

Model globalnego dysku galaktyk spiralnych

Szymon Sikora

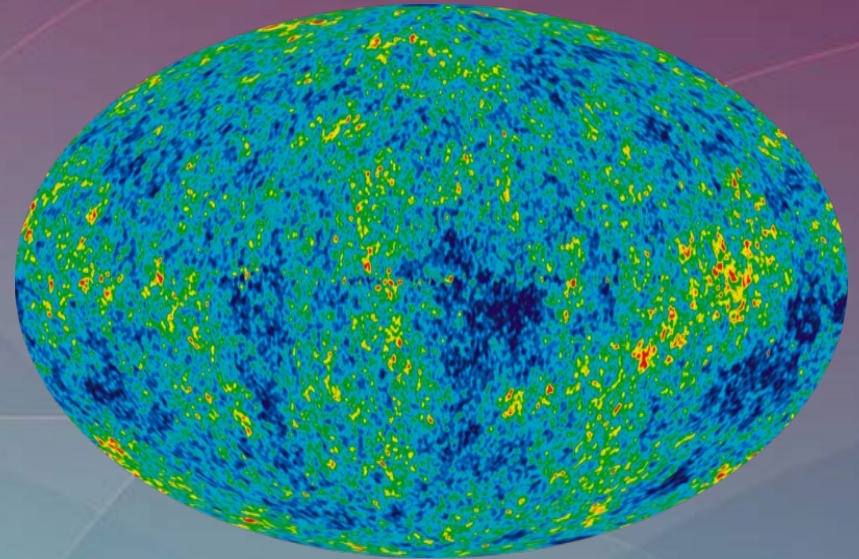
Obserwatorium Astronomiczne UJ

Grupa badawcza:

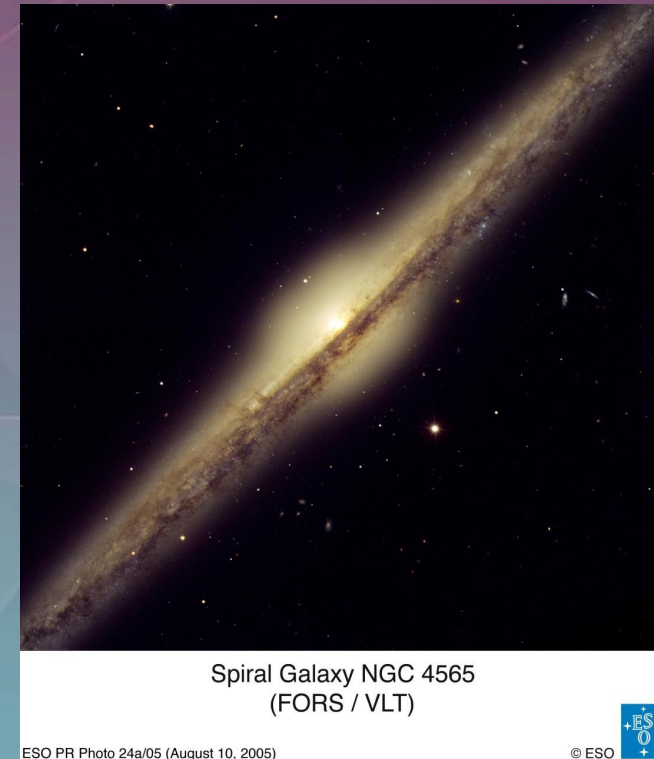
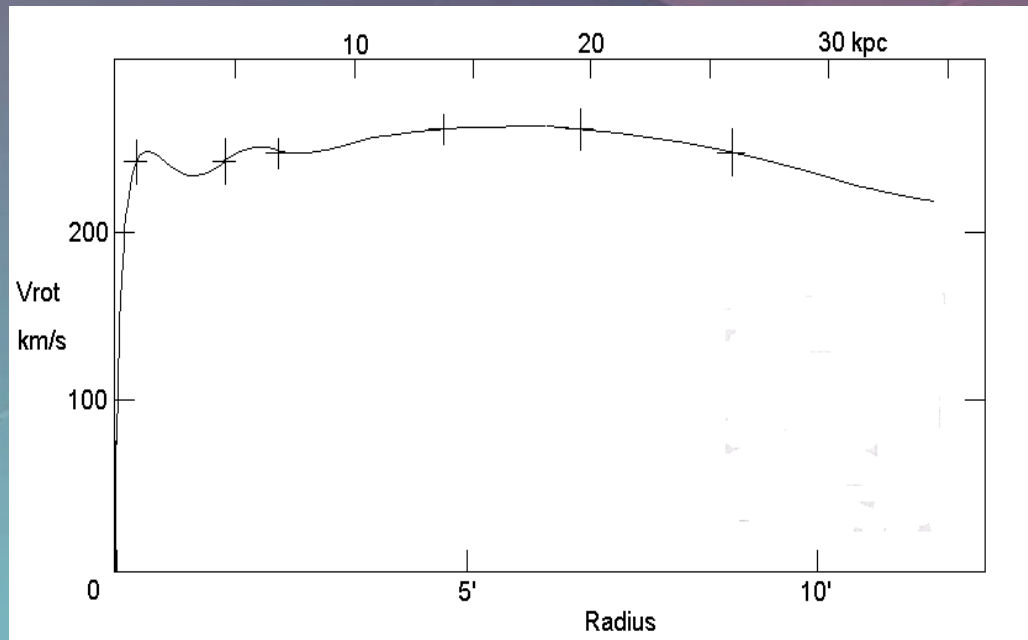
prof. Marek Kutschera¹, dr Joanna Jałocha², dr hab. Łukasz Bratek²,
dr Szymon Sikora³, dr Piotr Skindzier¹

1. Instytut Fizyki UJ, 2. Instytut Fizyki Jądrowej PAN, 3. OA UJ

Wstęp – zagadnienie ciemnej materii



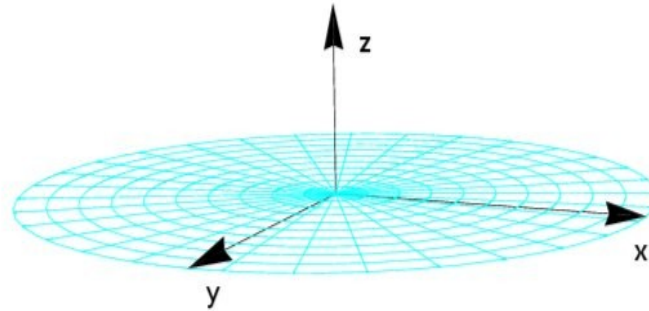
Standardowy model galaktyk



W standardowym podejściu:

- przyjmuje się współczynnik masa/jasność M/L jako parametr modelu
- na podstawie profilu jasności konstruuje się analityczne formuły opisujące rozkład masy w dysku i zgrubieniu centralnym, zawierające pewne wolne parametry
- dopasowuje się wartości powyższych parametrów tak, aby uzyskać zgodność z obserwacyjną krzywą rotacji
- ponieważ jest to niemożliwe wprowadza się nieświecące halo

