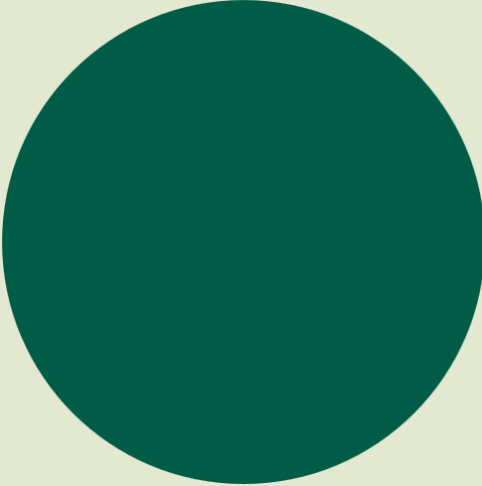




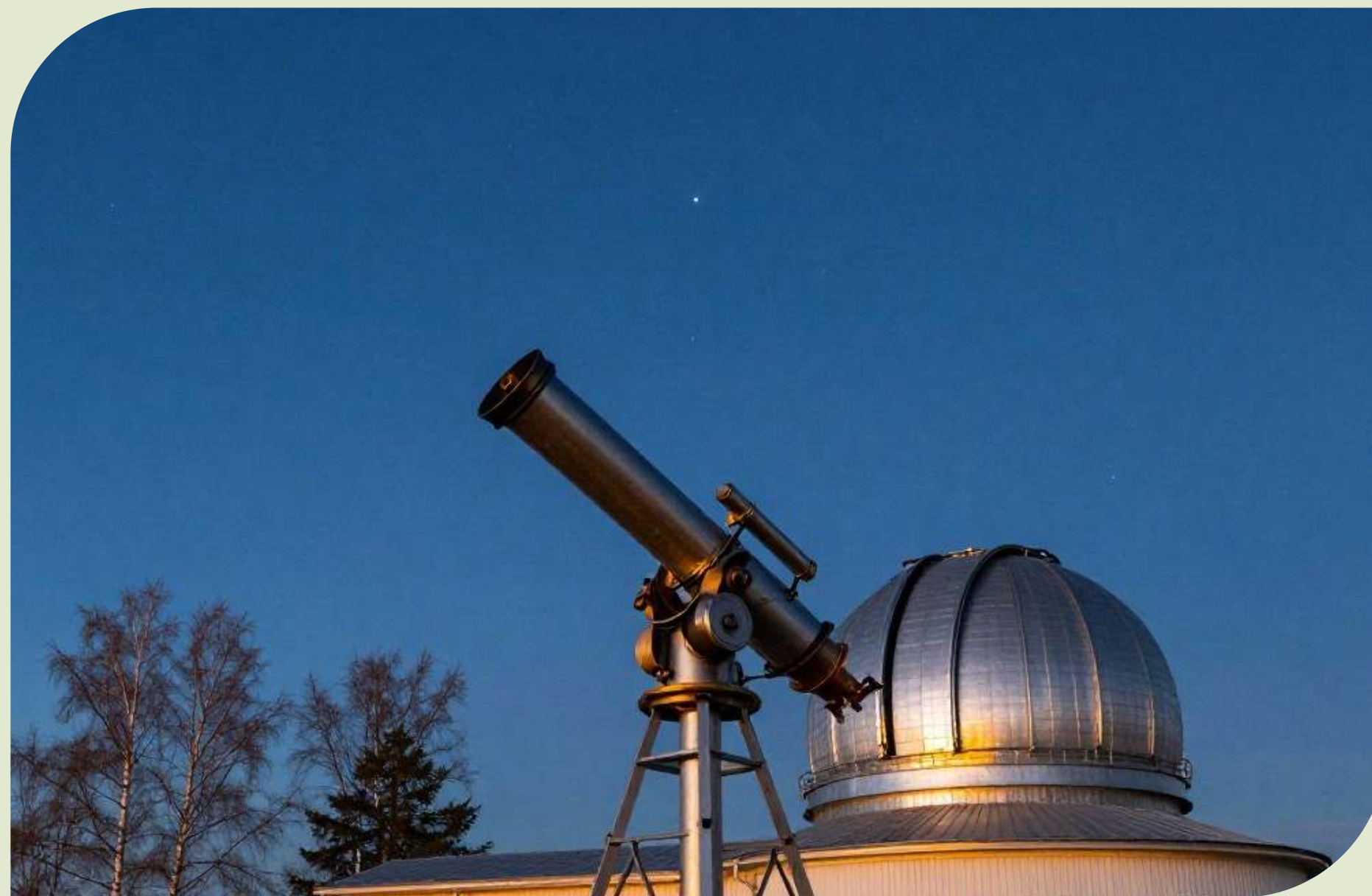
Видимая и абсолютная звёздные величины, светимость: основные понятия и роль в астрономии

