

Почему бывают галактики без баров?

Дарья Захарова¹, Наталья Сотникова¹, Антон Смирнов^{1,2} и Сергей Савченко¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет

²Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория

Статистика баров в галактиках

До 60% дисковых галактик обладают барами

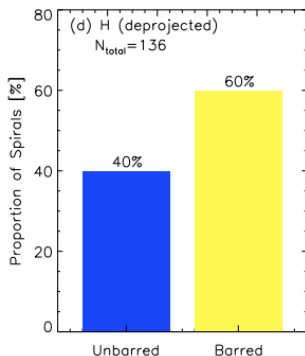
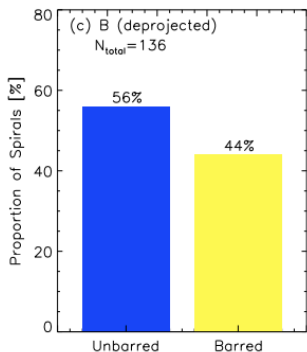


Figure 1: Статистика галактик с барами и без по данным Marinova and Jogee [2007] в полосах B и H.

Факторы, которые подавляют развитие бара

1. Массивное темное гало
2. Массивный или сильно концентрированный балдж
3. Динамически горячий диск

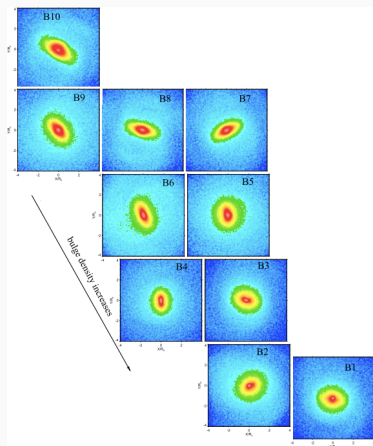


Figure 2: Поздние стадии эволюции бара в моделях с возрастающей концентрацией балджа [Saha and Elmegreen, 2018].

“Глобальная устойчивость М33: все еще загадка”

Sellwood et al. [2019]: N-body модели этой галактики, построенные на основе кривой вращения и модели звездного населения диска, почти всегда дают бар!

$M/L \downarrow, Q_T \uparrow$ — можно подавить бар (противоречит модели звездного населения и наличию двухрукавной спирали)

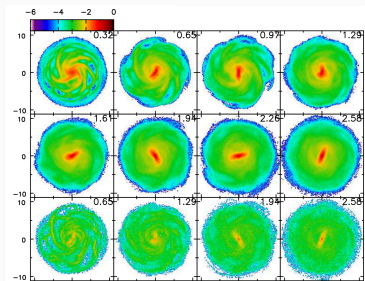


Figure 3: Эволюция N-body модели М33. Время дано в млрд. лет.



Figure 4: VST изображение М33

Галактики со спадающими кривыми вращения

- Такие кривые вращения косвенно указывают на пониженное содержание темного вещества в пределах оптического радиуса галактики
- На больших z ставят вопрос, из какой смеси барионного и темного вещества галактики образовывались

$$\Delta V > 50 \text{ км/с}$$

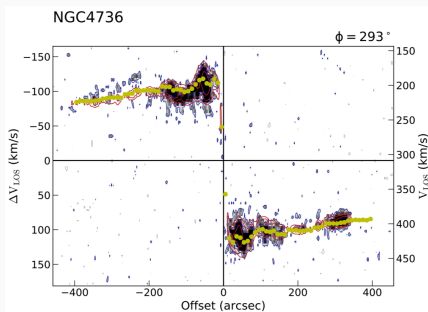


Figure 5: Кривая вращения NGC 4736 на pv -диаграмме

Переобработаны кубы данных галактик из THINGS

Отобраны 7 галактик с RC ↓

4 галактики без видимых следов бара

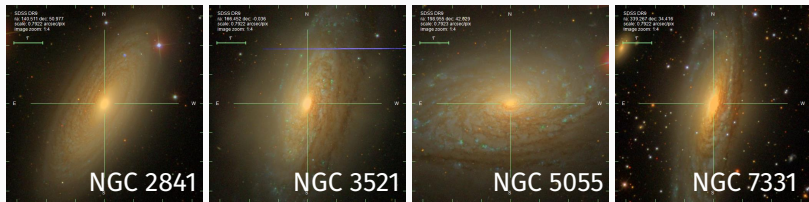


Figure 6: SDSS (gri) изображения галактик — NGC 2841, NGC 3521, NGC 5055 и NGC 7331.

