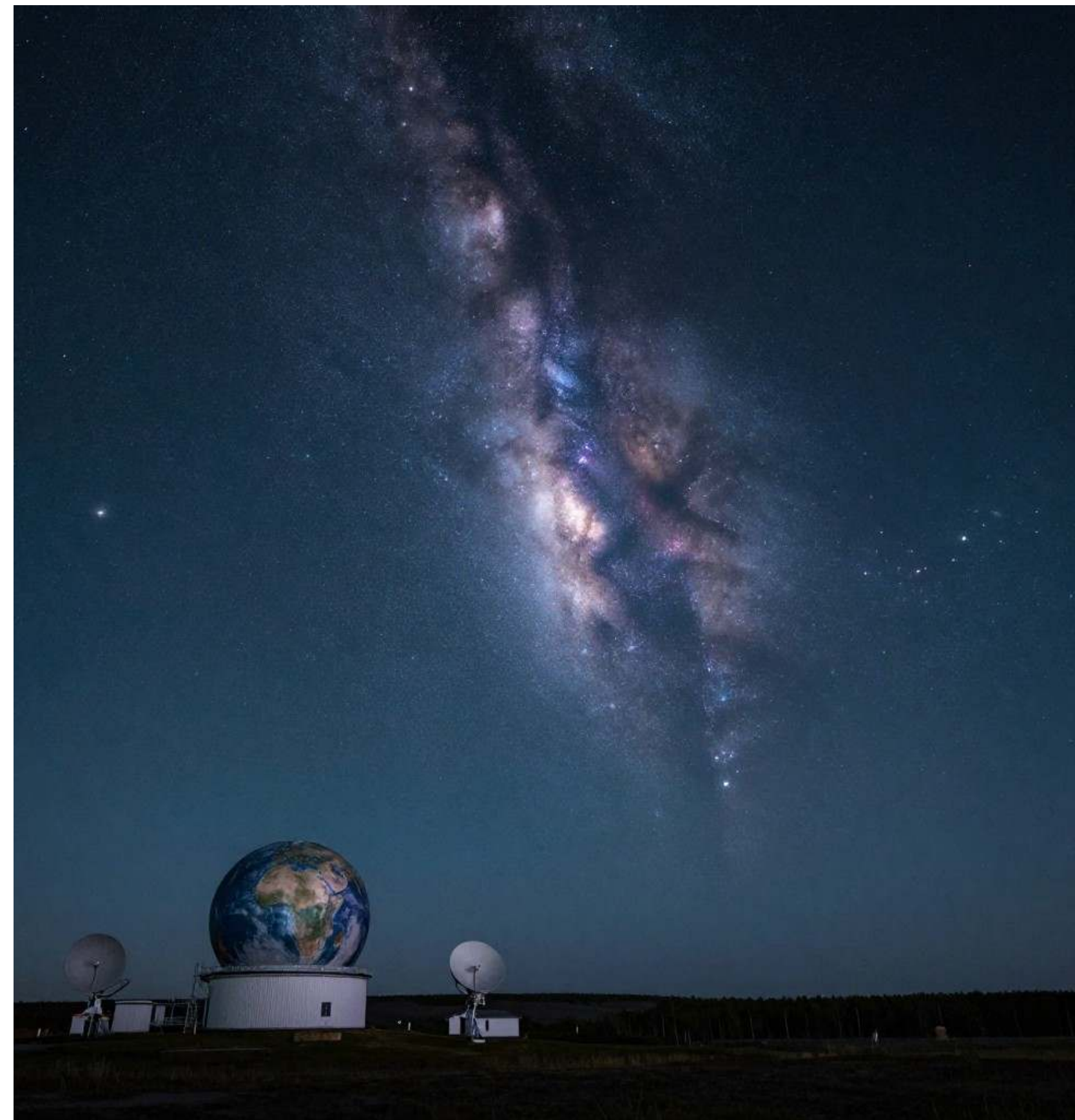
