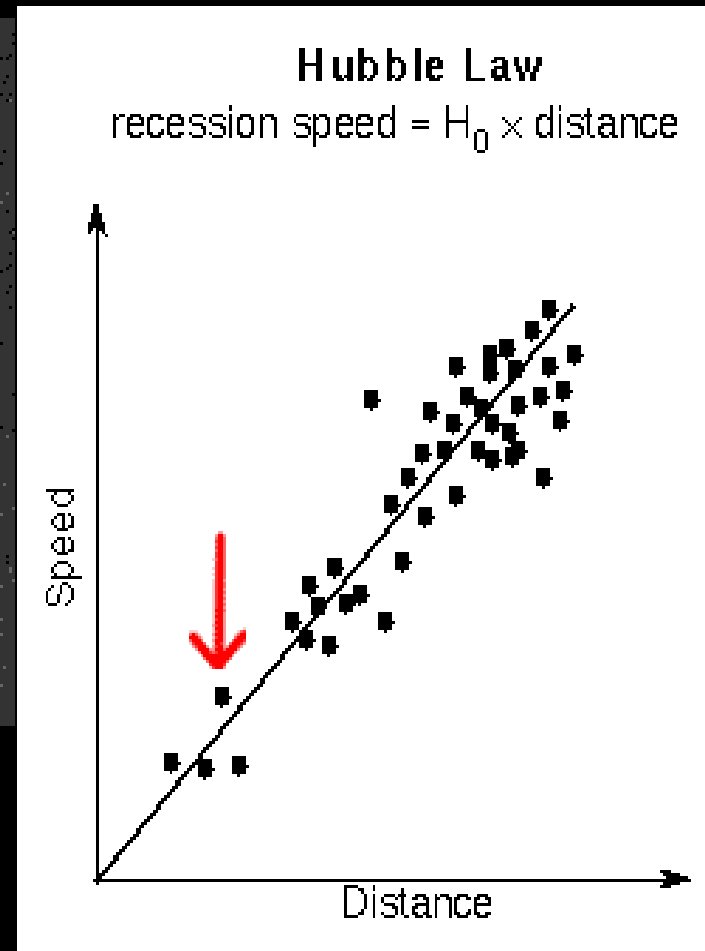
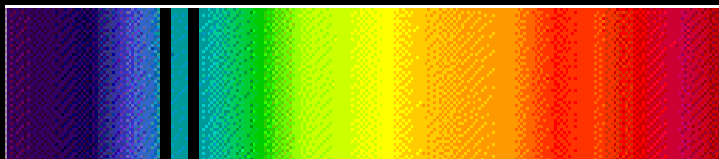


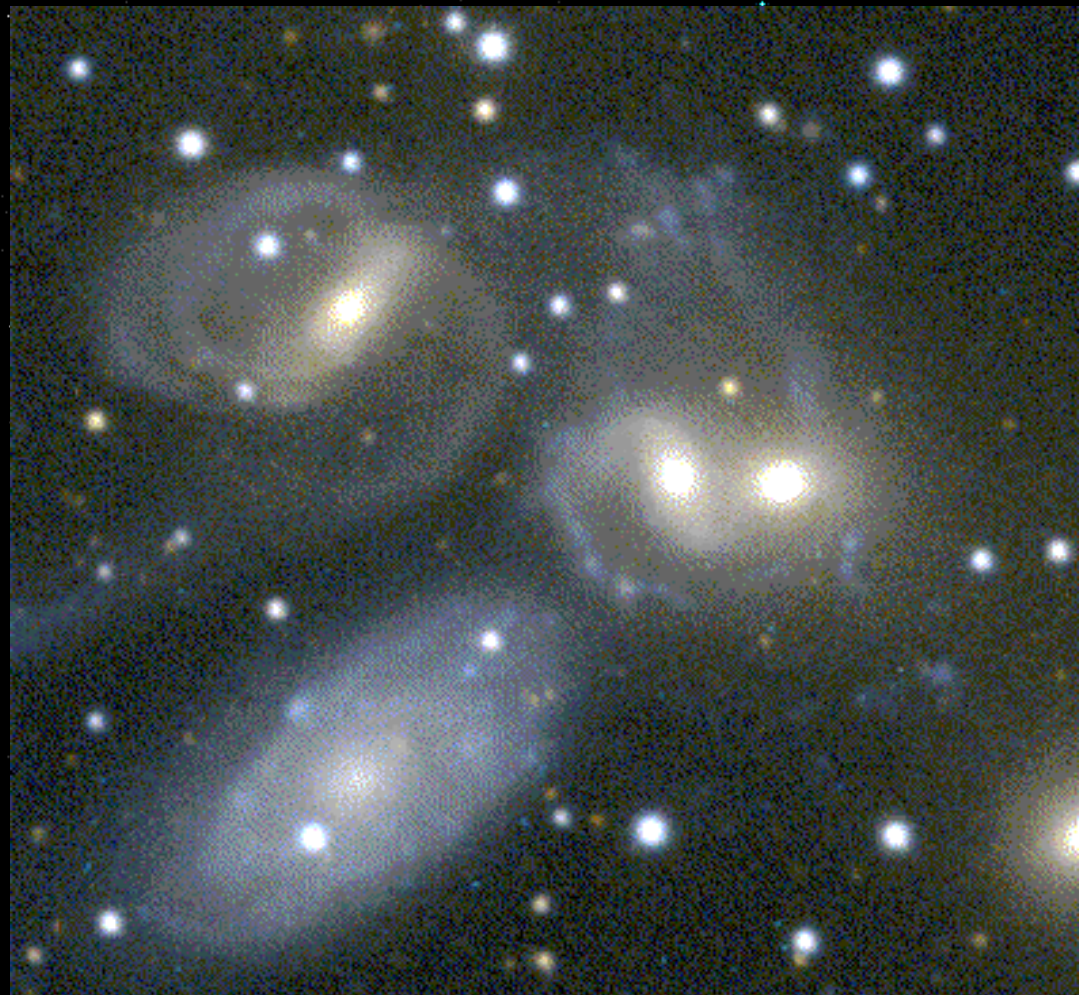
Extragalaktikus távolságmérés



Távolságmérési módszerek

1. Egyedi csillagok alapján

2. Sok objektum statisztikája alapján



1.a. Cefeida változócsillagok

Periódus-fényesség reláció:

