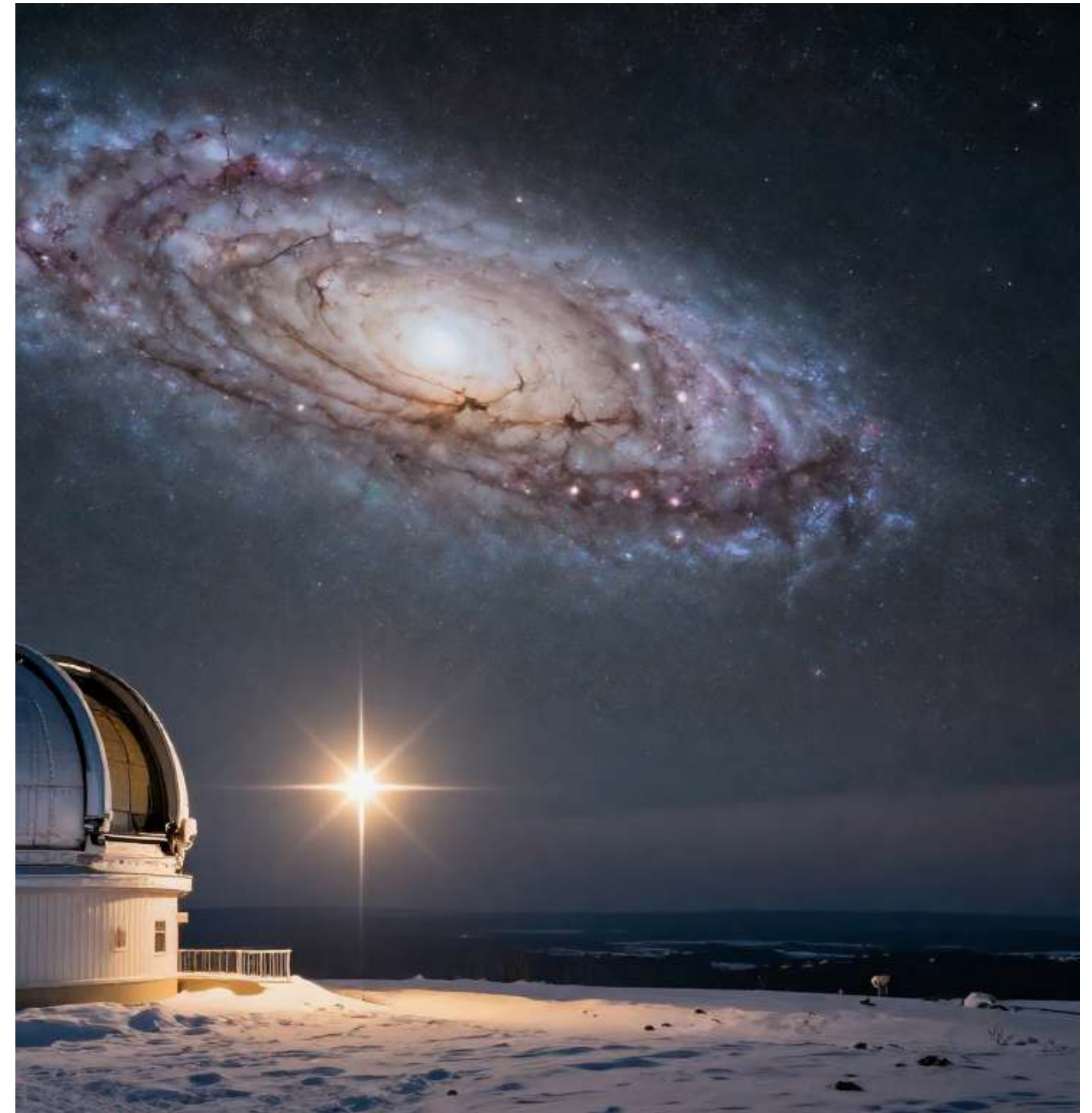


Галактики — другие звёздные системы Вселенной

Путешествие от звезды к гигантским
галактическим системам.



