

Алессио Миглетта



**АСТРОНОМИЯ**  
ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ АТЛАС



Москва  
2023

# АСТРОНОМИЯ

## ИЛЛЮСТРИРОВАННЫЙ АТЛАС

Небесная сфера	9
Вселенная	37
Солнечная система	97
Астрономические инструменты	137
Исследование космоса	167
Краткая история астрономии	207



# Содержание

---

## 1 Небесная сфера

Небесная сфера 10 • Небесные координаты 12 • Эклиптика 14 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ I. ОТ ШУМЕРОВ ДО КОСМИЧЕСКОГО ТЕЛЕСКОПА 16 • Зенит и надир 18 • Полярная звезда 20 • Остановки в движении планет 22 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ II. ДРЕВНОСТЬ: АСТРОНОМЫ И ФИЛОСОФЫ 24 • Звездные параллаксы 26 • Астрономия и навигация 28 • Использование телескопа 30 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ III. ГЕЛИОЦЕНТРИЗМ И АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ 32 • Наблюдения за планетами 34

## 2 Вселенная

Происхождение Вселенной 38 • Расширение и сжатие 40 • Черные дыры 42 • Звездные скопления и туманности 44 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ IV. РАЗМЕРЫ ЗЕМЛИ 46 • Галактики 48 • Типы галактик 50 • Млечный Путь 52 • Звезды 54 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ V. ГРАВИТАЦИЯ И КАТАЛОГ ЗВЕЗДНОГО НЕБА 56 • Переменные и кратные звезды 48 • Красные гиганты и белые карлики 60 • Нейтронные звезды 62 • Пульсар, квазар и блазар 64 • Новые и сверхновые звезды 66 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ VI. КЛАВДИЙ ПТОЛЕМЕЙ 68 • Созвездия 70 • Зодиак 72 • Планеты 74 • Кометы 76 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ VII. СРЕДНИЕ ВЕКА: ИСЛАМСКАЯ АСТРОНОМИЯ 78 • Астероиды, метеориты и метеоры 80 • Планетная система 82 • Гравитация 84 • Темная материя и темная энергия 86 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ VIII. ХРИСТИАНСТВО И АСТРОНОМИЯ 88 • Астрофизика 90

## 3 Солнечная система

Солнечная система: структура и происхождение 94 • Солнце 96 • Солнечные пятна 98 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ IX. ЭПОХА ВОЗРОЖДЕНИЯ: КОПЕРНИК 100 • Ядерные реакции 102 • Меркурий 104 • Венера 106 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ X. РЕФОРМА КАЛЕНДАРЯ 108 • Земля 110 • Марс 112 • Пояс астероидов 114 • Юпитер 116 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XI. ТИХО БРАГЕ И УРАНИБОРГ 118 • Сатурн 120 • Уран 122 • Нептун 124 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XII. ДРУГИЕ МИРЫ? ДЖОРДАНО БРУНО 126 • Карликовые транснептуновые планеты 128 • Облако Оорта 130

## 4 Земля и Луна

Земля 134 • Атмосфера 136 • Пояса Ван Аллена 138 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XIII. ВЕК XVII: КЕПЛЕР 140 • Движение Земли 142 • Приливы 144 • Солнцестояние и равноденствие 146 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XIV. ГАЛИЛЕО ГАЛИЛЕЙ 148 • Прецессия равноденствий 150 • Образование Земли и происхождение жизни 152 • Луна 154 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XV. ЛУНЫ ЮПИТЕРА И СКОРОСТЬ СВЕТА 156 • Лунные фазы 158 • Покрытия и затмения 160