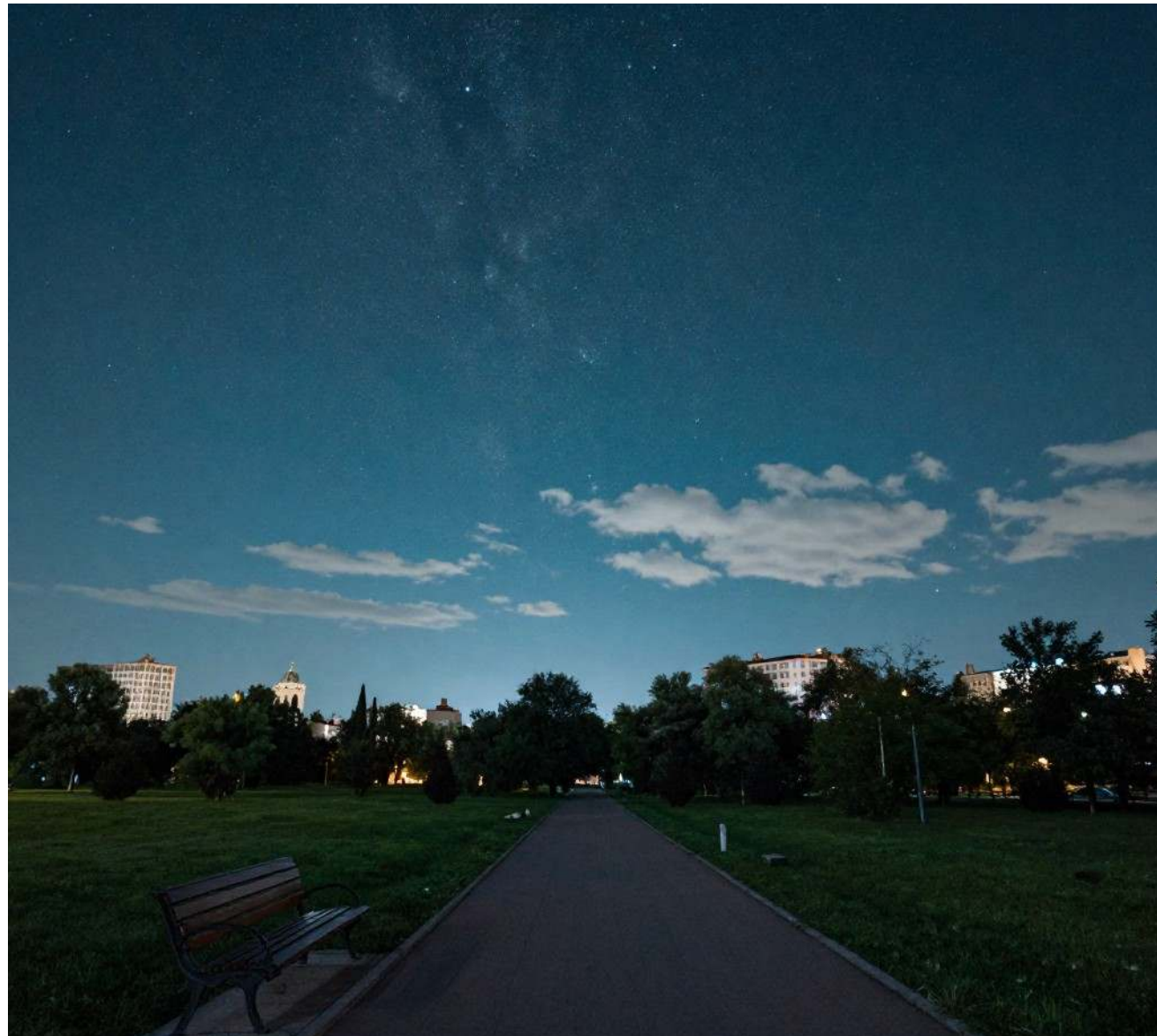


