

**Различные модели спиральной
структуры Галактики:
кинематический и морфологический
аспект**

А. М. Мельник

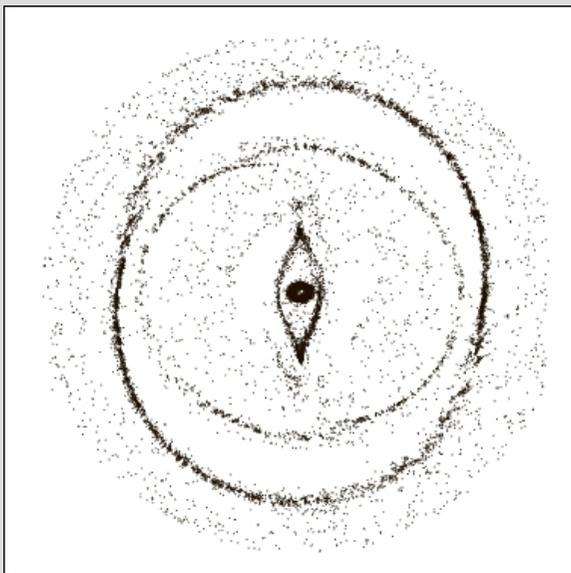


ГАИШ МГУ

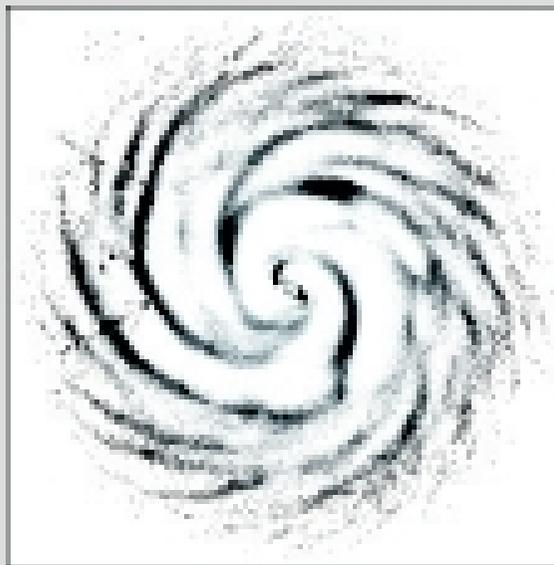
11 февраля 2019 г.

