

Астрономия

28 ноября 2019

Помимо вращения вокруг Солнца, Земля также вращается вокруг своей оси. Это вращение можно с высокой точностью назвать равномерным. Для наблюдателя в некоторой точке земного шара оно выражается в суточном вращении небесной сферы вокруг *оси мира*¹, а также суточном движении Солнца и других небесных светил. Напомним, что ось мира пересекает небесную сферу в двух точках - **северном** и **южном полюсах мира**. Вращение небесной сферы происходит против часовой стрелки вокруг северного полюса, если смотреть на небесную сферу изнутри.

Напомним, что для описания положения точек на небесной сфере на практике часто используется горизонтальная система координат. Она непосредственно связана с наблюдателем и его фиксированным местоположением на поверхности Земли. В этом смысле любая горизонтальная система координат - **топоцентрическая**, то есть её начало совмещено с точкой, в которой находится наблюдатель. Координаты всех светил на небе в такой системе координат непрерывно изменяются ввиду суточного вращения Земли.

1 Высота полюса мира над горизонтом

Итак, полюс мира² является точкой на небесной сфере. В любой горизонтальной системе координат его азимут равен 180° , так как азимут считается от точки юга, а направление на полюс мира (в проекции на истинный горизонт) совпадает с направлением на точку севера. Высота же полюса мира зависит от географической широты φ наблюдателя. Из рисунка видно, что высота полюса мира - это угол h_p между осью мира и полуденной линией NS (между точками севера и юга), которая лежит в плоскости истинного горизонта. Нетрудно увидеть, что

$$h_p = \varphi$$

(попробуйте показать это самостоятельно). Это значит, что чем ближе наблюдатель находится к географическому полюсу, тем ближе к зениту находится полюс мира. Так как небесная сфера вращается вокруг полюса мира, вид звёздного неба и видимые движения небесных светил на различных географических широтах различны.

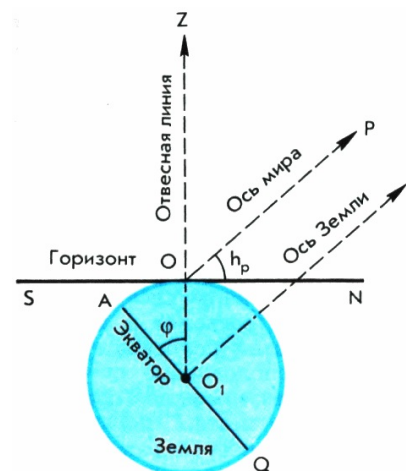


Рис.1. Проекция горизонтальной системы координат на плоскость небесного меридиана

¹Здесь и в дальнейшем ранее упомянутые понятия не поясняются, см. предыдущие конспекты.

²Предполагается, что наблюдатель находится в северном полушарии Земли. Речь идёт о **северном** полюсе мира, но, после нетрудных преобразований, сказанное можно применить и к южному полюсу.

2 Движение небесных светил в умеренных широтах³

Все небесные светила при своём видимом суточном движении, вызванном осевым вращением Земли, перемещаются на небесной сфере по **суточным параллелям** - малым кругам небесной сферы, плоскость которых параллельна плоскости небесного экватора (см. Рис. 2). Соответственно, плоскости суточных параллелей перпендикулярны оси мира. Как следствие, угол между плоскостью небесного экватора и направлением на светило остаётся постоянным. Этот угол, напомним, называется *склонением* и обозначается как δ .