Model globalnega dysku

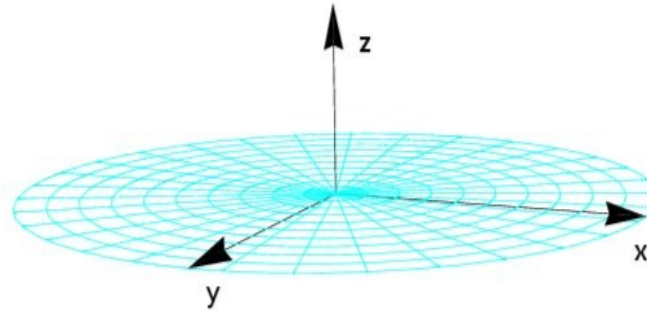


$$\Delta\Psi = 4\pi G\rho \quad v^2(R)|_{Z=0} = R\partial_R\Psi(R, Z)$$

$$\Psi(R, Z) = -2\pi \int_0^\infty d\omega \tilde{\sigma}(\omega) J_0(\omega R) \exp(-\omega |Z|)$$

$$\sigma(R) = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{1}{4\pi G} \left[\left. \frac{\partial\Psi(R, Z)}{\partial Z} \right|_{z=+\epsilon} - \left. \frac{\partial\Psi(R, Z)}{\partial Z} \right|_{z=-\epsilon} \right]$$

Model globalnego dysku



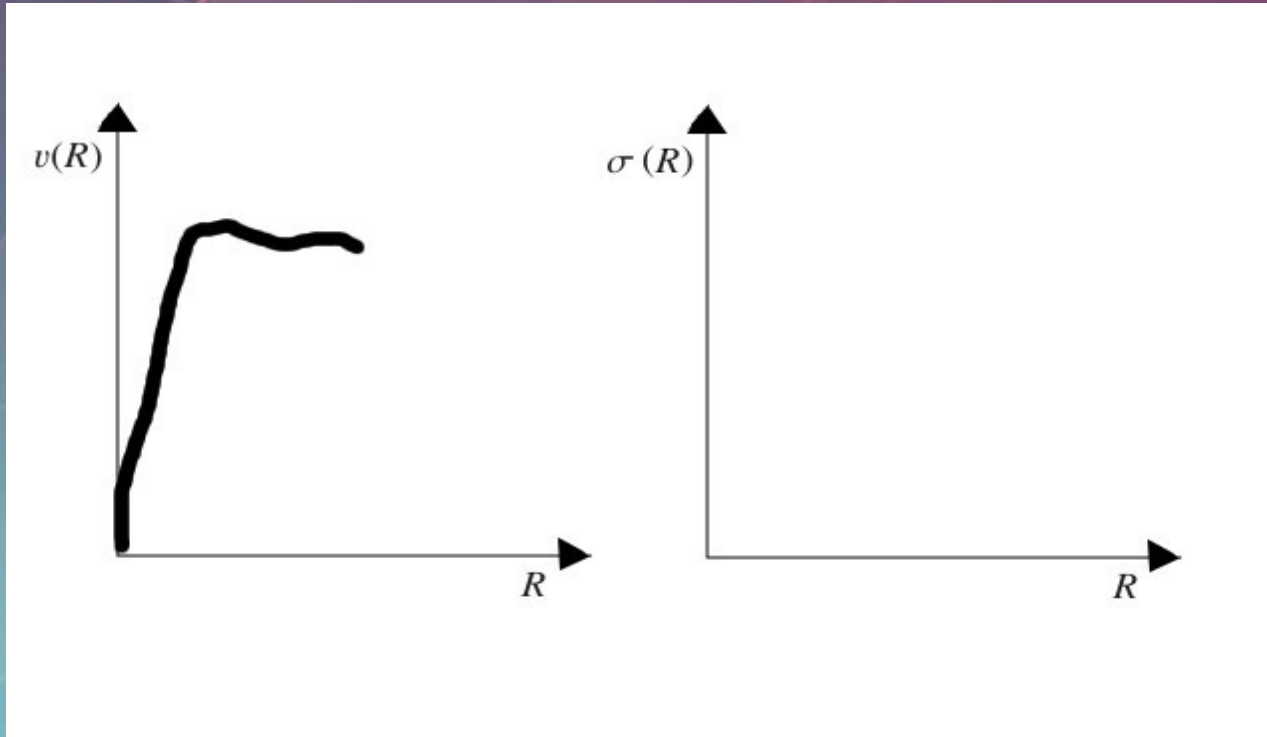
$$\sigma(R) = \frac{1}{2\pi^2 G} \int_0^\infty \left[\frac{K(\mu_x)}{1+x} - \frac{E(\mu_x)}{1-x} \right] \frac{v^2(Rx)}{Rx} dx.$$

$$\frac{v^2(R)}{R} = 2G \int_0^\infty \left[\frac{K(\mu_x)}{1+x} + \frac{E(\mu_x)}{1-x} \right] \sigma(Rx) x dx.$$

$$K(k) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\phi}{\sqrt{1 - k^2 \sin^2 \phi}}, \quad E(k) = \int_0^{\pi/2} d\phi \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \phi}.$$

$$\mu_x = \frac{2\sqrt{x}}{1+x}$$

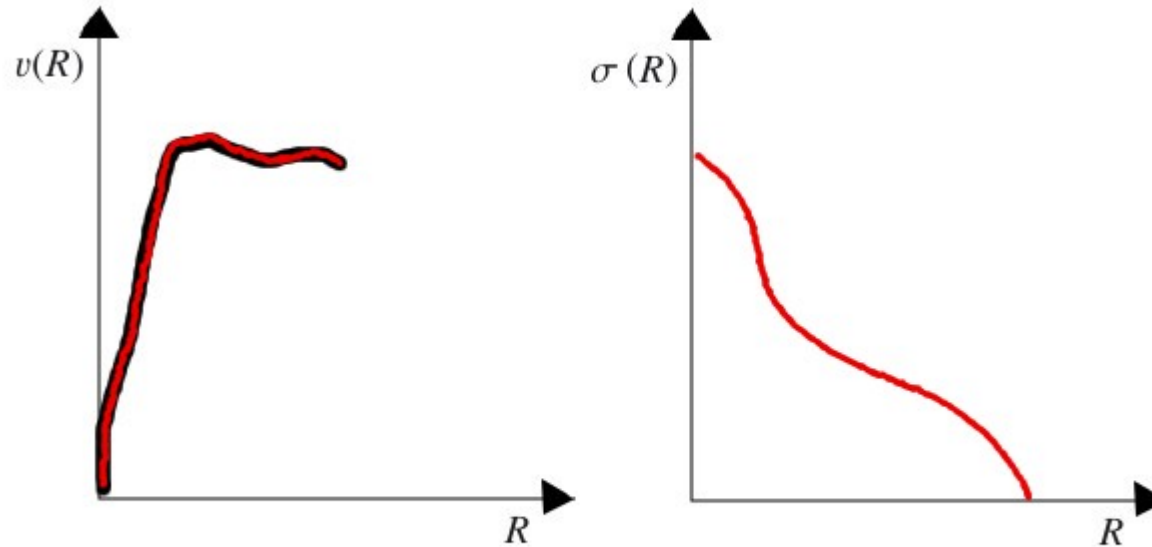
Metoda iteracyjna



$$\sigma(R) = \frac{1}{2\pi^2 G} \int_0^{\infty} \left[\frac{K(\mu_x)}{1+x} - \frac{E(\mu_x)}{1-x} \right] \frac{v^2(Rx)}{Rx} dx.$$

$$\frac{v^2(R)}{R} = 2G \int_0^{\infty} \left[\frac{K(\mu_x)}{1+x} + \frac{E(\mu_x)}{1-x} \right] \sigma(Rx) x dx.$$

