

Повторение

Свидетельства существования темной массы

- 1. Форма кривых вращения дисковых галактик
- 2. Высокие отношения массы к светимости для галактик в целом
- 3. Горячий газ в гигантских эллиптических галактиках и в скоплениях галактик
- 4. Эффект гравитационного линзирования
- 5. Возможное существование тёмных галактик-призраков, почти не содержащих звезд

- Есть попытки обойтись без темной материи – ценой модификации физической теории гравитации.
- Есть попытки разыскать те тела или частицы, из которых темная материя состоит.

ЗАДАЧА типа зачетной

Основная масса галактики сосредоточена в звёздах массивного балджа и в темном гало, и составляет в общей сложности 10^{11} масс Солнца в пределах оптического радиуса. Круговая скорость вращения на оптическом радиусе составляет $V_1=300$ км/с. В такой же галактике без гало круговая скорость составляет $V_2=150$ км/с. Какова масса балджа? И балдж, и гало считать сферическими.

Две темы сегодняшней лекции

- Характер движения звезд и газа в галактиках
- Спиральная структура: что собой представляет и как могла сформироваться

Характер движения вещества (звезд или газа) зависит

- *От того, насколько движение отклоняется от движения по окружности (на-круговая скорость)*
- *От того, в каком гравитационном поле происходит движение*
- *От способности вещества терять или приобретать энергию*
- *Теряет энергию только газ*

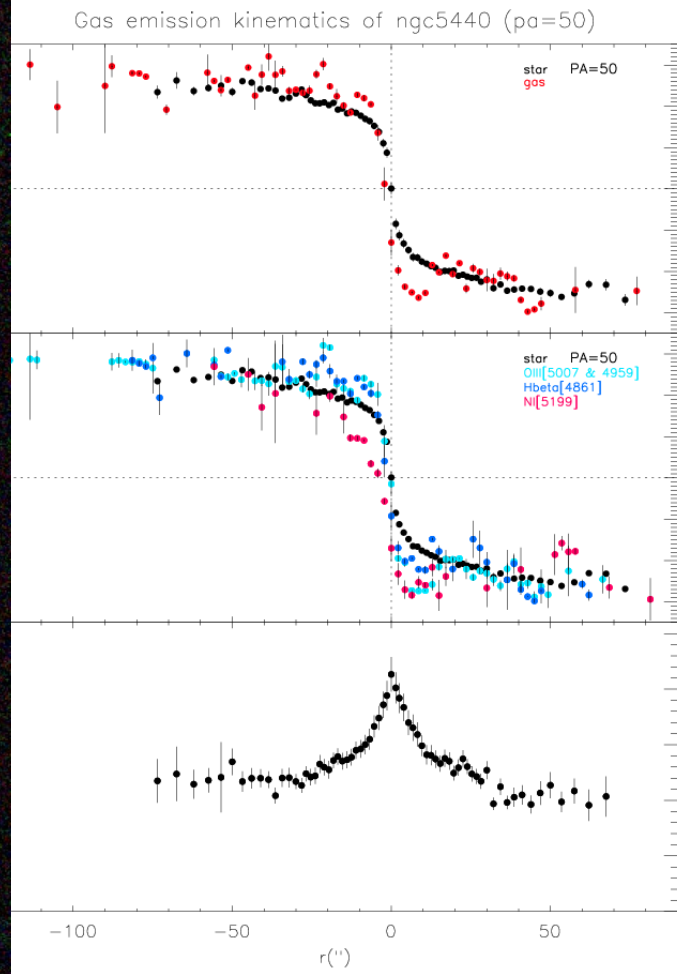
Важные понятия

- Вращение твердотельное и дифференциальное
- Энергия совокупности звезд (газа)
- *Кинетическая энергия вращения*
- *Кинетическая энергия случайных движений*
- *Потенциальная (чем ближе к центру галактики или к плоскости ее диска - тем она ниже)*

Сумма этих энергий – величина постоянная!

Момент вращения звезд (газа)

- Произведение скорости вращения на радиус орбиты. В процессе движения он всегда сохраняется.



Почему кинематика газа и звезд различны

Понятие звездного газа

Как часто сталкиваются звезды в галактиках?

(размеры звезд и характерные расстояния между ними различаются на семь порядков!)

Как газ теряет энергию?

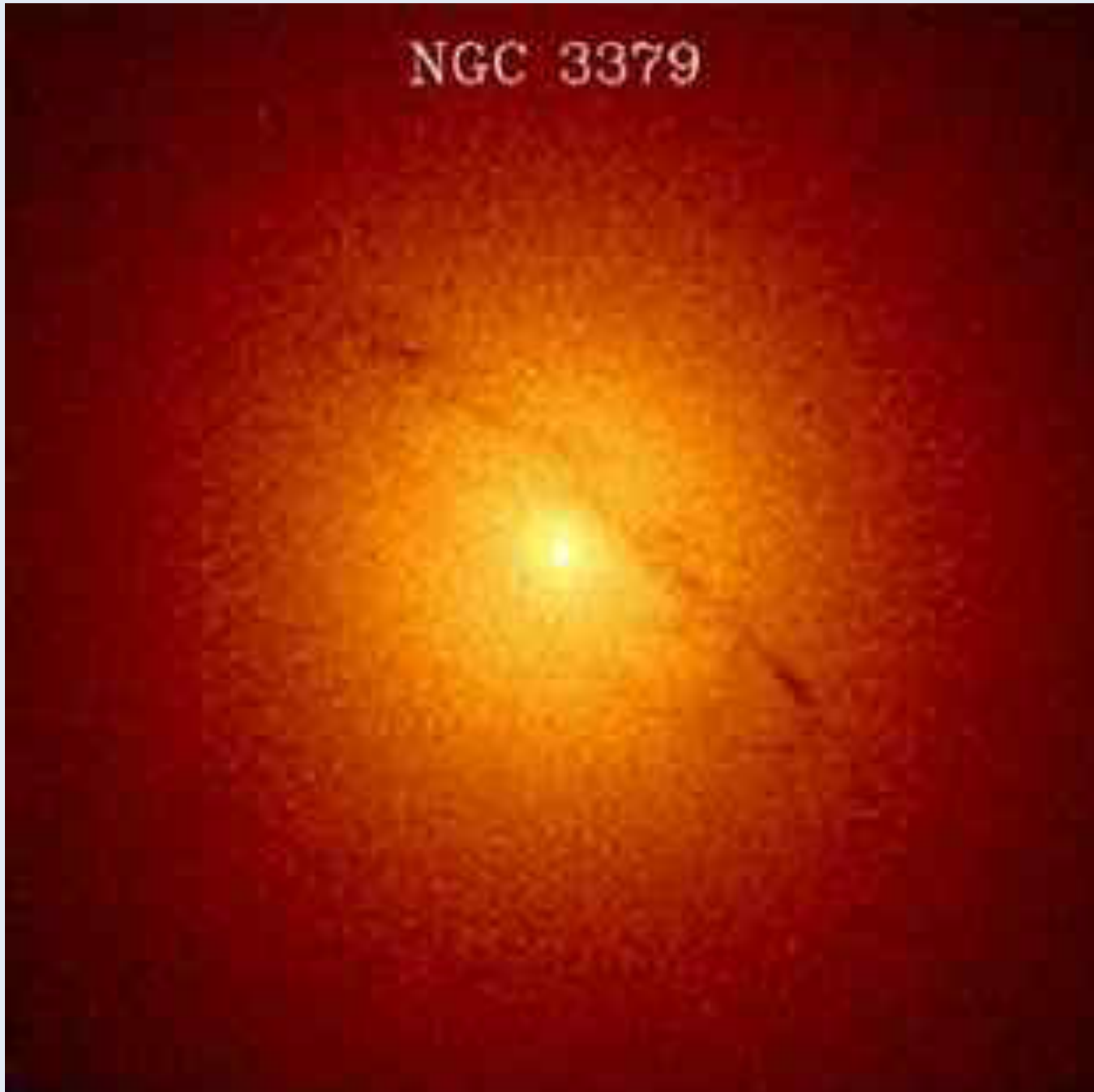
Звезды — среда бесстолкновительная, а газ —
столкновительная.