Вселенная: от масштаба к открытиям

От Земли до реликтового излучения —
путь к масштабу, происхождению
и открытиям.



Вселенная и её космические масштабы



Вселенная включает всё: пространство, время, материю и энергию. Её наблюдаемая часть огромна, поэтому астрономы измеряют расстояния в световых годах и астрономических единицах — так удобнее говорить о космических масштабах.

Лестница космических масштабов

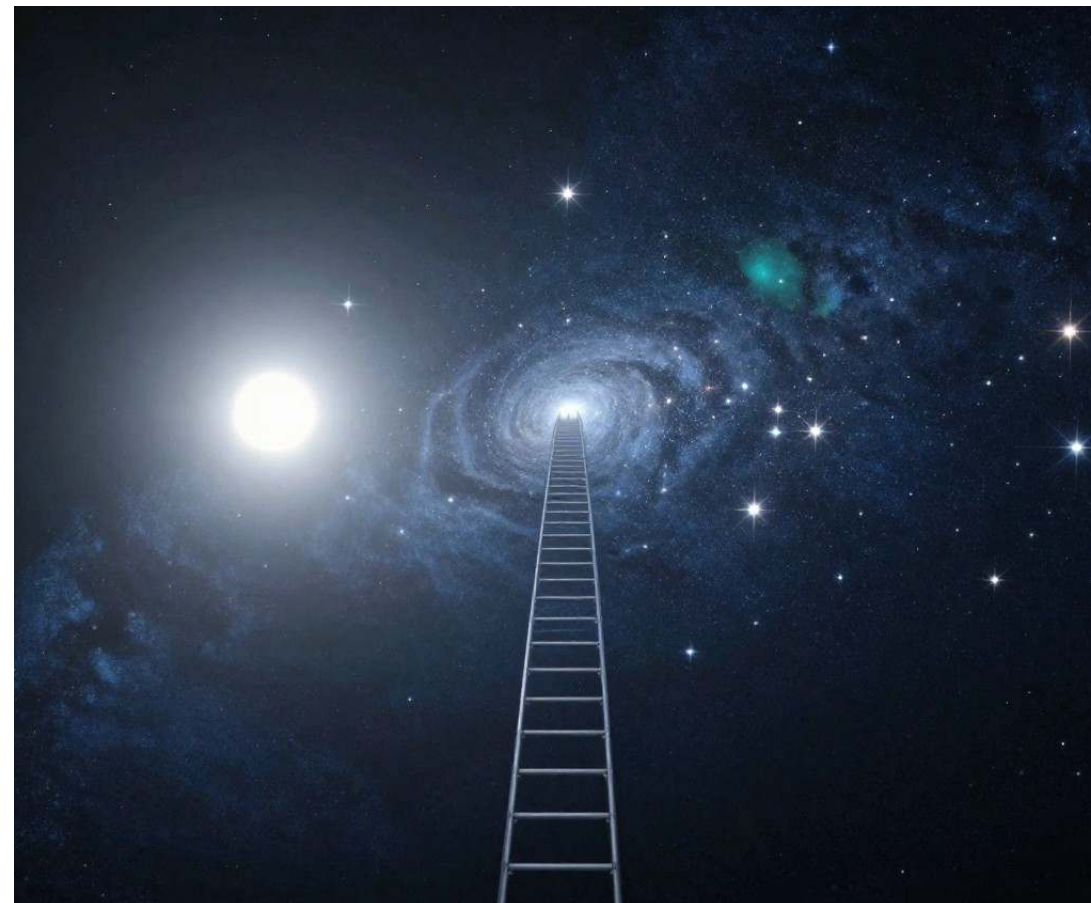
Земля и Солнце

Начнём с привычной точки отсчёта — Земли и её орбиты вокруг Солнца. Уже здесь расстояния настолько велики, что их неудобно измерять в километрах, а космическая карта только начинается.



От звёзд к галактике

Дальше масштаб быстро растёт: ближайшие звёзды уже находятся на расстояниях в световых годах, а Млечный Путь объединяет сотни миллиардов звёзд. На таком фоне наша система выглядит крошечной.



Галактики и предел обзора

Ещё выше по лестнице — скопления галактик и вся наблюдаемая Вселенная. На этих уровнях космос кажется почти пустым, но именно там скрыта большая часть вещества и истории мироздания.



Единицы расстояния в космосе

Для космических расстояний нужны особые единицы: в них легче сравнивать орбиты, звёзды и галактики.

Астрономические единицы удобны для Солнечной системы, а световые годы — для межзвёздных и межгалактических расстояний.

Астрономические справочники и стандартные определения IAU

Единица	Что означает	Пример
а. е.	среднее расстояние Земля—Солнце	≈150 млн км
световой год	путь света за год	≈9,5 трлн км

Где находится Земля в огромной системе



Наша галактика

Млечный Путь — большая спиральная галактика с сотнями миллиардов звёзд. Среди них есть и наше Солнце, которое кажется ярким только потому, что находится очень близко.



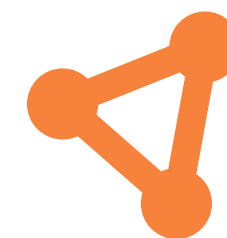
Земля и Солнце

Земля обращается вокруг Солнца примерно 4,6 миллиарда лет. Это делает нашу планету частью устойчивой системы, где свет и гравитация определяют жизнь.