Изучим основы измерения яркости и светимости звёзд для понимания их природы и космоса.

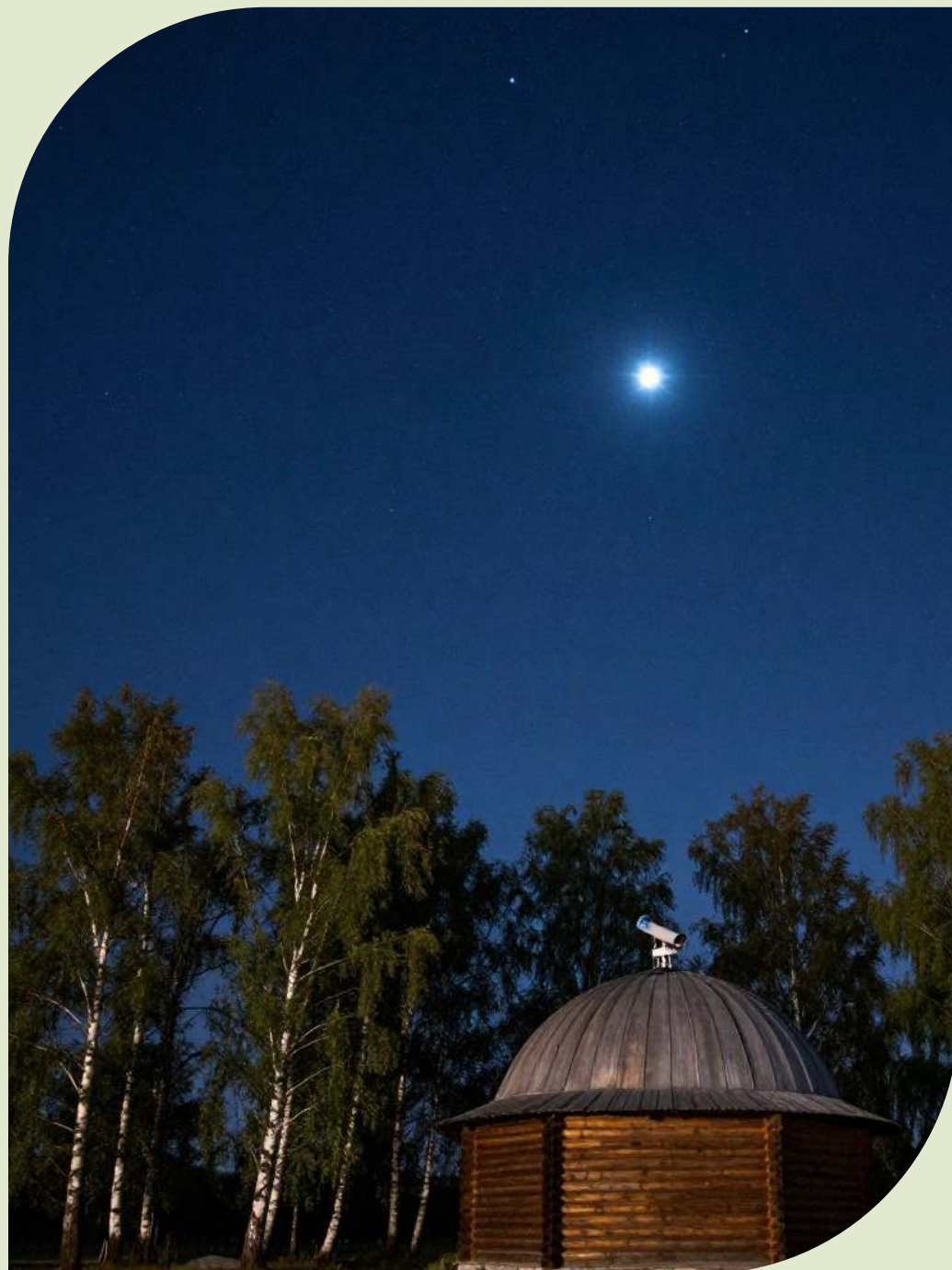


Эволюция методов измерения яркости звёзд

От визуальных оценок Гиппарха к фотометрии XIX века — путь к количественному измерению яркости. Этот переход заложил основы современной астрономии и позволил создавать точные космические модели.



Видимая звёздная величина: что это?



01

Видимая звёздная величина (m) показывает, насколько ярко звезда видна с Земли. Чем выше значение m , тем тусклее объект, так как шкала основана на логарифмической зависимости.

02

Разница в 5 величин соответствует изменению яркости в 100 раз. Это позволяет систематически сравнивать объекты по интенсивности света, видимого наблюдателем с Земли.

Абсолютная звёздная величина: стандартизация яркости

01

Абсолютная величина (M) характеризует яркость звезды, если бы она находилась на постоянном расстоянии 10 парсеков. Такой подход исключает влияние расстояния на восприятие.

02

Этот параметр помогает сравнивать истинную светимость объектов, раскрывая их внутренние физические свойства независимо от наблюдателя.

03

В астрономии M служит основой для построения моделей эволюции и классификации звёзд в зависимости от их физических характеристик.

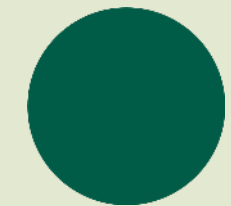
Ключевые различия между видимой и абсолютной величинами



Видимая величина зависит от светимости, расстояния до звезды и межзвёздного поглощения, отражая яркость, наблюдаемую с Земли.



Абсолютная величина характеризует внутренние свойства звезды, выступая стандартом для сравнения и оценки её реальной светимости вне зависимости от удалённости.