$$M_V = -3.53 \log P + 2.13 (B-V)_0 - 2.13$$

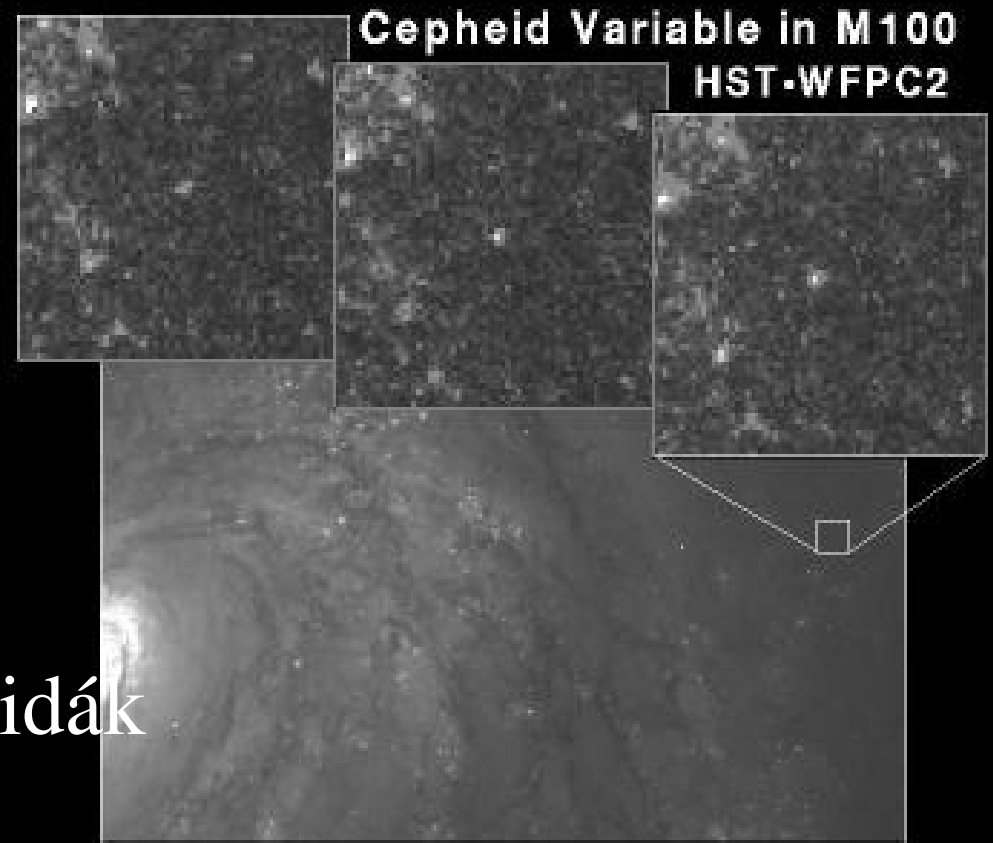
$$\log d \text{ (Mpc)} = 0.2 (V_0 - M_V) - 5$$

Hatótávolság:

Virgo-halmaz (~17 Mpc)

Problémák:

- vörösödés, abszorpció
- crowding
- II. típusú és anomális Cefeidák



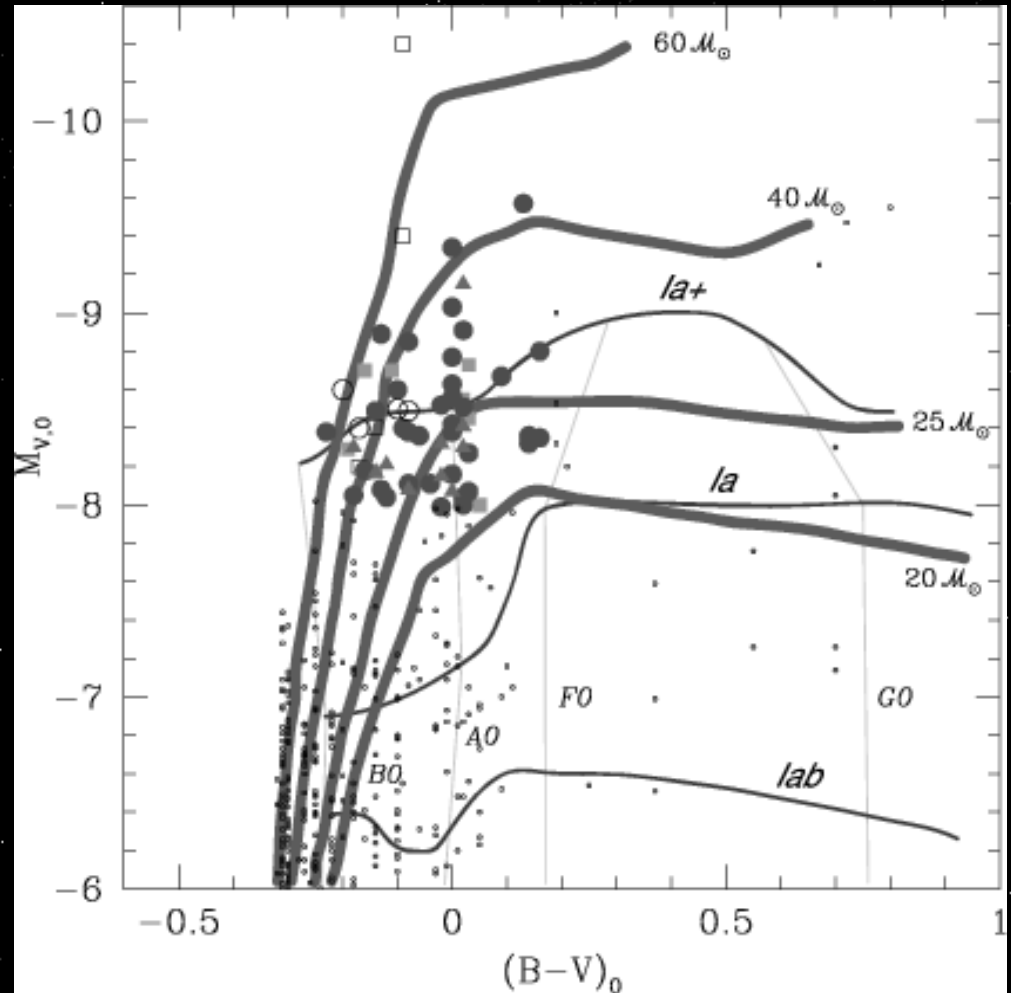
1.b. Legfényesebb szuperóriások (BBSG)

