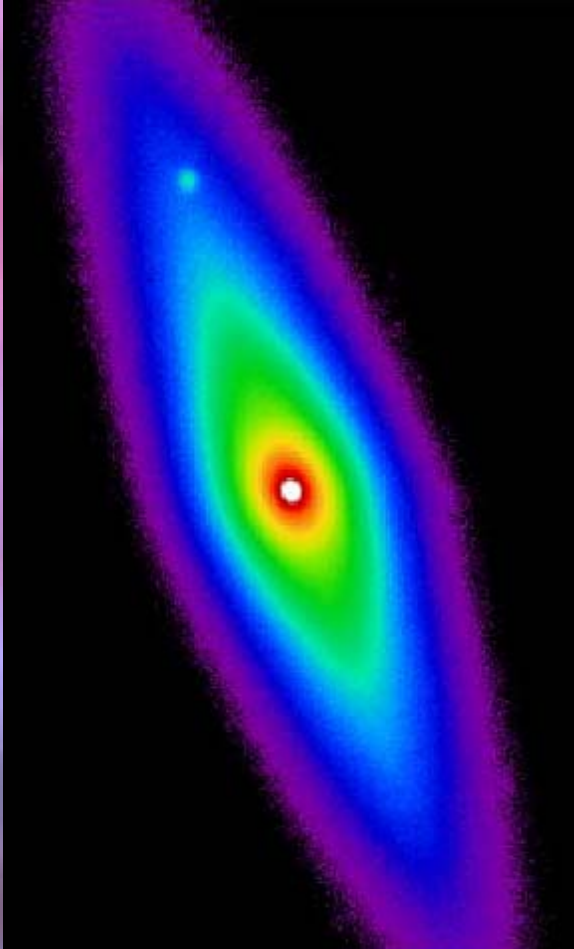
VARIAZIONE DELL'ANGOLO DI POSIZIONE DI NGC4570



Curva di crescita di NGC4570



Osservazioni



- Si può notare la presenza di un disco attorno al bulge distinto dal disco diffuso (galassia lenticolare)
- Il profilo della luminosità è, però, simile a quello di una galassia ellittica
- Nelle zone esterne l'angolo di posizione è pressoché costante
- Oltre il bulge è presente una zona di piccole dimensioni di elevata luminosità