

Астрономия - IV

9 и 16 ноября 2020

1 Коротко о созвездиях

В настоящее время всё небо условно разделено на 88 участков, имеющих строго определённые границы¹. Именно эти участки и называются *созвездиями*. Таким образом, любая точка ночного неба принадлежит какому-то созвездию. Для наблюдательной астрономии смысл деления неба на созвездия заключается в том, что характерные контуры, состоящие из наиболее ярких звёзд, легко запомнить, что позволяет быстро найти объект, зная, в каком созвездии он находится. Звёзды каждого созвездия обозначены буквами греческого алфавита. Первой из них (α — альфа) обозначают чаще всего (но не всегда) самую яркую звезду, а затем следуют звёзды, обозначенные буквами β (бета), γ (гамма), δ (дельта), ϵ (эпсилон) и т.д. Самые яркие звёзды имеют собственные имена: Арктур (α Волопаса), Сириус (α Большого Пса) и т.д. Легко различимые группы звёзд, исторически имеющие устоявшееся самостоятельное название², называются *астеризмами*.

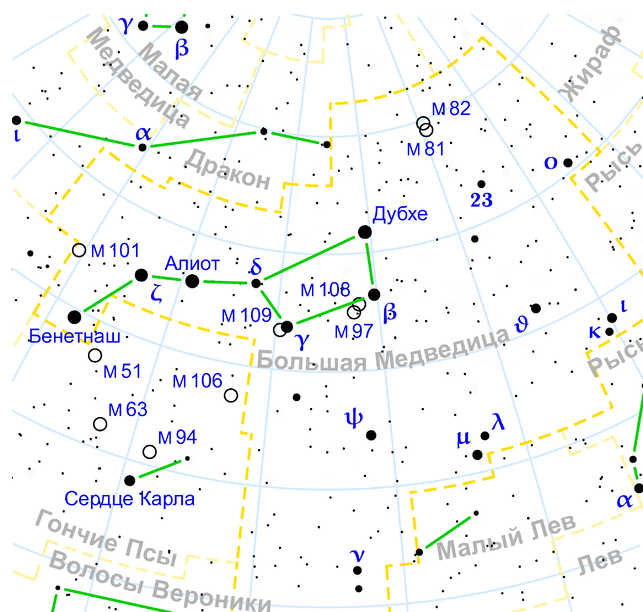


Рис.1. Участок звёздной карты, содержащий созвездие *Большой Медведицы*. Самые яркие звёзды соединены отрезками и подписаны. Пунктиром обозначены границы созвездия. Видны названия и звёзды соседних созвездий.

2 Небесная сфера

В результате огромной удалённости небесных светил человеческий глаз не в состоянии оценить различия в расстояниях до них, и они представляются одинаково удалёнными. С глубокой древности и до перехода от гео- к гелиоцентрической системе мира этот факт ассоциировался с наличием реальной сферы, ограничивающей весь мир и несущей на своей поверхности многочисленные звёзды. С развитием научных знаний такой подход отпал. Однако заложенная в древности геометрия небесной сферы в результате развития и совершенствования получила современный вид, в котором и используется в астрономии.

¹Окончательно утверждены они были в 1935 году, причём названия примерно половины из них были включены в каталог «Альмагест» Клавдия Птолемея, жившего во II веке н. э., и сохранились с древности.

²Например, Большой Ковш в созвездии Большой Медведицы, Пояс Ориона в созвездии Ориона или Осенне-летний треугольник, состоящий из звёзд Вега (α Лир), Денеб (α Лебедя) и Альтаир (α Орла).



Рис.2. Небесная сфера с изображенными на ней созвездиями

Итак, *небесная сфера* - это воображаемая сфера произвольного радиуса, центр которой совмещают с той или иной точкой пространства. Каждому небесному светилу соответствует точка небесной сферы, в которой её пересекает прямая, соединяющая центр светила и центр сферы, за который принимают глаз наблюдателя; при этом наблюдатель может находиться как на поверхности Земли, так и в других точках пространства (например, он может быть отнесён к центру Земли). Наблюдаемое вращение небесной сферы в течение суток - кажущееся явление, отражающее действительное суточное вращение земного шара вокруг своей оси.

3 Большой и малый круги

Прежде, чем продолжать, проясним некоторые геометрические понятия: **большой круг** — круг, получаемый при сечении шара плоскостью, проходящей через его центр (обозначен красным на рисунке справа); если сечение проходит не через центр шара, то оно образует **малый круг** (обозначен синим). Иногда эти круги отождествляют с ограничивающими их окружностями. Например, большими кругами Земли являются меридианы и самая длинная параллель — экватор (другие параллели образуют малые круги). Также напомним: дуга окружности может измеряться (помимо единиц длины) в угловых единицах. В таком случае дугу отождествляют с опирающимся на неё центральным углом большого круга³.