Tapasztalat:

$M_V(\text{max}) = -8$ mag

Hatótávolság:

kb. 10 Mpc



1.c. Nóvák

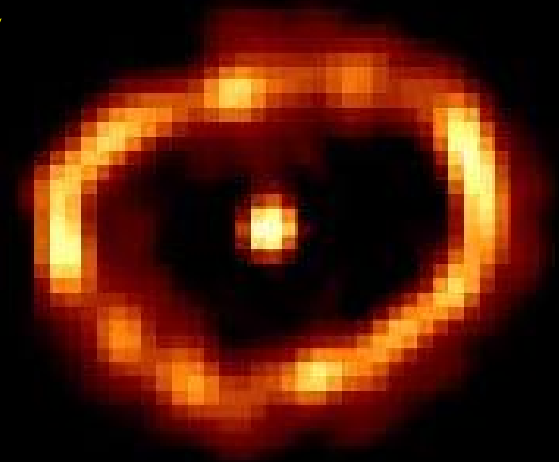
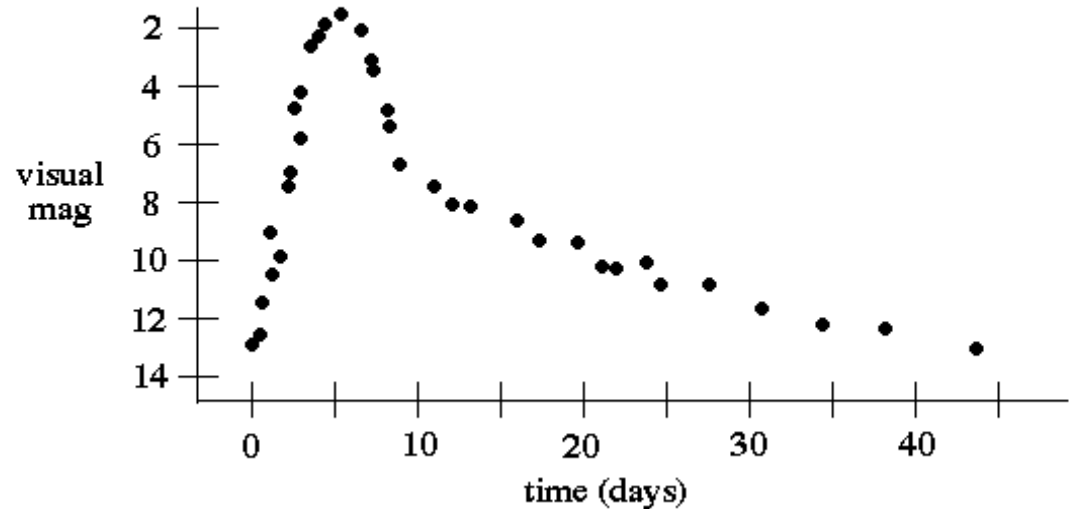
a halványodás üteme
korrelál az abszolút
fényességgel:

$$M_V(max) = -9.96 - 2.31 \log \dot{m}_2$$

m_2 : 2 magn. halványodáshoz
szükséges idő

Hatótávolság: ~ 20 Mpc

Nova Light Curve



1.d. Szupernóvák

táguló fotoszféra módszer (SNe IIp)