## 5 Астрономические инструменты

Гномоны и солнечные часы 164 • Антикитерский механизм 166 • Армилярные сферы 168 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XVI. ИСААК НЬЮТОН 170 • Астролябия 172 • Планетарии 174 • Туркетум, квадрант и другие инструменты 176 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XVII. ВЕКА XVIII И XIX 178 • Навигационный секстант 180 • Изобретение телескопа 182 • Линзовые телескопы (рефракторы) 184 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XVIII. СПЕКТРОГРАФИЯ 186 • Зеркальные телескопы (рефлекторы) 188 • Телескопы на орбите 190 • Астрономические обсерватории 192 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XIX. АСТРОНОМИЯ XX ВЕКА 194 • Наблюдения в различных диапазонах электромагнитного спектра (рентгеновские лучи, гамма-излучение и др.) 196 • Система глобального позиционирования (GPS) 198 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XX. ПРЕДЕЛЫ ВСЕЛЕННОЙ 200

## 6 Исследование ближнего космического пространства

Суборбитальный космический полет 204 • Искусственные спутники Земли и космические корабли 206 • Ракеты-носители 208 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XXI. АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ПОЗНАНИЯ КИТАЯ И ИНДИИ 210 • Космические путешественники 212 • Космонавты и астронавты 214 • Человек на Луне 216 • Международная космическая станция (МКС) 218 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XXII. АСТРОНОМИЯ МЕЗОАМЕРИКИ 220 • Космические зонды 222 • Космический челнок (шаттл) 224 • ИСТОРИЯ АСТРОНОМИИ XXIII. АСТРОНОМИЯ И АСТРОЛОГИЯ 226 • Марс — следующая цель? 228 • Другие миры: контакты с инопланетными существами 230 • Приложение 1. Как пользоваться телескопом 232 • Приложение 2. Хронология астрономических исследований 234 • Приложение 3. Хронология космических исследований 240 • Указатель имен 244 • Библиография и веб-графия 251 •

# Введение

---

Астрономия (от греческого *astron* [звезда] и *nomos* [закон]) — одна из древнейших и наиболее почитаемых наук. Великие цивилизации испокон веков наблюдали за небом в поисках ответов на многочисленные вопросы об окружающей нас реальности и о месте человека в ней.

В любой научной дисциплине с каждым новым достижением открываются и новые границы для исследований. По-настоящему глубокая научная работа предполагает использование актуальных экспериментальных методов и отточенных теоретических моделей, которые зачастую доступны далеко не всем; тем не менее благодаря космическим телескопам, изображениям высочайшего разрешения и полностью автоматизированным обсерваториям поучаствовать в открытии новых небесных объектов, таких как кометы, астероиды или даже сверхновые звезды, может любой наблюдатель.









# Небесная сфера

---

Если мы посмотрим на небо в безоблачную ночь, когда Солнце уже не слепит своим сиянием, то увидим сферический свод, словно забрызганный звездами. Он медленно вращается с востока на запад вокруг точки, в которую устремлен наш взгляд, совершая полный оборот за 24 часа. Наши предки, наблюдая за этим феноменом, полагали, что неподвижная Земля находится в центре огромной сферы, которая вместе со звездами заставляет вращаться Солнце, Луну и планеты. Были созданы каменные модели, так называемые небесные сферы, которые воспроизводили это представление о конфигурации неба: на них изображались созвездия (произвольные скопления звезд, которые своей формой напоминали нашим предкам фантастических существ) и координаты движения Солнца в течение года, вокруг которых по двум осям вращалась сфера, — полюса. Даже сегодня, когда мы знаем, что Земля вращается вокруг собственной оси и звезды находятся на совершенно разных расстояниях друг от друга и от нашей планеты, древнее представление о том, что все звезды перемещаются вместе со сферой бесконечного радиуса, все еще находит применение и позволяет быстро создать упрощенную систему отсчета для описания астрономических явлений при наблюдении с Земли. Сферическая, или позиционная, астрономия — научная дисциплина, основанная на тригонометрии и изучающая движение небесных тел по отношению к системам сферических координат.