Ближайшие соседи

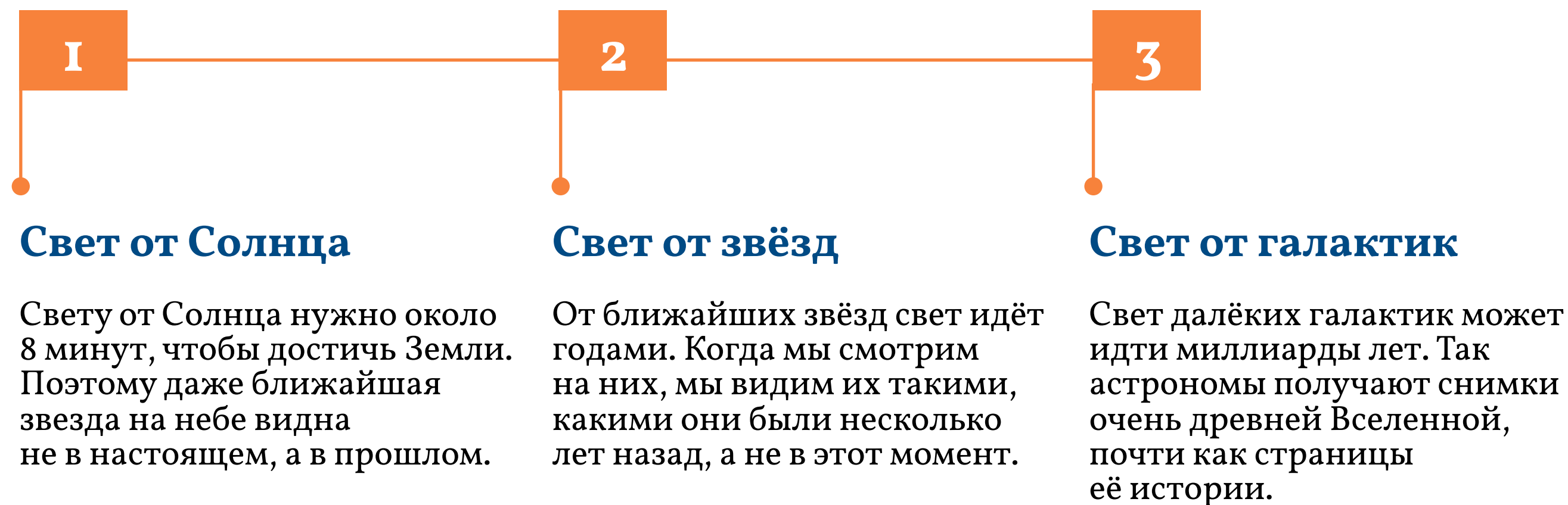
За пределами нашей системы находятся ближайшие звёзды, а затем — всё более далёкие области Галактики. Чем дальше смотреть, тем меньше видимых деталей и тем сложнее ориентироваться без измерений.



Место в космосе

В наблюдаемой Вселенной миллиарды галактик. Это значит, что Млечный Путь — не центр космоса, а лишь одна из огромного числа звёздных систем.

Почему астрономия — это взгляд в прошлое



Как свет рассказывает о звёздах

I

Цвет и температура

Цвет звезды помогает понять её температуру: голубые звёзды горячее, красные — холоднее. Даже без приборов можно заметить, что свет несёт важную информацию.

2

Следы элементов

Спектр показывает, какие химические элементы есть в звезде. Каждое вещество оставляет собственный набор линий, словно отпечаток, по которому объект можно узнать.