Почему галактики — ключ к пониманию Вселенной



Галактики — основные строительные блоки космоса. Именно в них рождаются, живут и умирают звёзды, а их распределение показывает, как устроена крупномасштабная структура Вселенной.

2,5 млн световых лет

— примерно так далеко от Земли находится галактика Андромеда.

Это расстояние показывает, насколько малы масштабы Солнечной системы по сравнению с межгалактическим пространством.

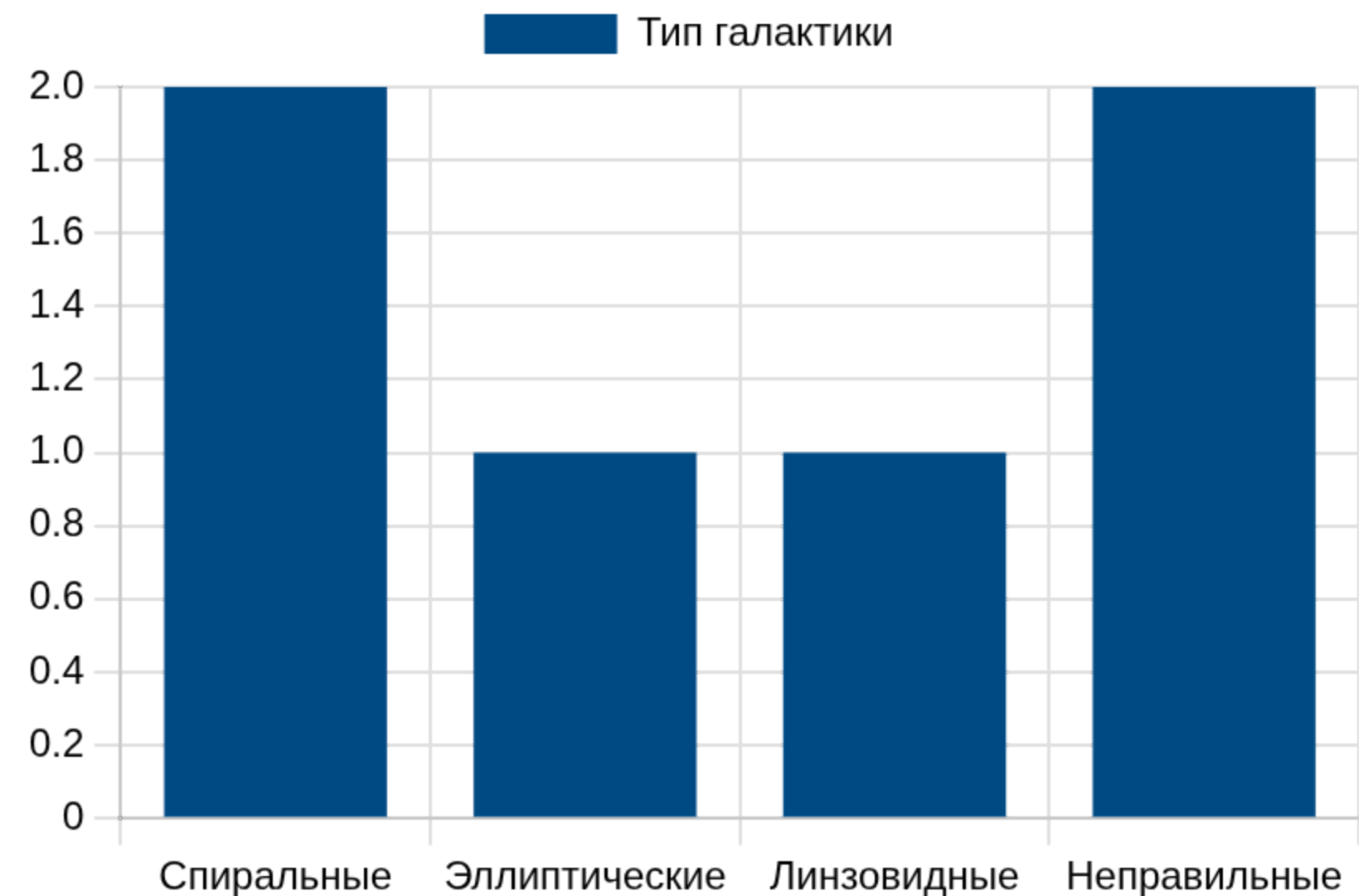
NASA / образовательные материалы по галактике Андромеда