$$m - M = 5 \log(d)$$

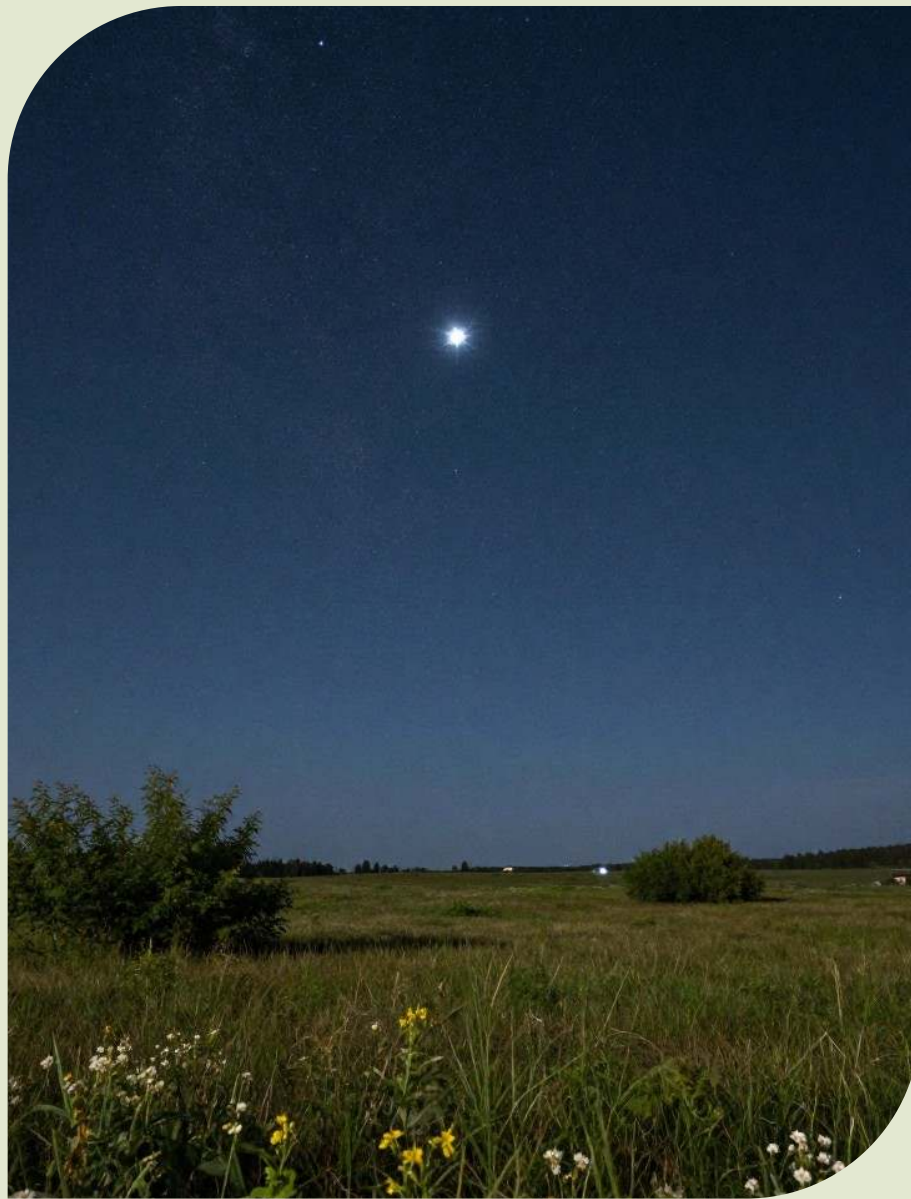
- 5

Эта формула позволяет вычислять расстояние до звезды или её абсолютную звёздную величину по известным параметрам.

Астрономическая фотометрия, классическая формула.

Уравнение связывает видимую и абсолютную звёздные величины через расстояние, облегчая точные астрономические измерения.

Закон обратных квадратов: зависимость яркости от расстояния



Объяснение закона обратных квадратов

Яркость звезды на Земле уменьшается пропорционально квадрату расстояния. Это значит: если удвоить расстояние, яркость снизится в 4 раза, что критично для наблюдений.



Аналогия с двумя лампами

Две одинаковые лампы на разном удалении показывают, что ближняя светит ярче. Это иллюстрирует, как физический поток света меняется с расстоянием, как описано формулой $F = L/(4\pi d^2)$.

Влияние межзвёздной среды на наблюдаемую яркость

1.

Звёздный свет поглощается и рассеивается частицами межзвёздной пыли и газа, что снижает его интенсивность при прохождении к наблюдателю.

2.

Для коррекции измерений вводят поправку A_v , учитывающую уровень межзвёздного поглощения и позволяющую получить корректные значения звёздной величины.

3.

Игнорирование этого эффекта приводит к ошибкам в оценках яркости, особенно для объектов, расположенных за значительными облаками пыли и газа.

Видимые величины известных звёзд: сравнение

График подчёркивает экстремальные значения яркости — от ярчайшего Солнца до тусклой Проксимы Центавра.

Астрономические каталоги, 2024 год.



Разница в видимых величинах иллюстрирует влияние расстояния и светимости на наблюдаемое свечение звёзд.

Физический смысл светимости звезды

01

Светимость — это полная энергия, излучаемая звездой во всех направлениях за одну секунду, измеряемая в ваттах (Вт).

02

Часто светимость выражают относительно Солнца: $L_{\odot} = 3,828 \times 10^{26}$ Вт, что помогает сравнивать разные звёзды.

Она зависит от температуры поверхности и площади звезды, определяя её положение на диаграмме Герцшпрунга — Рассела.

03

Понимание светимости важно для оценки стадии эволюции звезды и её физического состояния в космосе.