3

Движение в спектре

Сдвиг линий в спектре говорит о движении объекта. Если линии смещены, астрономы могут определить, удаляется звезда или приближается к нам.

4

Возраст и свойства

Яркость и форма спектра помогают оценить размер, возраст и состояние звезды. Так свет превращается в точные данные о физике космоса.



Телескопы и разные виды излучения

- **Видимый свет**

Оптические телескопы работают с видимым светом. Именно они дают привычные изображения звёзд, планет и туманностей, которые мы чаще всего видим в учебниках и новостях.

- **Инфракрасный диапазон**

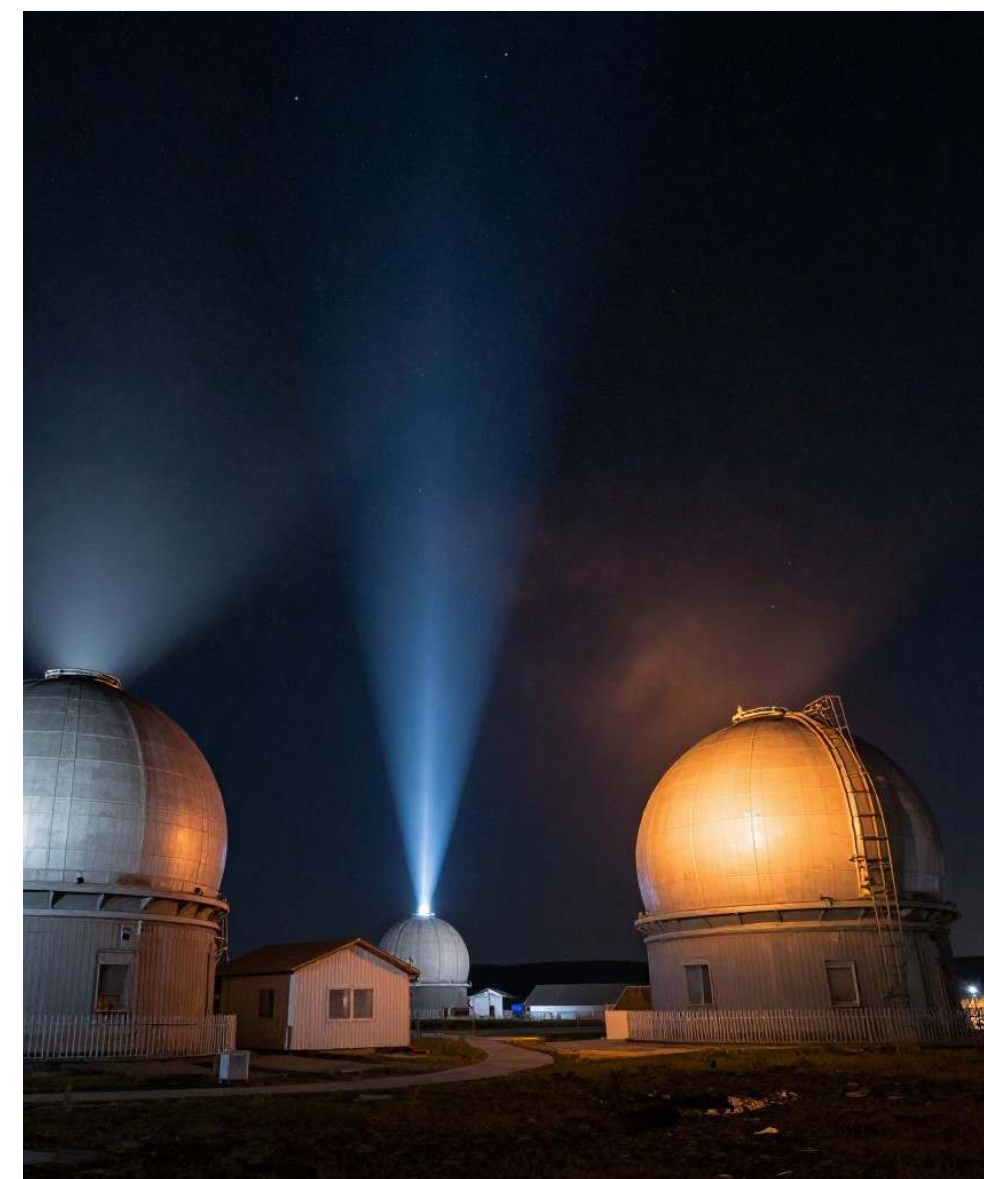
Инфракрасные приборы помогают заметить холодную пыль и молодые звёзды. Такой свет проходит через облака лучше, чем видимый, и открывает скрытые области рождения звёзд.

