

Гнутые бары: вымысел или реальность?

Антон Смирнов^{1,2}, Н. Я. Сотникова¹

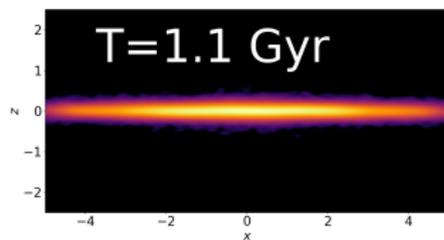
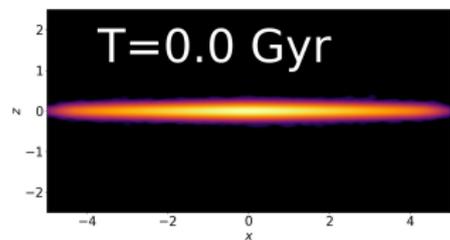
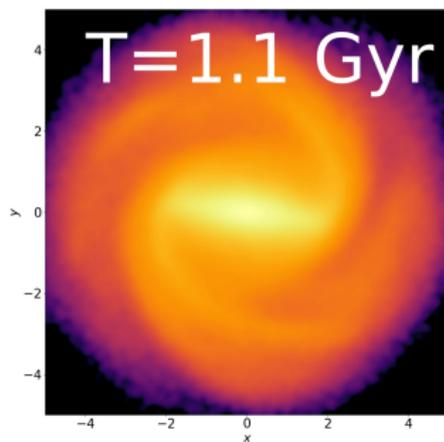
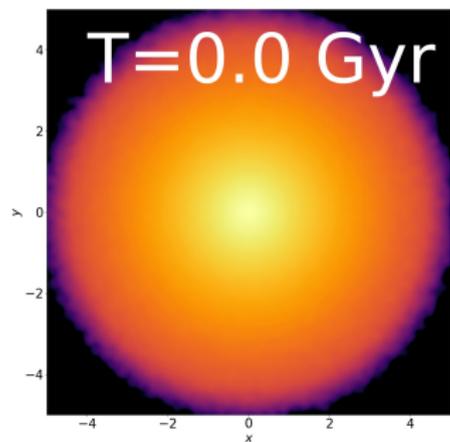
¹СПбГУ

²Пулковская обсерватория

САО – 10 октября 2019

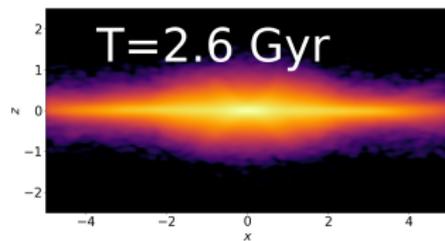
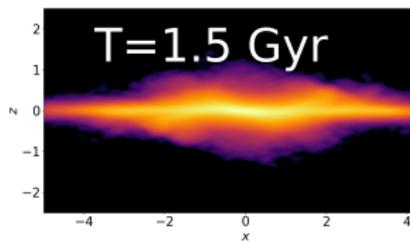
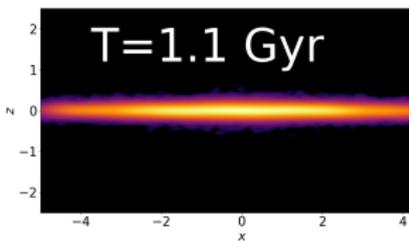
Эволюция баров в вертикальном направлении

1. Формирование плоского бара.

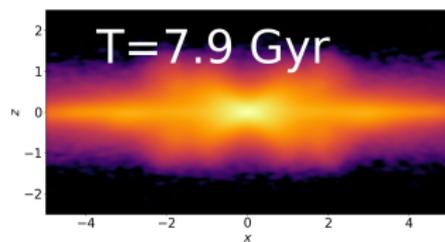
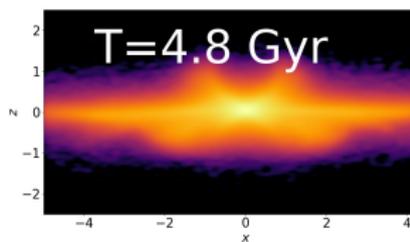
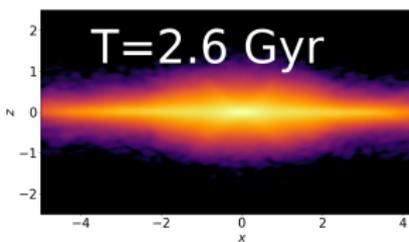


Эволюция баров в вертикальном направлении

2. Первичная потеря вертикальной симметрии.