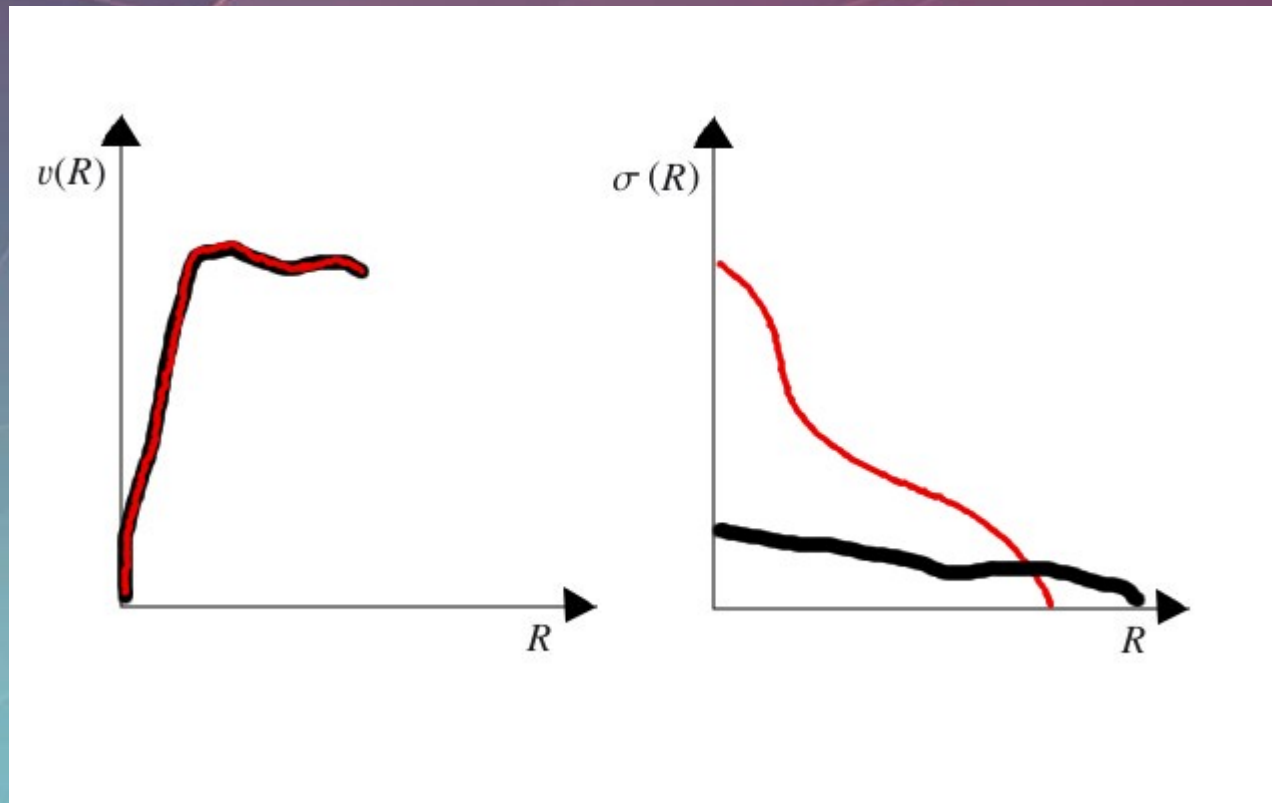
Metoda iteracyjna



$$\sigma(R) = \frac{1}{2\pi^2 G} \int_0^{\infty} \left[\frac{K(\mu_x)}{1+x} - \frac{E(\mu_x)}{1-x} \right] \frac{v^2(Rx)}{Rx} dx.$$

$$\frac{v^2(R)}{R} = 2G \int_0^{\infty} \left[\frac{K(\mu_x)}{1+x} + \frac{E(\mu_x)}{1-x} \right] \sigma(Rx) x dx.$$