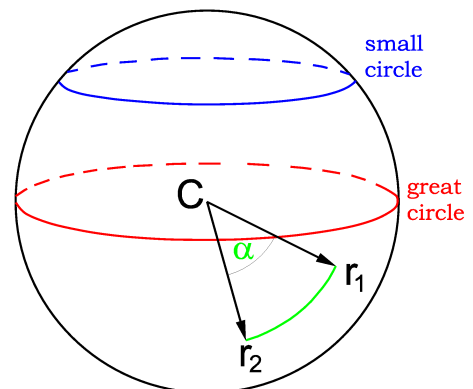


Рис.3. Большой и малый круги

4 Элементы небесной сферы

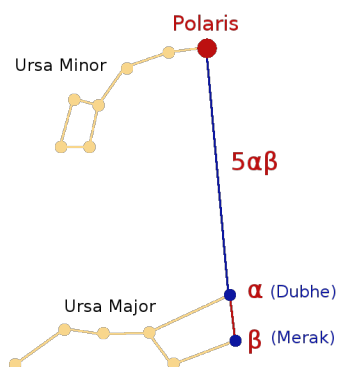


Рис.4. Инструкция по поиску полярной звезды

- **Ось мира** — воображаемая линия, вокруг которой происходит вращение небесной сферы. Мы не сделаем большой ошибки, если будем считать, что ось мира совпадает с земной осью. Более строго: ось мира параллельна земной оси.
- Северный и южный **полюса мира** - точки пересечения небесной сферы и оси мира в северном и южном полушариях небесной сферы соответственно. Вблизи северного полюса мира в настоящее время находится Полярная звезда (α Малой Медведицы). Южный полюс мира на данный момент находится в перекрестье созвездия Южный Крест.

³Полезно знать, что *ортодромия* - кратчайшее расстояние между двумя точками на поверхности шара - является дугой большого круга, проходящего через эти две точки.

- **Небесный экватор** — большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна оси мира и проходит через центр небесной сферы. По сути, это проекция земного экватора на небесную сферу.
- **Эклиптика** — большой круг небесной сферы, по которому происходит *видимое годовое движение* Солнца (см. раздел 5). Плоскость эклиптики пересекается с плоскостью небесного экватора под углом $\varepsilon = 23^\circ 26'$ — это связано с тем, что ось вращения Земли наклонена относительно перпендикуляра к плоскости эклиптики на тот же угол.

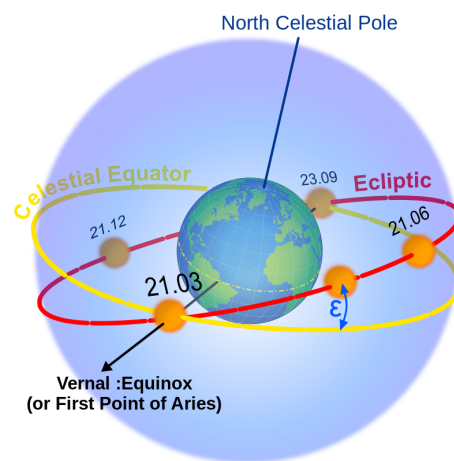


Рис.5. Важные элементы небесной (англ. *celestial*) сферы

- **Точки весеннего (♈) и осеннего (♏) равноденствия** - две точки, в которых эклиптика пересекается с небесным экватором (подписаны как 21.03 и 23.09).
- **Точки летнего (♊) и зимнего (♋) солнцестояний** - две точки эклиптики, отстоящие от точек равноденствия на 90° и тем самым максимально удалённые от небесного экватора (на рисунке выше подписаны как 21.06 и 23.09 соответственно).

5 Видимое годовое движение Солнца

Как известно, Земля вращается вокруг Солнца в *плоскости эклиптики*, совершая один оборот за год. Однако, рассуждая с точки зрения наблюдателя на Земле, можно говорить о движении Солнца на фоне звёздного неба, подразумевая, что это движение *видимое*, а не действительное⁴. Геометрически это можно объяснить следующим образом: конец вектора, выходящего из центра Земли и проходящего через центр Солнца, в течение года описывает на небесной сфере окружность, которая и является вышеупомянутой *эклиптикой*⁵.

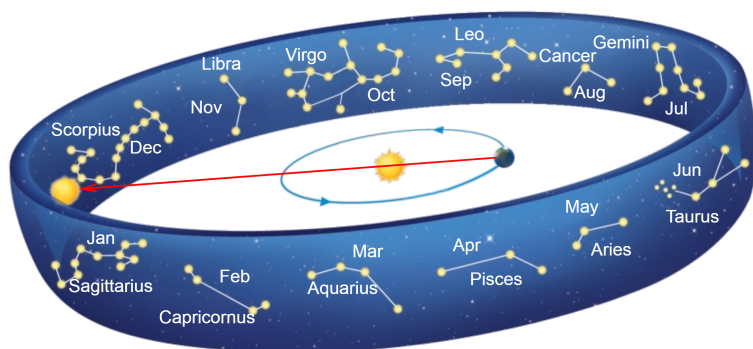


Рис.6. Зодиакальные созвездия (названия даны на латыни). Рядом с созвездиями написаны месяцы, большую часть которых Солнце находится в них.