- **Радиоволны**

Радиотелескопы улавливают длинные волны. Они особенно полезны там, где видимый свет слабый или полностью закрыт пылью, например в центре Галактики.

- **Рентгеновское излучение**

Рентгеновские телескопы изучают очень горячие процессы: взрывы, аккрецию и газ высокой температуры. Это даёт информацию о самых энергичных событиях во Вселенной.



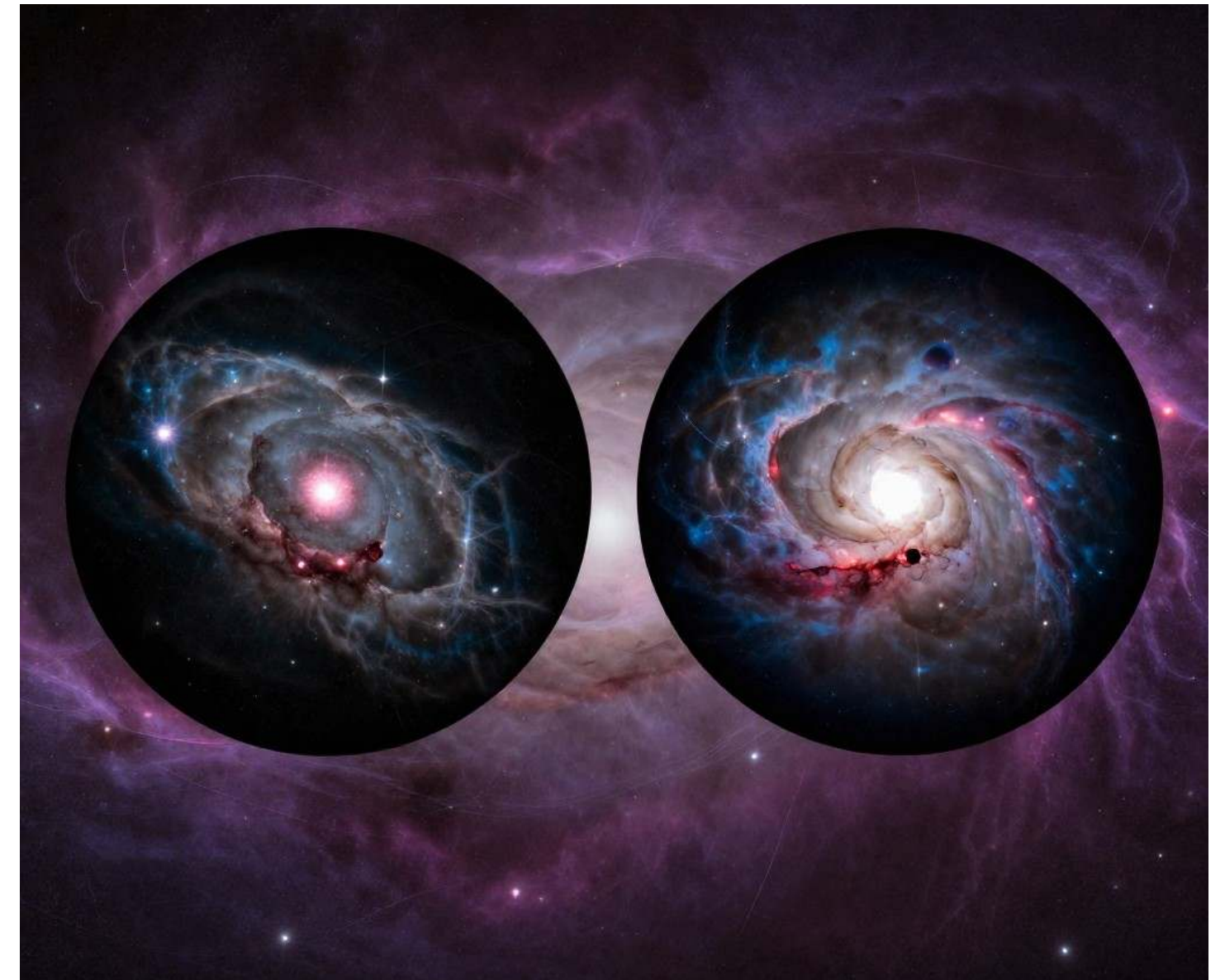
Хаббл и Джеймс Уэбб

Хаббл

Хаббл сделал очень чёткие снимки туманностей и дал важные данные о расширении Вселенной. Его наблюдения помогли увидеть далёкие объекты и уточнить представления об эволюции космоса.

Джеймс Уэбб

Джеймс Уэбб работает в инфракрасном диапазоне. Поэтому он может изучать далёкие галактики, области, скрытые пылью, и ранние этапы рождения звёзд.



93 миллиарда световых лет

— примерный диаметр наблюдаемой Вселенной.

Это показывает, насколько далеко простирается доступная нам область космоса.

NASA / космологические оценки для наблюдаемой Вселенной

13,8 млрд лет

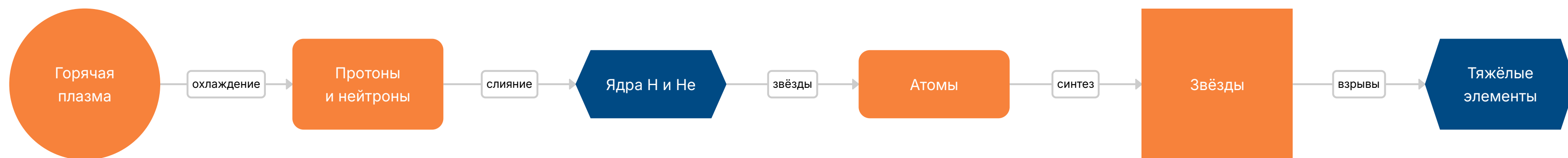
— таков возраст Вселенной, который помогают оценить наблюдения и физические модели.

Около 13,8 млрд лет назад началось расширение, из которого выросли частицы, атомы и звёзды.

NASA / Planck Collaboration, стандартная космологическая модель Λ CDM

От первых частиц к химическим элементам

Последовательность ранних этапов согласуется с космологическими наблюдениями и нуклеосинтезом.



380 тысяч лет

— после этого появился реликтовый фон, который мы регистрируем до сих пор.

Примерно 380 тысяч лет потребовалось Вселенной, чтобы стать прозрачной для света.

NASA / ESA, объяснение космического микроволнового фона

3

наблюдательные линии подтверждают модель горячего начала и постепенного остывания.

Три независимые проверки — реликтовое излучение, расширение галактик и лёгкие элементы — сходятся в одной картине ранней Вселенной.