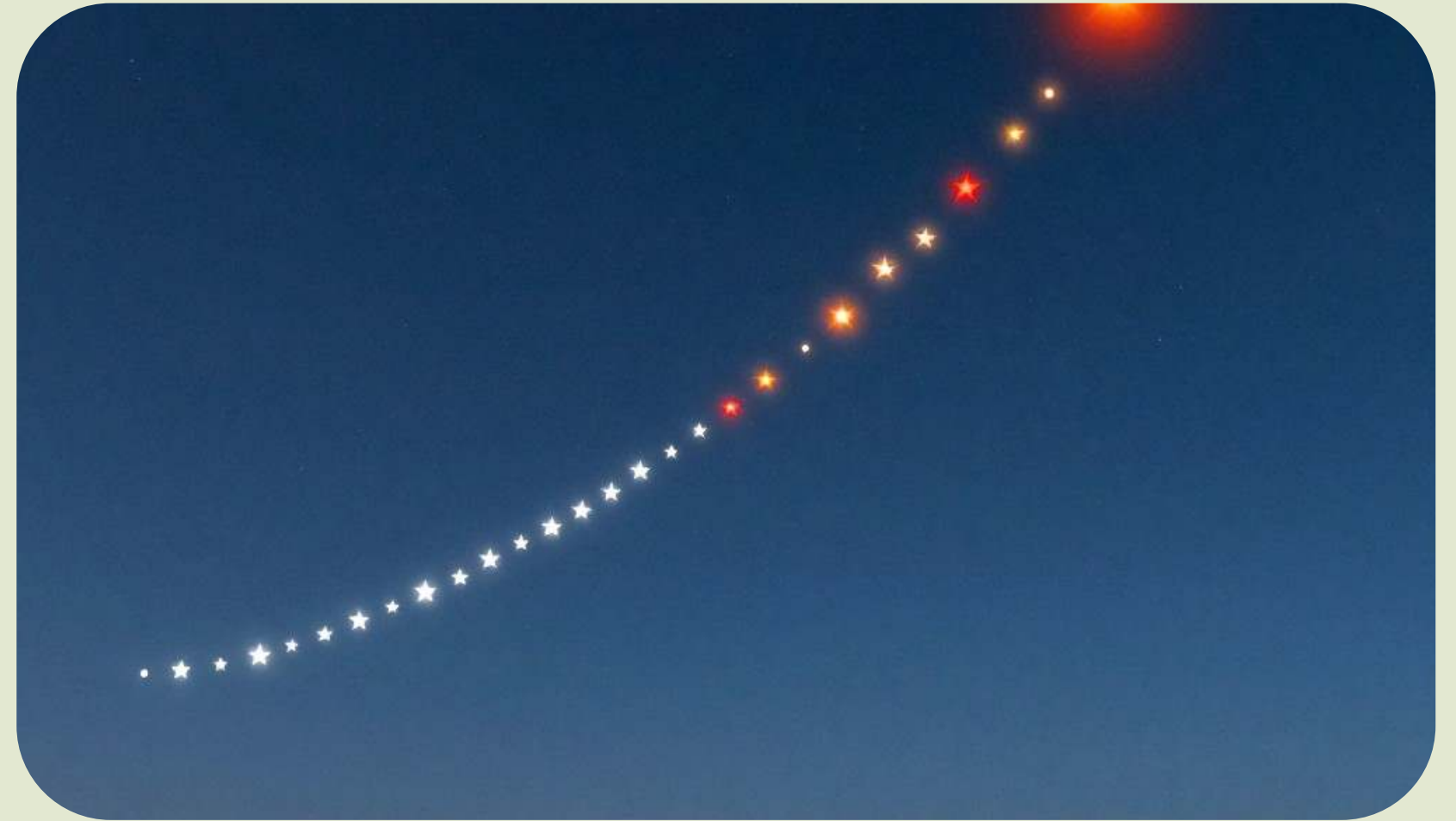
04

Диаграмма Герцшпрунга — Рессела: связь светимости и типа звезды



Главная последовательность: путь звезд в их жизненном цикле

Главная последовательность на HR-диаграмме отражает стабильный этап, когда звезды превращают водород в гелий. Здесь расположены звезды разных температур и размеров, от ярких голубых до холодных красных карликов.



Особые классы: гиганты и белые карлики вне главной последовательности

Вне главной последовательности находятся старые, расширенные звезды — красные гиганты, а также уменьшенные белые карлики. Их светимости и температуры значительно отличаются от звезд главной последовательности.