Модели

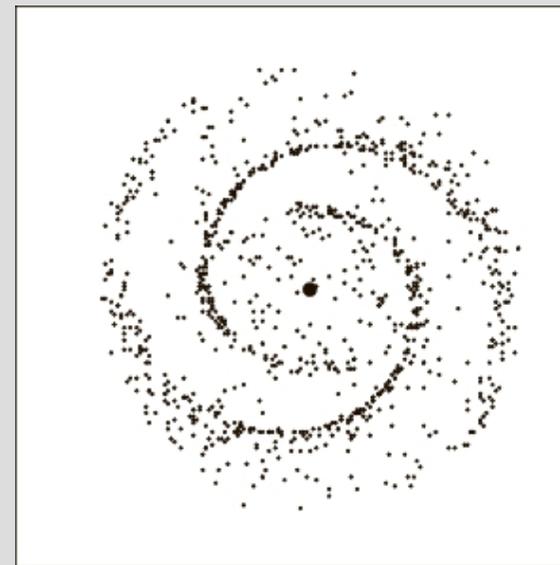
Внешние кольца



Многорукавный спиральный узор

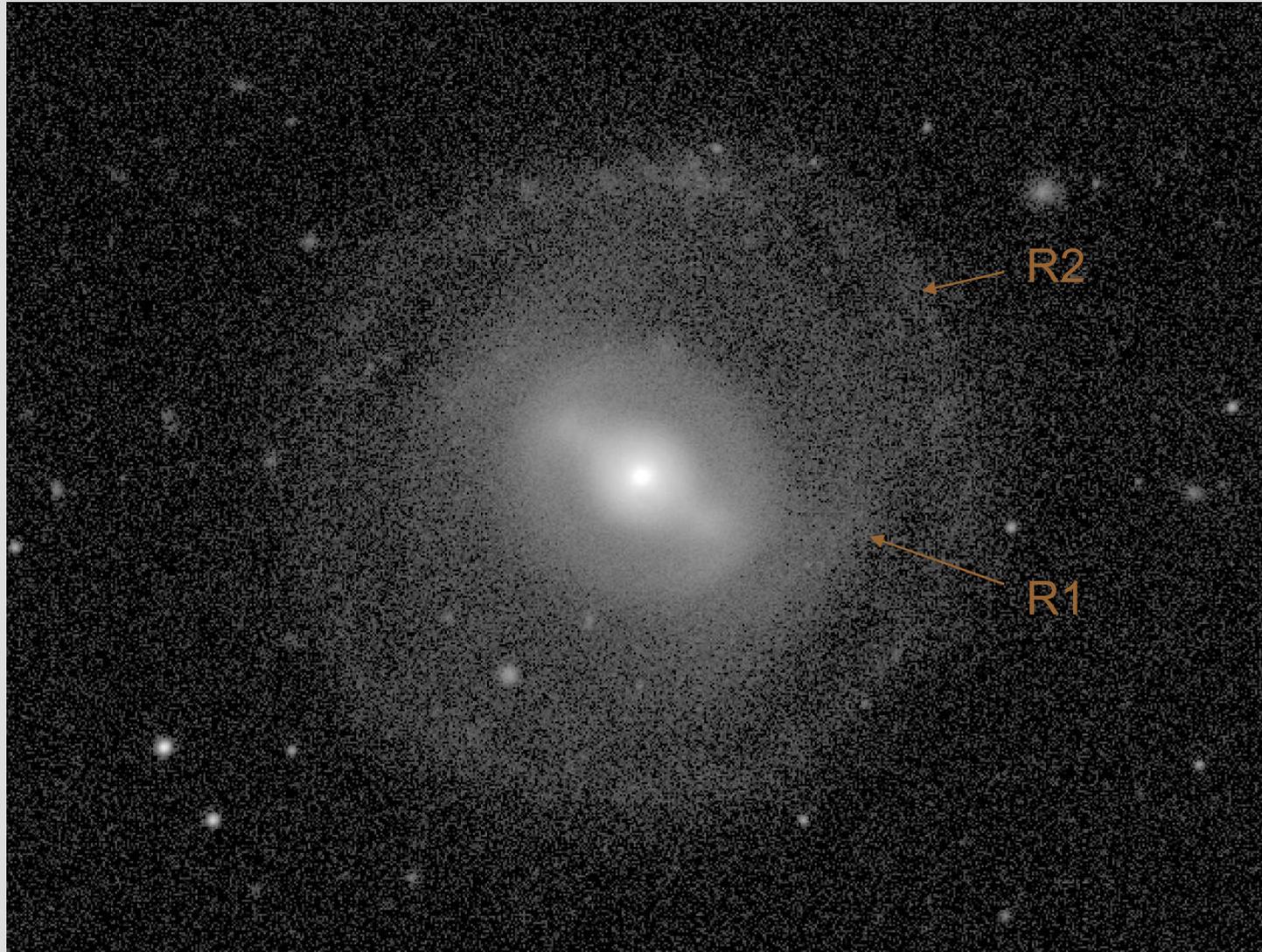


Регулярный спиральный узор



Эти модели создают различные распределения скоростей в галактических дисках.