Откуда взялись газо-звездные диски в
галактиках? *Ответ: Сжатие газа с потерей энергии.*





NGC 3379



Понятие равновесного состояния
Понятие устойчивого и
неустойчивого состояния
см. учебник школьной физики.

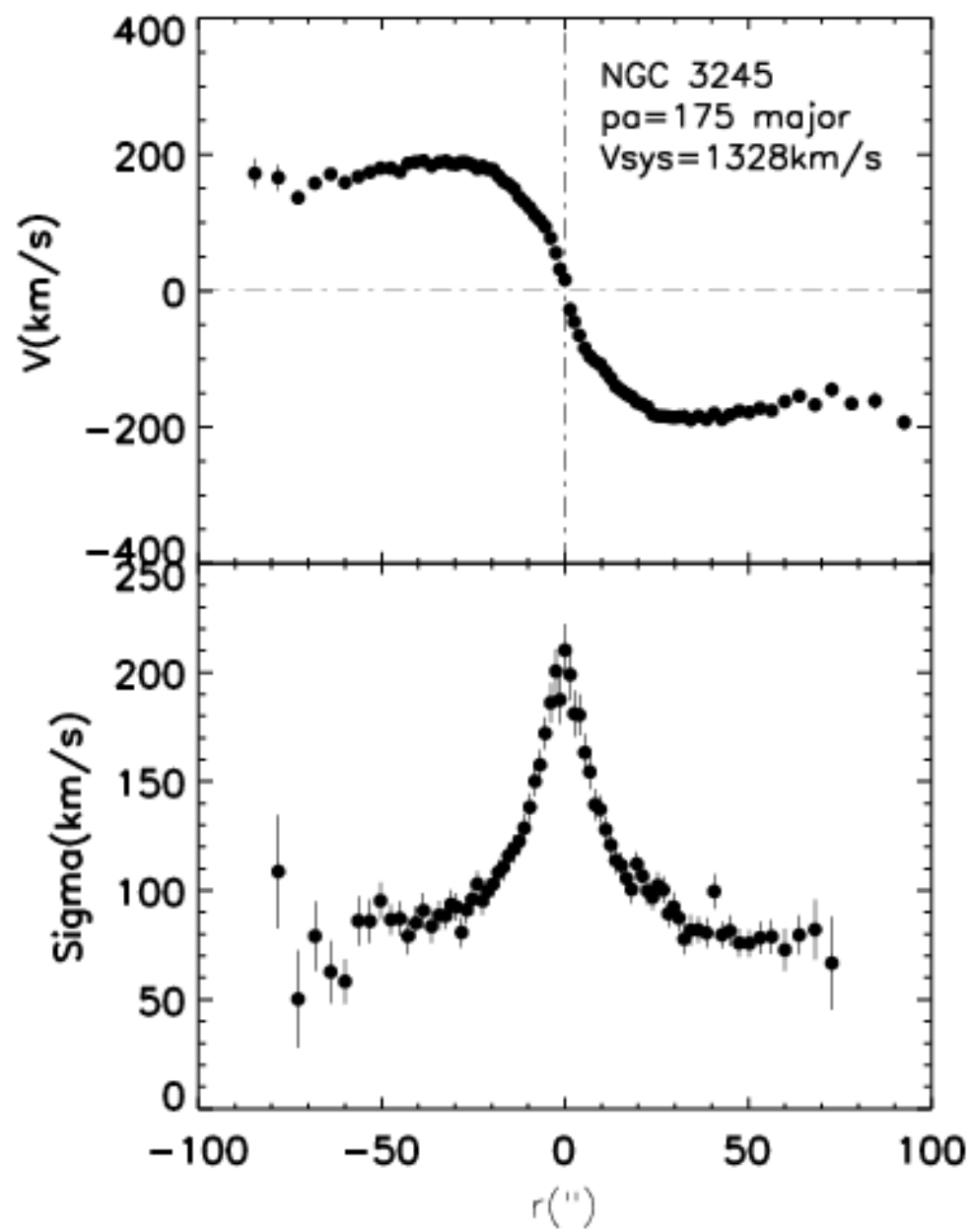
Понятие гравитационной устойчивости.

1. Любая однородная среда достаточно большой протяженности гравитационно неустойчива, а, значит, должна сжиматься либо расширяться (в зависимости от того, что больше- гравитационная энергия или кинетическая)
2. Эллиптические галактики гравитационно устойчивы благодаря высокой дисперсии скоростей звезд
3. Для устойчивости дисков требуется во-первых вращение, а во-вторых, определенная дисперсия скоростей тел, составляющих диск

- Имеется предельное значение дисперсии скоростей, которая может быть у диска с данной плотностью:
- Предельная дисперсия скоростей на данном расстоянии от центра пропорциональна отношению поверхностной плотности диска к угловой скорости диска на этом расстоянии:

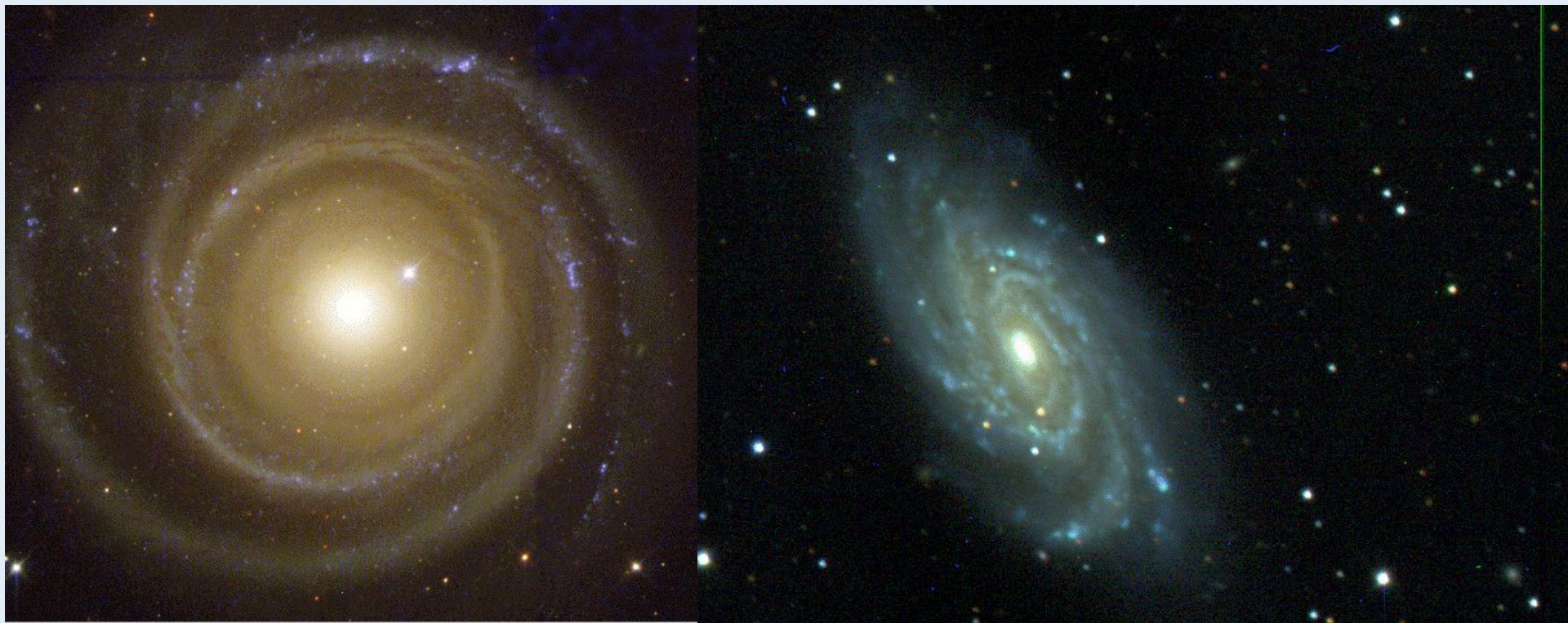
$$C_{\text{crit}} \sim \Sigma / \Omega = \Sigma R / V$$