Сравнительная таблица светимостей различных звёзд

Звезда	Светимость ($L_{\odot}$)	Абсолютная величина (M)
Солнце	1	4,83
Ригель	120 000	-7,0
Бетельгейзе	90 000	-5,6
Сириус	25	1,42
Проксима Центавра	0,0017	15,45

Расброс светимости звёзд огромен, что отражает разнообразие их характеристик и этапов эволюции.

Таблица демонстрирует широкий диапазон светимостей и абсолютных величин у известных звёзд.

Данные [Gaia Data Release](#)

Масса и радиус как определяющие параметры светимости

1. Светимость звезды пропорциональна третьей с половиной степени её массы, что особенно характерно для звезд главной последовательности с устойчивым термоядерным горением.

2. Малые массы и радиусы у красных карликов обуславливают их низкую светимость и долгий жизненный цикл по сравнению с более массивными звёздами.

3. Гиганты и сверхгиганты обладают огромными радиусами и массами, что ведёт к высокой светимости и относительно короткому сроку существования.

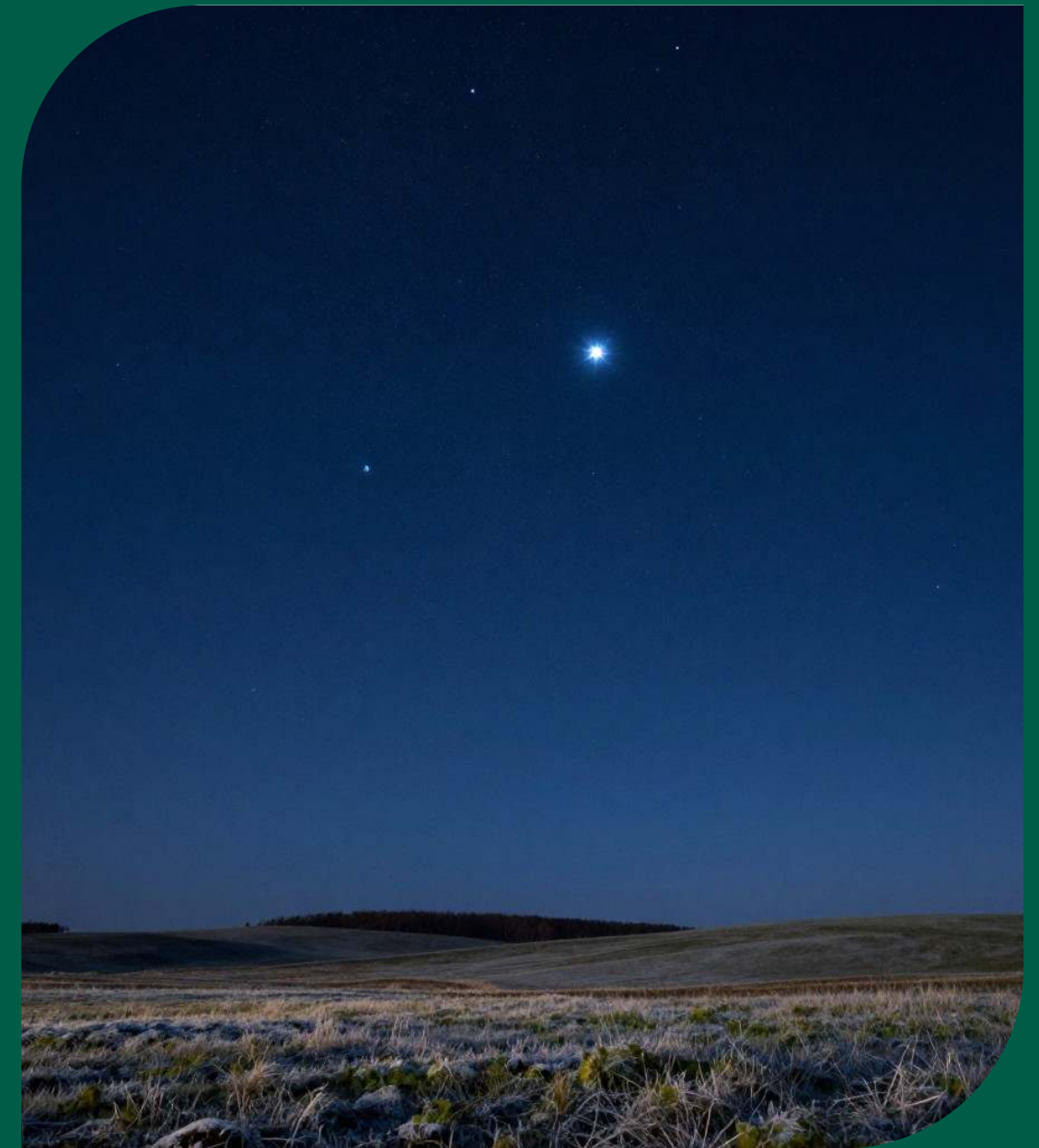
Расчёт абсолютной величины на практике: примеры