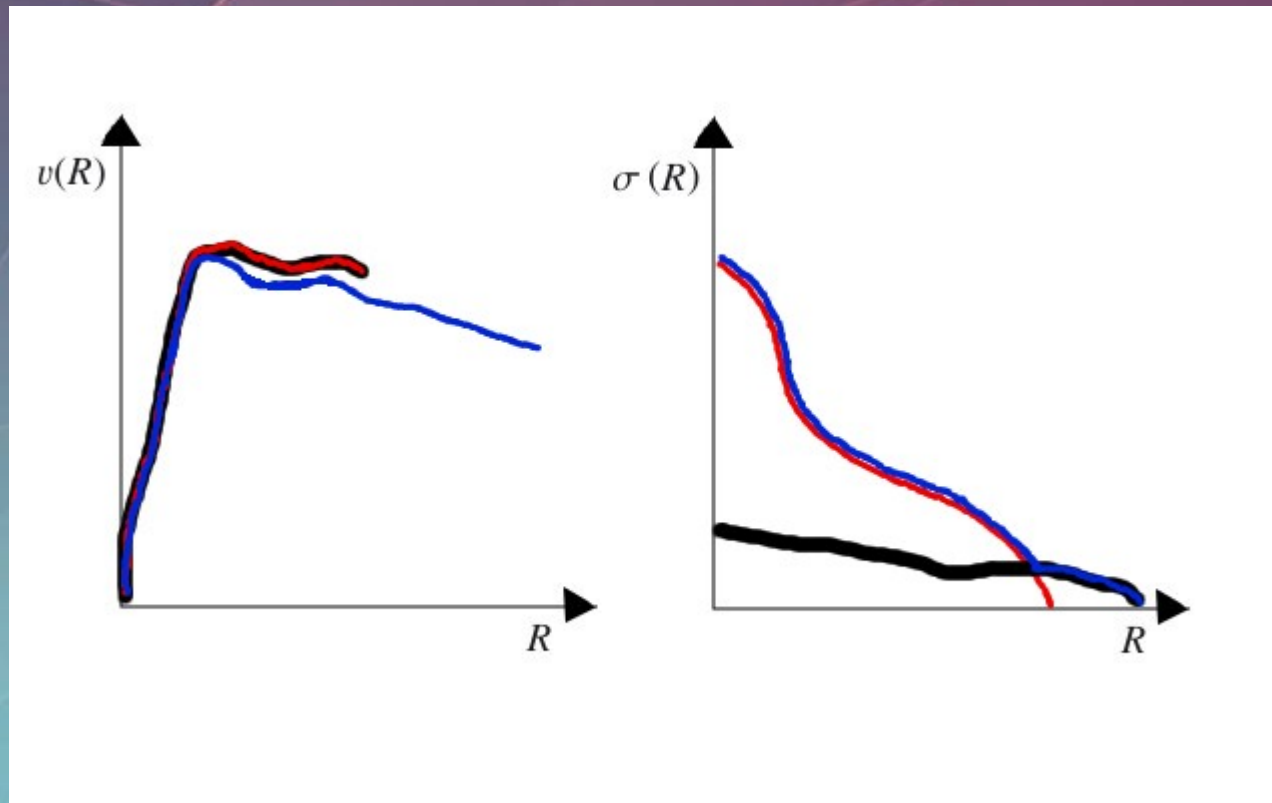
Metoda iteracyjna



$$\sigma(R) = \frac{1}{2\pi^2 G} \int_0^{\infty} \left[\frac{K(\mu_x)}{1+x} - \frac{E(\mu_x)}{1-x} \right] \frac{v^2(Rx)}{Rx} dx.$$

$$\frac{v^2(R)}{R} = 2G \int_0^{\infty} \left[\frac{K(\mu_x)}{1+x} + \frac{E(\mu_x)}{1-x} \right] \sigma(Rx) x dx.$$

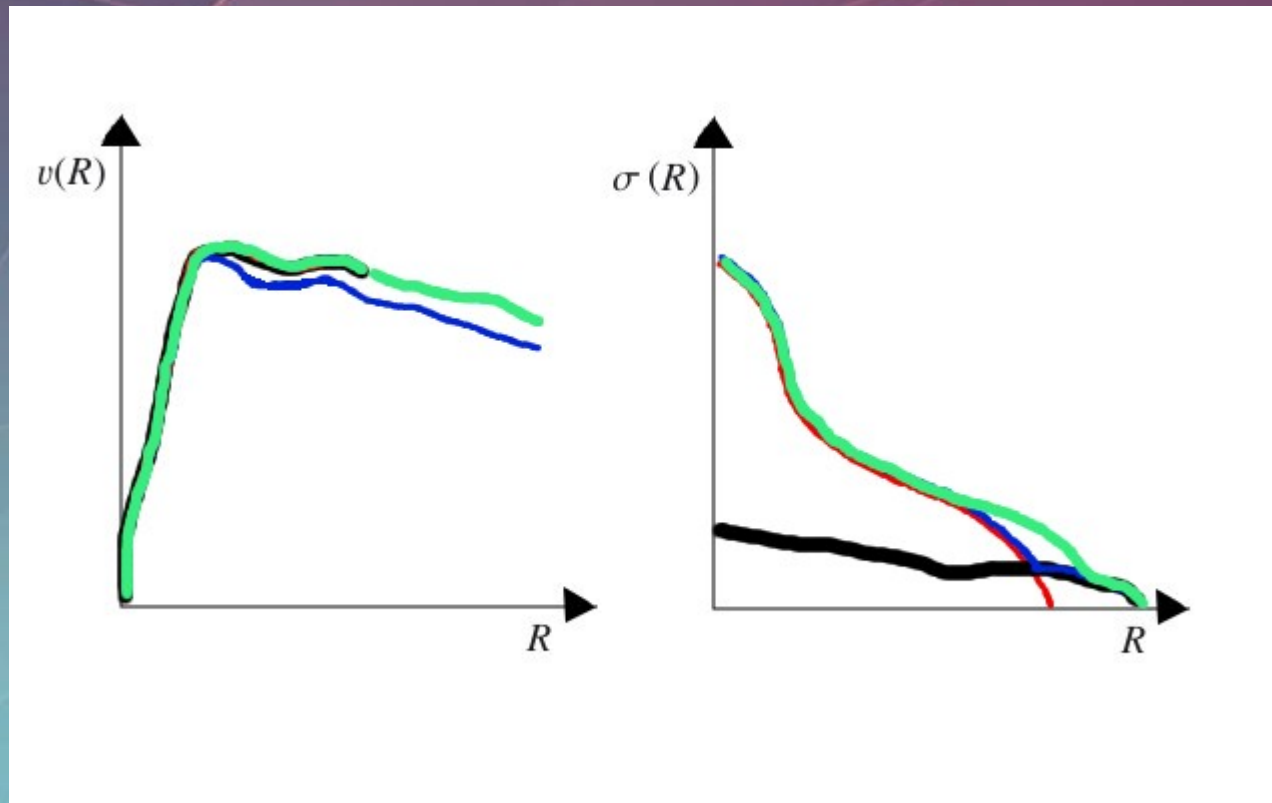
Metoda iteracyjna



$$\sigma(R) = \frac{1}{2\pi^2 G} \int_0^{\infty} \left[\frac{K(\mu_x)}{1+x} - \frac{E(\mu_x)}{1-x} \right] \frac{v^2(Rx)}{Rx} dx.$$

$$\frac{v^2(R)}{R} = 2G \int_0^{\infty} \left[\frac{K(\mu_x)}{1+x} + \frac{E(\mu_x)}{1-x} \right] \sigma(Rx) x dx.$$

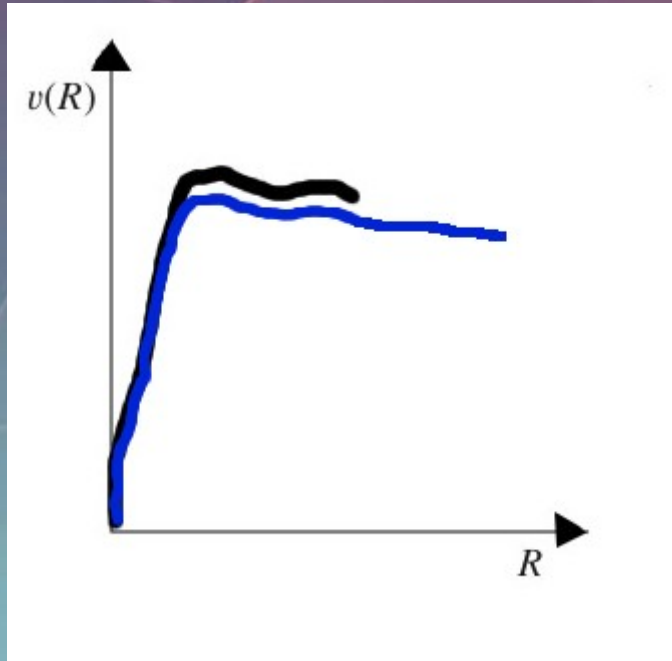
Metoda iteracyjna



$$\sigma(R) = \frac{1}{2\pi^2 G} \int_0^{\infty} \left[\frac{K(\mu_x)}{1+x} - \frac{E(\mu_x)}{1-x} \right] \frac{v^2(Rx)}{Rx} dx.$$

$$\frac{v^2(R)}{R} = 2G \int_0^{\infty} \left[\frac{K(\mu_x)}{1+x} + \frac{E(\mu_x)}{1-x} \right] \sigma(Rx) x dx.$$