látszó szögátmérő: $\theta = R / D$

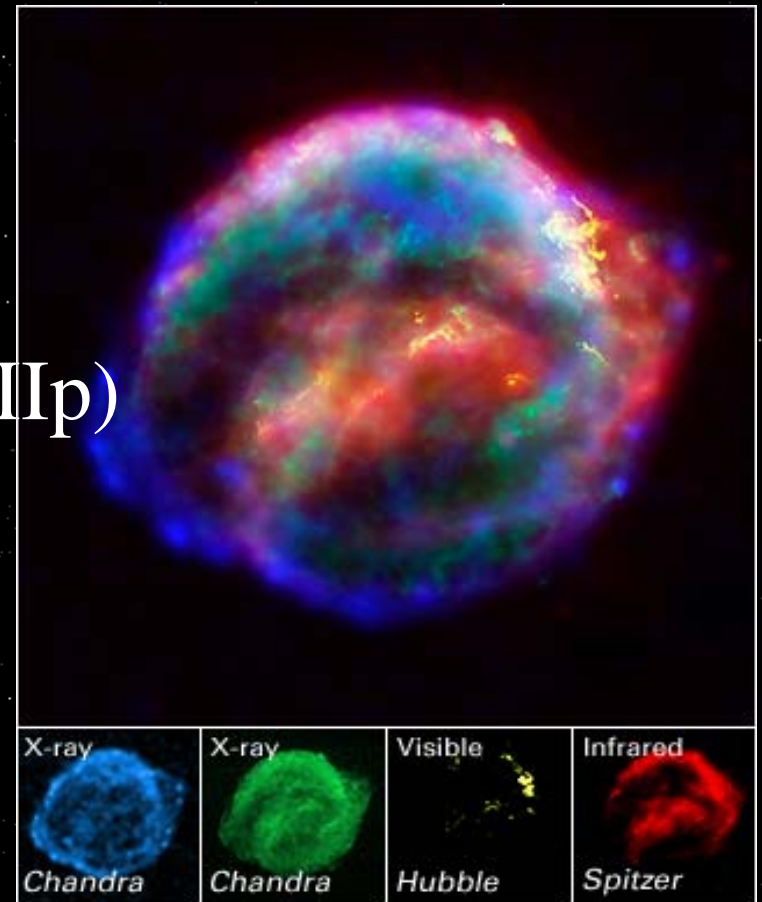
tágulási sebesség: $v = (d\theta/dt) D$

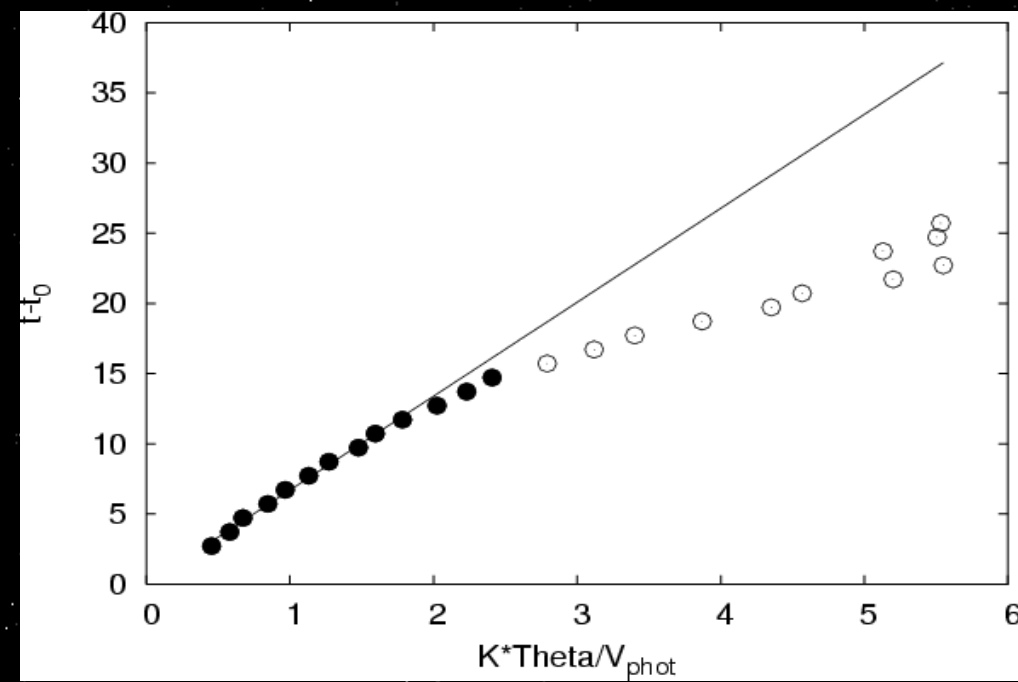
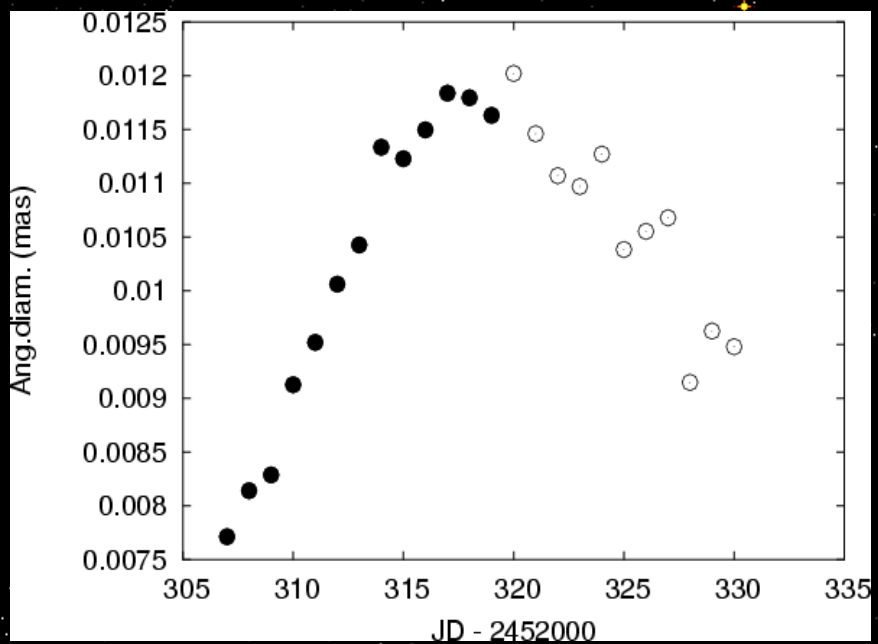
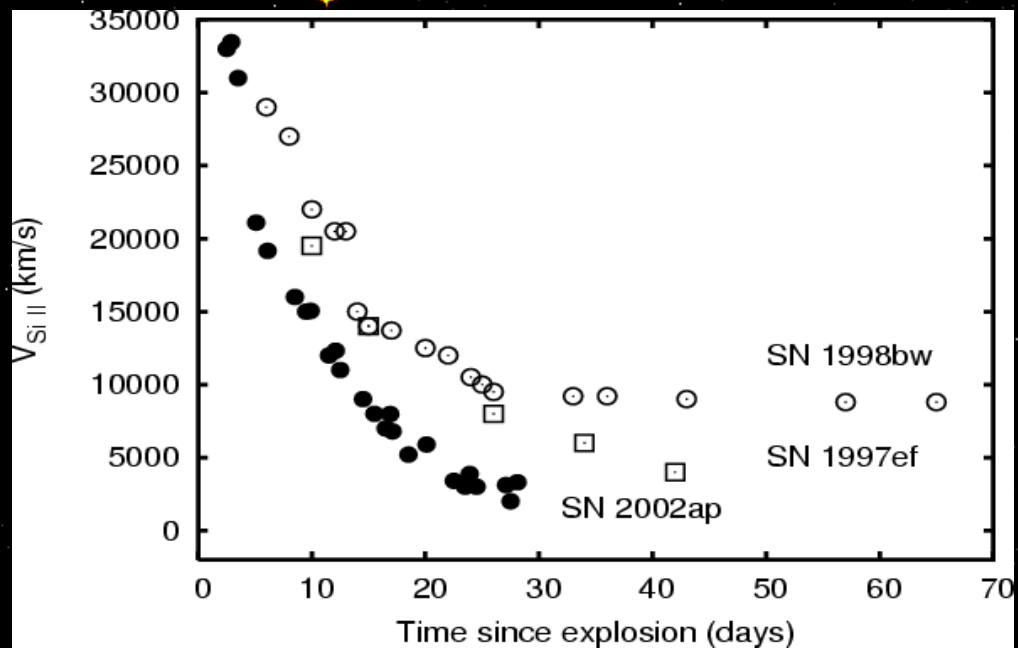
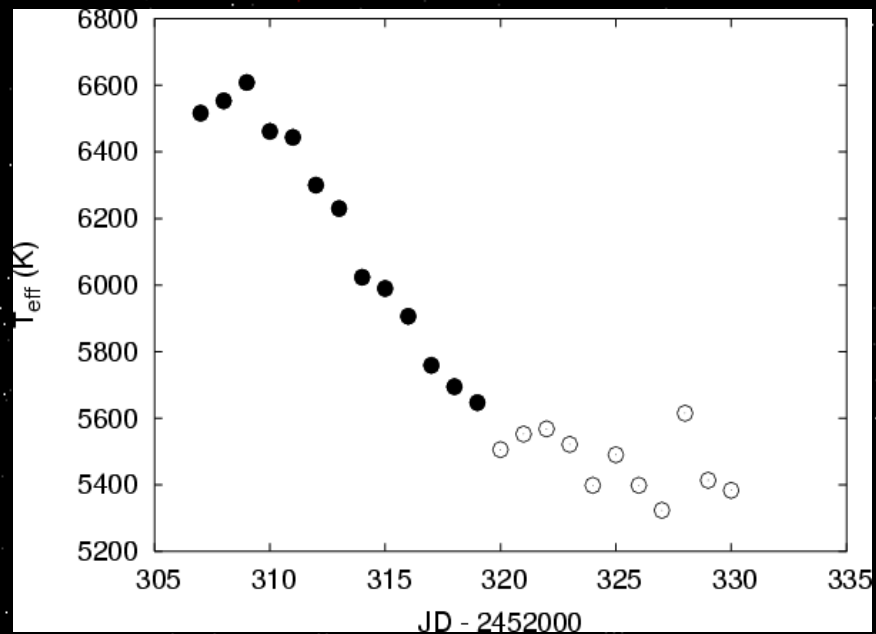
ha a szögátmérő nem mérhető közvetlenül:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4$$