1.

Для вычисления абсолютной величины учитывают видимую яркость и расстояние до звезды, применяя формулу связи величин с поправкой на межзвёздное поглощение. Это позволяет получить объективную характеристику светимости.

2.

На примере Сириуса и Бетельгейзе видно, что несмотря на разную видимую яркость, расчет абсолютной величины отражает их истинную светимость и физические особенности.



Параллакс и шкала астрономических расстояний

01

Параллакс — это угловое смещение звезды при наблюдении с двух точек земной орбиты, служит основой для измерения расстояний в астрономии.

02

Один парсек определяется как расстояние, при котором параллакс равен одной угловой секунде, что даёт удобную единицу для межзвездных измерений.

03

Измеренная величина параллакса позволяет рассчитывать расстояния до звезд, что необходимо для дальнейших вычислений светимости и абсолютной величины.

Методы измерения звёздных величин: фотометры и CCD-камеры



Современные фотометры и CCD-камеры обеспечивают высокоточную фиксацию светового потока, позволяя измерять яркость с точностью до сотых долей величины.

CCD-матрицы регистрируют отдельные фотоны, что повышает чувствительность и позволяет анализировать слабые и удалённые объекты с минимальными ошибками.

Звёздные величины и методы обнаружения экзопланет

1.

Метод транзитов основан на измерении уменьшения видимой яркости звезды, вызванного прохождением планеты по её диску с точки наблюдателя.

2.

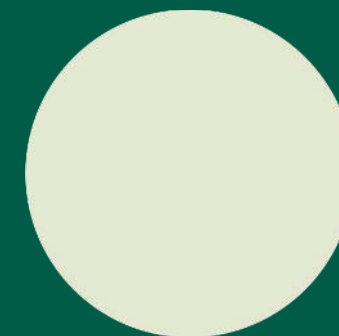
Регулярные падения яркости фиксируются для определения размера экзопланеты и её орбитального периода вокруг звезды.

3.

Точная фотометрия необходима для выделения очень малых изменений яркости, что позволяет обнаруживать даже планеты размером с Землю.

4.

Миссия Kepler стала революционной, открыв тысячи экзопланет, значительно расширив знания о планетарных системах за пределами Солнечной.



Звёздные величины в астрокартографии и моделировании Галактики

1.

Светимости и видимые величины звёзд используются для создания детальных звездных атласов и карт, отображающих структуру Млечного Пути в трёх измерениях.

2.

Данные об абсолютных величинах позволяют точно определять расстояния до звезд и характеристики межзвёздного пространства.

3.

Такие модели помогают исследовать распределение звёзд, плотность межзвёздной среды и динамику галактических процессов.

Современные астрономические исследования: база Gaia и новые горизонты

01

Проект Gaia с 2013 года проводит масштабные измерения с высокой точностью, охватывая свыше 1,8 млрд звёзд в нашей Галактике.

02

Точные параллаксы и светимости, полученные Gaia, улучшают понимание структуры и динамики Млечного Пути.

Выявляются редкие звёзды и новые переменные объекты, позволяющие изучать процессы звёздной эволюции глубже и точнее.

03

Данные Gaia служат базой для поиска новых экзопланет и открытия ранее неизвестных астрономических явлений.

04



Значение звёздных величин и светимости в современной астрономии

Измерения видимой и абсолютной звёздных величин вместе со светимостью позволяют выявлять свойства звёзд, создавать трёхмерные модели Галактики и продвигать исследования космоса на новые уровни.