Dysk o pewnej grubości



Spiral Galaxy NGC 4565
(FORS / VLT)

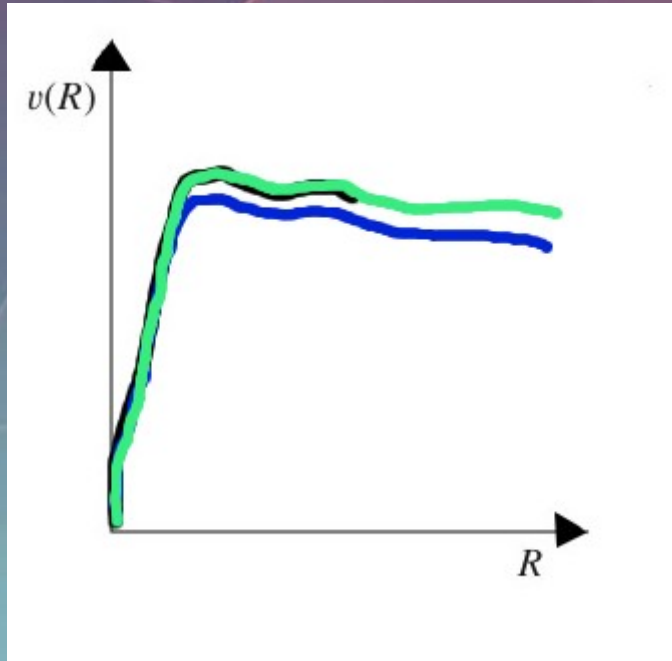
ESO PR Photo 24a/05 (August 10, 2005)

© ESO

$$\Psi(R, Z) = -4G \int_0^{\infty} dr \int_{-\infty}^{\infty} dz \frac{\rho(r, z) r K(k)}{\sqrt{(R+r)^2 + (Z-z)^2}} \quad k = \sqrt{\frac{4Rr}{(R+r)^2 + (Z-z)^2}}$$

$$\rho(r, z) = \rho(r, 0) \exp(-|z|/h') \quad \rho(r, z) = \rho(r, 0) / \cosh^2(z/h)$$

Dysk o pewnej grubości



Spiral Galaxy NGC 4565
(FORS / VLT)

ESO PR Photo 24a/05 (August 10, 2005)

© ESO

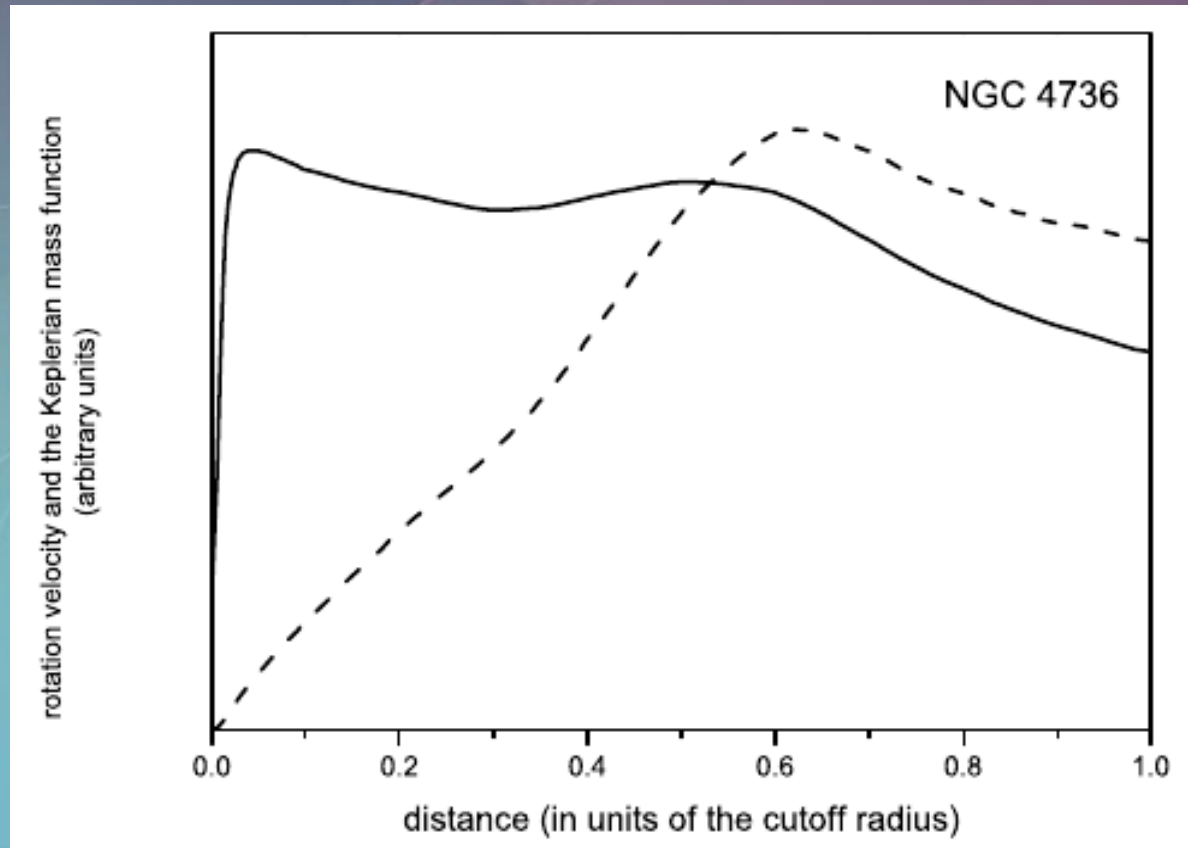
$$\Psi(R, Z) = -4G \int_0^{\infty} dr \int_{-\infty}^{\infty} dz \frac{\rho(r, z) r K(k)}{\sqrt{(R+r)^2 + (Z-z)^2}} \quad k = \sqrt{\frac{4Rr}{(R+r)^2 + (Z-z)^2}}$$

$$\rho(r, z) = \rho(r, 0) \exp(-|z|/h') \quad \rho(r, z) = \rho(r, 0) / \cosh^2(z/h)$$