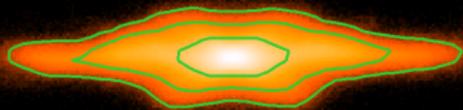


3. Вторичная потеря вертикальной симметрии.

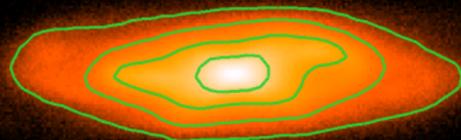


Детектирование асимметричных баров. Трапецевидные изофоты

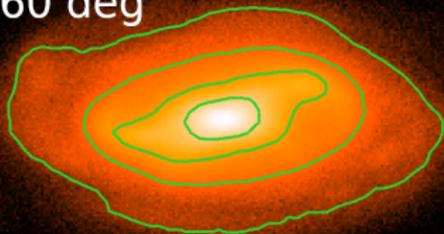
$i=90$ deg



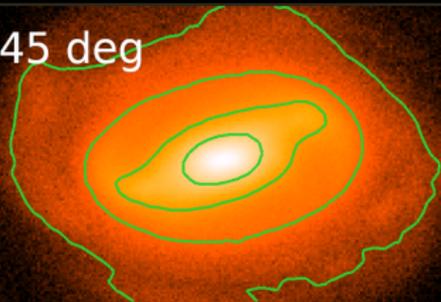
$i=75$ deg



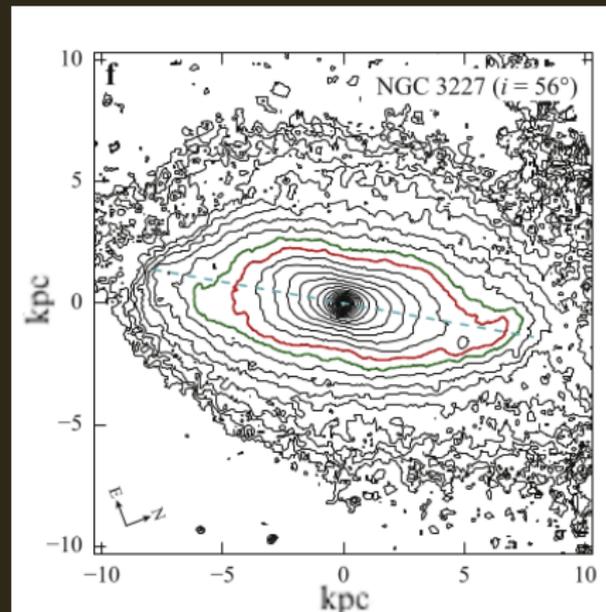
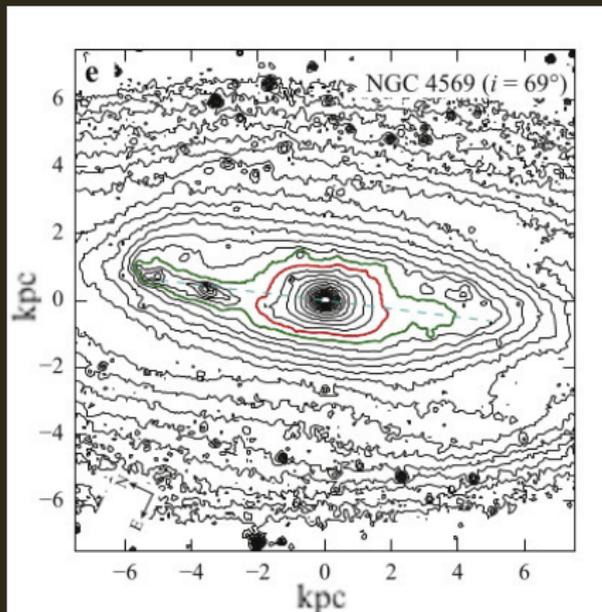
$i=60$ deg