$$l = L / (4\pi D^2) = \theta^2 \sigma T^4 \implies \theta = (l / (\sigma T^4))^{1/2}$$

$$R = v_{\text{phot}} (t - t_0) = \theta D \implies t = t_0 + D \theta / v_{\text{phot}}$$





fotometriai módszerek (SNe Ia):

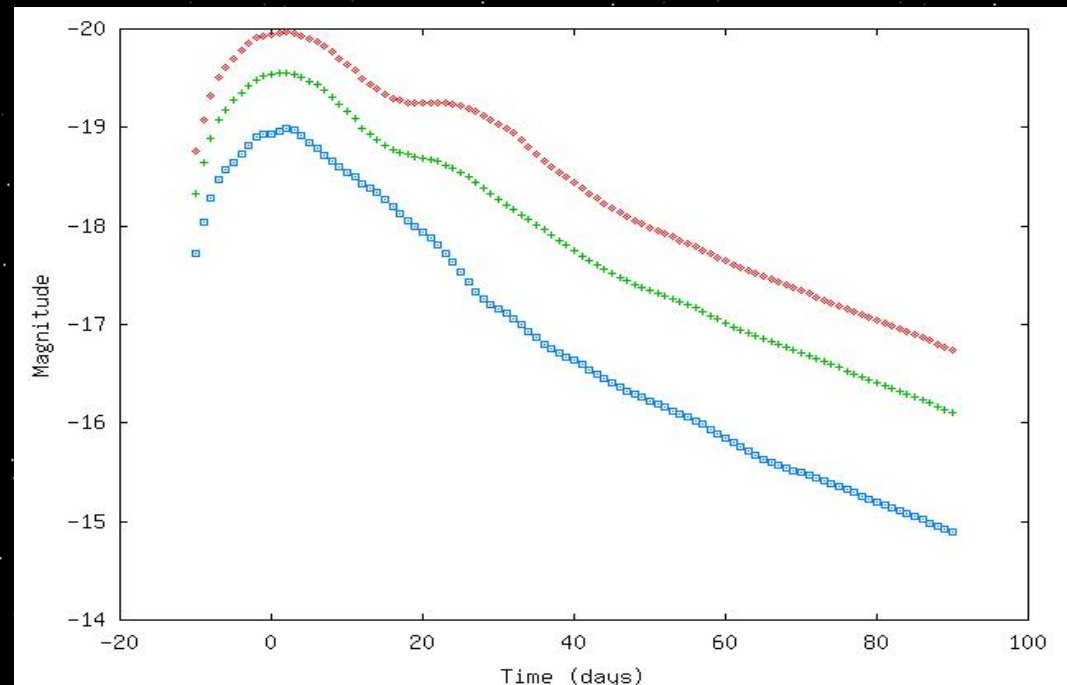
$M(\text{max})$ korrelál a fénygörbe alakjával:

- fényesebb SN Ia kékebb
- fényesebb SN Ia lassabban halványodik

- Multi-Color Light Curve Shape (MLCS)

- $\Delta m_{15}(B)$ módszer

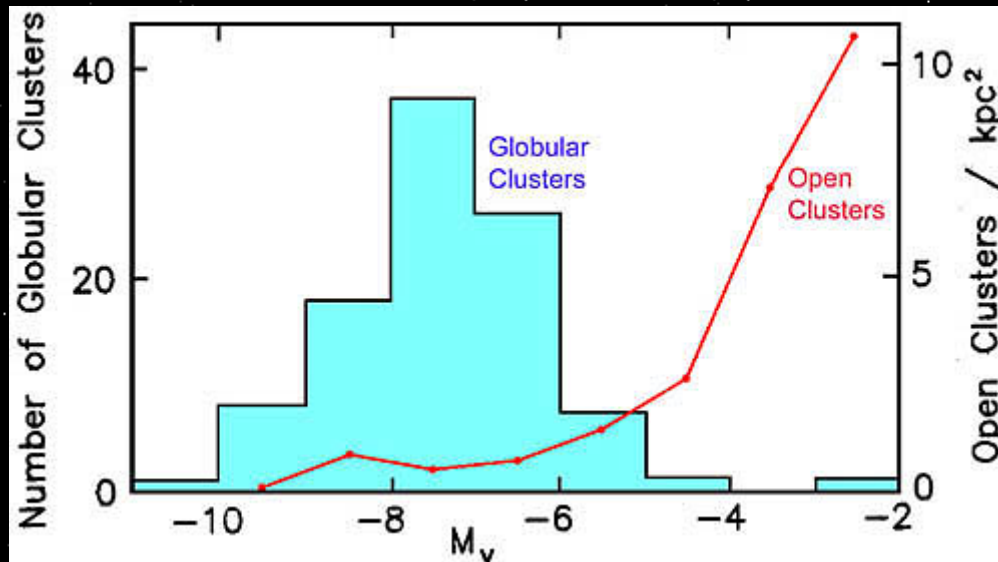
- nyújtási módszer



2.a. Gömbhalmazok luminozitás függvénye (GCLF)