NGC 1211 - (R₁R₂')SB(rl)0/a



*R. Buta,
H.G. Corwin,
S.C. Odewahn,*

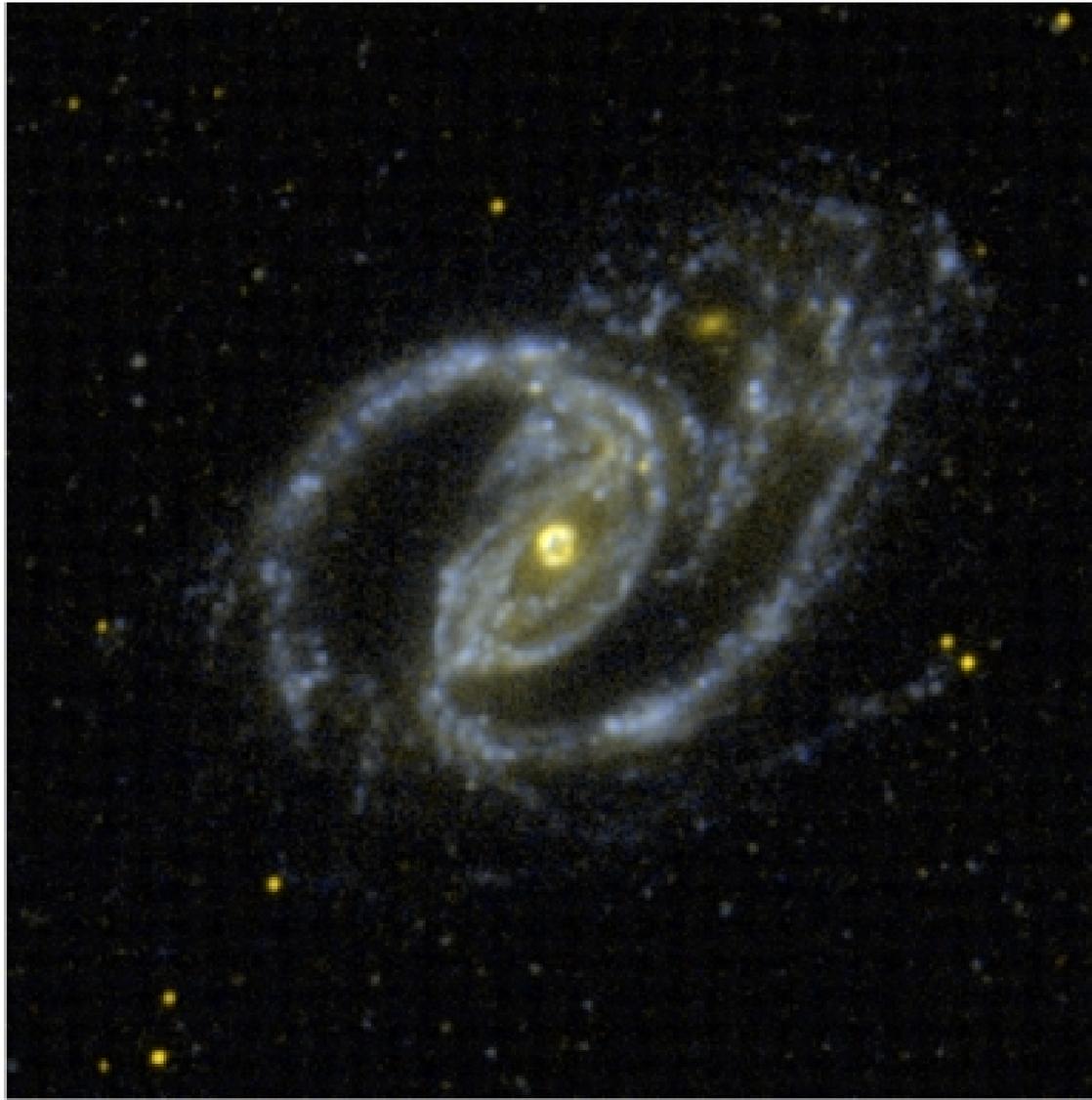
*De
Vaucouleurs
Atlas of
Galaxies*

2007

**М 101 (Pinwheel) -- с космический телескоп Хаббла,
многорукавный спиральный узор**

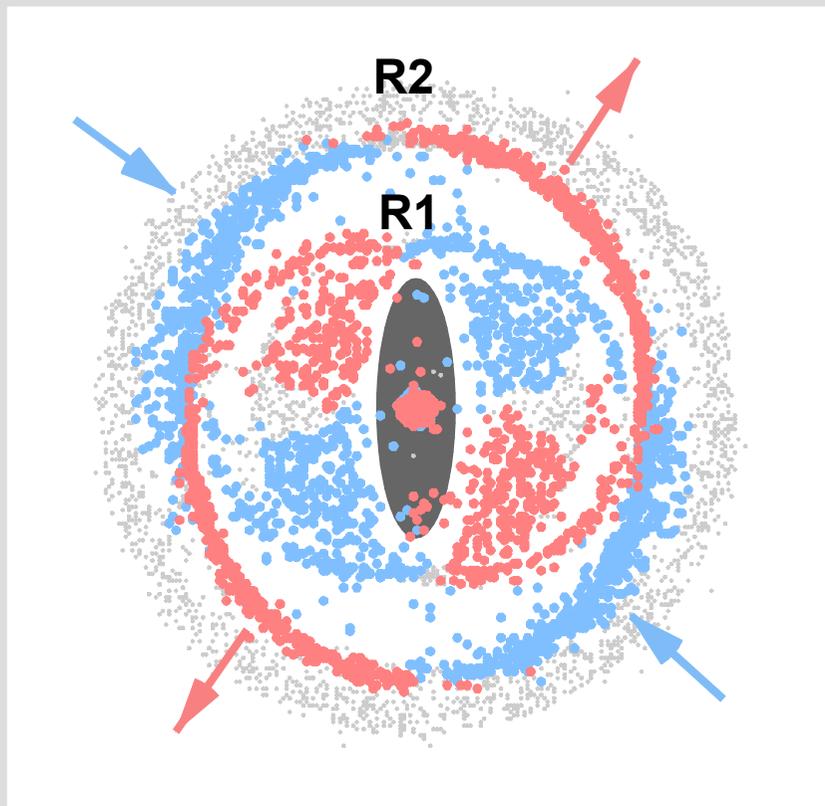


**NGC 1097 Galex -- спиральные рукава,
выходящие из концов бара**



Модели с двойным внешним кольцом R1R2,
которое формируется вблизи внешнего OLR бара

Распределение модельных частиц со скоростями V_R ,
направленными к центру ● и от центра ●
галактики.



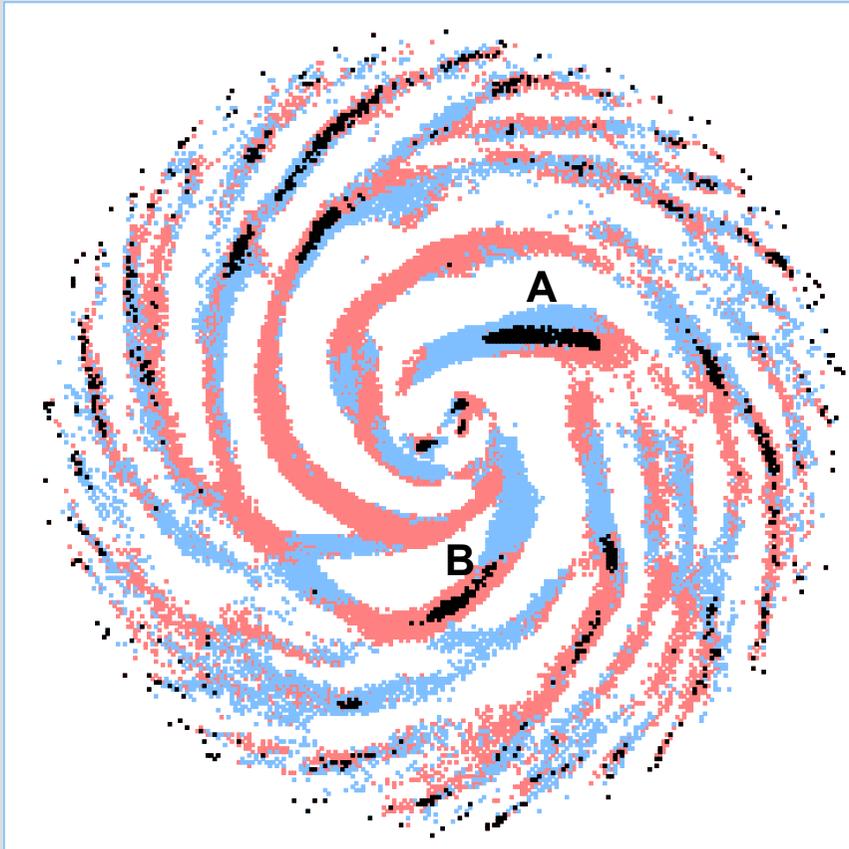
V_R скорости
меняют свое направление
каждые 90° по
азимутальному углу.

Аналитический бар:
быстрый бар, $T \sim 1$ Gyr,
безмассовые частицы,
сталкиваться неупруго,

(Mel'nik & Rautiainen 2009;
Mel'nik 2018)

Кинематика короткоживущих спиральных рукавов

Распределение скоростей V_R , направленных к центру ■ и от центра ■ галактики, усредненных в площадках 150×150 пк.



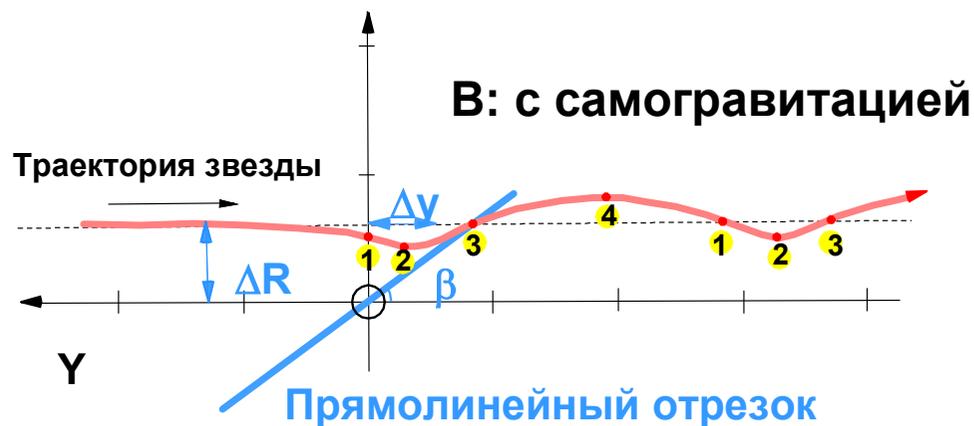
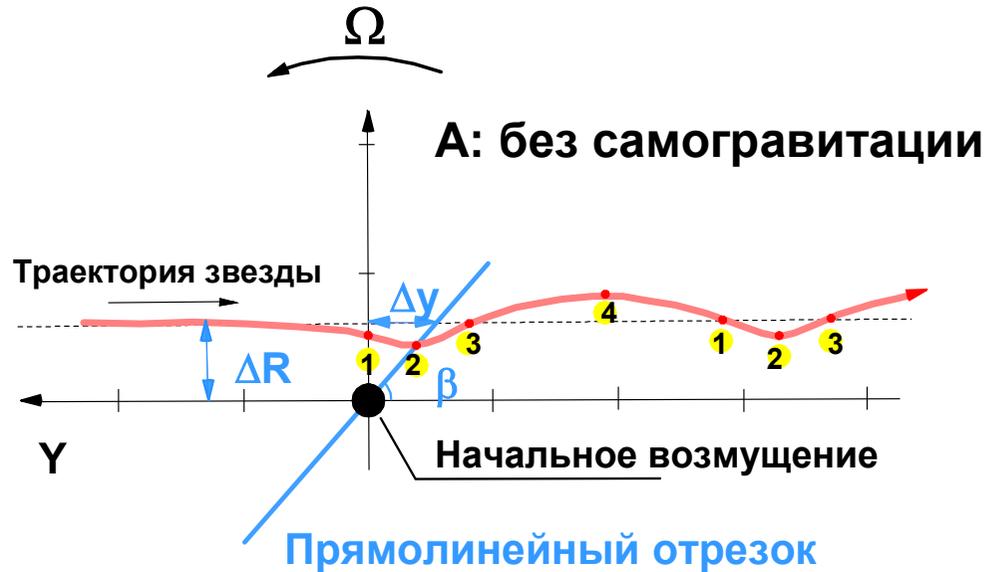
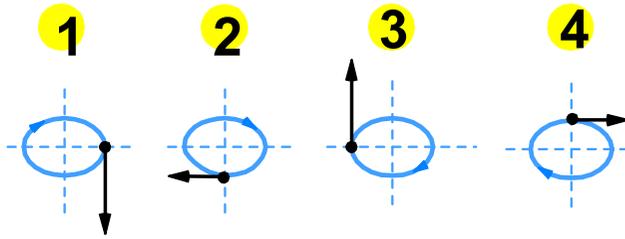
V_R меняет направление около уплотнений “А” и “В”.

