

# Орбитальный состав линзовидных и ящикообразных баров у дисковых галактик

Наталья Сотникова<sup>1</sup>, Антон Смирнов<sup>1,2</sup> и Илья Тихоненко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>2</sup>Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория

САО РАН, 10 октября 2019

## Морфология баров и их статистика

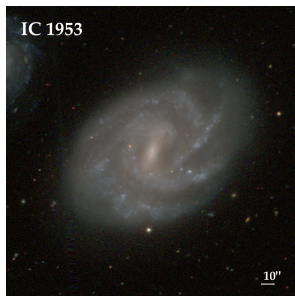
До 60-70% S-галактик имеют бары

Carnegie-Irvine Galaxy Survey (CGS) — B, V, R, I bands

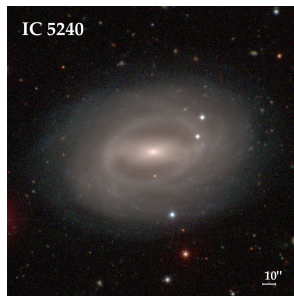
Li, Ho & Barth 2017 — выборка 376 дисковых галактик

Из них 264 галактики с барями

Среди галактик с барями с  $0^\circ < i < 55^\circ$ :



elliptical bars 62%  
поздние типы



face-on peanuts 9%



barlenses 29%  
ранние типы

# Типы баров в N-body экспериментах

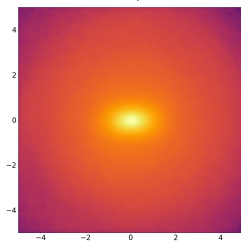
Athanassoula & Misiriotis 2002 — связь с массой темного гало

Salo & Laurikainen 2017 — связь с наличием балджа

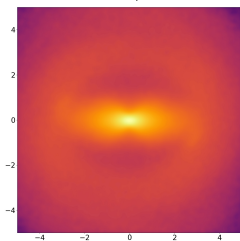
Smirnov & Sotnikova 2018

$t \approx 8$  млрд. лет

$M_h = 1.0; M_b = 0$

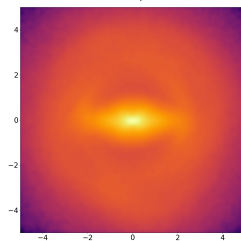


$M_h = 1.5; M_b = 0$



модель NB

$M_h = 1.5; M_b = 0.2$



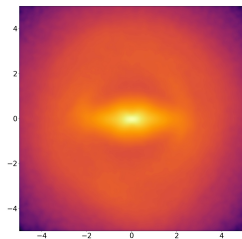
модель B

# Барлинзы: зависимость от структуры подстилающей галактики (численные модели)

Smirnov & Sotnikova 2018

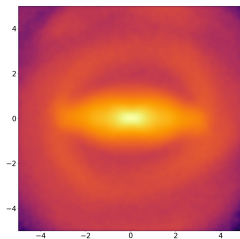
$t \approx 8$  млрд. лет

$M_b = 0.2$



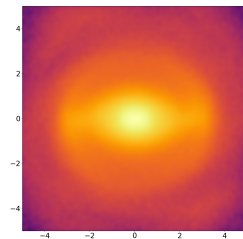
модель В

$M_b = 0$



толстый диск

$M_b = 0$



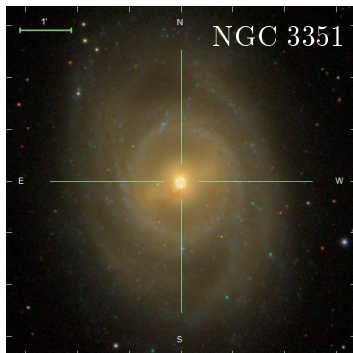
горячий диск

# Особенности структуры барлинз (наблюдения)

Martinez-Valpuesta et al. 2007; Buta et al. 2015;  
Salo & Laurikainen 2017; de Lorenzo-Cáceres et al. 2019

Ansaе

Внутренние перпендикулярные бары (!!!)



SDSS, gri

HST

# Параметры N-body моделей

Smirnov & Sotnikova 2018

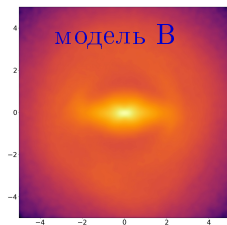
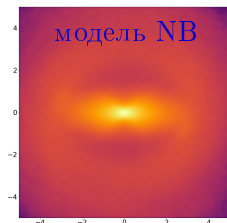
Экспоненциальный диск:

$$\rho_d(R, z) = \frac{M_d}{2\pi R_d z_d} \exp(-R/R_d) \cdot \operatorname{sech}^2(z/z_d),$$