Основные типы галактик по форме

Форма галактики связана с количеством газа, историей взаимодействий и темпом звездообразования.

Спиральные и неправильные системы помогают увидеть, как строение меняется под действием среды и столкновений.

Учебная классификация морфологических типов галактик



Спиральные галактики: диск, рукава и молодые звёзды

- **Плоский диск**

Спиральная галактика обычно имеет тонкий вращающийся диск, в котором сосредоточена основная часть звёзд, газа и пыли. Именно здесь особенно заметны упорядоченные структуры и движение вещества.

- **Спиральные рукава**

Рукава выглядят как закрученные полосы, но это не твёрдые «нити». Через них проходит волна плотности, сжимающая газ и создающая условия для рождения новых звёзд.

- **Центральное утолщение**

В центре находится более плотная область — балдж. Она содержит много старых звёзд и помогает понять, как галактика накапливала массу на ранних этапах своей истории.

- **Молодое население**

В рукавах часто видны голубые массивные звёзды: они яркие, но живут недолго, поэтому указывают на недавнее звездообразование. Млечный Путь и Андромеда относятся именно к этому типу.



Сравнение галактик Местной группы

Объект	Тип	Диаметр	Расст.
Млечный Путь	спиральная	100– 120 тыс. св. лет	—
Андромеда	спиральная	≈220 тыс. св. лет	2,5 млн св. лет
БМО	карликовая	≈14 тыс. св. лет	≈163 тыс. св. лет
Треугольник	спиральная	≈60 тыс. св. лет	≈2,7 млн св. лет

Наглядно видно, что рядом с нами есть как крупные спиральные системы, так и более компактные спутники.

Андромеда крупнее Млечного Пути, а Магелланово Облако значительно меньше и является спутником нашей галактики.

NASA, ESA; справочные астрономические данные

Эллиптические и линзовидные галактики

Эллиптические системы

Эллиптические галактики выглядят как вытянутые или почти шарообразные облака звёзд. В них мало газа и пыли, поэтому новые звёзды образуются редко, а свет дают в основном старые красные звёзды.

Линзовидные галактики

Линзовидные системы занимают промежуточное положение между спиральными и эллиптическими. У них есть диск, но чёткие рукава почти не видны, а запас холодного газа обычно невелик.

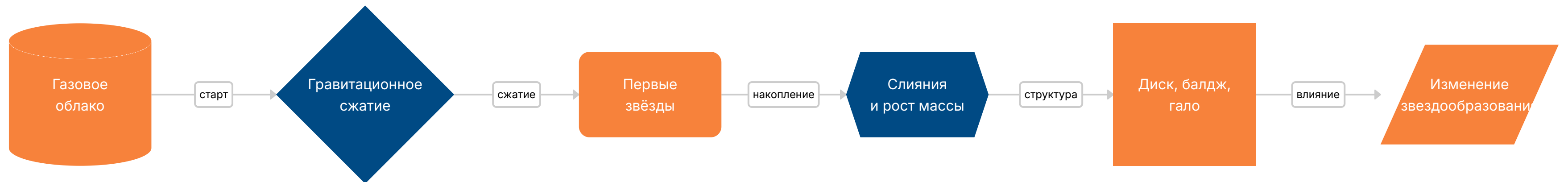
След эволюции

Обе группы важны для понимания истории галактик: они показывают, что форма может изменяться после столкновений, потери газа или постепенного истощения вещества для звездообразования.