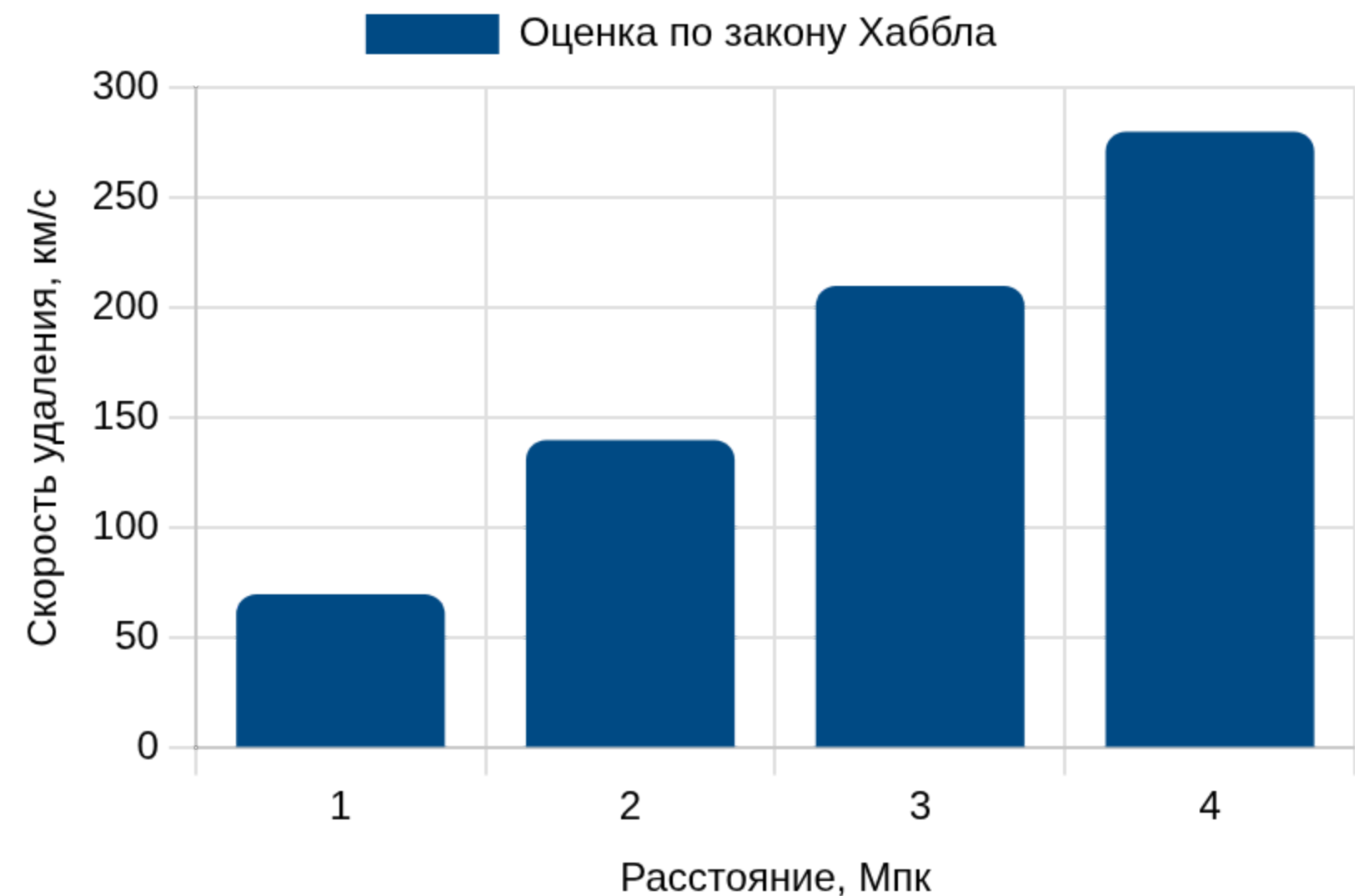
NASA, ESA, современные обзоры по космологии

Расширение Вселенной в наблюдениях

Чем дальше галактика, тем сильнее её спектр смещён в красную сторону. Это удобно измерять по линиям в спектре.

Данные показывают почти линейную связь: чем больше расстояние, тем выше скорость удаления. Это соответствует расширению Вселенной.

Закон Хаббла–Леметра, $H_0 \approx 70 \text{ км/с/Мпк}$; значения округлены для наглядности



От облака к звёздной системе

- **Сжатие облака**
- **Рождение звезды**

Холодные облака газа и пыли сжимаются под действием гравитации. Плотность растёт, вещество нагревается, и в центре будущей системы появляется протозвезда.