$$M_V(\text{max}) \sim -7.7 \pm 0.5 \text{ mag}$$

hatótávolság: $\sim 50 \text{ Mpc}$

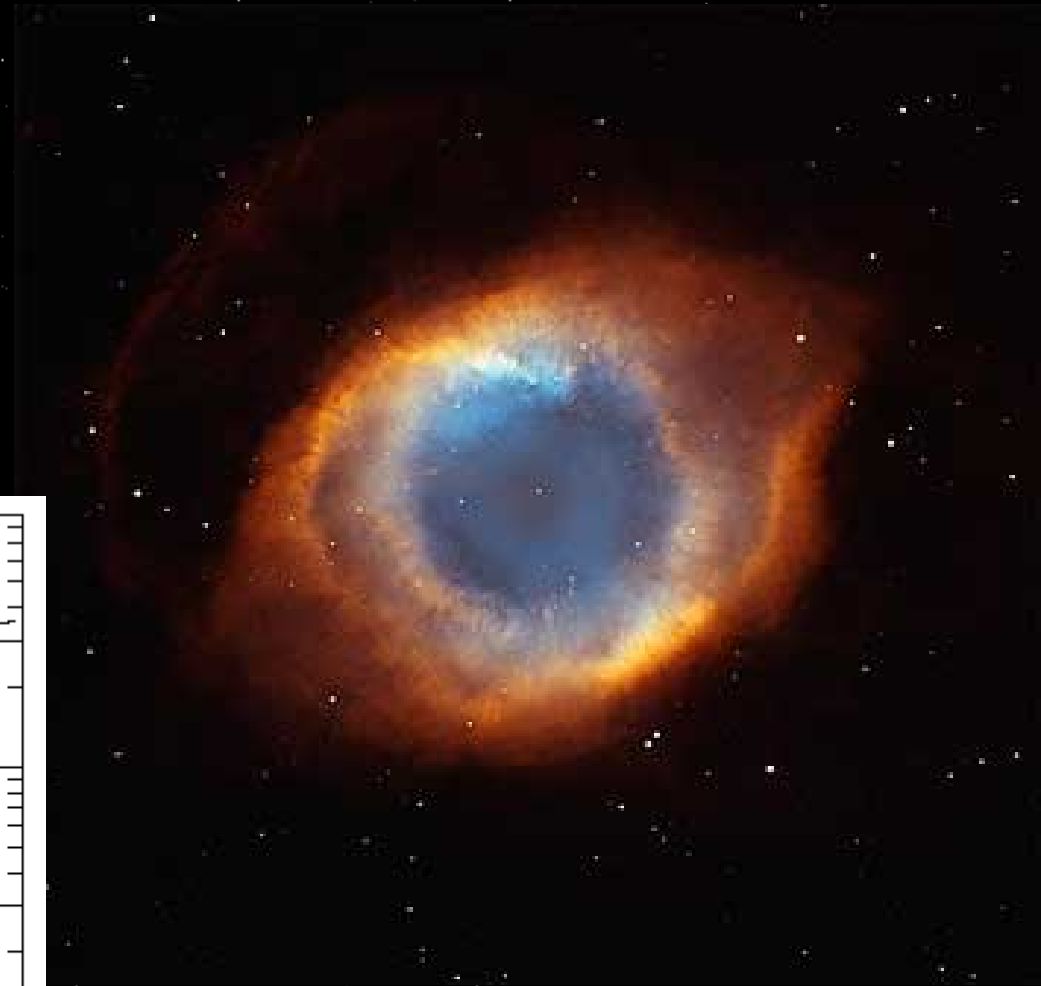
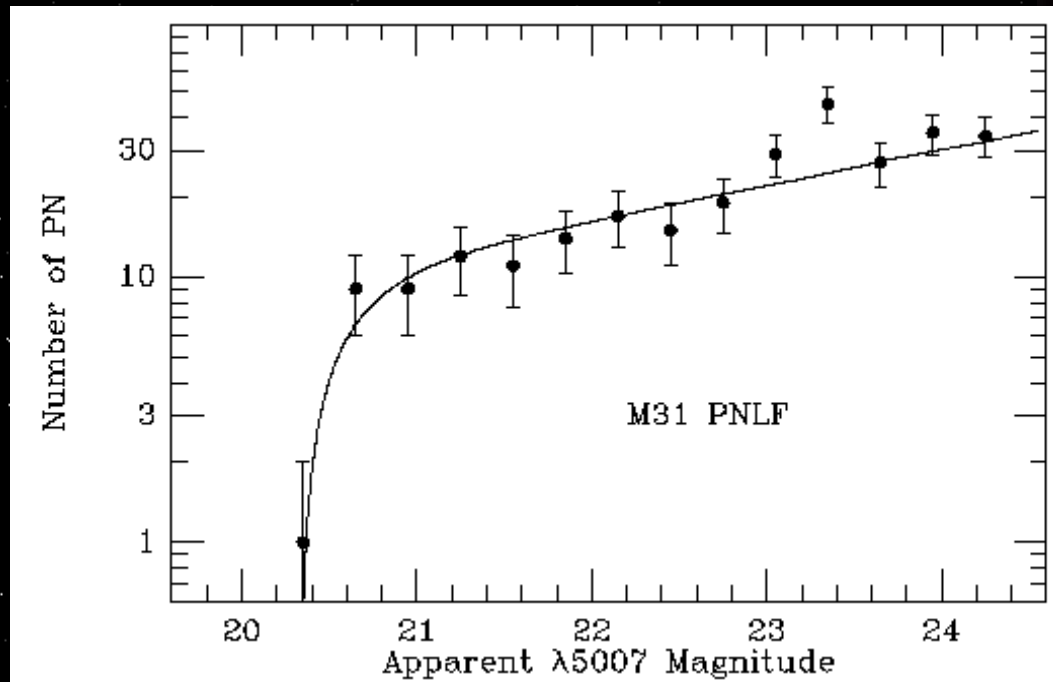