Рост галактики: от облака к сложной системе

Схема отражает общую последовательность формирования и последующей эволюции галактик.



Строение галактики изнутри



Ядро

В центральной области сосредоточена наибольшая плотность звёзд. Здесь часто скрывается сверхмассивная чёрная дыра, которая влияет на движение вещества и энергию излучения в окрестности.



Звёздный диск

Диск содержит основную массу видимых звёзд, а также газ и пыль. В спиральных галактиках именно в нём наиболее заметны упорядоченное вращение и спиральная структура.



Спиральные рукава

Рукава — области повышенной плотности, где чаще образуются новые звёзды. Они делают спиральные галактики узнаваемыми и показывают, как распределяется межзвёздное вещество.



Гало

Гало окружает галактику снаружи и включает старые звёзды, шаровые скопления и разрежённое вещество. Оно помогает восстановить раннюю историю формирования всей системы.



Тёмная материя

Невидимая компонента не светится, но создаёт основную гравитацию галактики. Именно она удерживает звёзды на орбитах и объясняет наблюдаемое поведение вращения.

Из чего состоит масса галактики

Видимая часть галактики — лишь малая доля её общей массы; именно это стало одним из главных аргументов в пользу тёмной материи.

Если учитывать только звёзды, газ и пыль, скорость вращения галактик остаётся необъяснимой. Невидимая масса необходима для устойчивости системы.

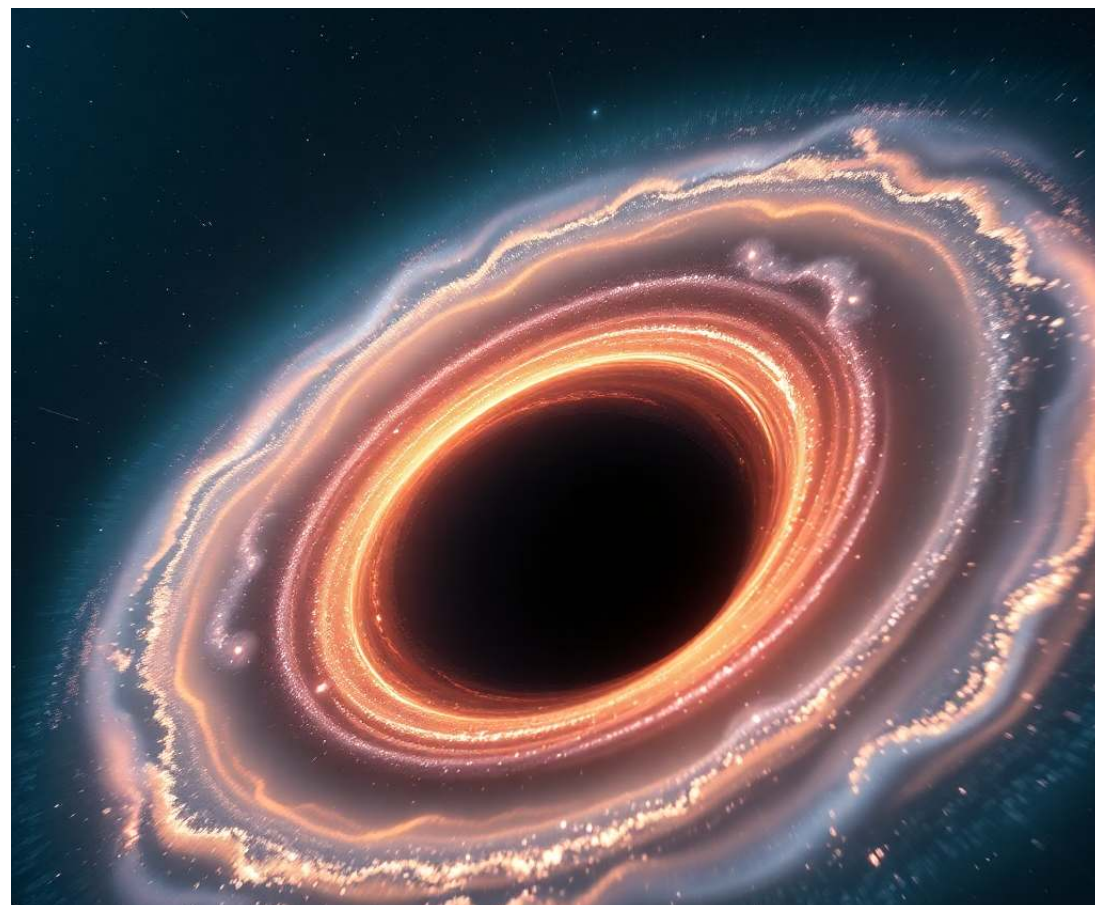
Обобщённые оценки по наблюдениям кривых вращения галактик