Тёмное гало: Наварро-Фрэнк-Вайт гало

Балдж: модель Хернквиста

- $N_{\text{disk}} = 4 \cdot 10^6$ ;  $N_{\text{halo}} = 4.5 \cdot 10^6$
- $z_d = 0.05$
- $\mu = M_h(R < 4R_d)/M_d = 1.5$
- $Q_0 = Q_T(2R_d) = 1.2$
- $R_d = 1$ ;  $M_d = 1$ ;  $G = 1$
- $M_b = 0, 0.2$



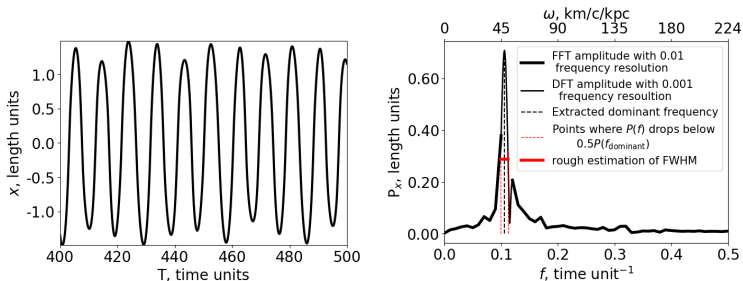
## Частотный анализ

Обычно:  $\Omega$ ;  $\kappa$ ;  $\nu$

В данной работе — главные частоты для 4 млн частиц диска:  
 $\omega_x \approx \Omega - \Omega_p$ ;  $\omega_y$ ;  $\omega_z = \nu$ ;  $\omega_R = \kappa$ ;

Шаг временного ряда  $\Delta t = 0.125$ ; длина ряда  $T = 100$ ;  
от  $t = 400$  (5.3 млрд. лет) до  $t = 500$  (6.6 млрд. лет)

Точность — 0.45 км/с/кпк (!!!)

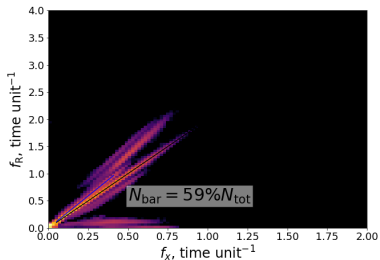


# Резонансные орбиты в баре

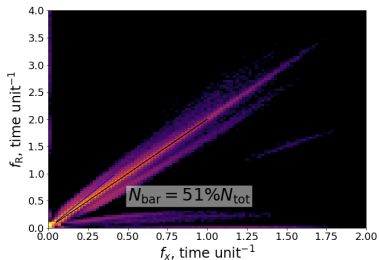
$$\Omega - \Omega_p = \kappa/2$$

$$f_R/f_x = 2.0 \pm 0.1 \quad (f_x = \omega_x/2\pi)$$

модель NB

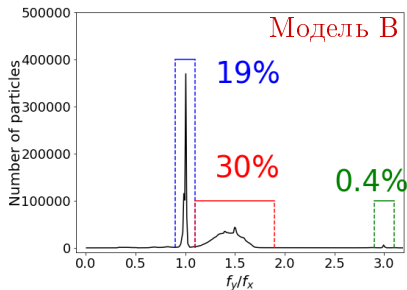
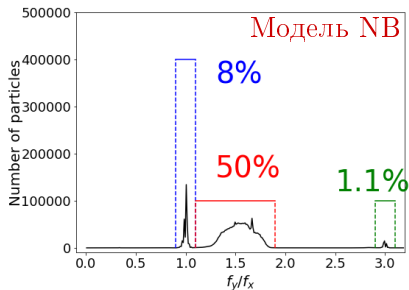


модель В

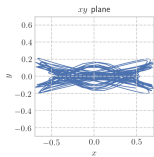




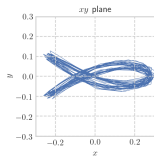
# Распределение орбит по отношению частот $f_y/f_x$ (бар)