$i=45$ deg



Детектирование асимметричных баров. Трапецевидные изофоты



Erwin & Debattista (2016), ApJ letters

Асимметричные (buckled) бары. Статистика

2 (1?) из 84

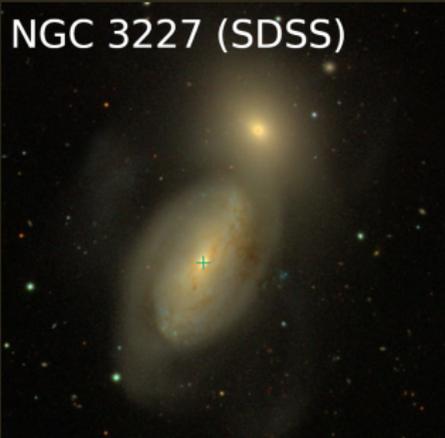
(Erwin & Debattista, 2016)

1 (?) из 264 (Li et al, 2017)

NGC 4569 (SDSS)



NGC 3227 (SDSS)



ESO 506-G004 (CGS)



Асимметричные (buckled) бары в численных моделях галактик

Возникают:

- Matrinez-Valpuesta et al (2006): звездный диск + гало
- Saha et al (2013): звездный диск + **балдж (очень легкий!)** + гало
- Smirnov & Sotnikova (2018) : звездный диск + гало

Не возникают:

- Saha et al (2013): звездный диск + **балдж** + гало
- Betentzen et al (1998), Debattista et al (2006),
Betentzen et al (2008): звездно-газовый диск + гало
- Smirnov & Sotnikova (2018): звездный диск + **балдж** + гало

Основная задача:

Исследовать условия, при которых происходит подавление вторичного изгиба баров

План решения:

- Построение сетки моделей галактик.
- Моделирование эволюции выбранного набора галактик.
- Анализ эволюции баров выбранных галактик в вертикальном направлении

Многокомпонентная модель галактики

I. Экспоненциальный диск:

$$\rho_d = \frac{M_d}{2\pi R_d^2 z_d} \exp\left(-\frac{R}{R_d}\right) \operatorname{sech}^2\left(\frac{z}{z_d}\right); \sigma_R, Q(R_\sigma) = Q_0;$$

II. Гало NWF (1997):

$$\rho_h = \rho_c \frac{\operatorname{sech}(r/r_t)}{(r/r_h)(1+r/r_h)^2}$$

III. Балдж с профилем плотности Хернквиста (1990):

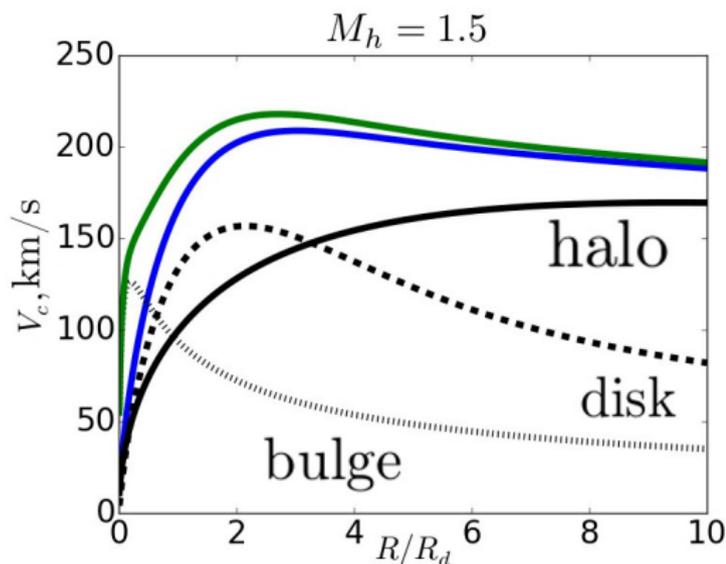
$$\rho_b = \frac{M_b r_b}{2\pi r(r_b + r)^3}$$