N-body модель
звездного диска с
начальным значением $Q_T=1.2$,
 $T=600$ Myr,
Пертти Раутиайнен.

Показаны только площадки
с $n/n_0 > 1$.
Площадки (уплотнения)
с $n/n_0 > 2$ ■

Некоторые спиральные рукава
состоят из прямолинейных
сегментов.

(Mel'nik & Rautiainen 2013)⁷



Формирование
прямолинейных
отрезков
около начального
возмущения плотности.

А: Без учета
самогравитации
Угол β равен:

$$\beta = \arctan \frac{2\sqrt{2}}{\pi} = 42^\circ$$

В: С учетом
самогравитации:

$$\beta = \arctan \frac{\sqrt{2}}{\pi} = 24^\circ$$

Julian & Toomre (1966)

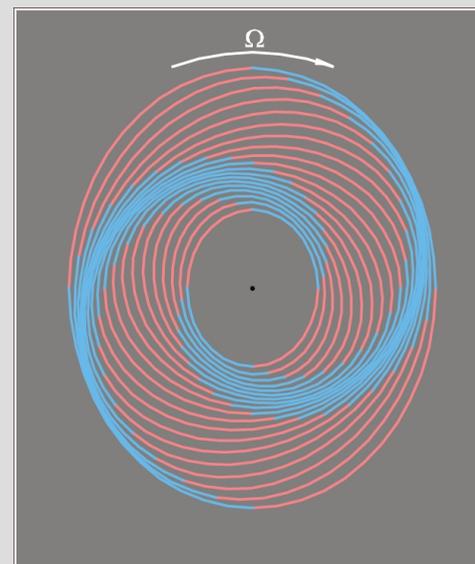
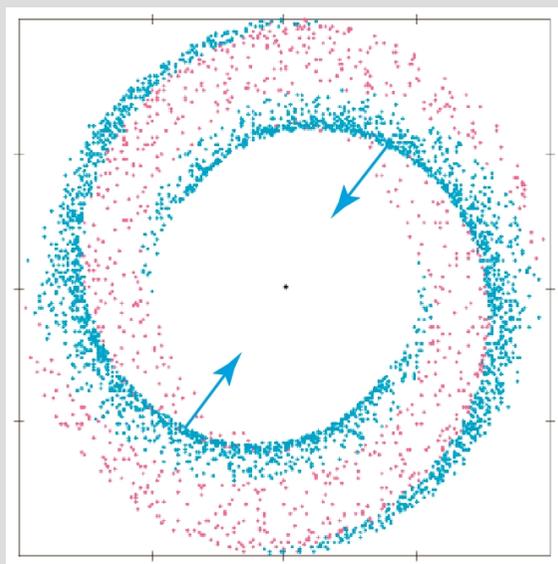
Mel'nik & Rautiainen (2013)
модели показывают
 $\beta = 28^\circ$

**Кинематика волн плотности (Лин & Шу 1964)
внутри радиуса коротации (CR)**

**Распределение модельных частиц с V_R , направленной
к центру \bullet и от центра \circ галактики.
Спиральное возмущение потенциала**

$\Omega_s = 13 \text{ км/с/кпк}$, $T=100 \text{ Myr}$

Kalnajs (1973)