Di Teodoro and Fraternali [2015]: пакет 3^D BBarolo

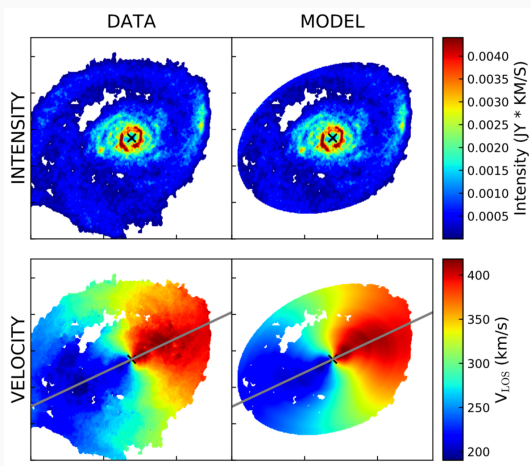


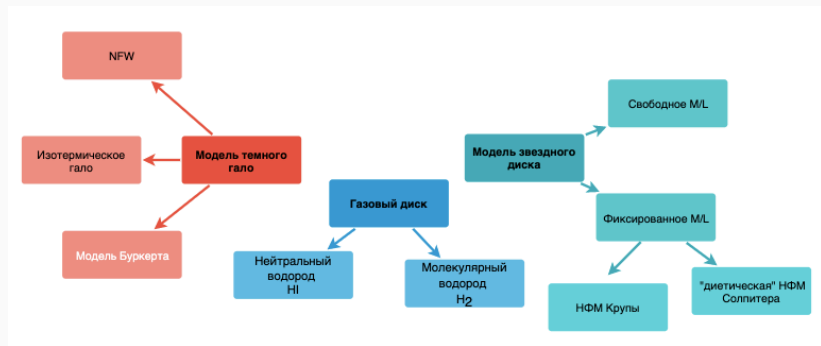
Figure 7: Слева — данные входного куба, справа — наилучшая модель для двух моментов: **интенсивность излучения** и **скорость**.

Декомпозиция кривых вращения. Используемые модели

Темное гало — аналитическая модель; в ряде случаев применялась процедура адиабатического поджатия

Звездный диск — параметры из S^4G декомпозиции [Salo et al., 2015]

Газ — профили плотности 3D BBarolo



Результаты декомпозиции. На примере NGC 5055

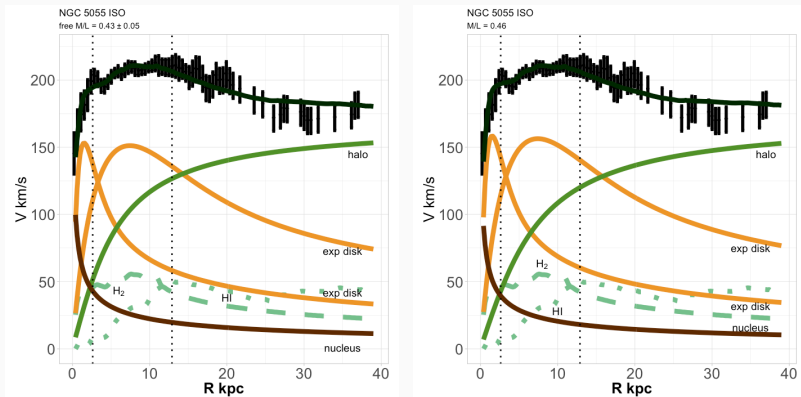


Figure 8: Декомпозиция кривой вращения NGC 5055 с изотермическим гало. Слева — M/L свободный параметр. Справа — $M/L = 0.46$ для НФМ Круппы. Вертикальная линия соответствует $R = 4h$.

Соотношение Талли-Фишера

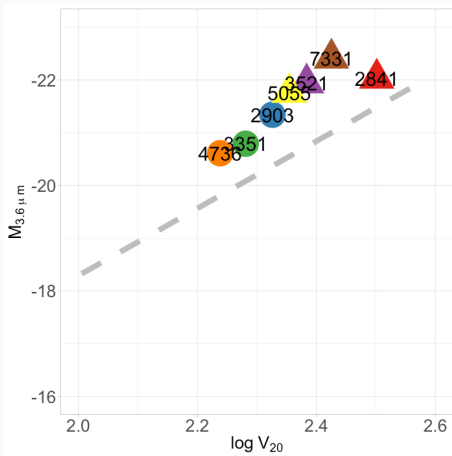


Figure 9: Соотношение **Талли-Фишера** для исследуемых галактик (значки). Прямая пунктирная линия — соотношение, определенное в работе Frank et al. [2016]. Треугольники — **флоккулентные** галактики; кружки — все остальные.

На каждую галактику приходилось до 6 моделей декомпозиции со сходящимися параметрами.

Несмотря на разные типы гало и разный способ нахождения M/L для диска, декомпозиция давала близкие значения $M_{\text{halo}}/M_{\text{disc}}(R < 4h)$ для каждой галактики.