Testy obserwacyjne

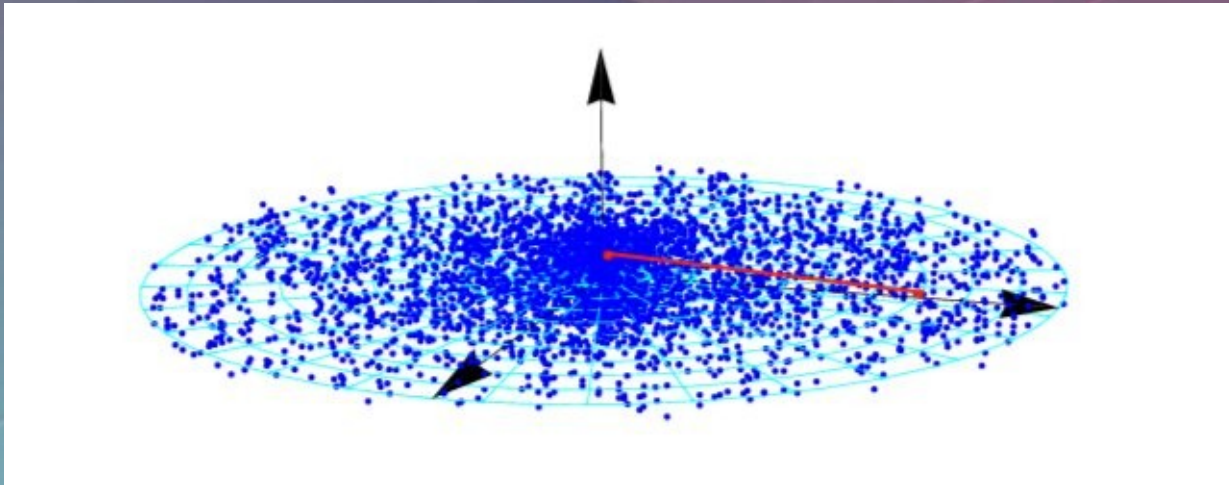
Test sferyczności

$$M_K(\rho) \equiv G^{-1} v^2(\rho) \rho.$$



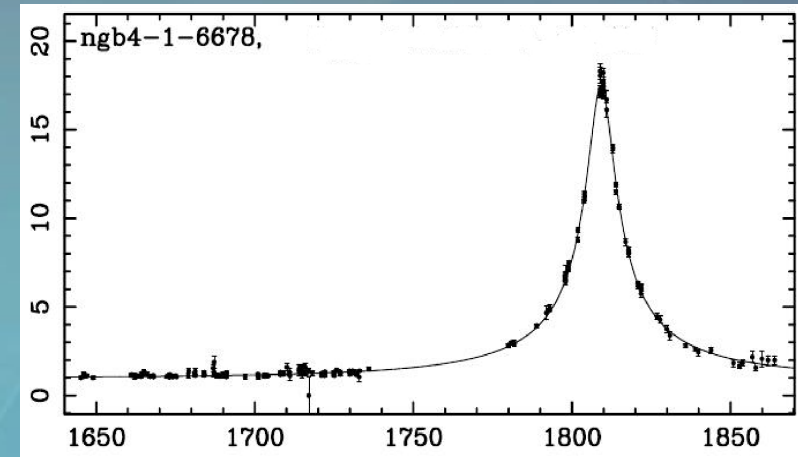
Jałocha et al., ApJ 679, 373 (2008)

Mikrosoczewkowanie grawitacyjne w Galaktyce

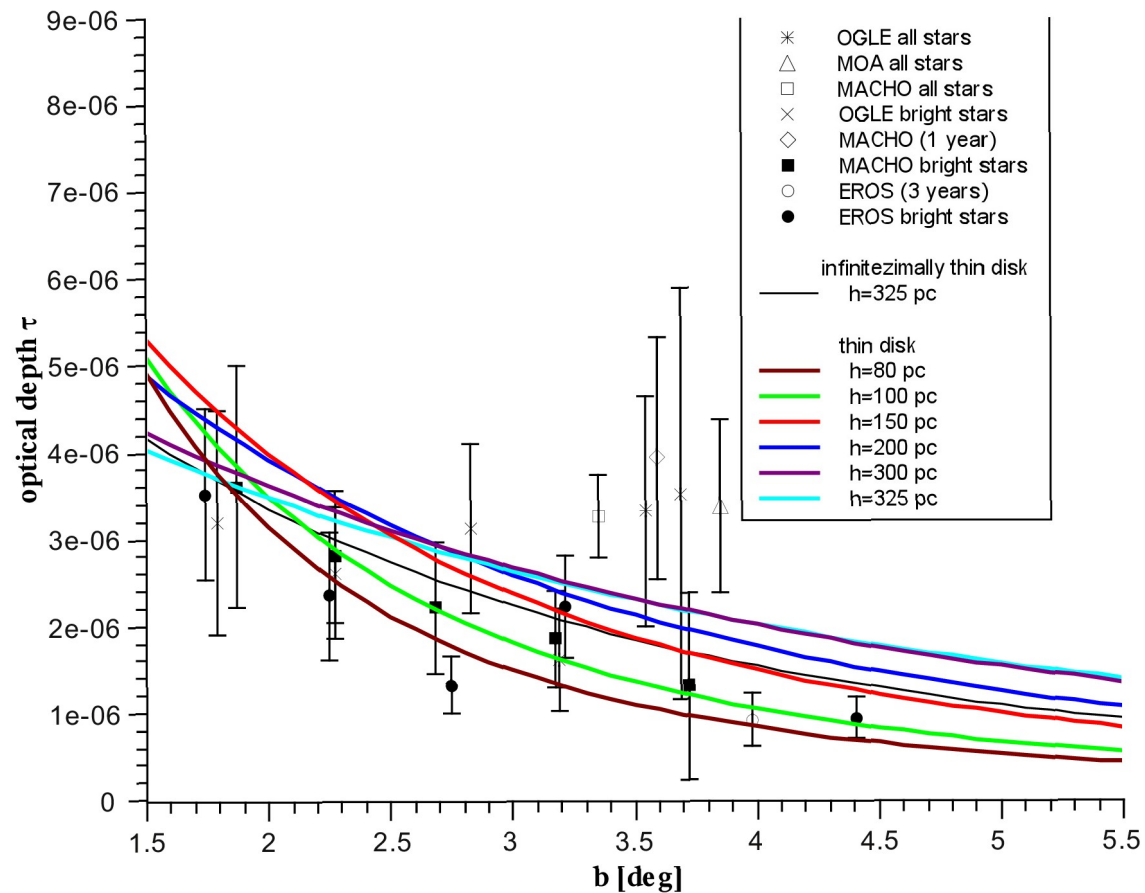


Głębokość optyczna:

$$\tau = \frac{4\pi G}{c^2} \int_0^{D_S} \frac{(D_S - D_L) D_L}{D_S} \rho_L(\vec{x}(D_L)) dD_L$$