Измерения $C(R)$ и $V(R)$ позволяют найти верхний предел плотности диска



- Если бы не существовало массивного гало, все звездные диски были бы в несколько раз толще, чем они есть на самом деле. И в них не было бы чётких спиральных структур

Природа спиральной структуры галактик



- Что представляют собой спирали?

Как возникают спирали?

Как долго они живут?

Как они влияют на газ и на звезды галактики?







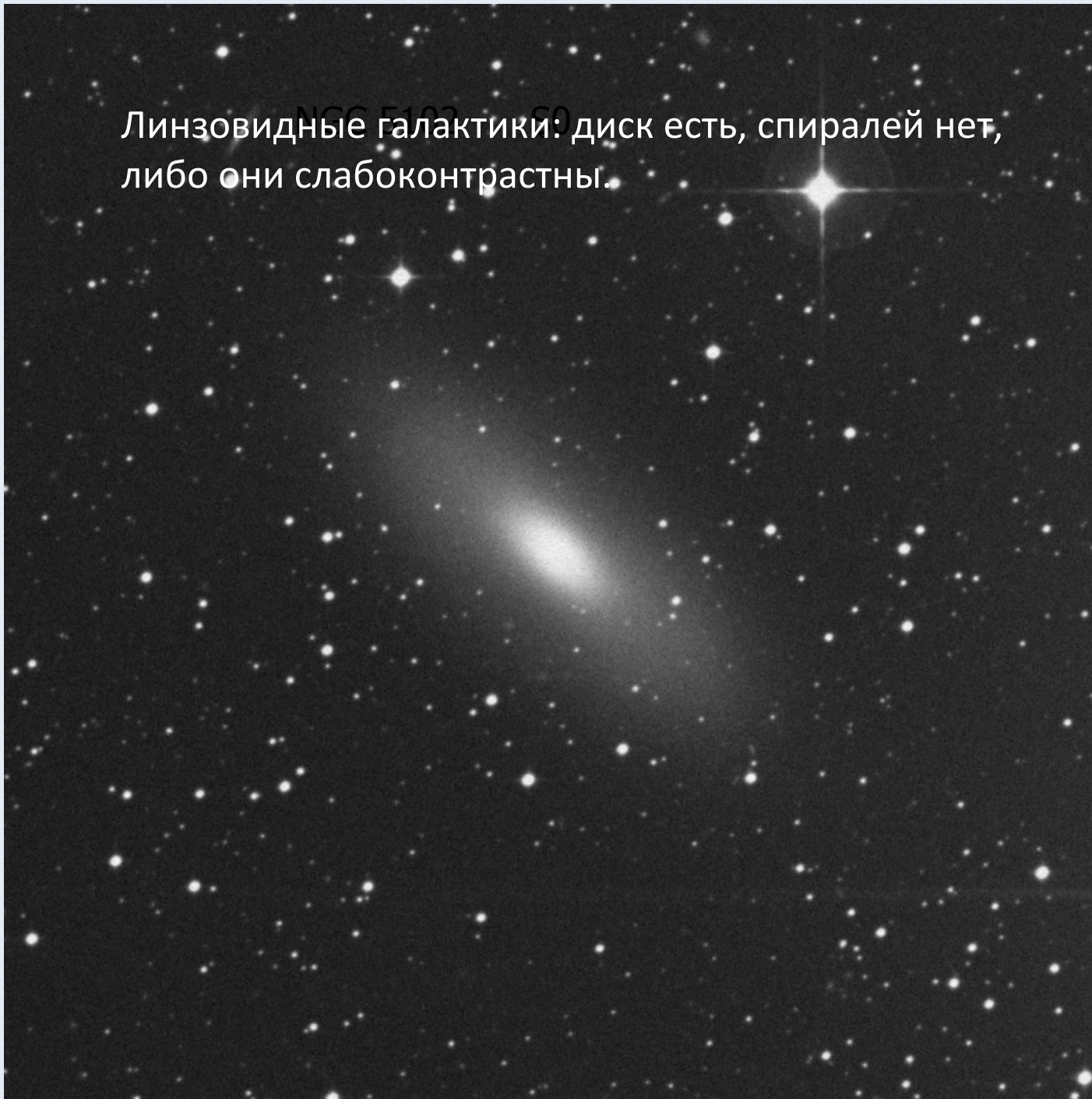
Лорд Росс



Два важных обстоятельства

- ДАЛЕКО НЕ ВСЕ ДИСКОВЫЕ ГАЛАКТИКИ-СПИРАЛЬНЫЕ
- ДАЖЕ В СПИРАЛЬНЫХ ГАЛАКТИКАХ СПИРАЛИ НИКОГДА НЕ ОХВАТЫВАЮТ ВСЕГО ДИСКА

Линзовидные галактики: диск есть, спиралей нет,
либо они слабоконтрастны.



Спиральные ветви возникают в звездно-газовом диске

Они обнаруживают себя

- *По концентрации молодых объектов*
- *По концентрации старых звезд*
- *По концентрации межзвездной среды*
- *По искажению поля скоростей газа*



Спирали
стимулируют
звездообразование.
Газ в спиральных ветвях
рождает звезды!





ДВА ТИПА СПИРАЛЬНЫХ ВЕТВЕЙ

- УПОРЯДОЧЕННАЯ СТРУКТУРА

NGC 5194, упорядоченная структура (Grand Design)



