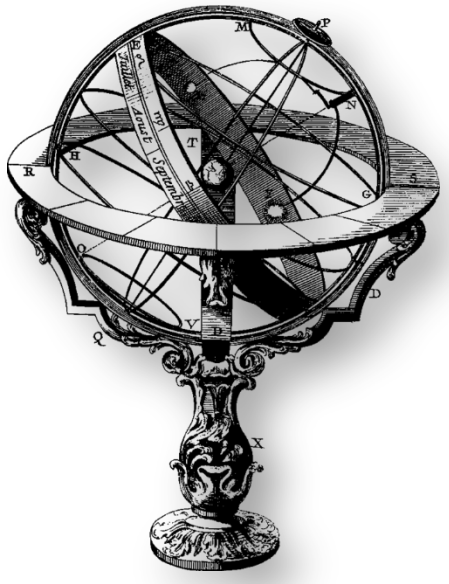
Урок 3. Небесные координаты



Небесный экватор и небесный меридиан

Горизонтальная система координат

Экваториальная система координат

Горизонтальные и экваториальные координаты

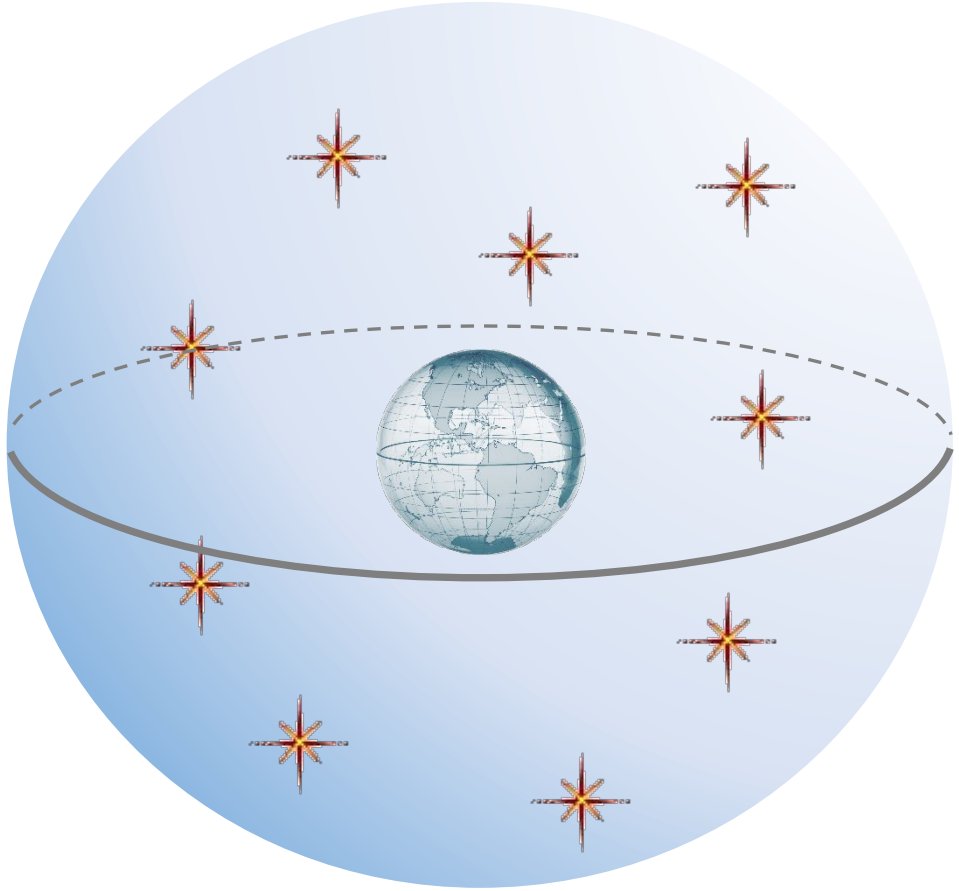
Кульминации светил

Из-за осевого вращения Земли звезды нам кажутся перемещающимися по небу

концентрические дуги на фото - следы путей звезд

Явления суточного движения звезд удобно изучать, воспользовавшись математическим построением - небесной сферой

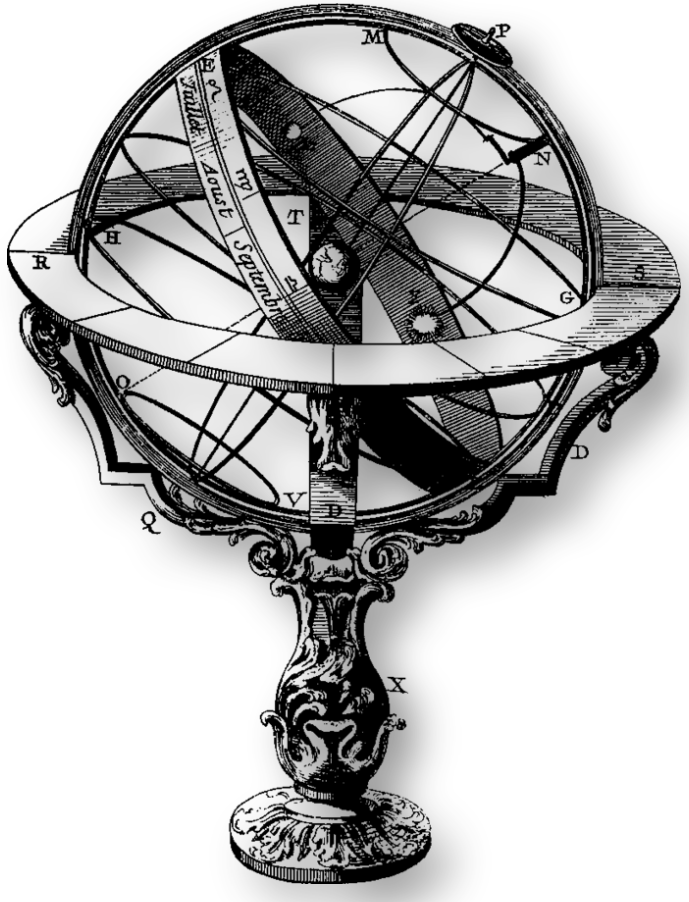
Небесная сфера - воображаемая сфера произвольного радиуса, на которую проецируются небесные светила