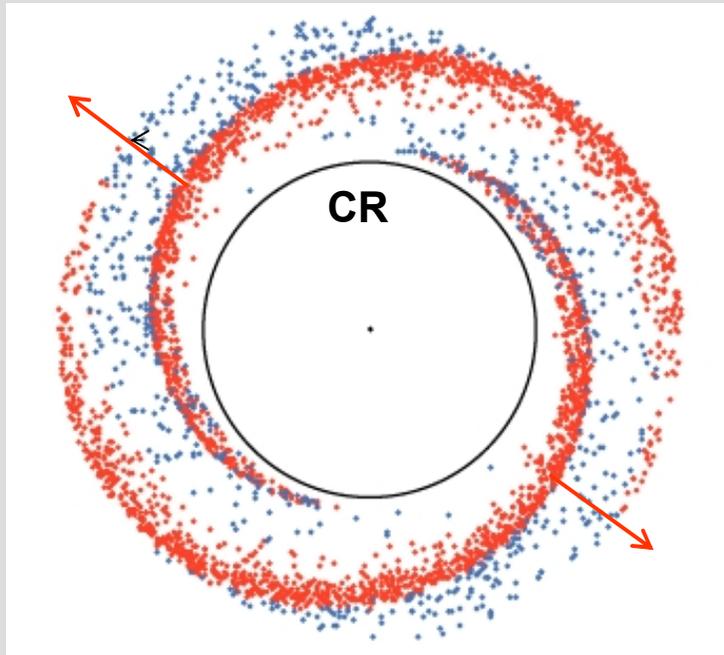


**Внутри CR, объекты, расположенные в спиральных
рукавах, имеют $V_R \bullet$ направленную к центру галактики**

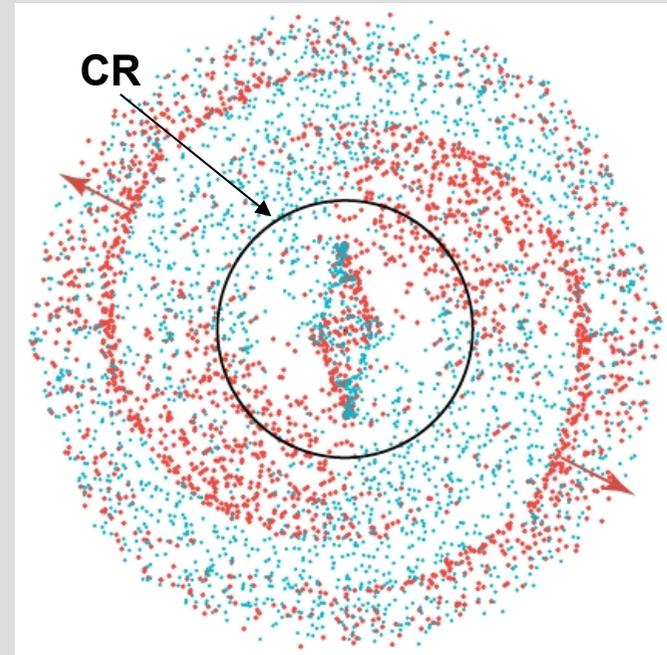
Кинематика волн плотности снаружи от радиуса коротации

Распределение модельных частиц со скоростями V_R , направленными к центру ● и от центра ● галактики.

Только спиральное возмущение потенциала, бара нет
 $\Omega_s = 40$ км/с/кпк, $T=150$ Myr