2.b. Planetáris ködök luminozitás függvénye (PNLF)

$\lambda = 5007 \text{ \AA}$ hullámhosszon

$M_0 \sim -4.5 \pm 0.5 \text{ mag}$

hatótávolság: $\sim 30 \text{ Mpc}$



2.c. Felületi fényesség fluktuáció (SBF)

A galaxis mért felületi fényessége:

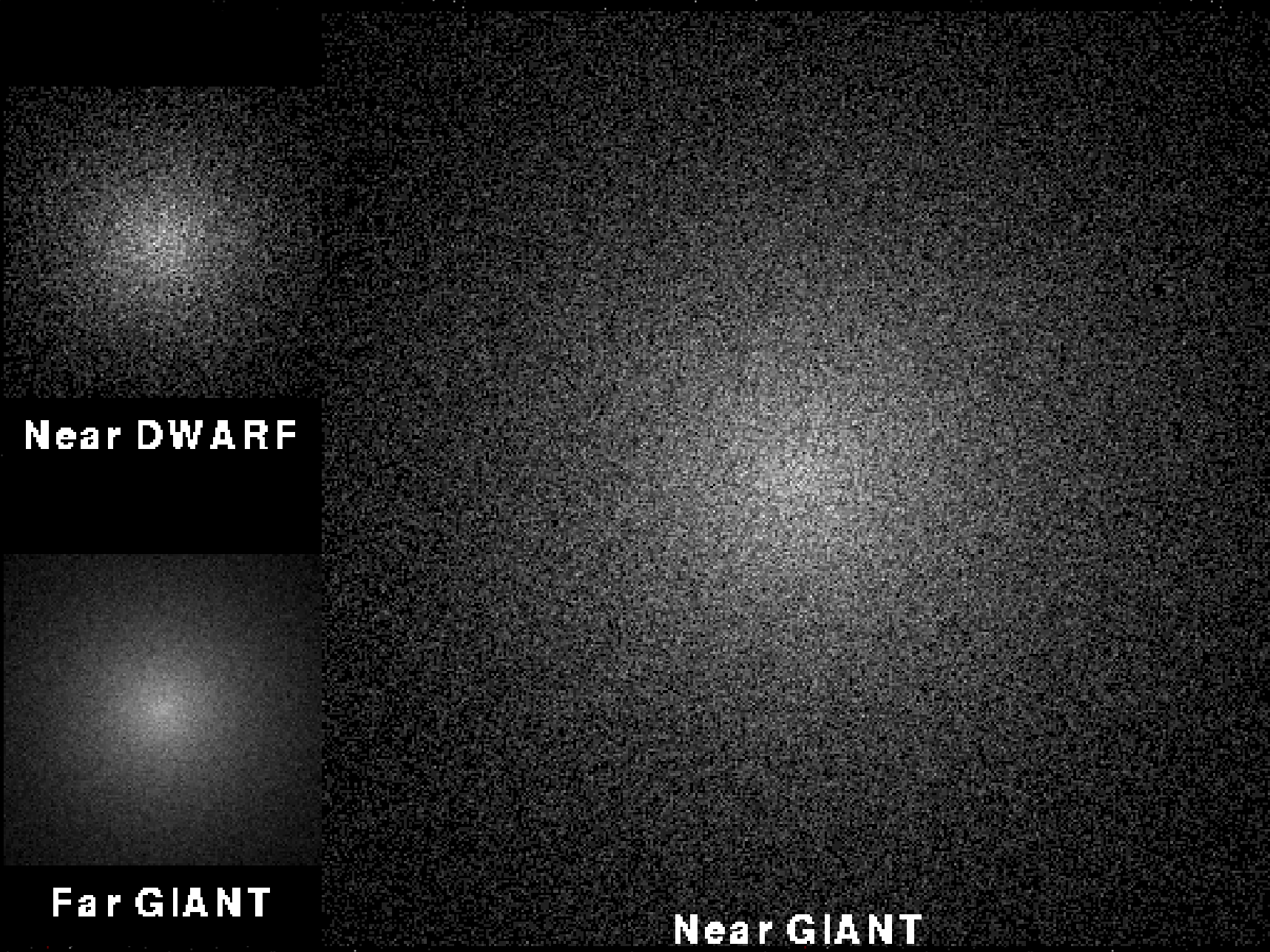
$$F = N \frac{L}{4\pi d^2} = n d^2 \theta^2 \frac{L}{4\pi d^2} = n \theta^2 \frac{L}{4\pi}$$

független a távolságtól

De: F fluktuációja Poisson-statisztikát követ:

$$\sigma_F = \sqrt{N} \frac{L}{4\pi d^2} = \sqrt{n} d \theta \frac{L}{4\pi d^2} = \frac{\sqrt{n} \theta L}{4\pi d} \sim \frac{1}{d}$$