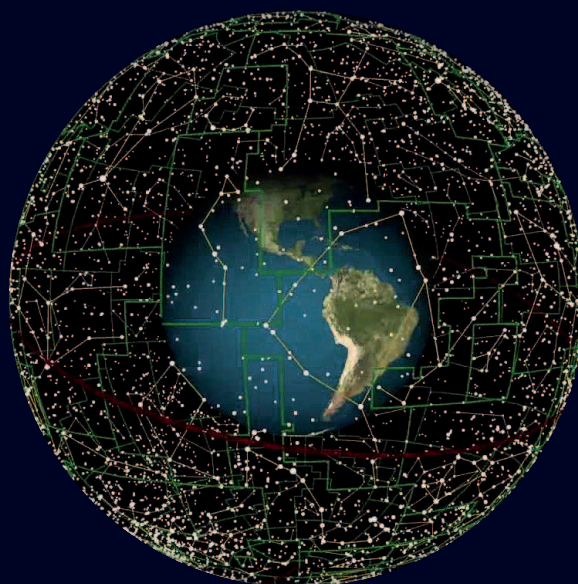
# Небесная сфера

За исключением Млечного Пути, напоминающего слабо светящуюся ленту, а также Солнца и Луны, все небесные объекты кажутся невооруженному глазу светящимися точками: пять из них — планеты, которые отражают солнечный свет, а остальные — звезды нашей Галактики или объекты других галактик, которые излучают собственный свет.

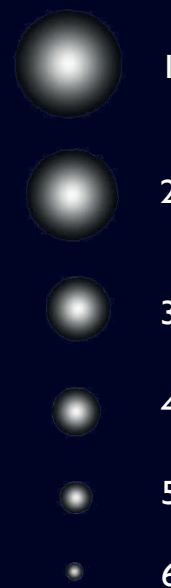
Яркость небесных тел условно измеряется видимой звездной величиной ( $m$ ), она отсчитывается по логарифмической убывающей шкале и определяется двумя факторами: количеством излучаемого объектом света (абсолютная звездная величина) и расстоянием до наблюдателя. В результате некоторые яркие звезды, расположенные на большом расстоянии от нас, могут казаться тусклыми, а слабые звезды, расположенные близко, наоборот, могут казаться очень яркими. Солнце, самая яркая звезда из всех, наблюдаемых нами, имеет видимую величину  $-26,7m$ ; полная Луна  $-12,74 m$ ; сияющая Венера достигает отметки  $-4,89 m$ ; ярчайшая звезда Сириус —  $-1,47 m$ . Небесные объекты слабее  $7 m$  на темном и безоблачном небе уже практически неразличимы. А в больших городах из-за светового и атмосферного загрязнения очень редко удастся рассмотреть даже звезды с видимой величиной  $4 m$ .

► Небесная сфера — это абстрактное представление, которое позволяет установить расположение звезд и описать их движение.

Подразумевается, что звезды и планеты, равноудаленные от наблюдателя, двигаются вместе по внутренней поверхности небесной сферы, хотя на деле это, конечно же, не так. Астрономы делят воображаемую сферу на участки разной площади — созвездия.



◀ Сейчас выделяют 88 признанных Международным астрономическим союзом созвездий. Двенадцать из них формируют так называемый зодиакальный круг, внутри которого проходит эклиптика (круг, описывающий Солнце в течение года). Небесная и земная сферы находятся в тесной близости: небесные полюса являются проекцией географических полюсов нашей планеты. Таким образом, если мы наблюдаем за звездами с географического Северного полюса, соответствующий ему небесный полюс будет находиться в зените.