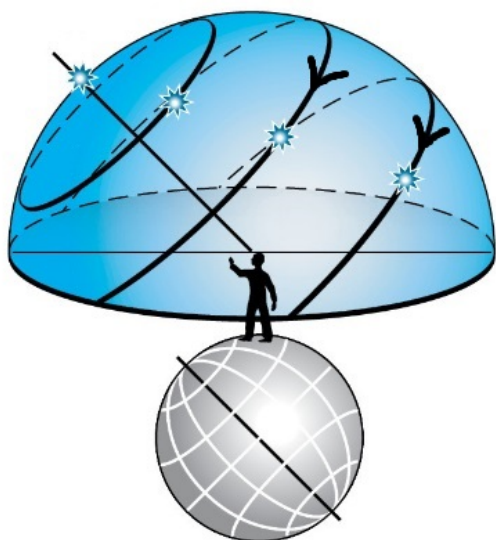


Рис.2. Видимое движение звёзд в умеренных широтах

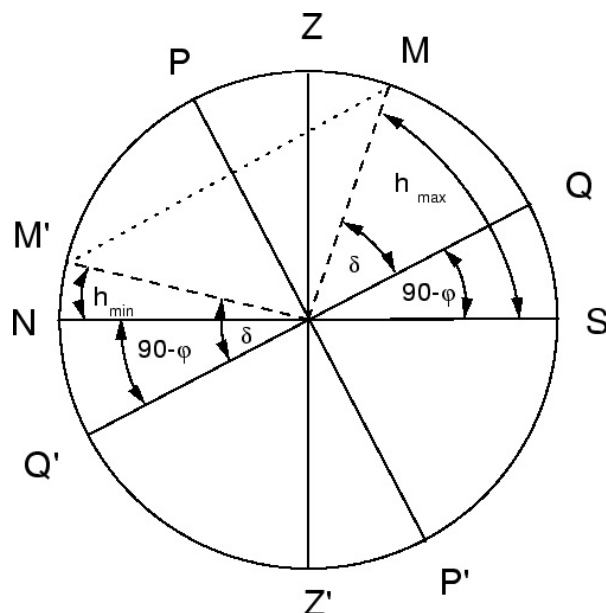


Рис.3. Высоты светил в кульминациях при $\delta < \varphi$ (ZZ' - отвесная линия, NS - полуденная линия, PP' - ось мира, QQ' - небесный экватор)

Точка пересечения суточной параллели светила и восточной части горизонта (той, что лежит в сторону точки востока от полуденной линии) называется **точкой восхода светила**, а точка пересечения с западной частью горизонта – **точкой захода светила**. Момент пересечения светилом небесного меридиана (или, что то же самое, точка пересечения суточной параллели светила и небесного меридиана) называется **кульминацией**.

В течение суток все светила⁴ дважды пересекают небесный меридиан (см. Рис. 3): один раз в северной (ближе от полюса мира P к точке севера N – в точке M') и один раз в южной части⁵ небосвода (то есть, ближе от полюса мира P к точке юга S – в точке M). Из Рисунка 3 видно, что в точке M высота h светила (угол между горизонтом и направлением на светило) максимальна - эта точка называется **верхней кульминацией**. Напротив, в точке M' высота светила минимальна - эта точка называется **нижней кульминацией**.

Мы рассмотрели суточное движение по небесной сфере так называемого **незаходящего** светила - такого, у которого и верхняя, и нижняя кульминации происходят над горизонтом, они не пересекают горизонт в своём видимом суточном движении и всегда находятся над ним. Однако не все небесные светила имеют такое свойство: те, что в своём суточном движении пересекают горизонт, называют **восходящими и заходящими** – у них верхняя кульминация происходит над горизонтом, а нижняя - под ним.

³Достаточно далёких от полюсов и экватора.

⁴Если точнее, центр светила (это существенно для неточечных источников - например, Солнца).

⁵Не путайте её с южным полушарием небесной сферы!

Наконец, существуют **невосходящие светила** - такие, у которых и верхняя, и нижняя кульминация происходят под горизонтом. Деление всех небесных светил на три вышеописанные группы зависит от широты φ наблюдателя и от склонения δ светила. Координаты светила:

в верхней кульминации: $h_{max} = \delta + (90^\circ - \varphi)$, $A = 0^\circ$,

в нижней кульминации: $h_{min} = \delta - (90^\circ - \varphi)$, $A = 180^\circ$,

что видно из Рисунка 3; напомним, что A - азимут, который отсчитывается от точки юга. У всех незаходящих звёзд $h_{min} > 0$, у невосходящих - $h_{max} < 0$. Это значит (см. Рис. 4), что на заданной широте φ звезда не заходит, если для её склонения выполняется следующее условие: $\delta > 90^\circ - \varphi$; звезда не восходит, если $\delta < -(90^\circ - \varphi)$.