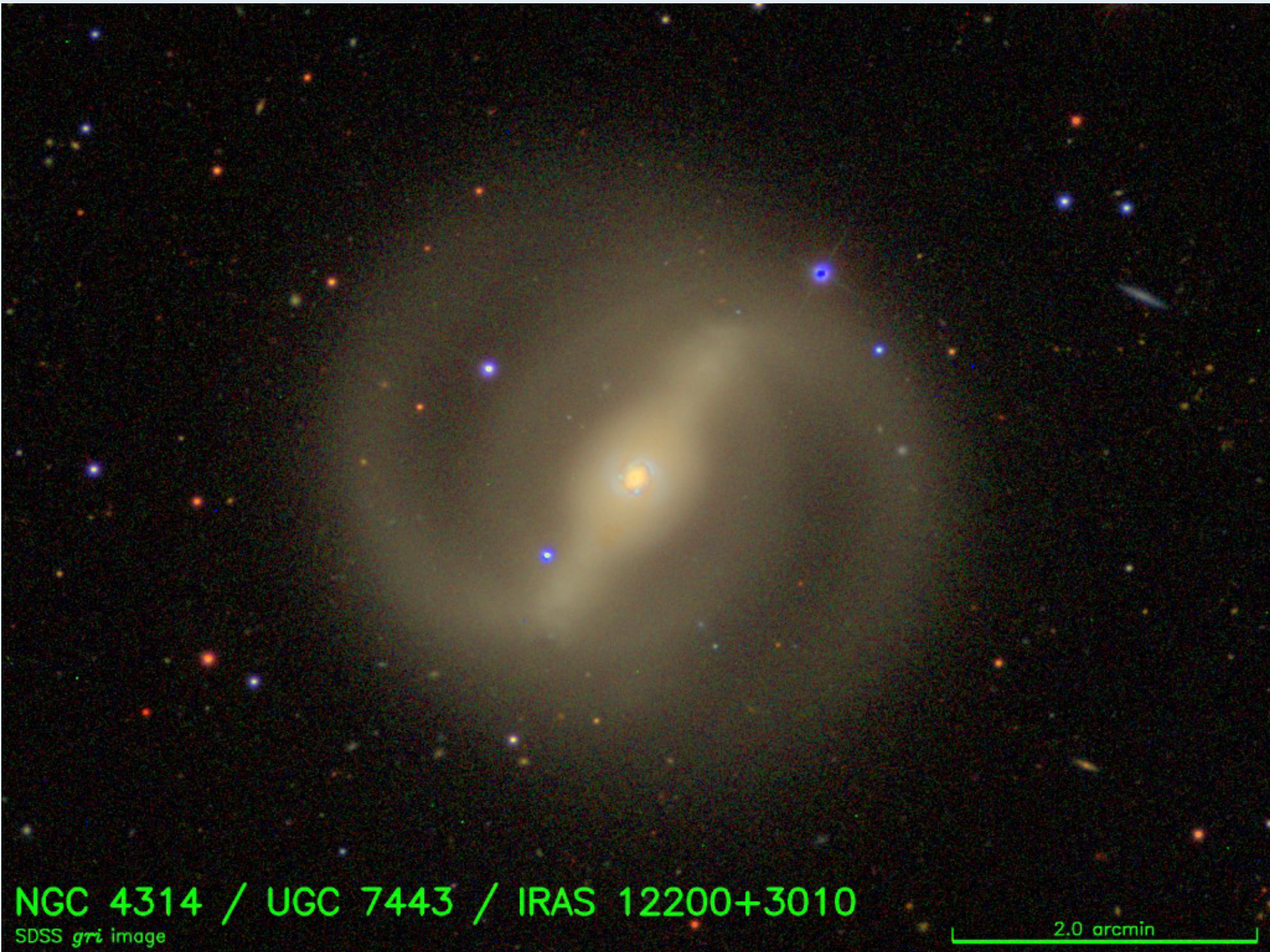
NGC4254



NGC4321



Упорядоченная структура
может быть и без молодых
звезд и газа
(в линзовидных галактиках)