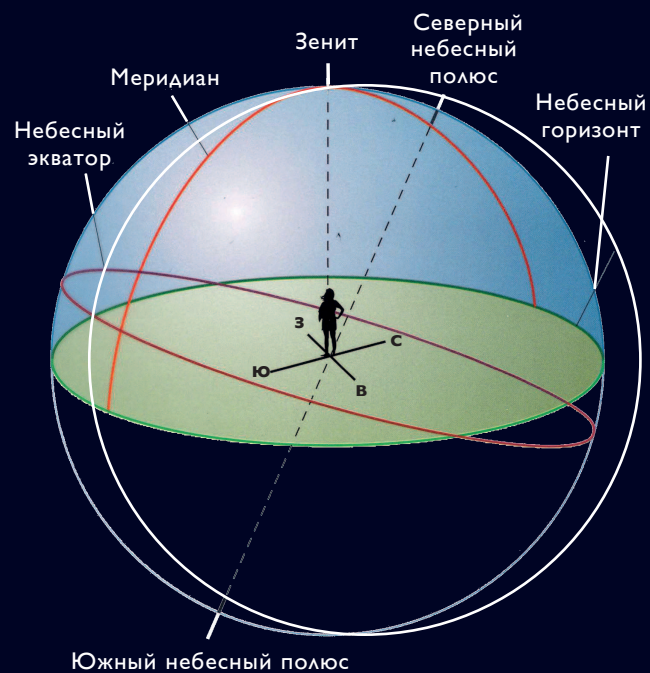


▲ Видимая величина ( $m$ ) небесного тела — это характеристика его яркости. Звезда 1 в 100 раз ярче звезды 6.



▼ Существует простой метод, позволяющий доказать вращение Земли вокруг собственной оси с востока на запад: если фотографировать небо жестко закрепленной камерой, открыв затвор на несколько часов, мы зафиксируем звездные треки — следы кругового перемещения звезд по небу, вызванные суточным вращением Земли. На нижнем фото объектив камеры был направлен на звезды вокруг небесного полюса: концентрические треки звезд тем уже, чем ближе звезда к оси вращения.

► Наблюдатель находится в центре небесной сферы. Прямо над его головой расположен зенит — высшая точка по отношению к небесному горизонту. Круг разделяет небесную сферу на две части; верхняя полусфера изображает видимый небосвод. Сфера делает оборот вокруг оси, проходящей через северный и южный небесные полюса, за 24 часа. Воображаемый круг, опоясывающий сферу и находящийся на одинаковом расстоянии от двух полюсов, — это небесный экватор. Большой круг, проходящий через зенит и соединяющий северную и южную точки на горизонте, называется меридианом.





# Небесные координаты

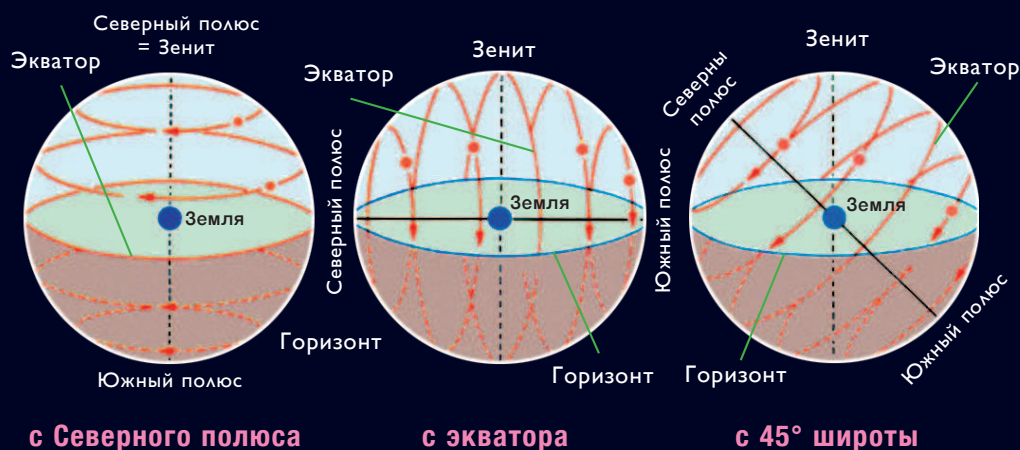
Координаты необходимы, чтобы можно было определить расположение звезд на небесной сфере. В астрономии существуют разные системы координат: горизонтальная, в которой основной плоскостью является горизонт, а полюсом — зенит; экваториальная (наиболее используемая), в которой основной плоскостью является небесный экватор, а полюсом — точка гамма; эклиптическая, в которой основная плоскость — это плоскость эклиптики, а полюс — полюс эклиптики; галактическая — имеющая направление отсчета от экватора галактики Млечный Путь.