Система единиц: $G = 1$, $R_d = 1$, $M_d = 1$

Параметры моделирования

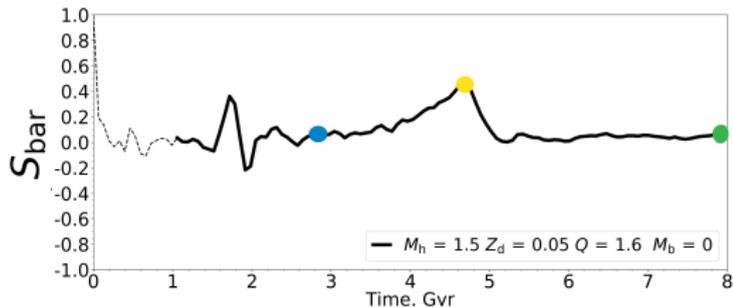
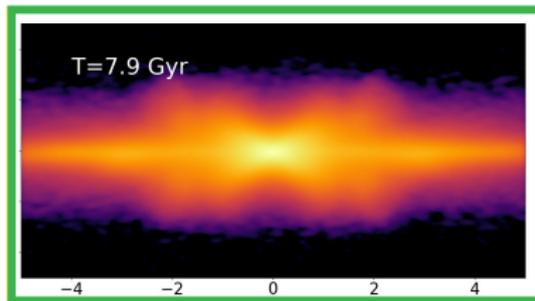
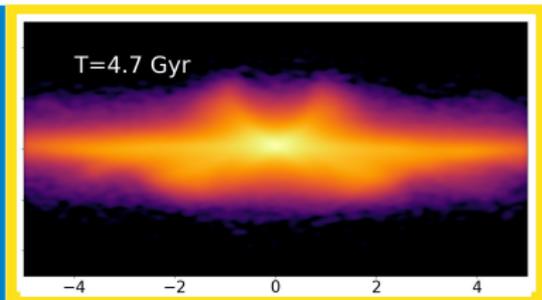
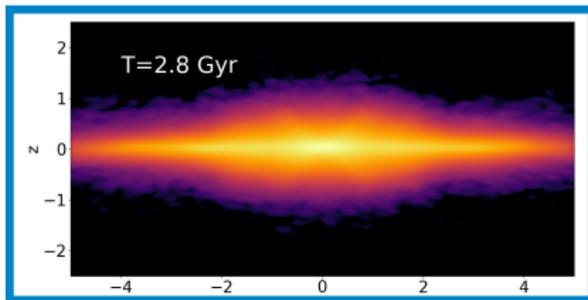
Набор	$M_h(r < 4R_d)/M_d$	M_b/M_d	z_d/R_d	Q
FB	1.0 - 1.5	0.2	0.05-0.20	1.2-1.6
FD	1.5	0.0-0.4	0.2	1.2

- $N_d = 4 \cdot 10^6$,
 $N_h = (4 - 4.5) \cdot 10^6$.
- Начальные условия мкгалaxy (McMillan & Dehnen, 2007)
- Решение задачи N -тел gyrfalcON (Dehnen, 2002)