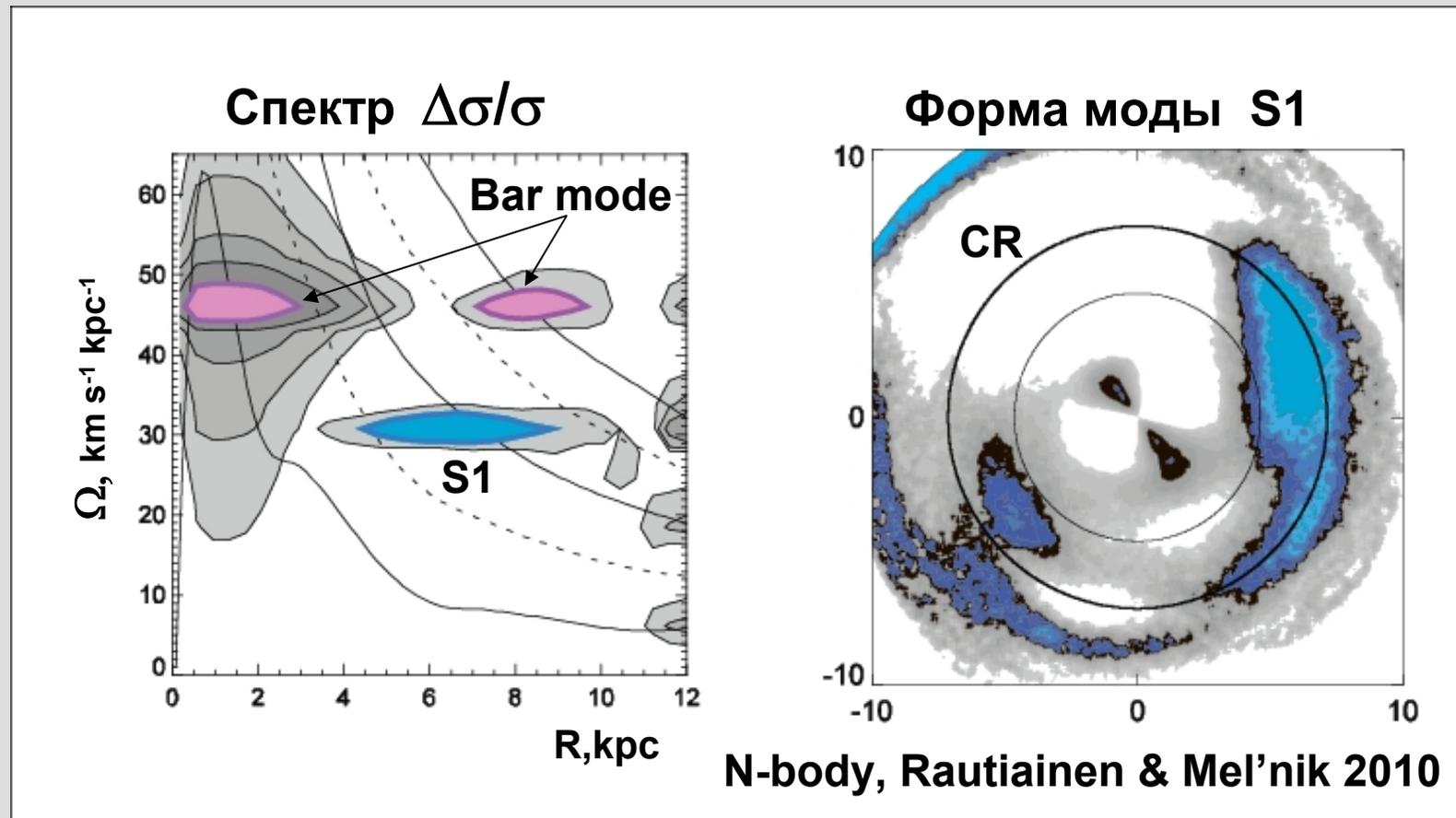


Только бар, нет спиралей
 $\Omega_b = 60$ км/с/кпк, $T=400$ Myr



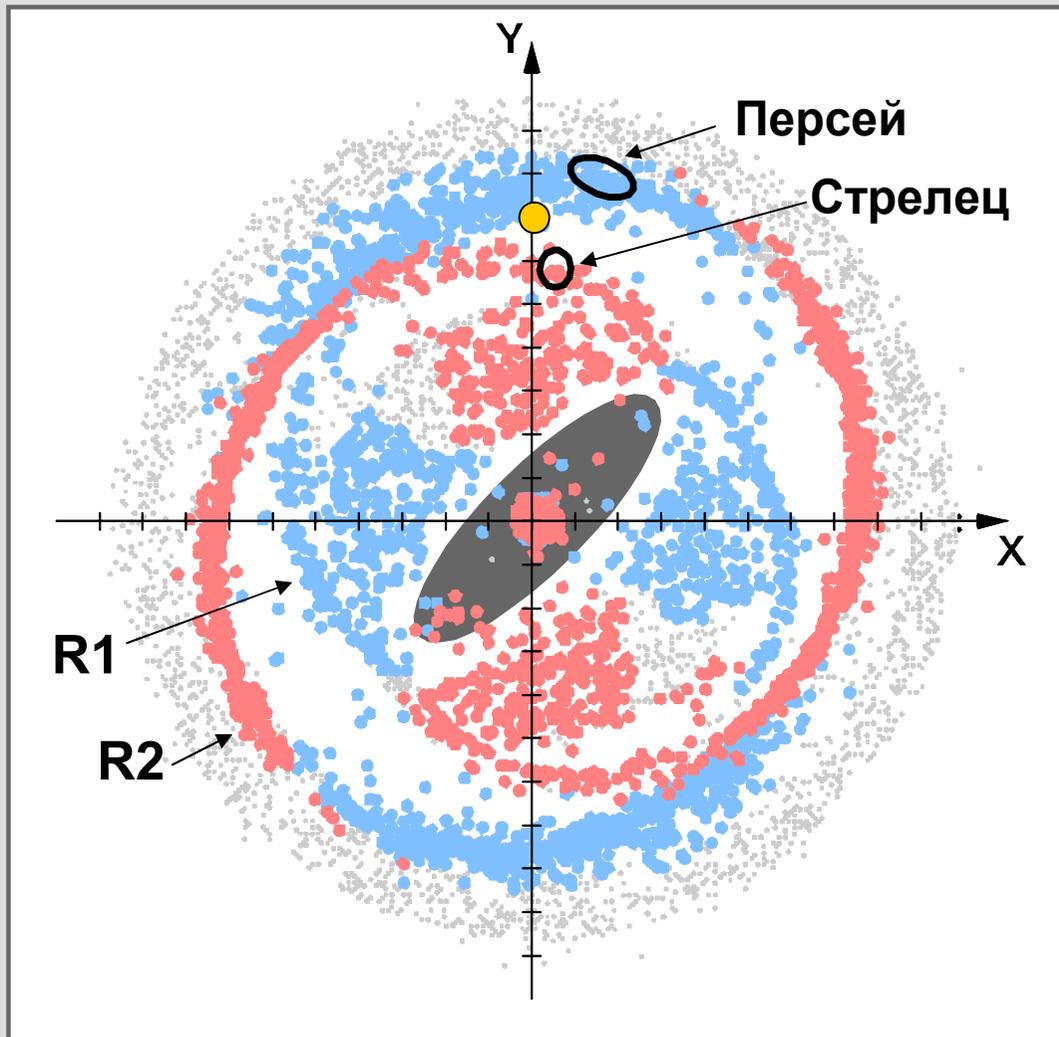
Вне радиуса коротации, объекты в спиральных рукавах, созданных спиральным возмущением потенциала или баром, имеют скорость V_R , направленную от центра ● галактики. ¹⁰

Медленные моды – узоры, вращающиеся медленнее, чем бар



S1 – самая сильная из медленных мод.
Медленные моды НЕ имеют спиральную форму,
и выглядят скорее как уплотнения, которые появляются и
исчезают вблизи радиуса OLR бара.

Положение звездно-газовых комплексов в Персее, Стрельце и Местной системе относительно колец R1 и R2

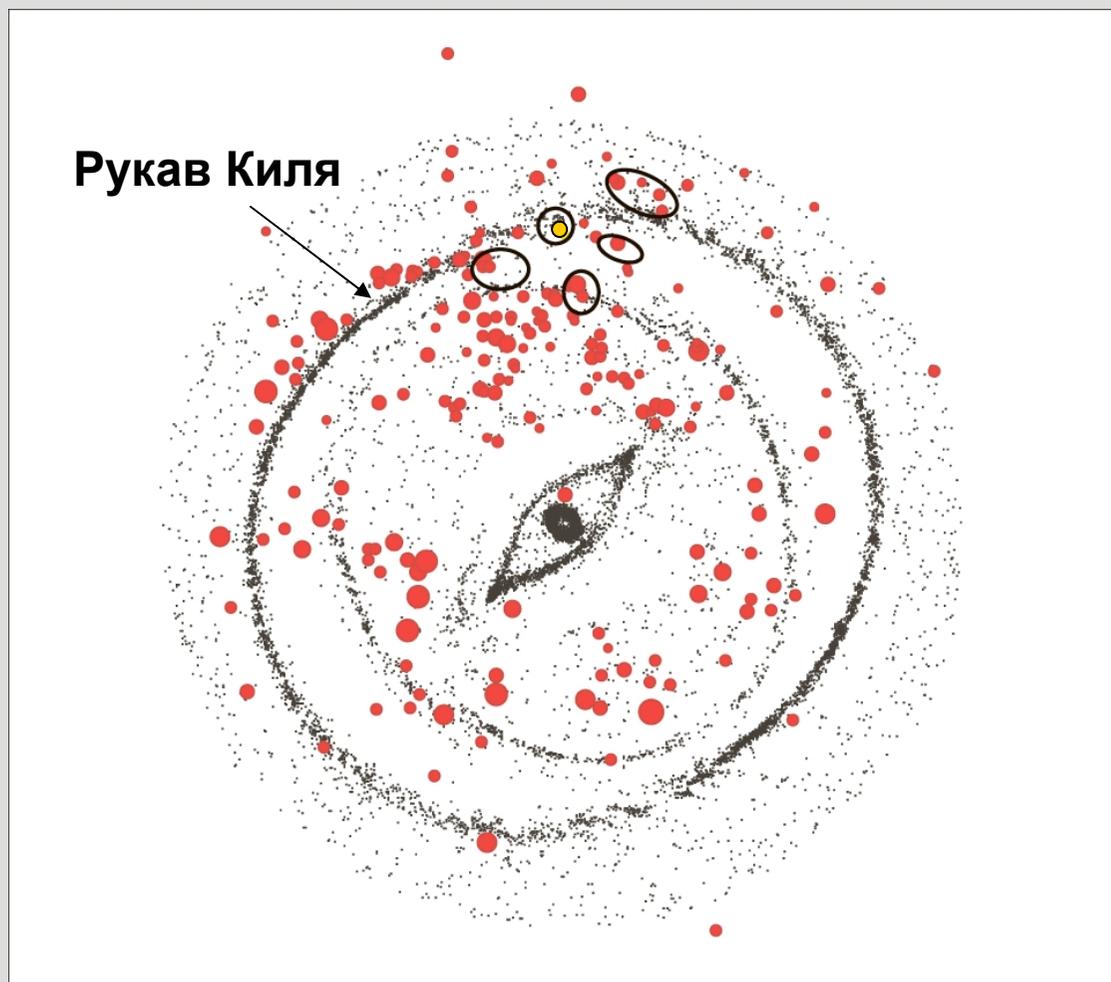


Комплекс в Персее расположен к кольце R2.