▼ Для наблюдателя на полюсе зенит совпадает с небесным полюсом, а горизонт — с небесным экватором. Если бы наблюдатель находился на экваторе, то небесный экватор был бы в зените, а два полюса — на горизонте. В промежуточной точке на параллели  $45^\circ$  полюс будет расположен на высоте  $45^\circ$  над горизонтом.

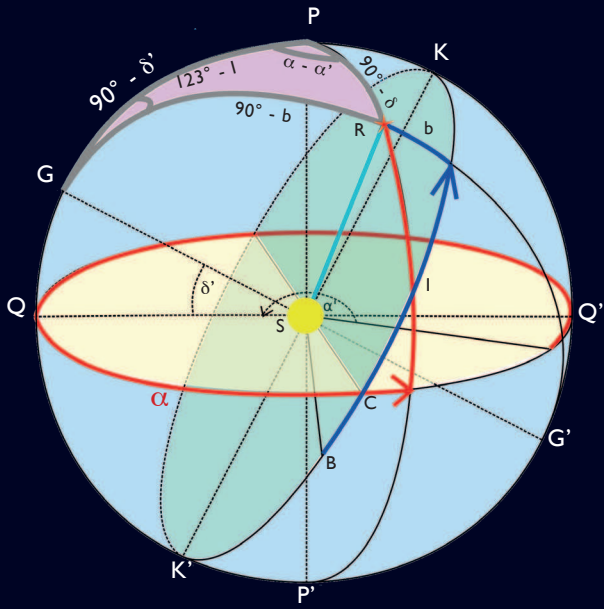
▲ В экваториальной системе координат расстояние между точкой, где Солнце встречается с небесным экватором в день весеннего равноденствия, и часовым кругом звезды (то есть большим кругом, проходящим через звезду и полюс) называется прямым восхождением. Склонение светила — это дуга часового круга между звездой и небесным экватором.