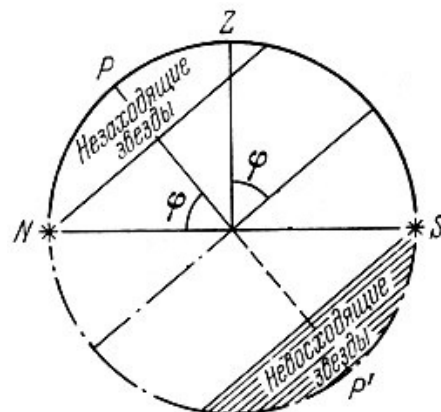


Рис.4. Незаходящие и невосходящие звёзды

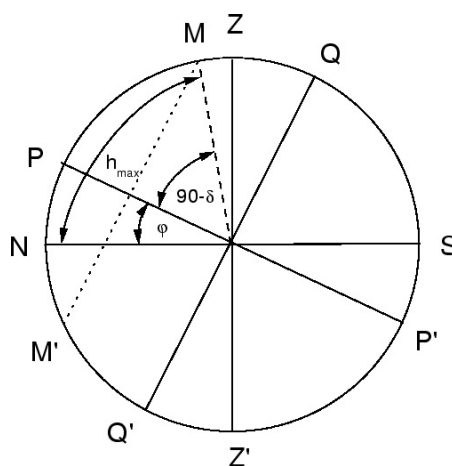


Рис.5. Высоты светил в кульминациях при $\delta > \varphi$

Уточнение №1: отметим, что в отличие от звёзд, у Солнца и планет склонение меняется в течение года из-за орбитального движения Земли.

Уточнение №2: всё вышеописанное применимо только к тем светилам, у которых $\delta < \varphi$, (склонение меньше географической широты наблюдателя), и у которых, как следствие, верхняя кульминация происходит к югу от зенита. Нетрудно заметить, что при $\delta = \varphi$ верхняя кульминация светила происходит точно в зените, а нижняя — точно в надире. Если же выполняется условие $\delta > \varphi$, то в верхней кульминации (происходит к северу от зенита)

$$h_{max} = \varphi + (90^\circ - \delta), \quad A = 180^\circ,$$

что видно из Рисунка 5. Координаты светила в нижней кульминации — такие же, как в случае $\delta < \varphi$ (см. выше).

3 Движение небесных светил на экваторе и полюсах

Немного иначе выглядит картина звёздного неба на географических полюсах ($\varphi = \pm 90^\circ$). На северном географическом полюсе северный полюс мира совпадает с зенитом, а небесный экватор — с горизонтом. Это значит, что все светила в этой точке будут двигаться параллельно горизонту, при этом звёзды *северного полушария неба* будут незаходящими, а *южного полушария неба* — невосходящими. На южном полюсе ситуация схожая с точностью до наоборот: южный географический полюс совпадает с зенитом, а звёзды вращаются в другую сторону. На земном экваторе ($\varphi = 0^\circ$) полюсы мира совпадают с точками севера и юга (ось мира лежит в плоскости горизонта), а небесный экватор проходит через зенит, из-за чего суточные параллели всех звёзд лежат в плоскостях, перпендикулярных горизонту. Все светила здесь являются восходящими и заходящими.

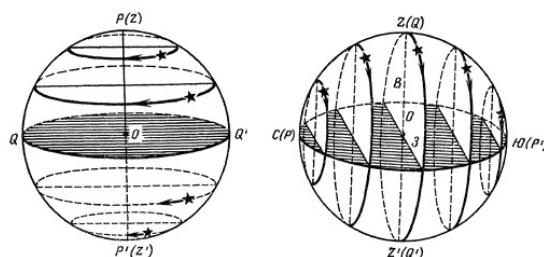


Рис.6. Движение небесных светил на полюсах (слева) и экваторе (справа)