hatótávolság: ~ 50 Mpc



Near DWARF

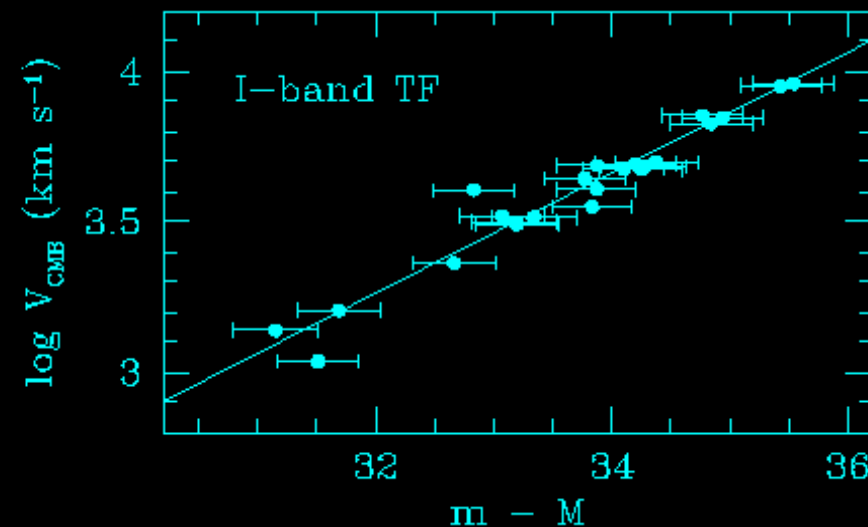
Far GIANT

Near GIANT

2.d. Tully-Fisher reláció

$$M_I = -10 \log \left(\frac{2 v_{rad}}{\sin i} \right) + 3.61$$

csak spirálgalaxisokra

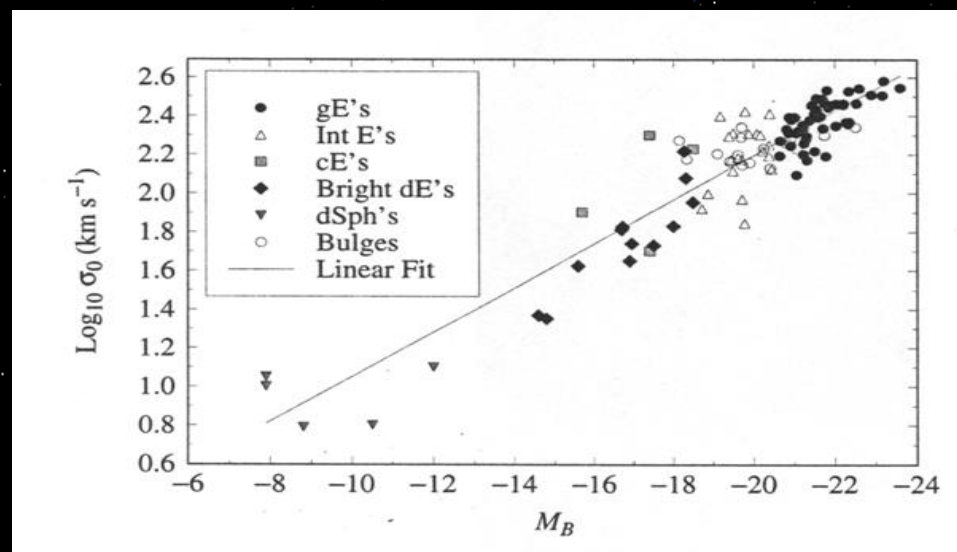


Faber-Jackson reláció

$$M_B = -10 \log(\sigma_0) + C$$

elliptikus galaxisokra

hatótávolság: ~ 100 Mpc

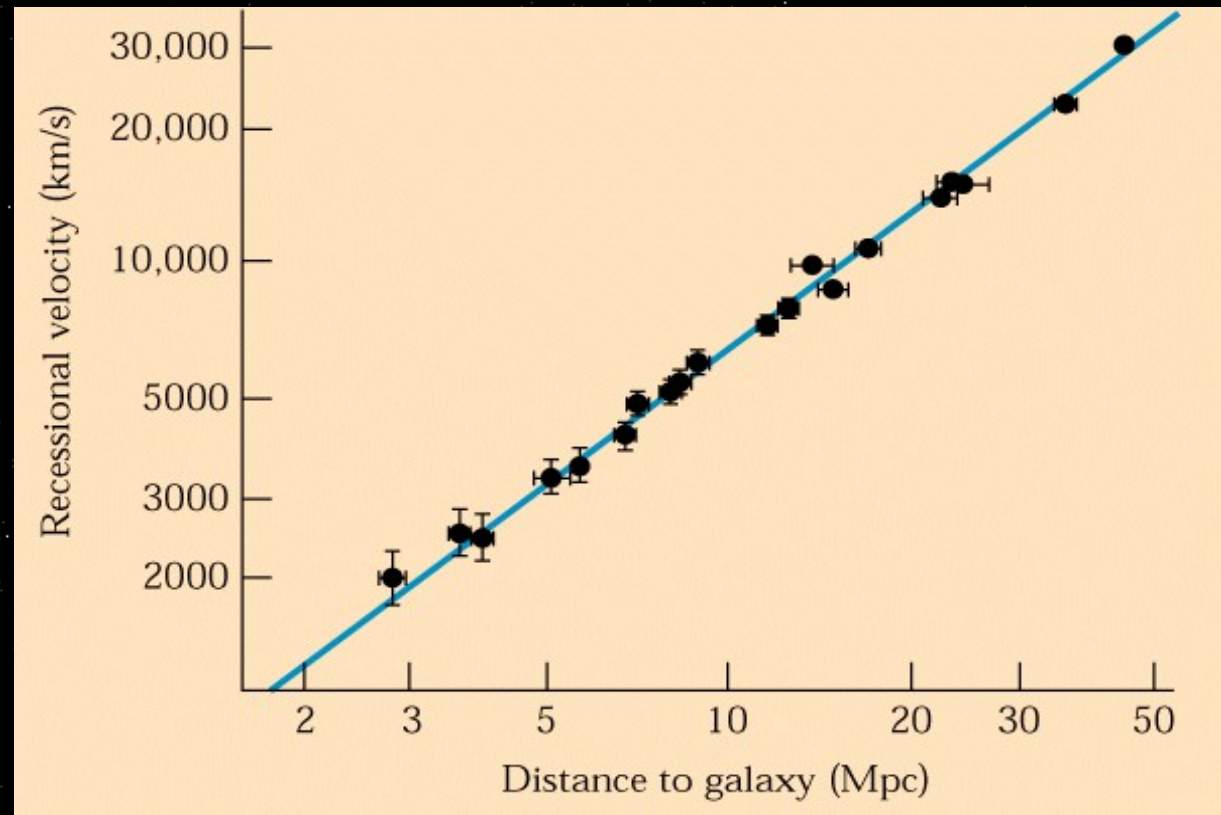


Hubble törvény

Lokálisan:

$$v = cz = H_0 \cdot d$$

$$H_0 = 73 \pm 9 \text{ km/s/Mpc}$$



Nagyobb távolságokra:

$$d_L = \frac{c(1+z)}{H_0} \int_0^z \frac{dz}{\sqrt{(\Omega_M(z^3 + 3z^2 + 3z) + 1)}}$$

sík Univerzumban, ahol $\Omega_\Lambda = 1 - \Omega_M$