Огромные двигатели галактик

Центр, где материя светится ярче

В ядре галактики вещество движется к сверхмассивной чёрной дыре и образует горячий аккреционный диск. Именно он становится источником мощного излучения, которое может превосходить свет всей остальной галактики и заметно менять её облик.



Струи, уходящие на тысячи световых лет

У некоторых активных ядер появляются узкие релятивистские струи, вырывающиеся из центральной области почти со скоростью света. На изображениях они выглядят как длинные световые лучи, которые пересекают пространство далеко за пределами видимого диска.

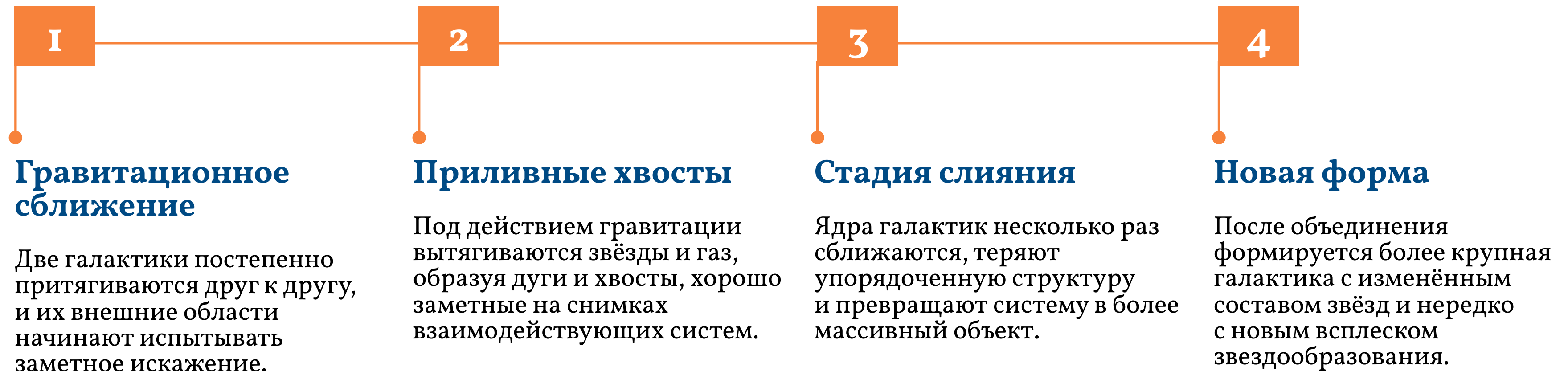


M87: чёрная дыра, которую увидел мир

Галактика M87 стала символом современной астрономии после получения первого изображения тени чёрной дыры проектом Event Horizon Telescope. Этот результат показал, как наблюдения могут подтвердить теории о самых экстремальных объектах во Вселенной.