NGC 4314 / UGC 7443 / IRAS 12200+3010

SDSS *gri* image

2.0 arcmin

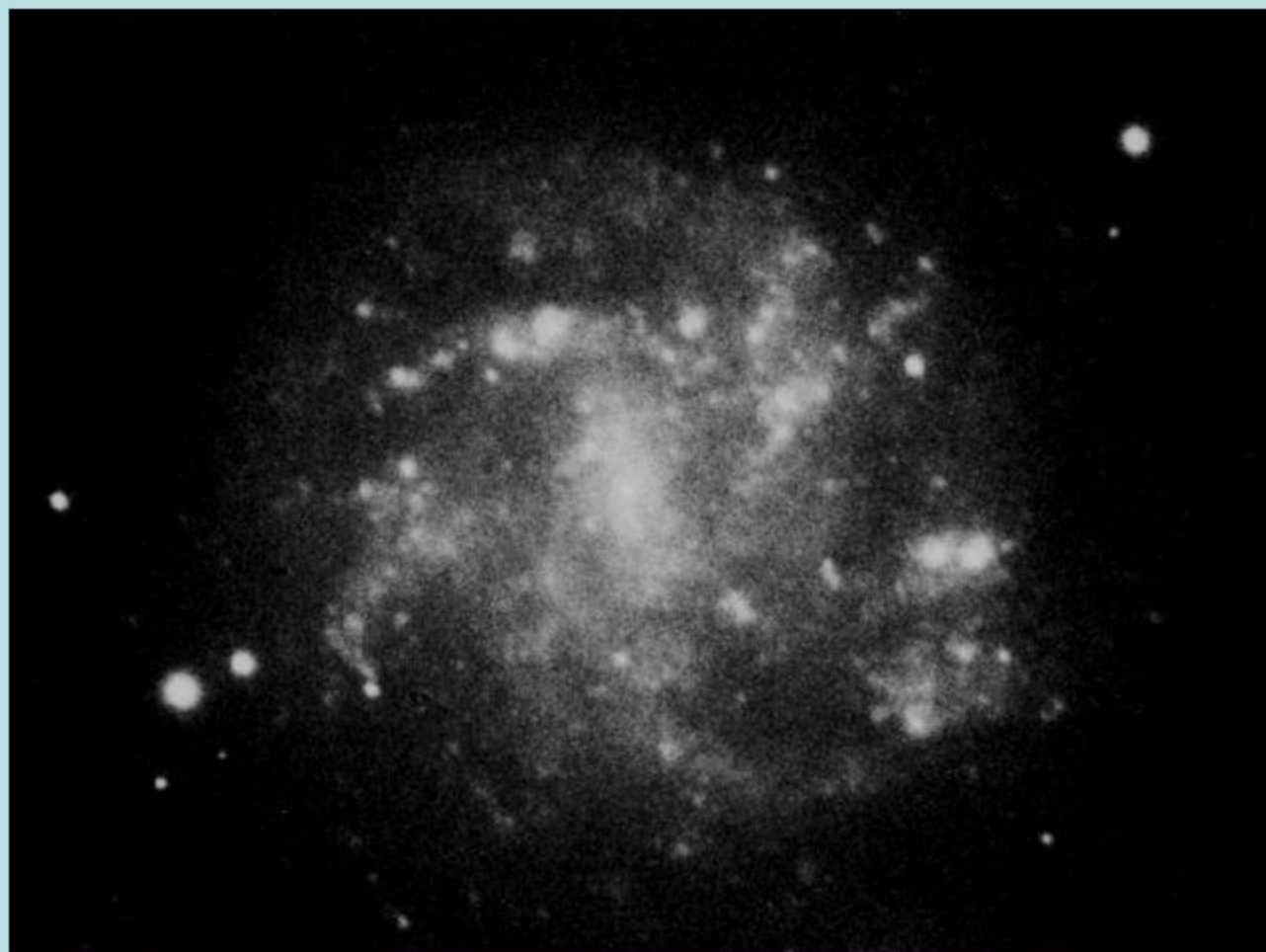
ВТОРОЙ ТИП СПИРАЛЬНЫХ ВЕТВЕЙ

- ФЛОКУЛЛЕНТНАЯ СТРУКТУРА



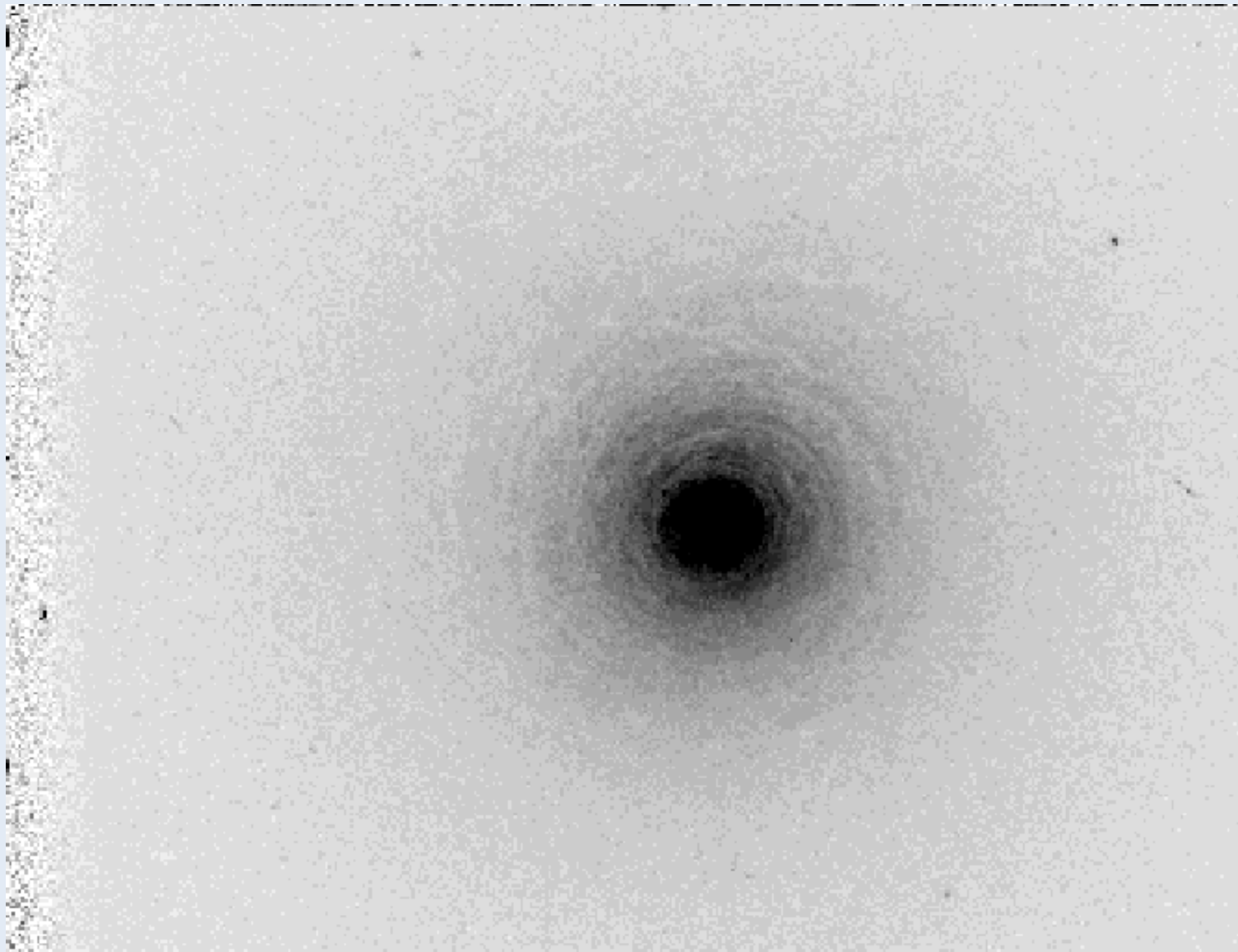


NGC 2500, флокуллентная структура



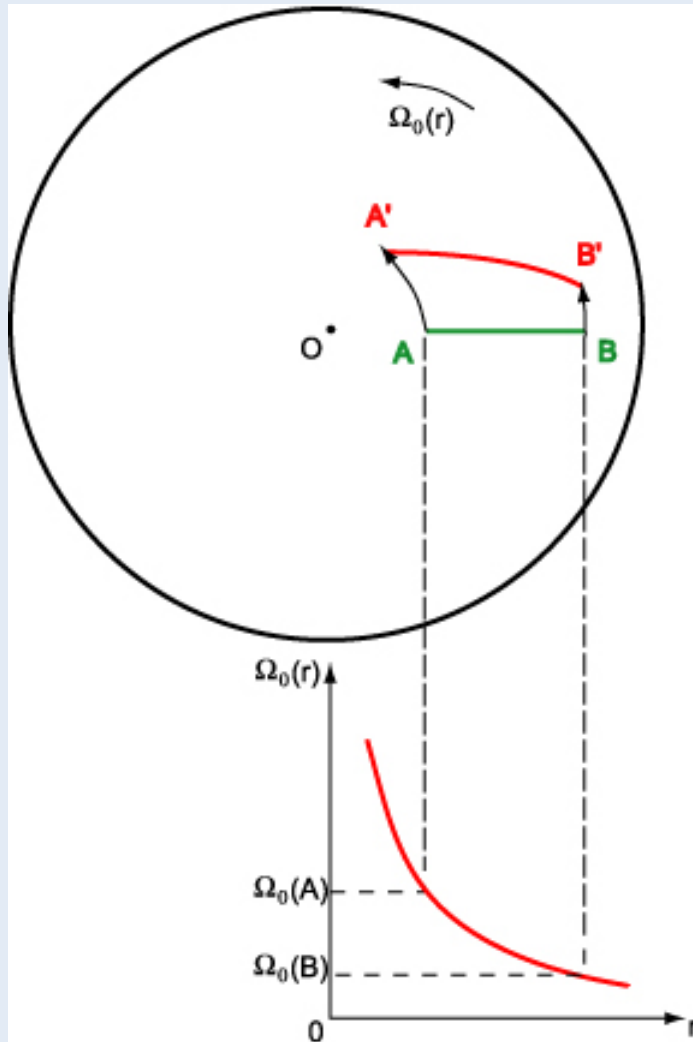
NGC 524

HST



Основная проблема: долгоживучесть спирального узора

Спирали зарождаются как отдельные неоднородности в диске, закручиваются дифференциальным вращением и исчезают. Через $\sim 10^8$ лет спиральная структура должна исчезнуть или обновиться