NGC 2841: $M_{\text{h}}/M_{\text{d}} \simeq 0.8 - 1.5$

NGC 3521: $M_{\text{h}}/M_{\text{d}} \simeq 1.0 - 1.5$

NGC 5055: $M_{\text{h}}/M_{\text{d}} \simeq 0.8$

NGC 7331: $M_{\text{h}}/M_{\text{d}} \simeq 0.8$

N-body модель с овалоподобным искажением звездного диска

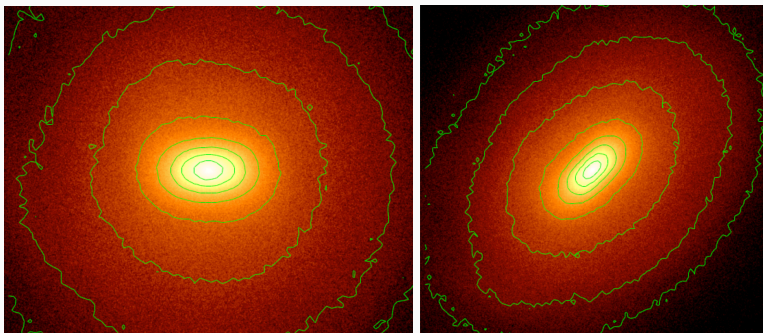


Figure 10: Поздняя стадия эволюции N-body модели без балджа с $M_{\text{halo}}/M_{\text{disc}}(R < 4h) = 1.0$. Слева — вид плашмя. Справа — изображение наклонено на 45° и дополнительно развернуто по азимуту еще на 45° .

Salo et al. [2015]: фотометрическая декомпозиция галактик S^4G

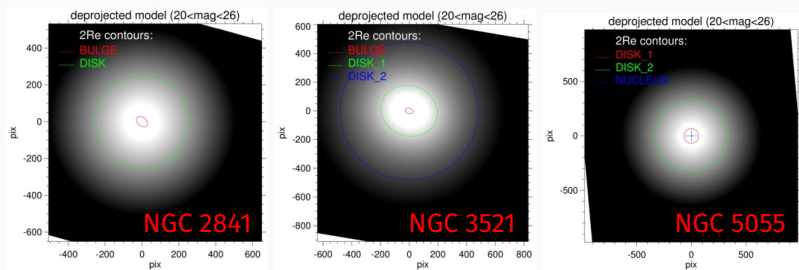


Figure 11: Развернутые изображения галактик — NGC 2841, NGC 3521, NGC 5055 — по данным S^4G .

Савченко С.С.: декомпозиция 3.6μ изображения **NGC 7331** показывает небольшое овалоподобное искажение в центре.

1. Почти все модели для изученных галактик со спадающими кривыми вращения дают гало, масса которого равна или даже меньше массы диска в пределах $R < 4h$. Это косвенно подтверждается положением галактик на соотношении Талли-Фишера.
2. Динамические модели с $M_{\text{halo}}/M_{\text{disc}}(R < 4h) \leq 1.0$ неустойчивы относительно формирования бара, хотя и очень слабого. Между тем, по крайней мере, галактика NGC 5055 никаких признаков бара не показывает. Загадка остается.

Спасибо за внимание!

References

- E. M. Di Teodoro and F. Fraternali. ^{3D} BAROLO: a new 3D algorithm to derive rotation curves of galaxies. *MNRAS*, 451:3021–3033, August 2015. doi: 10.1093/mnras/stv1213.
- B. S. Frank, W. J. G. de Blok, F. Walter, A. Leroy, and C. Carignan. The Impact of Molecular Gas on Mass Models of Nearby Galaxies. *AJ*, 151:94, April 2016. doi: 10.3847/0004-6256/151/4/94.
- I. Marinova and S. Jogee. Characterizing Bars at $z \sim 0$ in the Optical and NIR: Implications for the Evolution of Barred Disks with Redshift. *ApJ*, 659:1176–1197, April 2007. doi: 10.1086/512355.
- K. Saha and B. Elmegreen. Why Are Some Galaxies Not Barred? *ApJ*, 858:24, May 2018. doi: 10.3847/1538-4357/aabacd.

- H. Salo, E. Laurikainen, J. Laine, S. Comerón, D. A. Gadotti, R. Buta, K. Sheth, D. Zaritsky, L. Ho, J. Knapen, E. Athanassoula, A. Bosma, S. Laine, M. Cisternas, T. Kim, J. C. Muñoz-Mateos, M. Regan, J. L. Hinz, A. Gil de Paz, K. Menendez-Delmestre, T. Mizusawa, S. Erroz-Ferrer, S. E. Meidt, and M. Querejeta. The Spitzer Survey of Stellar Structure in Galaxies (S⁴G): Multi-component Decomposition Strategies and Data Release. *ApJS*, 219:4, July 2015. doi: 10.1088/0067-0049/219/1/4.
- J. A. Sellwood, J. Shen, and Z. Li. The global stability of M33: still a puzzle. *arXiv e-prints*, February 2019.