Во время своего движения по эклиптике Солнце проходит через 13 созвездий, называемых *зодиакальными*⁶ (от греч. "животный"). К их числу относятся Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы, а также Змееносец, который не всегда причисляется к числу зодиакальных, но через который также в настоящий момент проходит эклиптика. Вопросы, относящиеся к *астрологии*, в данном контексте не рассматриваются.

⁴О том, что Солнце имеет годовое движение, знали ещё древние астрономы. Но правильное объяснение этому наблюдению было дано лишь тогда, когда выяснилось, что Земля обращается вокруг Солнца.

⁵Это движение в действительности неравномерное, так как планеты вращаются вокруг Солнца по эллипсам, а не по окружностям. Более подробно видимое движение светил будет рассмотрено позже.

⁶Это связано с тем, что большинство зодиакальных созвездий с древности носит названия животных.

6 Предварение равноденствий

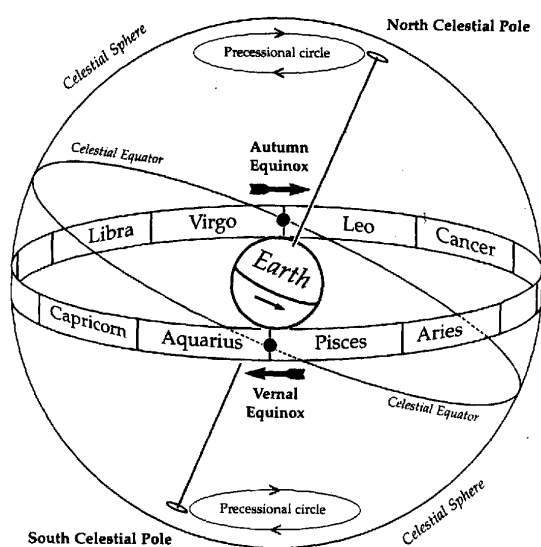


Рис.7. Прецессия земной оси

Символы указанных выше четырёх точек (равноденствия и солнцестояния) соответствуют зодиакальным созвездиям, в которых находились эти точки примерно две тысячи лет назад. В результате так называемого *предварения равноденствий* эти точки сместились и ныне находятся в других созвездиях. Открытие этого явления приписывается древнегреческому астроному Гиппарху (II век до н. э.). В результате притяжения Луны и (в меньшей степени) Солнца, а также некоторых других факторов⁷ ось вращения Земли *прецессирует* и описывает в пространстве конус. В результате этого точки весеннего и осеннего равноденствий смещаются *навстречу* видимому годовому движению Солнца, а Северный и Южный полюса мира описывают на небесной сфере малые круги⁸ (см. картинку слева). Это смещение является периодическим, и примерно каждые 26000 лет точки равноденствия возвращаются на прежние места. Как следствие, Полярная звезда через какое-то время перестанет находиться на Северном полюсе мира; примерно 13000 лет назад и вперёд там будет находиться Вега.

7 Сферическая система координат

Мы живём в трёхмерном мире, и для определения положения какой-либо точки нам нужны три величины. Если в качестве системы отсчёта использовать *декартову систему координат*, то этими тремя величинами будут абсцисса, ордината и аппликата точки вдоль осей Ox , Oy , Oz соответственно. Однако часто на практике удобнее использовать *сферическую систему координат*, в которой тремя величинами, определяющими положение точки в пространстве, являются

- 1) r - кратчайшее расстояние до начала координат,
- 2) *зенитный* угол θ ,
- 3) *азимутальный* угол φ .

В зависимости от задачи, в которой используется сферическая система координат, углы θ и φ могут называться по-другому и отсчитываться не от тех направлений, от которых они отсчитываются на рисунке, а на диапазоны их значений могут накладываться различные ограничения. Например, в астрономии обычно используется угол не между радиус-вектором \vec{r} и осью Oz (на рисунке обозначен как θ), а между \vec{r} и плоскостью Oxy (он равен $90^\circ - \theta$).

⁷Неоднородность плотности распределения масс внутри Земли и сплюснутость вдоль оси вращения.

⁸Центры этих кругов лежат в полюсах эклиптики (это точки, в которых диаметр небесной сферы, перпендикулярный плоскости эклиптики, пересекает небесную сферу).

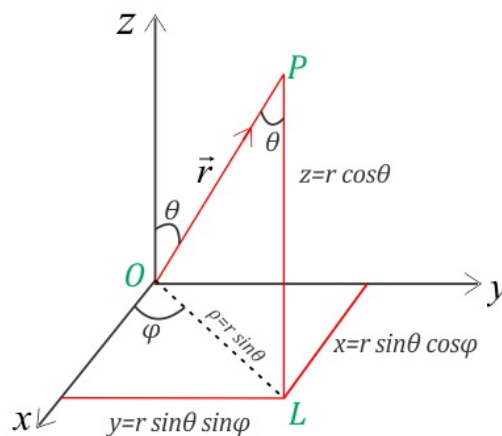


Рис.8. Связь сферической и декартовой систем координат