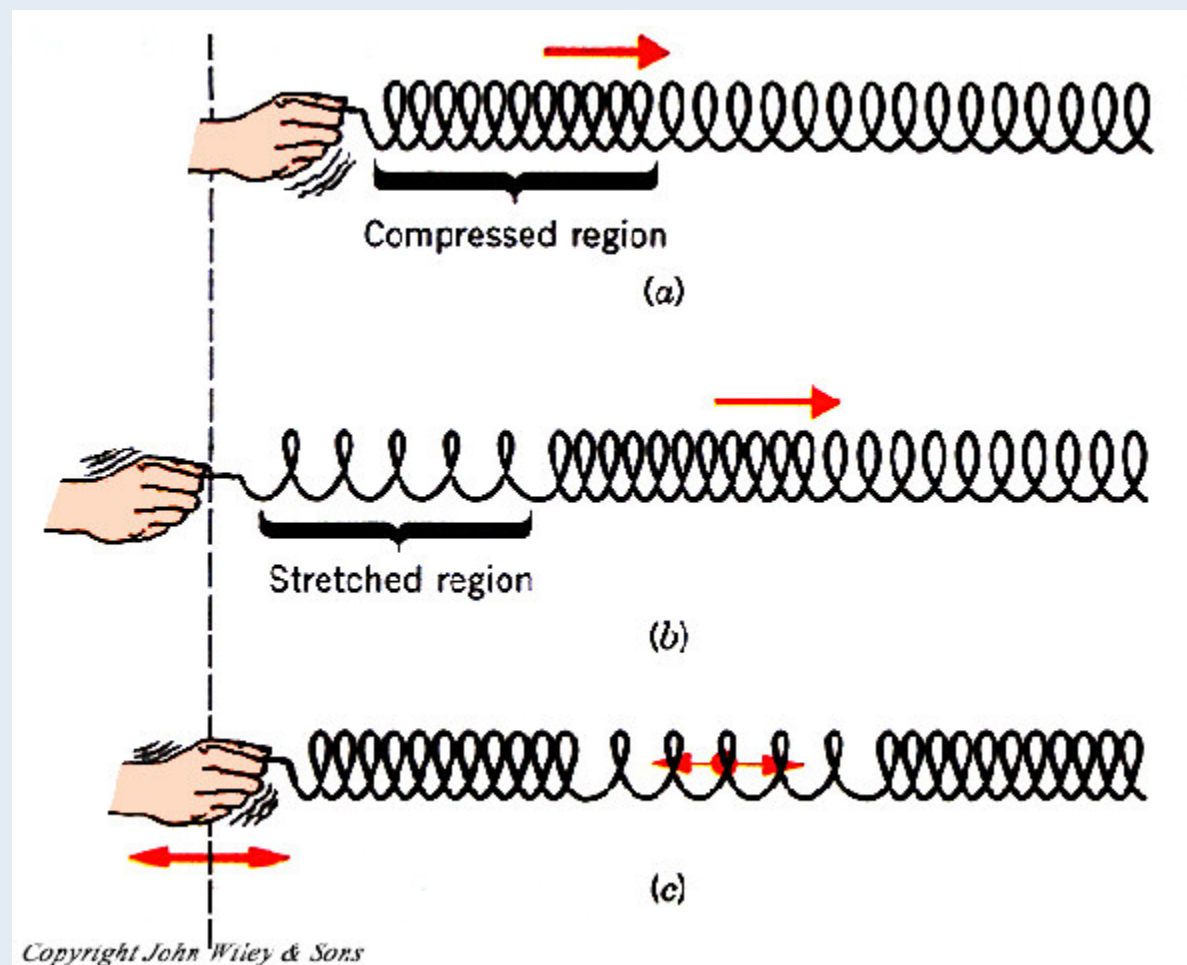


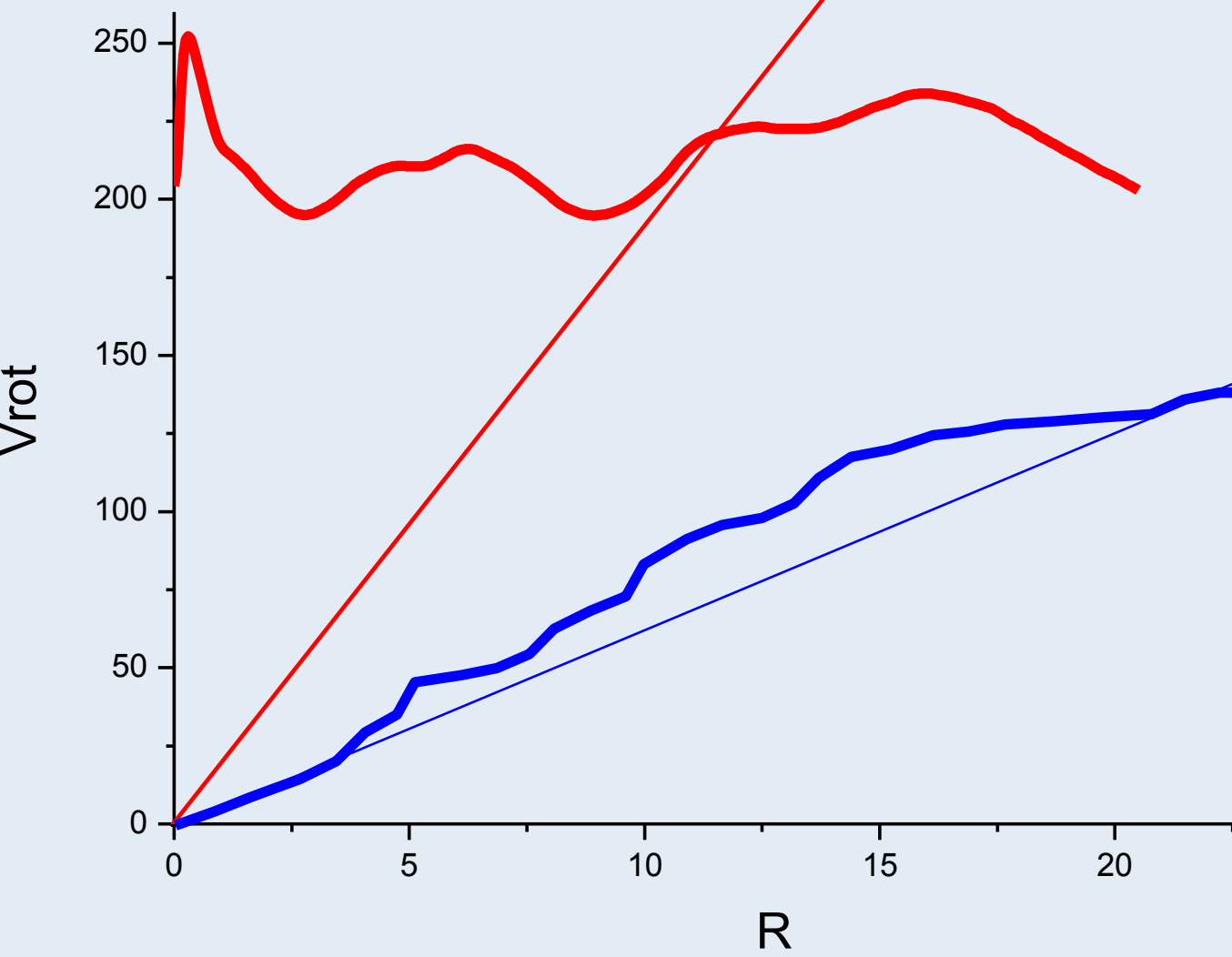
ВОЛНОВАЯ ГИПОТЕЗА

- Упорядоченные спирали - результат коллективных волновых процессов во вращающемся диске. Как гребни волн, они движутся через весь диск, вовлекая в свое волновое движение и газ, и звезды. В отличие от диска, их угловая скорость постоянна вдоль радиуса.

Понятие волны

При механических колебаниях периодически меняется и плотность среды, и ее скорость





Почему спирали такие тонкие?