Комплекс в Стрельце лежит в кольце R1.

Модели с могут воспроизвести наблюдаемые скорости в комплексах Персея, Стрельца и Местной системе.

**Распределение гигантских областей звездообразования
(Russeil 2003) ● и модельных частиц •**



**Модель Галактики
с внешним кольцом
R1R2**

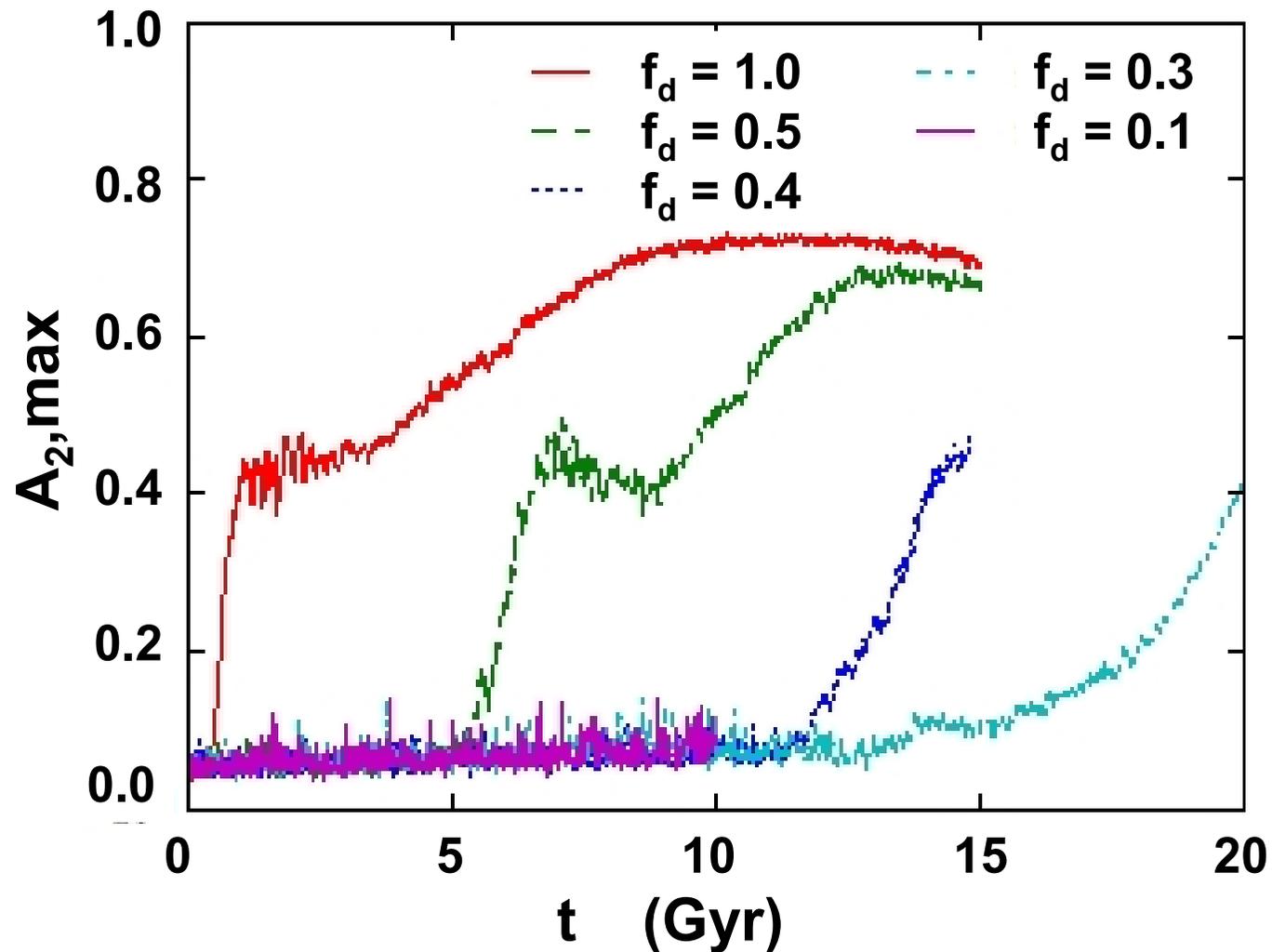
**может легко
воспроизвести
положение рукава
Киля, $i=10-15^\circ$.**

**Транзиентные
(короткоживущие)
спиральные рукава
($i = 20 - 30^\circ$)
НЕ могут
повторить
положение
рукава Киля.**

Melnik & Rautiainen (2011)

Зависимость времени формирования бара от f_d
(относительный вклад диска в кривую вращения)

Чем больше f_d , тем быстрее формируется бар.