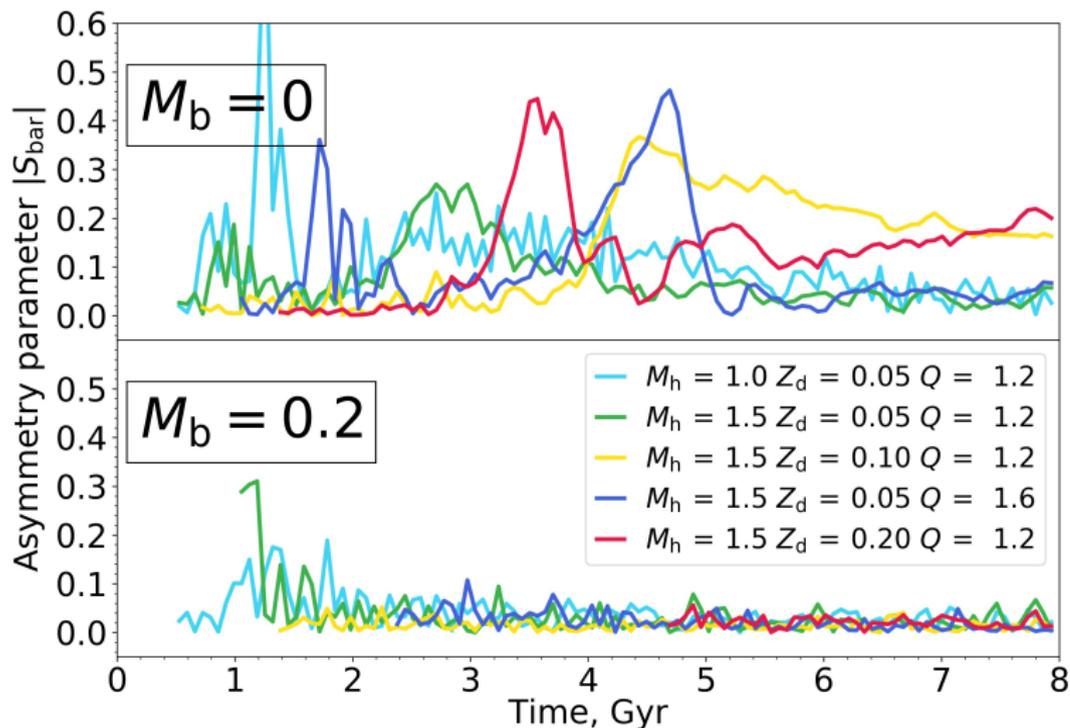


Параметр асимметрии. Определение

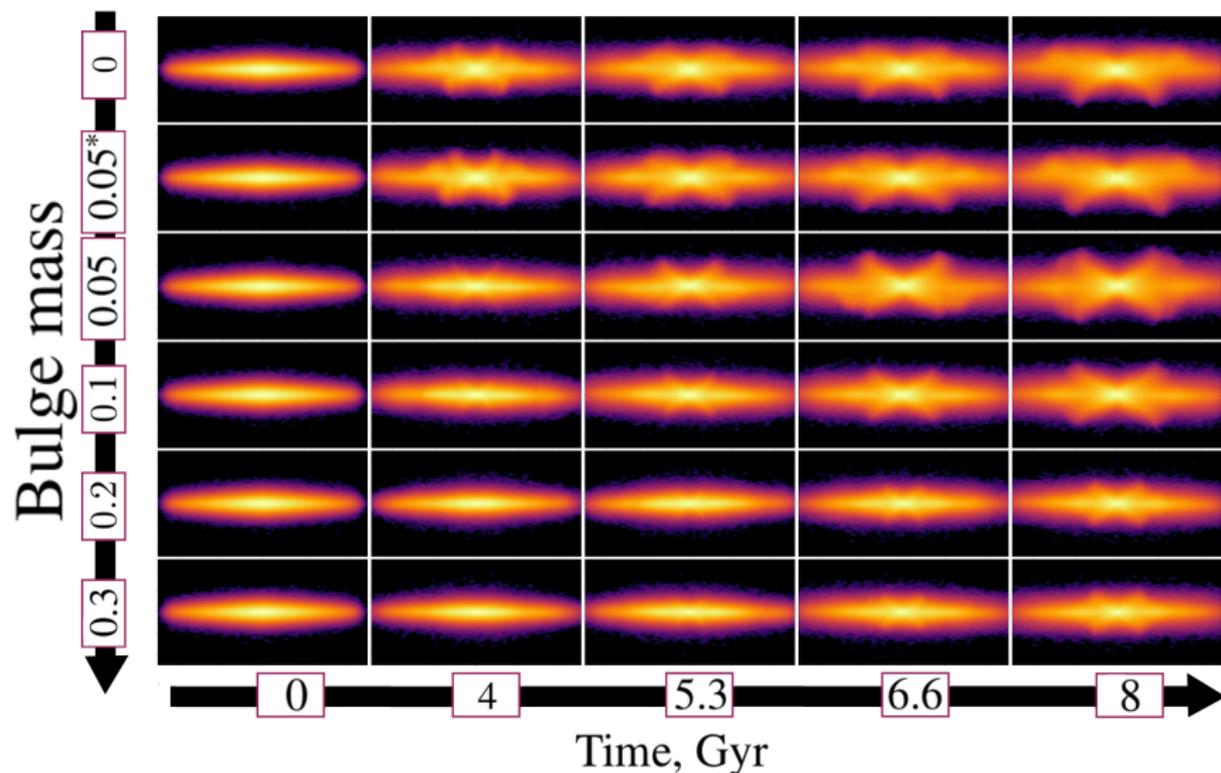
$$S_{\text{bar}} \equiv \frac{A_2(z>0) - A_2(z<0)}{A_2},$$
$$A_2 = \left| \int_0^\infty \int_0^{2\pi} \int_{-\infty}^\infty \rho(r, \varphi, z, t) \cdot e^{i2\varphi} r dr d\varphi dz \right|$$