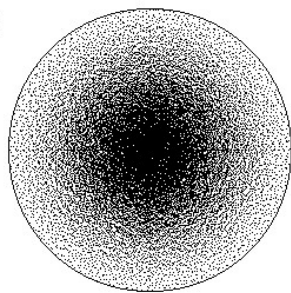
- Реакция газа на звездные спирали



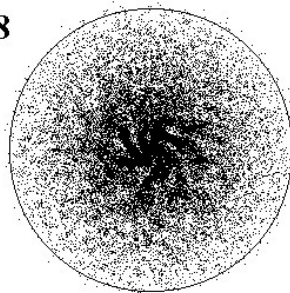
Два возможных пути образования волн плотности

- Медленное развитие неустойчивости в газо-звездном диске. Если звездный диск слабо неустойчив или устойчив, но находится вблизи порога устойчивости, в нем могут возбуждаться волны плотности.
- Колебания плотности и скорости звезд и газа под действием вынуждающей силы (спутник, бар)

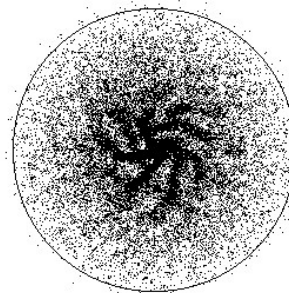
0.0



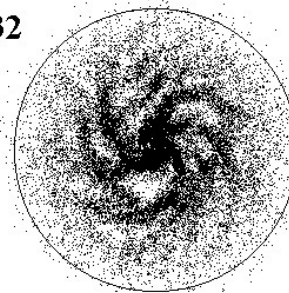
0.08



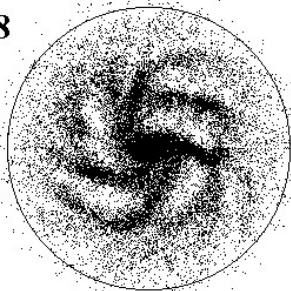
0.16



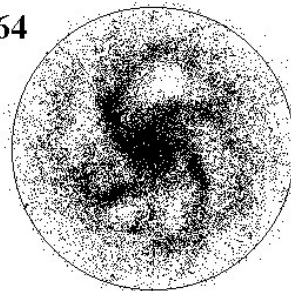
0.32



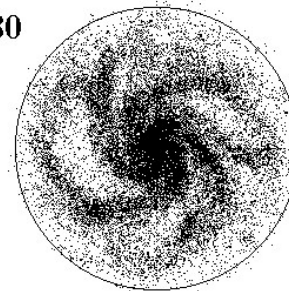
0.48



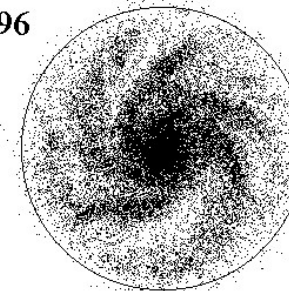
0.64



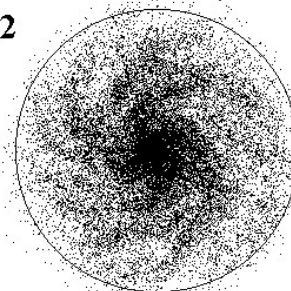
0.80



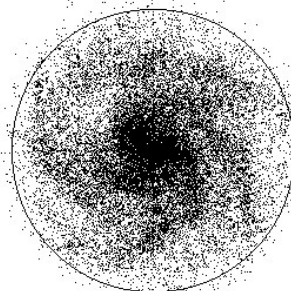
0.96



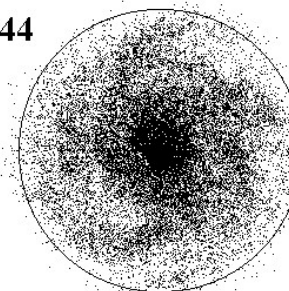
1.12



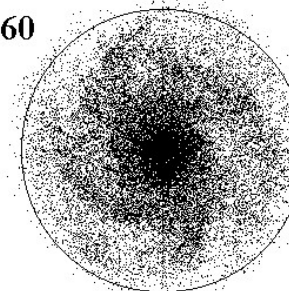
1.28



1.44



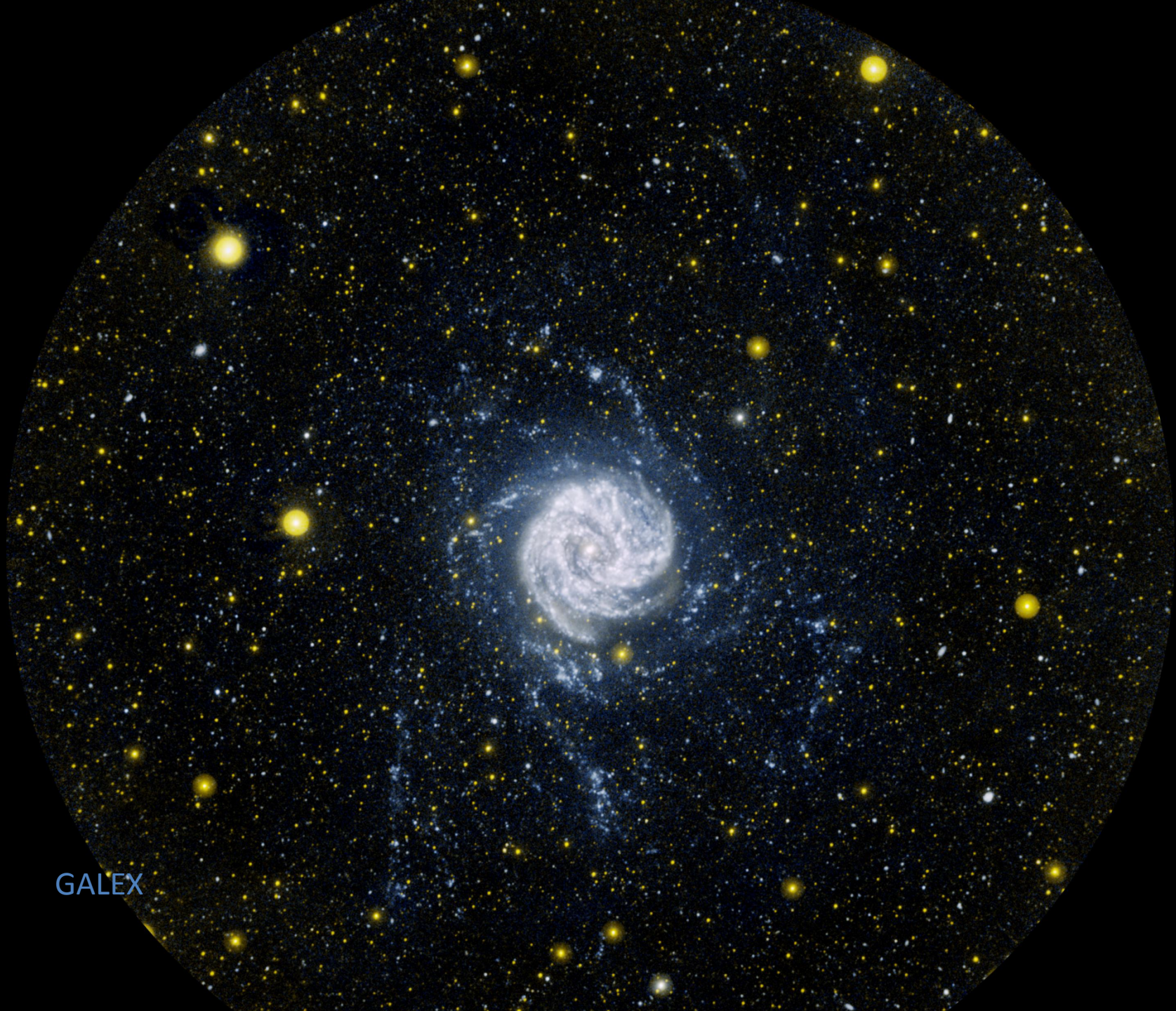
1.60



Проблема внешних спиралей



GALEX



GALEX

Отсутствие осевой симметрии у темного гало?