Путь от сближения к новой галактике

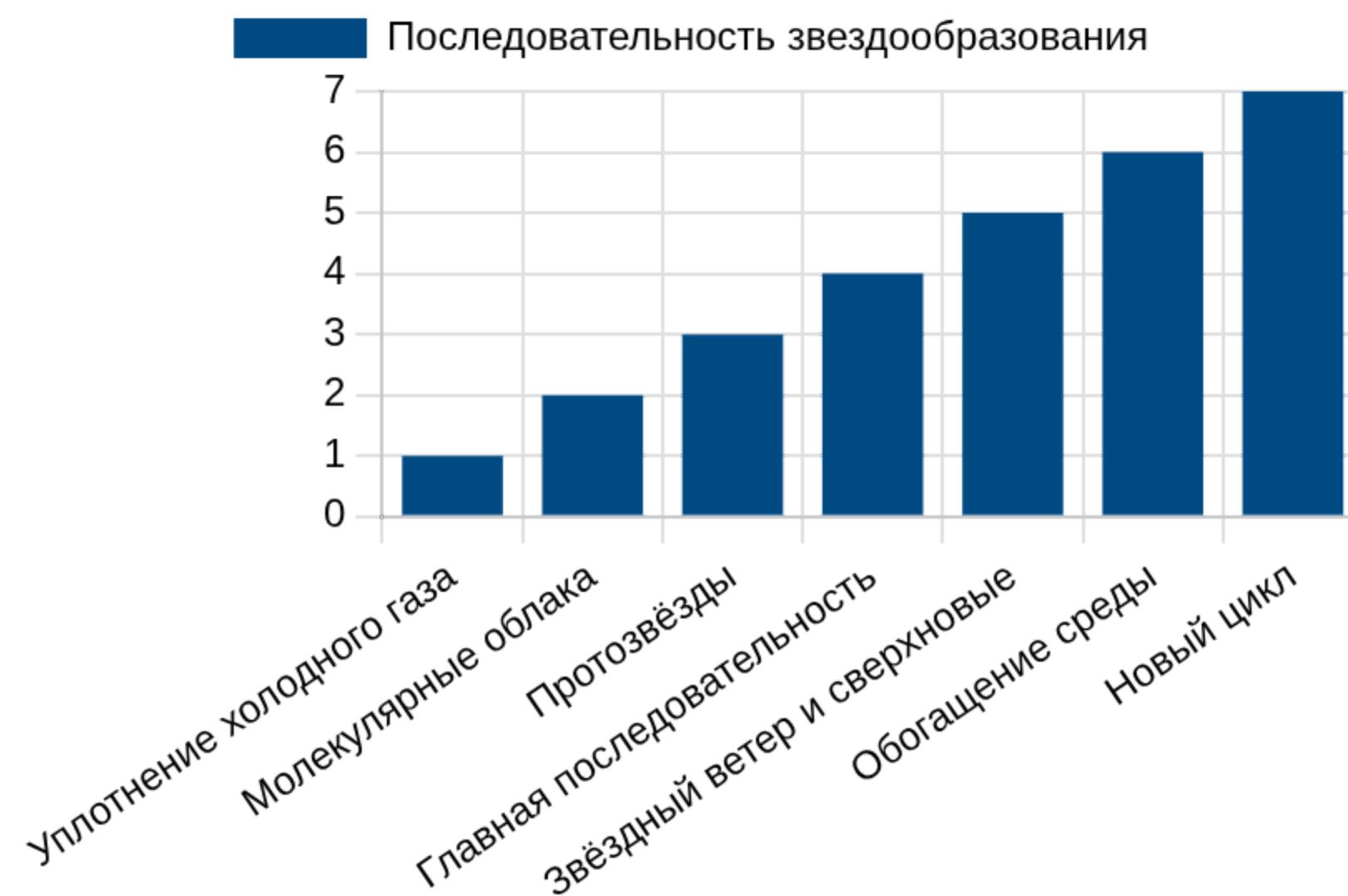


Этапы рождения звёзд в галактике

Звездообразование не прекращается полностью: оно идёт волнами, а остатки старых звёздных поколений становятся сырьём для новых.