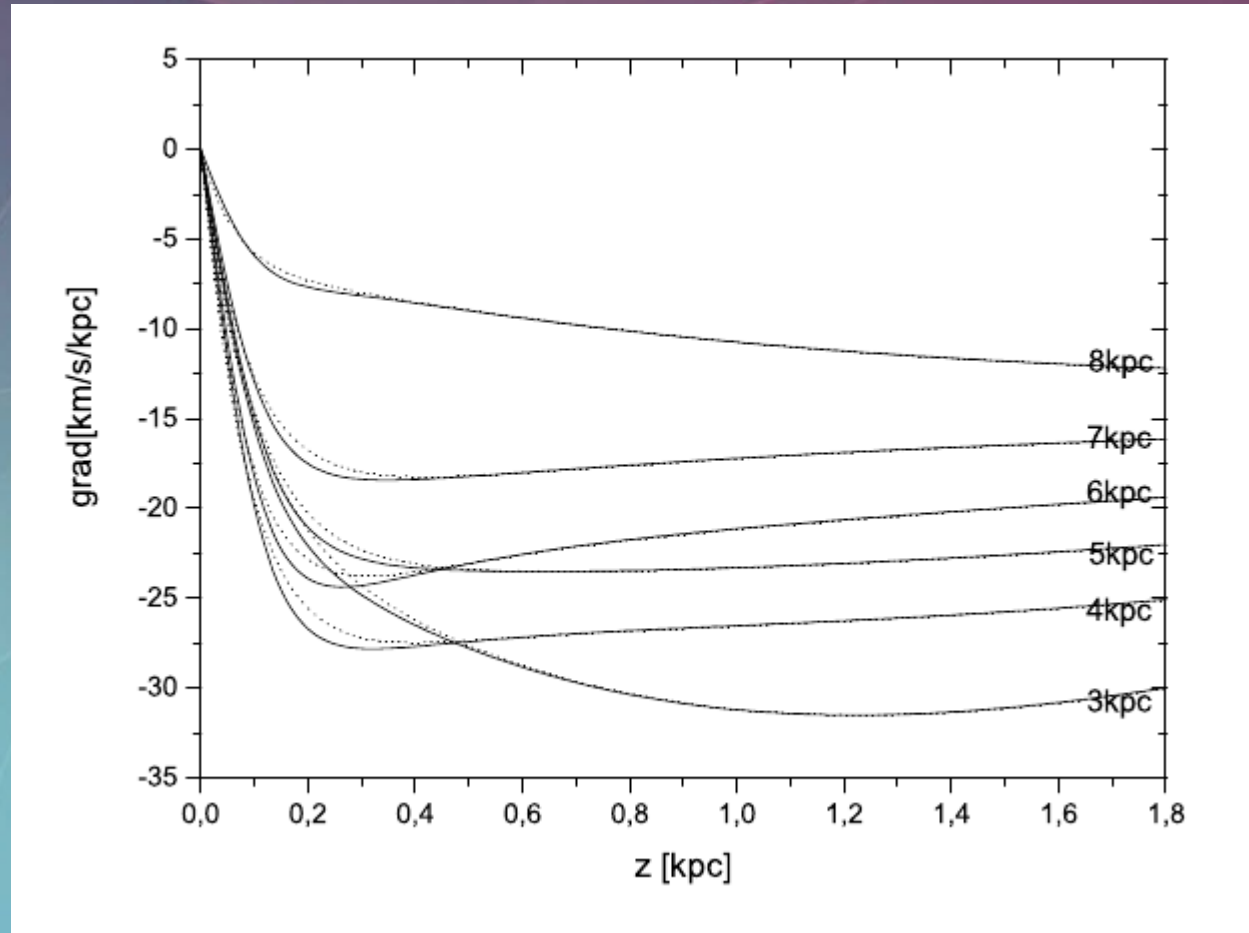
Mikrosoczewkowanie grawitacyjne w Galaktyce



Sikora et al. A&A 546, A126 (2012)

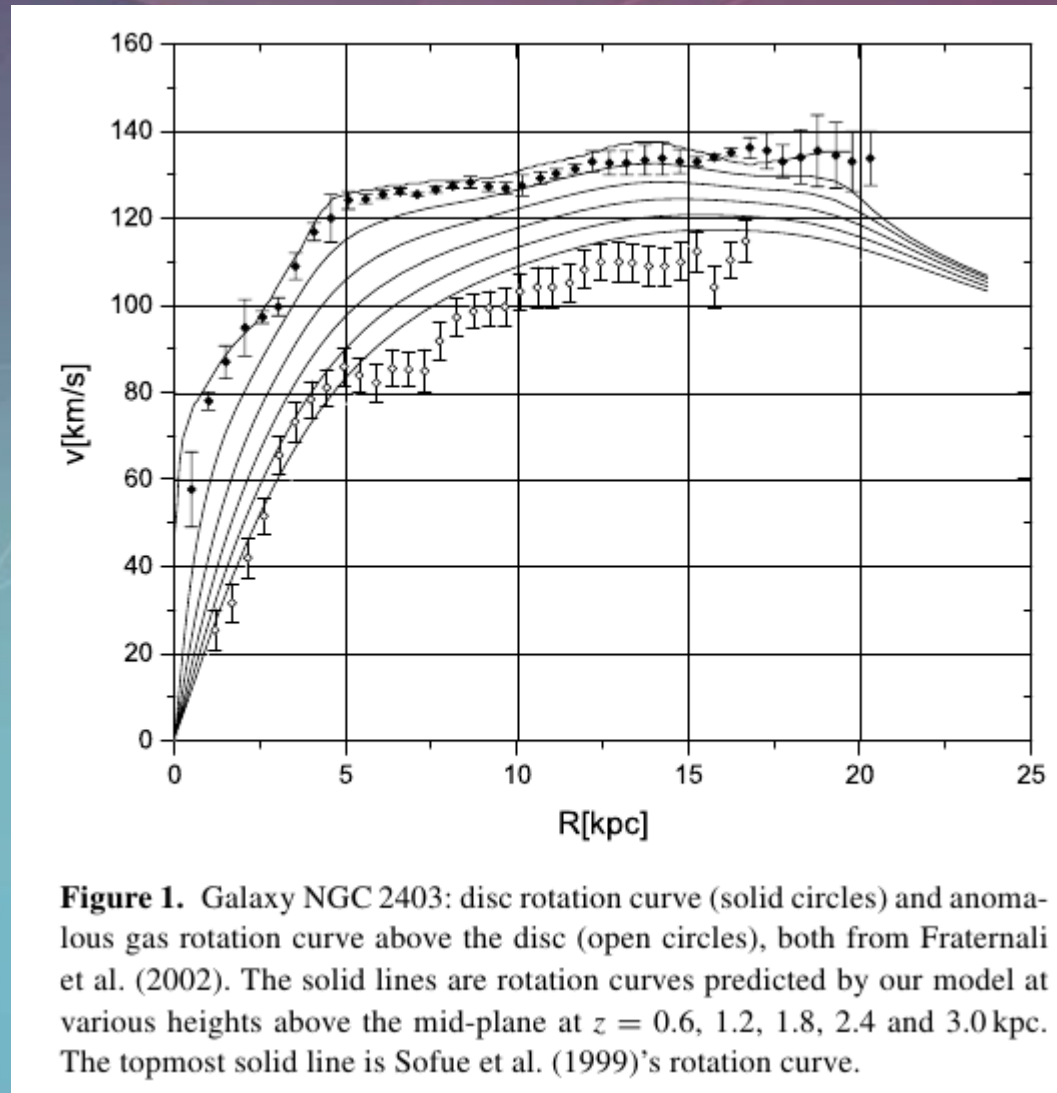
Jałocha et al. A&A (to be published soon)

Wertykalny gradient prędkości rotacji



Jałocha et al. MNRAS 407, 1689 (2010)
Jałocha et al. A&A (to be published soon)