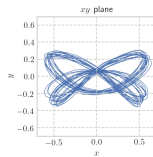
## Примеры замкнутых орбит



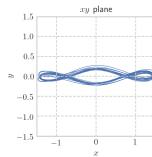
5:3



3:2



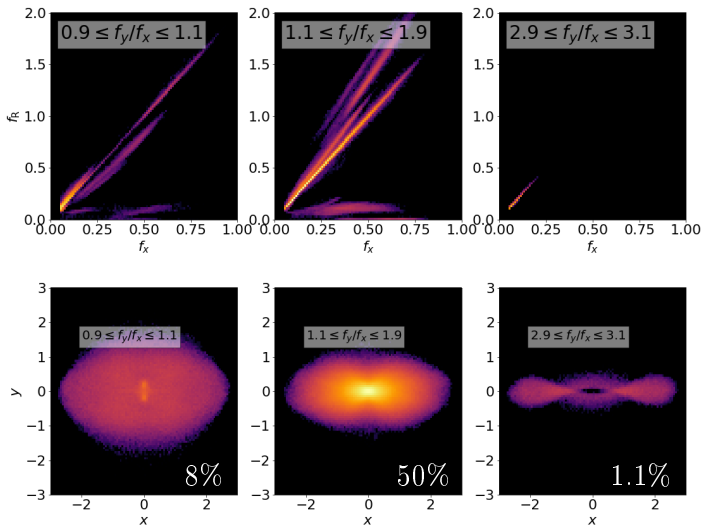
3:2



3:1

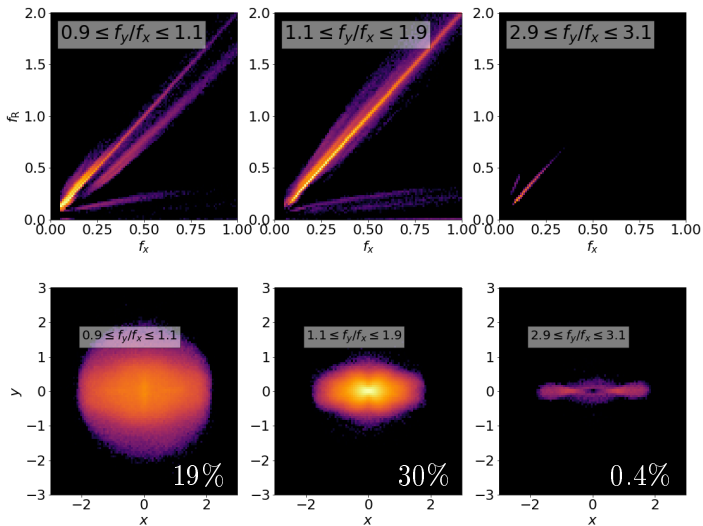
# Три семейства орбит в баре

Модель NB



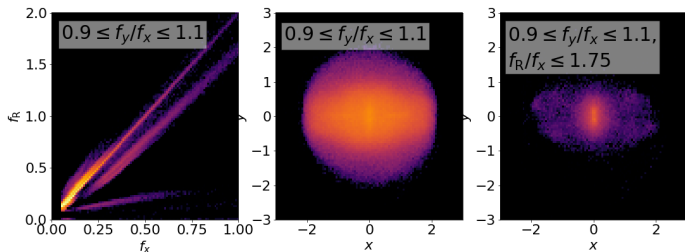
# Три семейства орбит в баре

## Модель В



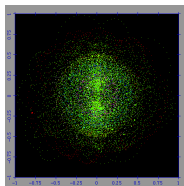
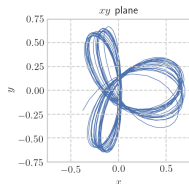
# Барлинза, внутренний бар и семейство орбит x2 (?)

## Модель В



Характерные орбиты во внутреннем баре

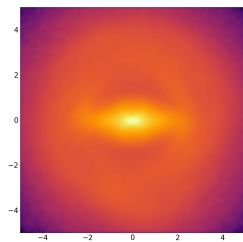
$$f_R : f_x \approx 3 : 2$$



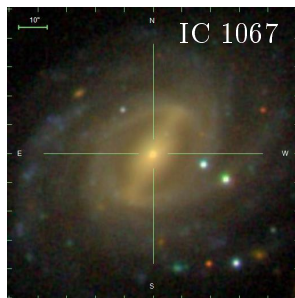
# Барлинза с признаками “арахиса”

Buta et al. 2015

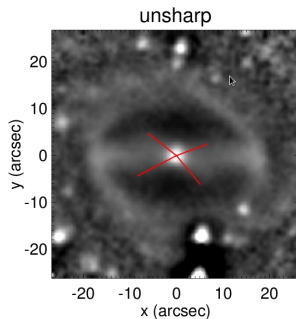
Salo & Laurikainen 2017



модель В



SDSS, gri



## Заключение

При анализе основных частот всех орбит бара в двух N-body моделях (всего по 4 млн орбит на каждую модель) выявлено

- 2 структурообразующих семейства орбит, отвечающих либо за морфологию “face-on peanut” ( $1.1 < f_y/f_x < 1.9$ ), либо за морфологию “barlens” ( $f_y/f_x = 1.0$ );
- доминирование одного из семейств определяет общую морфологию бара;
- с семейством орбит  $f_y/f_x = 1.0$  связано семейство орбит, вытянутых поперек бара и лежащих в его центральных областях. По-видимому, это семейство не имеет отношения к известным орбитам  $x_2$ , но может быть структурообразующим семейством орбит для внутреннего, второго бара.

Спасибо за внимание!