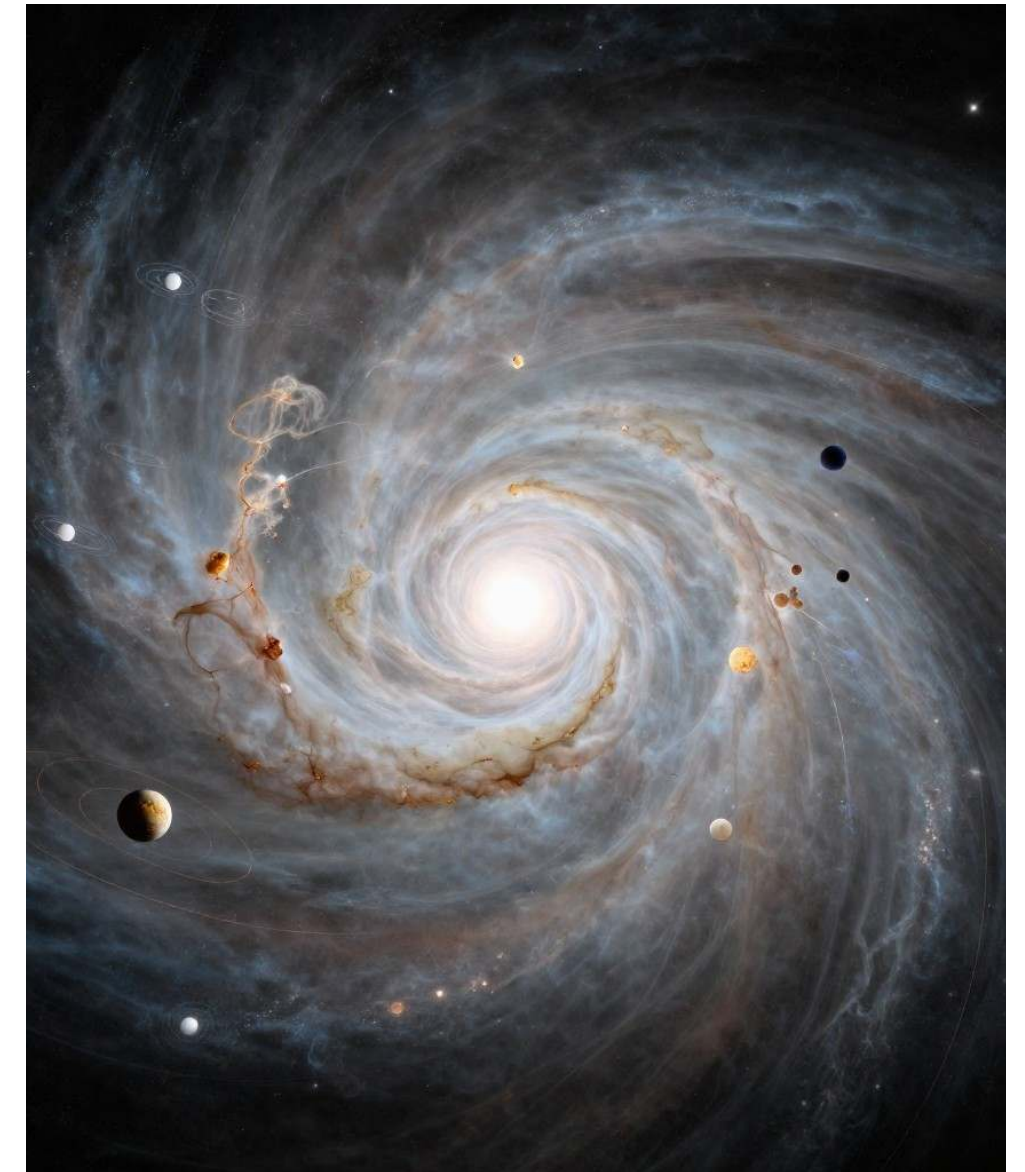
Когда ядро становится достаточно горячим, начинаются реакции термоядерного синтеза. Звезда «включается», а её излучение и ветер влияют на окружение.

- **Диск и планеты**

Вокруг молодой звезды остаётся диск из газа и пыли. В нём частицы сталкиваются, слипаются и постепенно образуют планетезимали, а затем планеты.

- **Наше происхождение**

Такие же процессы происходили и в прошлом у Солнечной системы. Поэтому изучение молодых звёзд помогает понять, как возникли Земля и другие планеты.



Три шага космической миссии

I

Выбор цели

Сначала аппарат выбирают под конкретную цель: планету, спутник или комету. Затем он собирает снимки, измеряет температуру, состав и свойства поверхности там, где человек не может работать напрямую.

2

Измерения на месте

Во время сближения зонд использует камеры, спектрометры и другие приборы. Они дают данные о льде, газах, рельефе и магнитном поле, которые невозможно надёжно получить с Земли.

3

Проверка идей

Полученные сведения проверяют гипотезы о происхождении тел, их атмосферах и истории системы. Если расчёты не совпадают с наблюдениями, учёные уточняют модели и планируют новые миссии.



Когда теория встречается с данными



Расчёт и сравнение

Компьютерная модель описывает, как должна вести себя система при заданных условиях. Затем её сравнивают с реальными спектрами, картами неба и измерениями расстояний.



Уточнение

Если прогноз совпадает с данными, модель становится надёжнее. Если расхождения велики, в неё добавляют новые параметры или проверяют исходные предположения.



Рост точности

Так наука движется вперёд: каждая удачная проверка усиливает доверие, а каждое несоответствие помогает найти более точное объяснение.

Как работают все методы вместе

Таблица показывает, как разные методы дополняют друг друга: одни дают картину, другие — точные измерения, а вместе они помогают проверять выводы.

Ни один метод не даёт полной картины сам по себе. Максимальная надёжность появляется, когда наблюдения, приборы и модели работают вместе.

Обобщение по астрономическим методам наблюдений;
NASA, ESA

Метод	Что даёт	Пример
Свет	Изображения	звёзды
Излучение	Скрытые объекты	пыль
Зонды	Прямые данные	атмосфера

Вселенная: от вопросов к открытиям

Вселенная огромна, но её можно понимать шаг за шагом: через свет, телескопы, зонды и модели. Главные идеи просты — она расширяется, звёзды создают элементы, а исследования продолжаются.