Wertykalny gradient prędkości rotacji



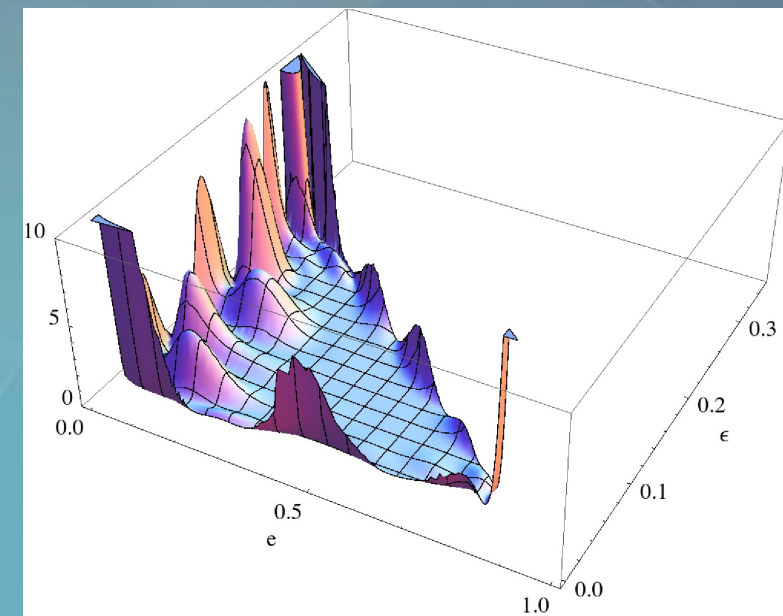
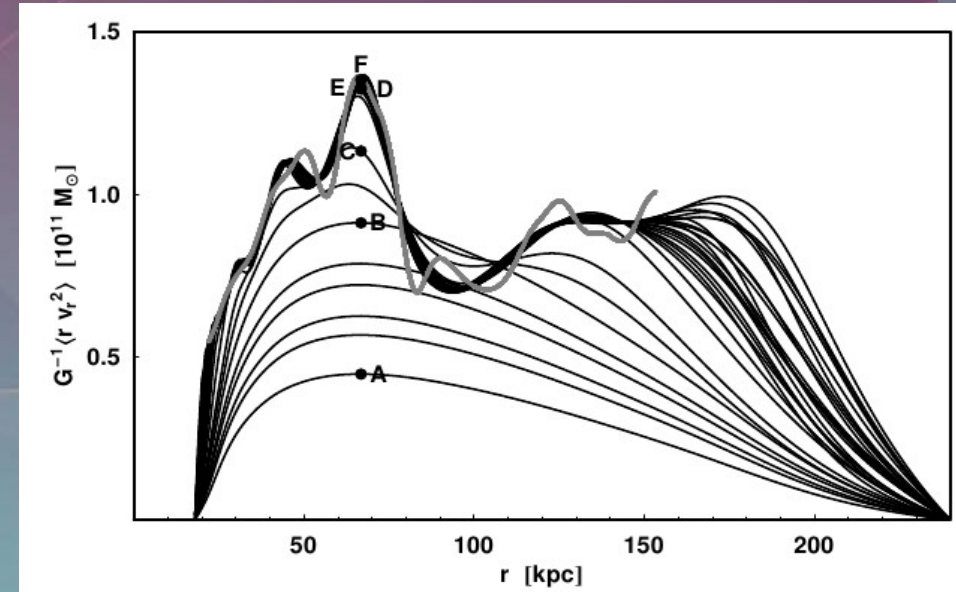
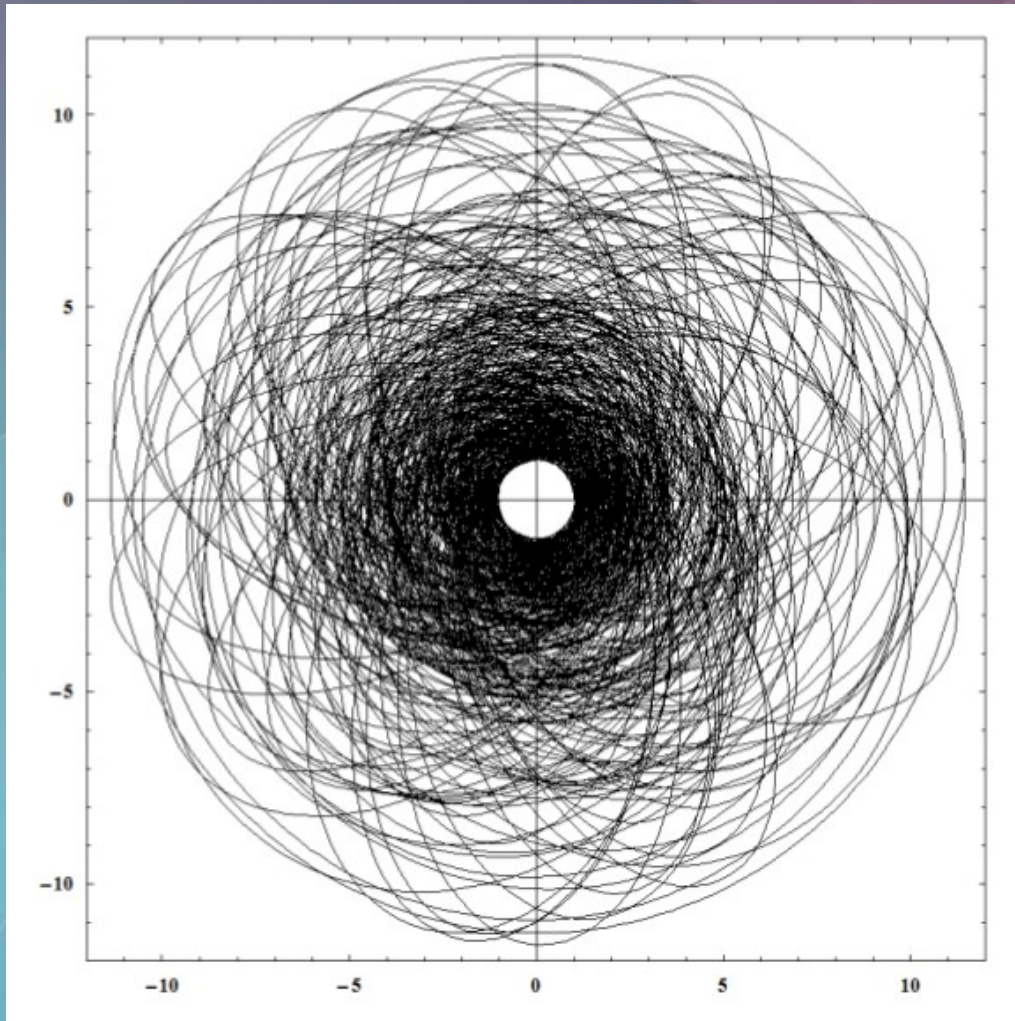
Wpływ pola magnetycznego na krzywą rotacji



NGC 891 (Subaru Telescope)

Jałocha et al., MNRAS, 421, 2155 (2012)

Ruch zwartych obiektów halo Drogi Mlecznej



Bratek et al., A&A 562, A134 (2014)