Чем богаче галактика холодным газом, тем дольше в ней поддерживается цикл рождения звёзд и химического обогащения.

Обобщённая схема звездообразования в галактиках;
справочные астрономические модели



Галактики в больших системах



Группы и скопления

Галактики редко встречаются поодиночке: они собираются в группы и скопления, где взаимное притяжение влияет на орбиты, форму и темпы звездообразования.



Космическая паутина

В крупном масштабе галактики выстраиваются в нити и узлы, разделённые огромными пустотами. Такая структура показывает, что материя во Вселенной распределена неравномерно.



Местная группа

Наша окрестность включает более 50 галактик. Наиболее заметны Млечный Путь и Андромеда, вокруг которых обращаются меньшие спутники и карликовые системы.



Наблюдения в разных диапазонах

Разные инструменты «видят» галактики по-своему: одни лучше показывают форму, другие — скрытый пылью газ или самые энергичные процессы.

Чтобы получить полную картину, астрономы объединяют данные разных диапазонов: один метод показывает форму, другой — состав и скрытые процессы.

Сводка по методам астрономических наблюдений

Метод	Что видно	Ограничение
Оптика	Структура	Пыль
Радио	Холодный газ	Слабый свет
ИК	Пыль и молодые объекты	Фон

Телескопы, открывшие раннюю Вселенную

Хаббл: взгляд в прошлое

Космический телескоп Хаббл сделал далёкие галактики не просто видимыми, а историческими свидетельствами. Чем дальше объект, тем древнее его свет, поэтому наблюдатель словно смотрит в прошлое и видит Вселенную на ранних этапах развития.



Джеймс Уэбб: сквозь пыль и время

Телескоп Джеймс Уэбб работает в инфракрасном диапазоне и позволяет замечать то, что скрыто плотной пылью. Он также помогает исследовать очень ранние галактики, возникшие в первые сотни миллионов лет после Большого взрыва.