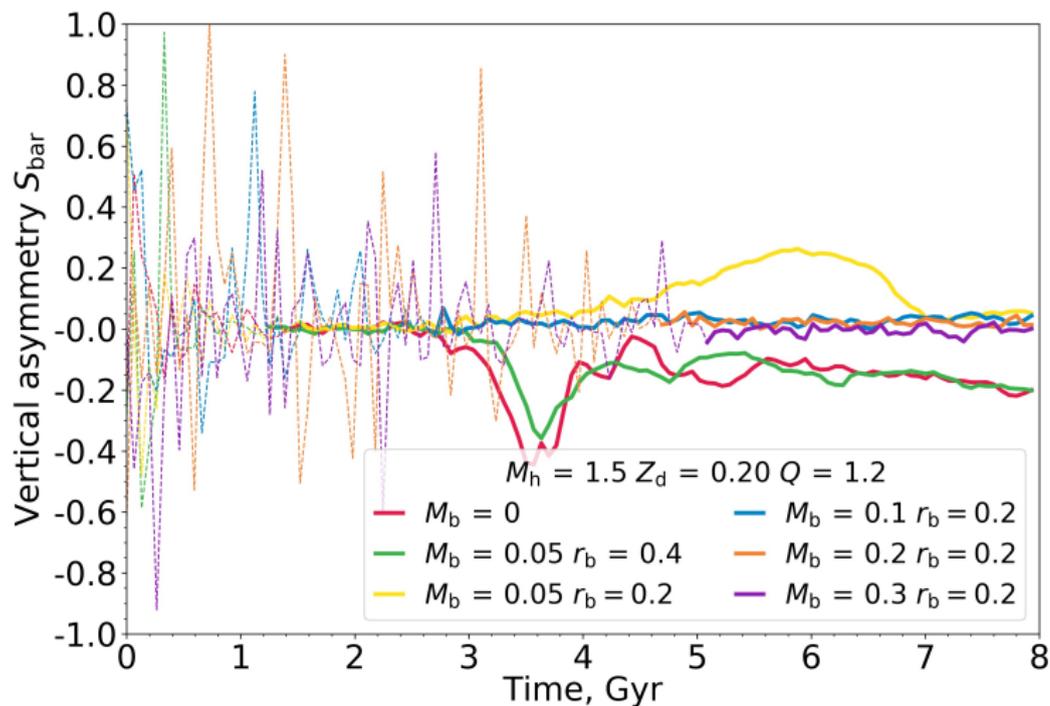
Эволюция параметра асимметрии для различных моделей звездного диска



Изменение морфологии для различных вкладов центральной компоненты



Эволюция параметра асимметрии для различных вкладов центральной компоненты



Выводы:

- Наличие в системе классического балджа весьма малой массы, $M_b = 0.1M_d$, и средних размеров, $r_b = 0.2$ (для балжей), ведет к симметричной эволюции бара на большой шкале времени.
- При менее плотном балдже вторичный изгиб бара **может возникнуть**.
- Для галактик ранних типов — галактик, с большим вкладом балджа, чем для поздних типов — эволюция бара, скорее всего, должна быть симметричной. Для галактик поздних типов изгиб (вторичный) бара может быть подавлен из-за влияния газовой компоненты (Saha et al 2006).
- Вертикально асимметричные бары нужно искать в системах, где мало газа и нет балджа или его вклад мал.