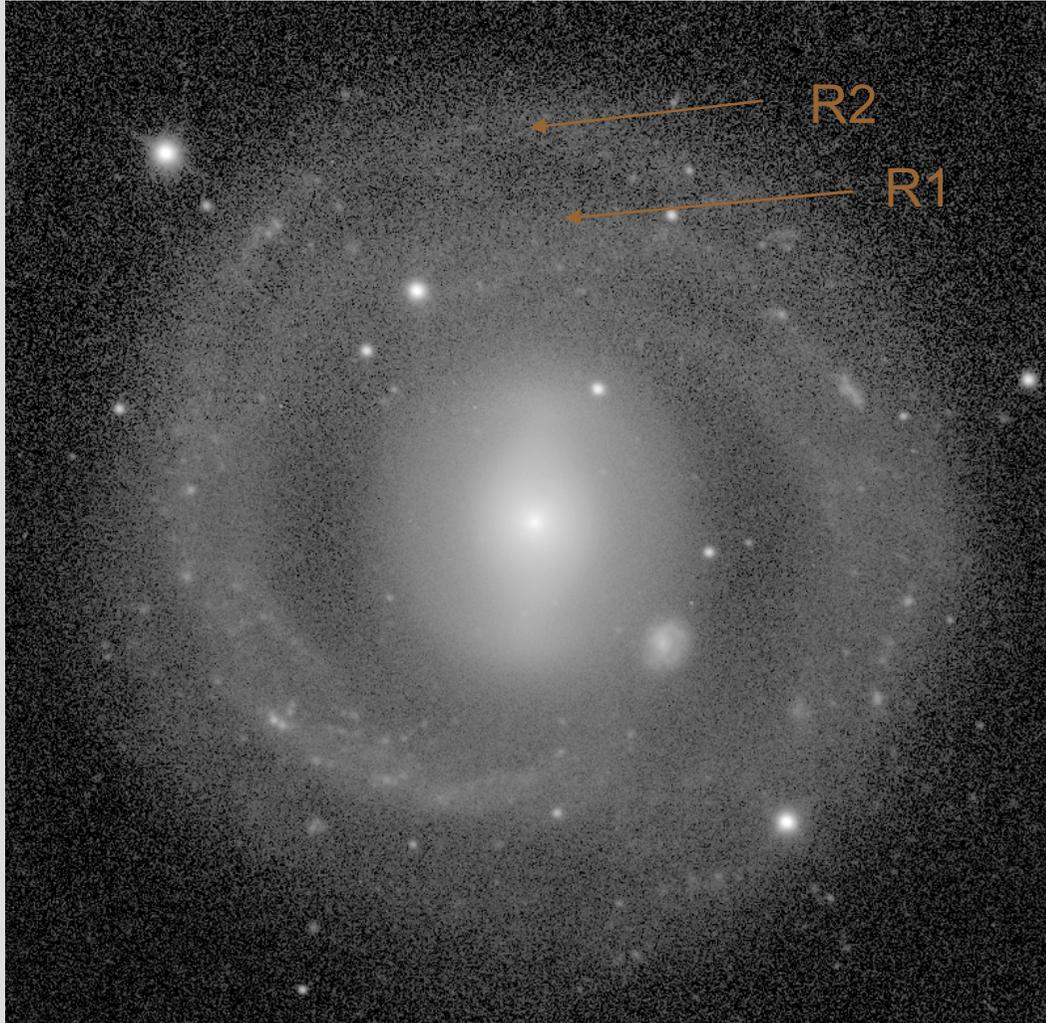
M. Fujii ,
J. Bédorf ,
J. Baba J,
et al.
MNRAS
2018 477
1451

Выводы :

- 1) Три типа моделей, которые создают различные узоры и распределение скоростей в галактических дисках.
- 2) Модель Галактики с внешним кольцом R1R2 кажется наиболее перспективной.
Она может воспроизвести :
 - a) длинный бар ($a=4$ кпк),
 - b) скорости в комплексах Персея, Стрельца и Местной системе,
 - c) положение рукава Киля.
- 3) Модель Галактики с транзиентными (короткоживущими) спиральными рукавами, имеющими угол закрутки $i=20--30^\circ$, НЕ может воспроизвести положение рукава Киля ($i=10--15^\circ$).
- 4) Модель Галактики, включающая бар и регулярный спиральный узор, вращающийся медленнее, чем бар ($\Omega_s < \Omega_b$), не имеет аналогов в N-body моделировании.
- 5) Время формирования бара сильно зависит от f_d .

Спасибо за внимание!

NGC 5701 - (R1R2')SB(l)a

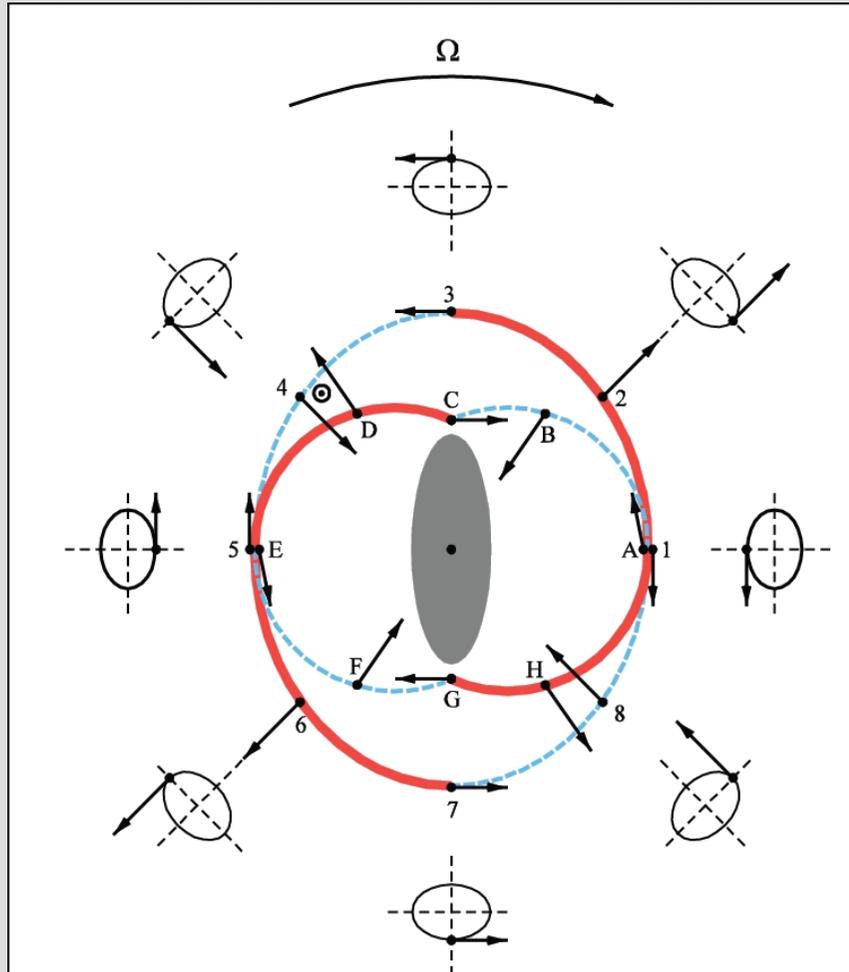


**NASA SLOAN Atlas,
Sloan
Digital
Sky
Survey
York et al. (2000)**

NGC 6974 телескоп Хаббла



Резонансная кинематика



Резонанс между эпициклическим и орбитальным движением настраивает эпициклические движения в соответствии с орбитальным вращением. Это создает систематические некруговые движения, направление которых зависит от азимутального угла точки относительно бара и класса внешнего кольца (R1 или R2)