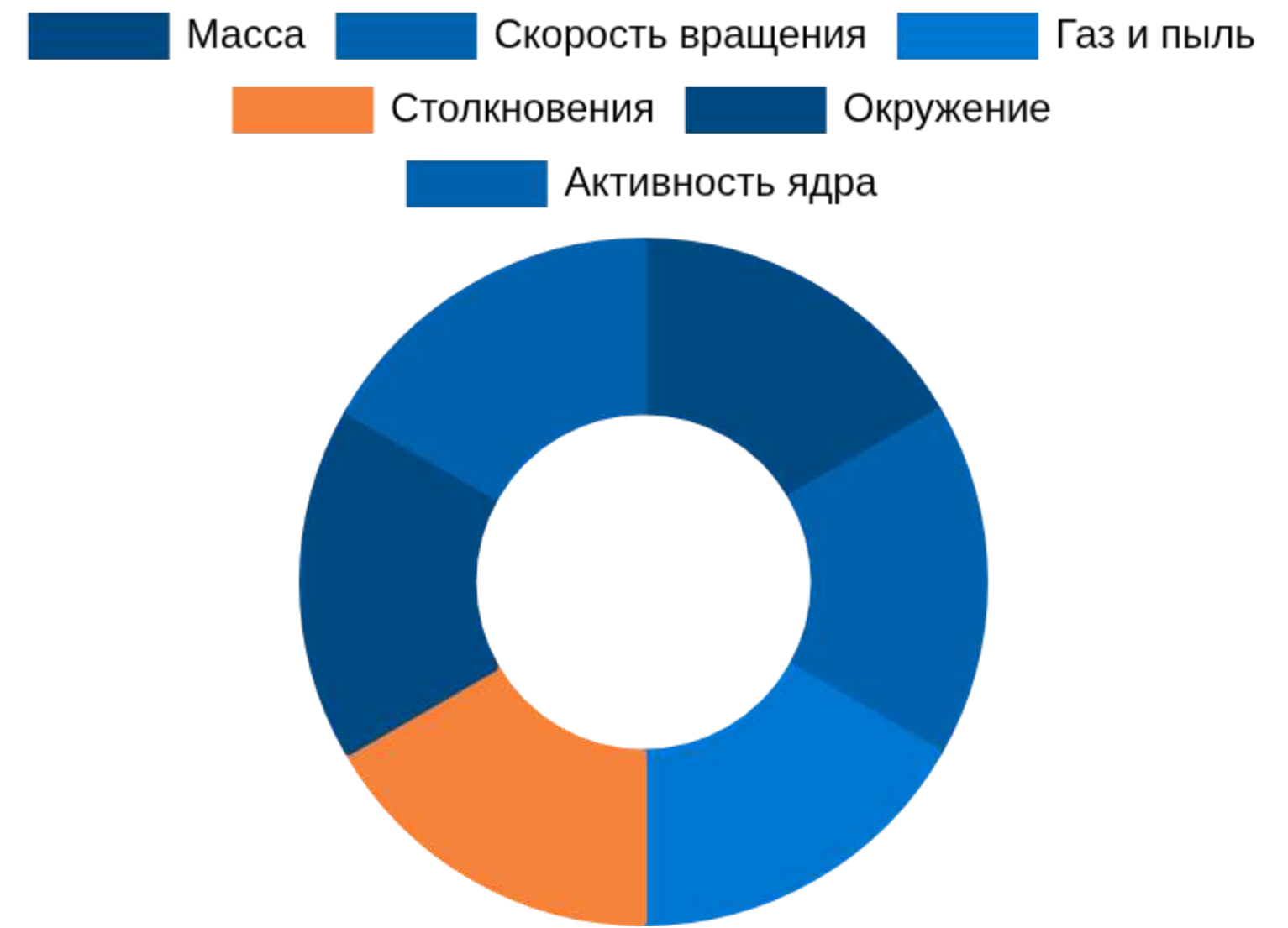


Почему формы галактик различаются

Внешний вид галактики складывается из нескольких процессов, которые действуют одновременно и на протяжении миллиардов лет.

Нет одного решающего признака: форма и эволюция зависят от сочетания внутренних свойств и среды, в которой находится галактика.

Обобщение по теории эволюции галактик



Как устроен Млечный Путь

I

Размер и состав

Диаметр Млечного Пути составляет около 100–120 тысяч световых лет, а число звёзд исчисляется сотнями миллиардов. Это делает его типичной крупной спиральной галактикой.

2

Положение Солнца

Солнечная система находится не в центре, а в рукаве Ориона, примерно в 26 тысячах световых лет от ядра. Такое положение помогает изучать галактику изнутри.

3

Что видно по звёздам

Распределение звёзд, облаков газа и шаровых скоплений показывает, как строится диск, гало и центральная область. По этим данным восстанавливают историю роста галактики.

4

Зачем сравнивать

Наблюдая Млечный Путь, астрономы могут проверять общие модели строения спиральных галактик и сравнивать движение объектов в их гравитационном поле.



Сравнение заметных галактик

Эта таблица показывает, что галактики различаются не только размером, но и газовым содержанием, возрастом звёзд и уровнем активности ядра.

Спиральные системы чаще богаты газом и молодыми звёздами, а эллиптические обычно старше и спокойнее; неправильные формы часто связаны с взаимодействиями.

Справочные данные по ближайшим и известным галактикам

Объект	Форма	Особенность
Млечный Путь	спиральная	активное звездообразование
Андромеда	спиральная	крупнее и богаче звёздами
M87	эллиптическая	активное ядро
БМО	неправильная	много газа

Галактики: карта устройства Вселенной

Галактики показывают, как материя, гравитация и время создают сложные космические системы. Их изучение помогает понять не только Млечный Путь, но и общую историю Вселенной — от первых звёзд до современных структур.