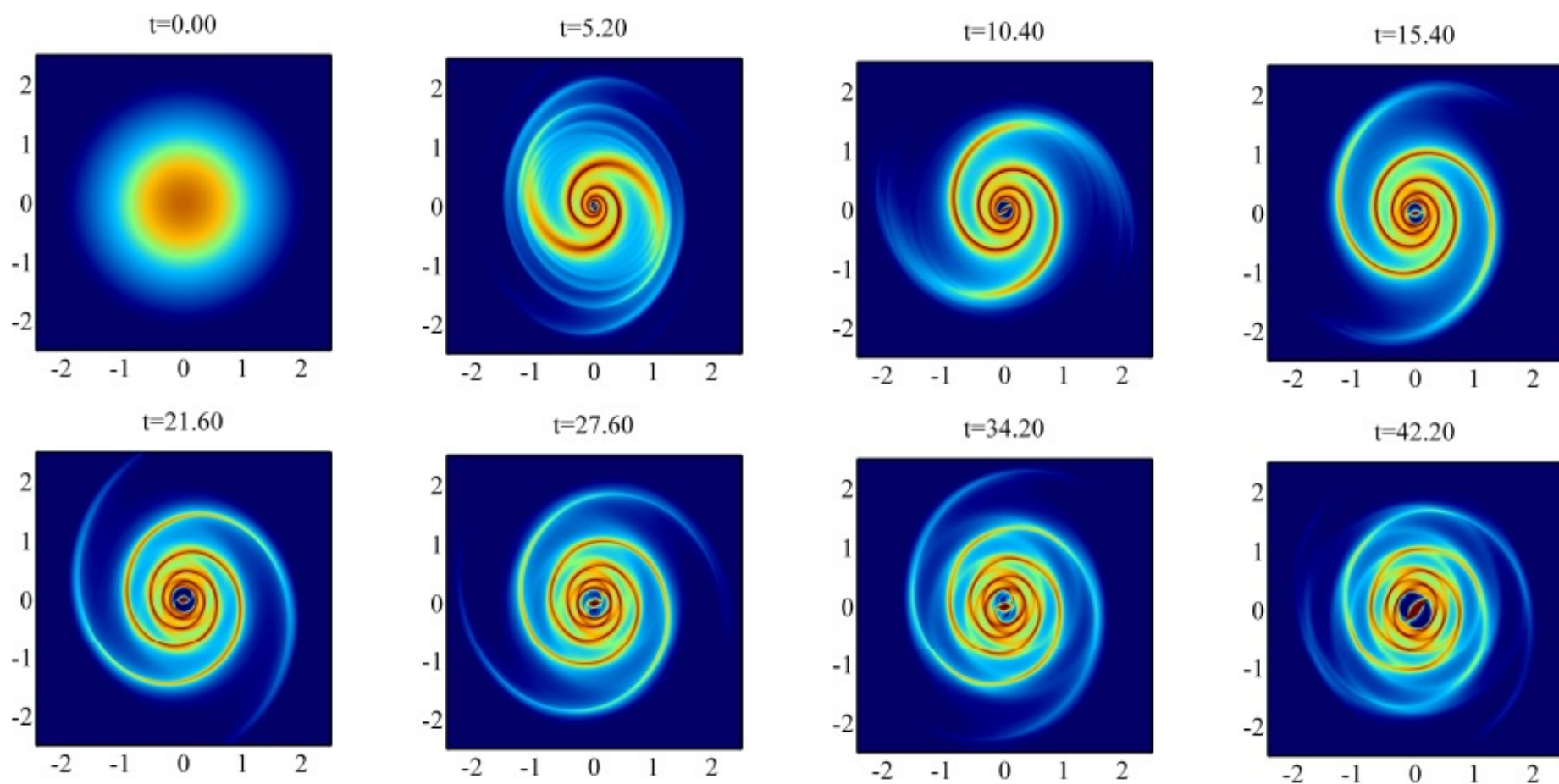
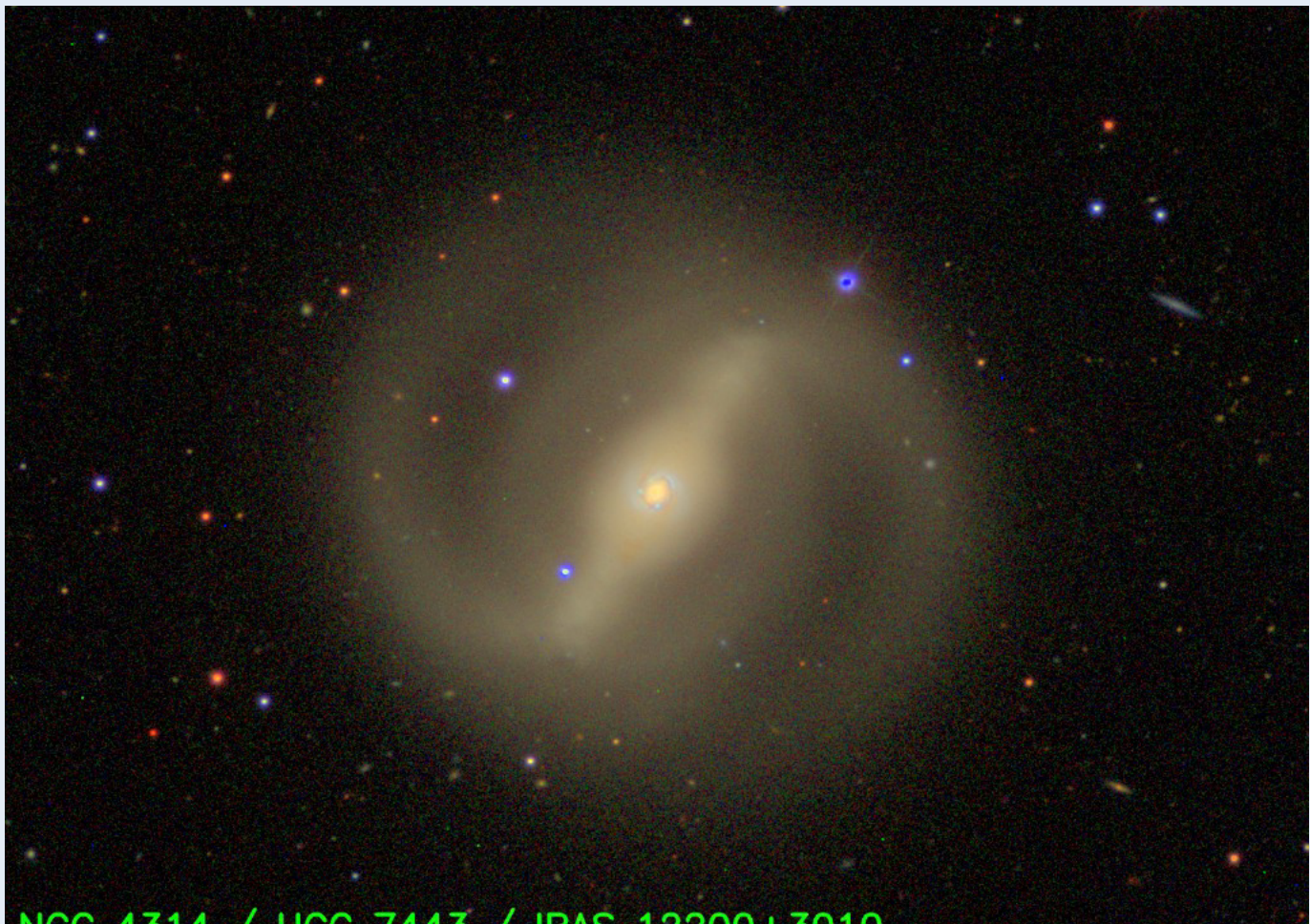


Figure 8: Evolution of gaseous disk submerged into nonaxisymmetric halo

Во внутренней части диска
аналогичную роль
может играть звёздный бар



Почему у многих галактик нет спиралей?

- Нет диска
- Диск есть, но сильно динамически перегрет
- (высокая дисперсия скоростей звезд или сильные не-круговые движения газа)
- Очень мало газа