## Небесная сфера, наблюдаемая с разных широт:

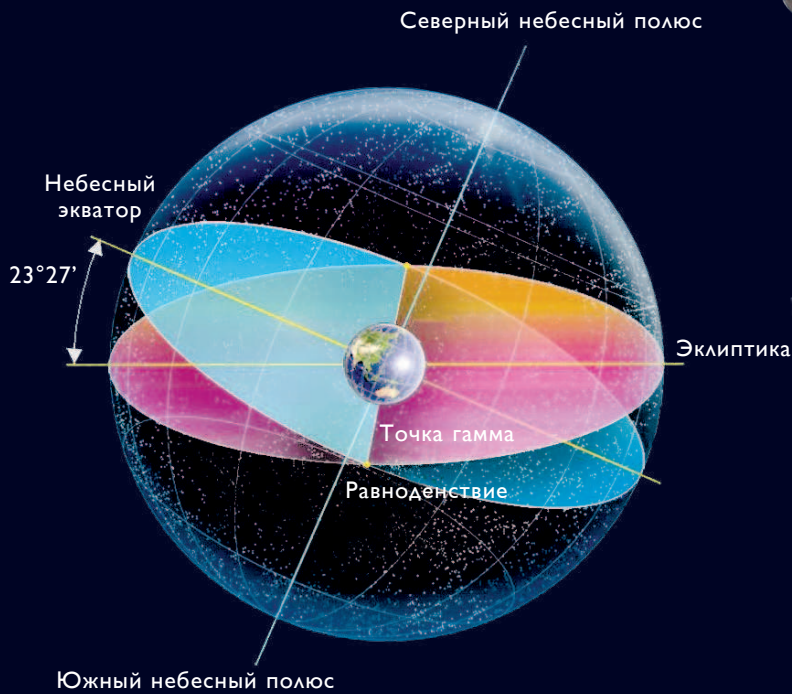


► В точке гамма эклиптики пересекается с небесным экватором и совпадает с положением Солнца в день весеннего равноденствия. Угловое расстояние между этими двумя окружностями равно  $23^\circ 27'$ : это отклонение, обусловленное наклоном земной оси, влияет на смену времен года и различия в продолжительности дня и ночи в разных регионах на протяжении года.





▲ Это углы, полученные в результате наложения экваториальной системы координат на галактическую. Небесный экватор (желтый) пересекает галактический экватор (зеленый) в точке С, образуя угол  $62^{\circ}41'$ . Р и G обозначают соответственно небесный и галактический полюса. Галактическая долгота отсчитывается от галактического центра, который находится в созвездии Стрельца.



► Персонафикации континентов поддерживают небесную сферу. Fontaine de l'Observatoire, Париж.



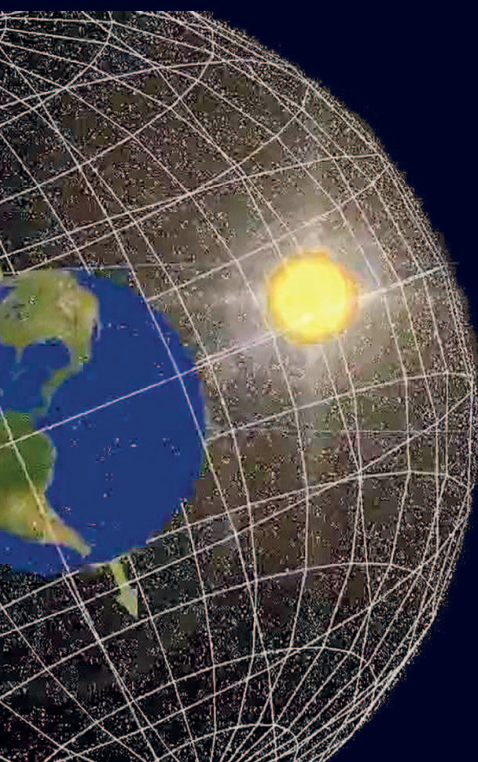
# Эклиптика

Линия видимого движения Солнца относительно неподвижных звезд вокруг земной сферы называется эклиптикой. Скорость движения Солнца по эклиптике примерно равна  $1^\circ$  в сутки (один оборот за год). В действительности это явление отражает орбитальное движение Земли. Из-за наклона земной оси эклиптика наклонена на  $23^\circ 27'$  к небесному экватору. Планеты Солнечной системы и Луна обращаются по небесной сфере близко к эклиптике, не удаляясь от нее более чем на  $9^\circ$ . Созвездия, которые пересекает эклиптика, составляют зодиакальный круг.



▲ Небесная сфера — фиктивное понятие, но реальное представление движения небесных тел не так удобно для вычисления астрономических положений, поскольку в нем должно отражаться и реальное вращение Земли.

▼ Для определения положения точки на земной поверхности используются географические координаты: долгота и широта. На небесной сфере эквивалентными координатами являются прямое восхождение и склонение. Совершая движение по эклиптике, Солнце достигает разной высоты на небе в зависимости от широты места наблюдения и высоты Солнца относительно небесного экватора.



► Склонение и прямое восхождение (AR) звезды отсчитываются соответственно от небесных полюсов (склонения звезд ниже экватора считаются отрицательными) и точки весеннего равноденствия (точки гамма —  $\gamma$ ). Первая координата выражается в градусах, а вторая — в часах.