За центр небесной сферы, как правило, принимают глаз наблюдателя

Для находящегося на поверхности Земли наблюдателя вращение небесной сферы воспроизводит суточное движение светил на небе

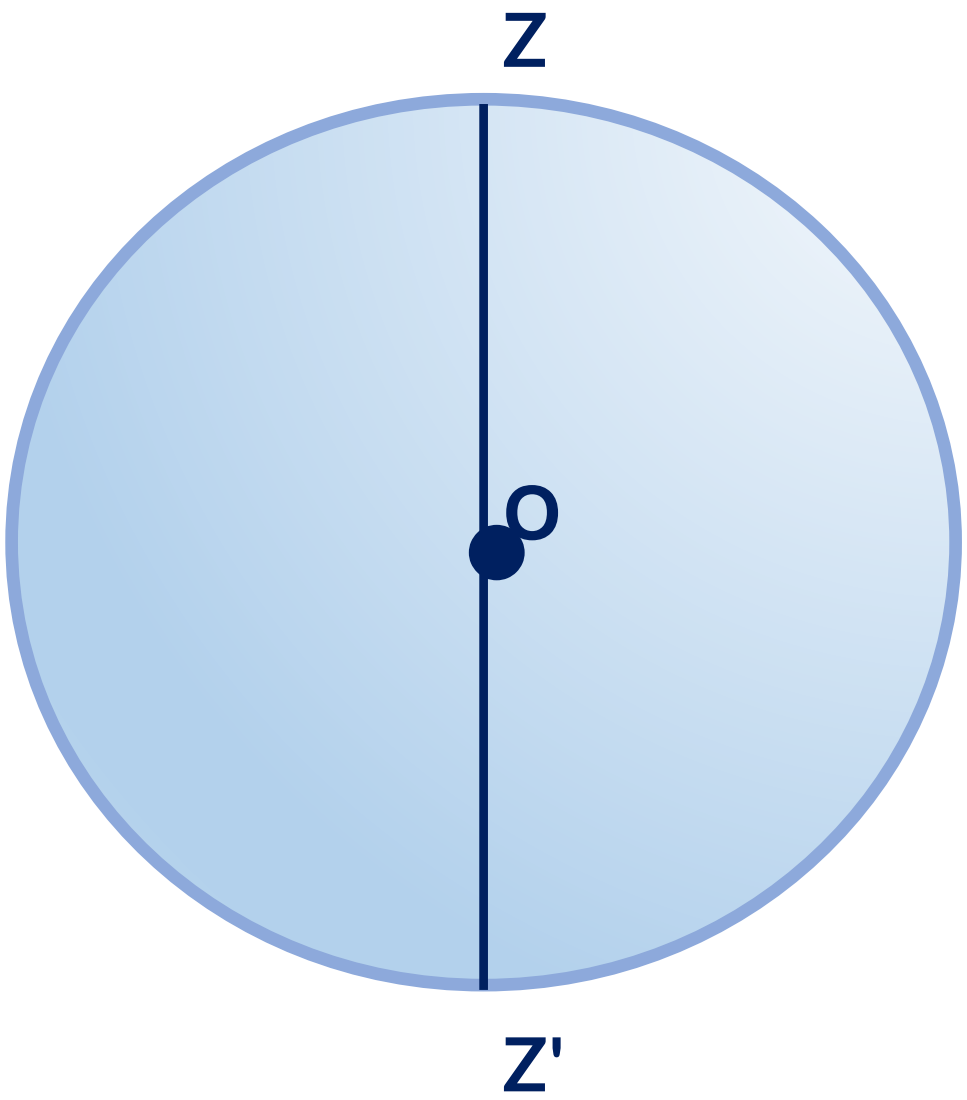
У древних народов:
наличие реальной сферы, ограничивающей весь мир и несущей на своей поверхности многочисленные звёзды



Центр небесной сферы:

- **где находится наблюдатель (топоцентрическая небесная сфера),**
- **в центр Земли (геоцентрическая небесная сфера),**
- **в центр той или иной планеты (планетоцентрическая небесная сфера),**
- **в центр Солнца (гелиоцентрическая небесная сфера) или в любую др. точку пространства.**

Важнейшие точки и дуги на небесной сферы

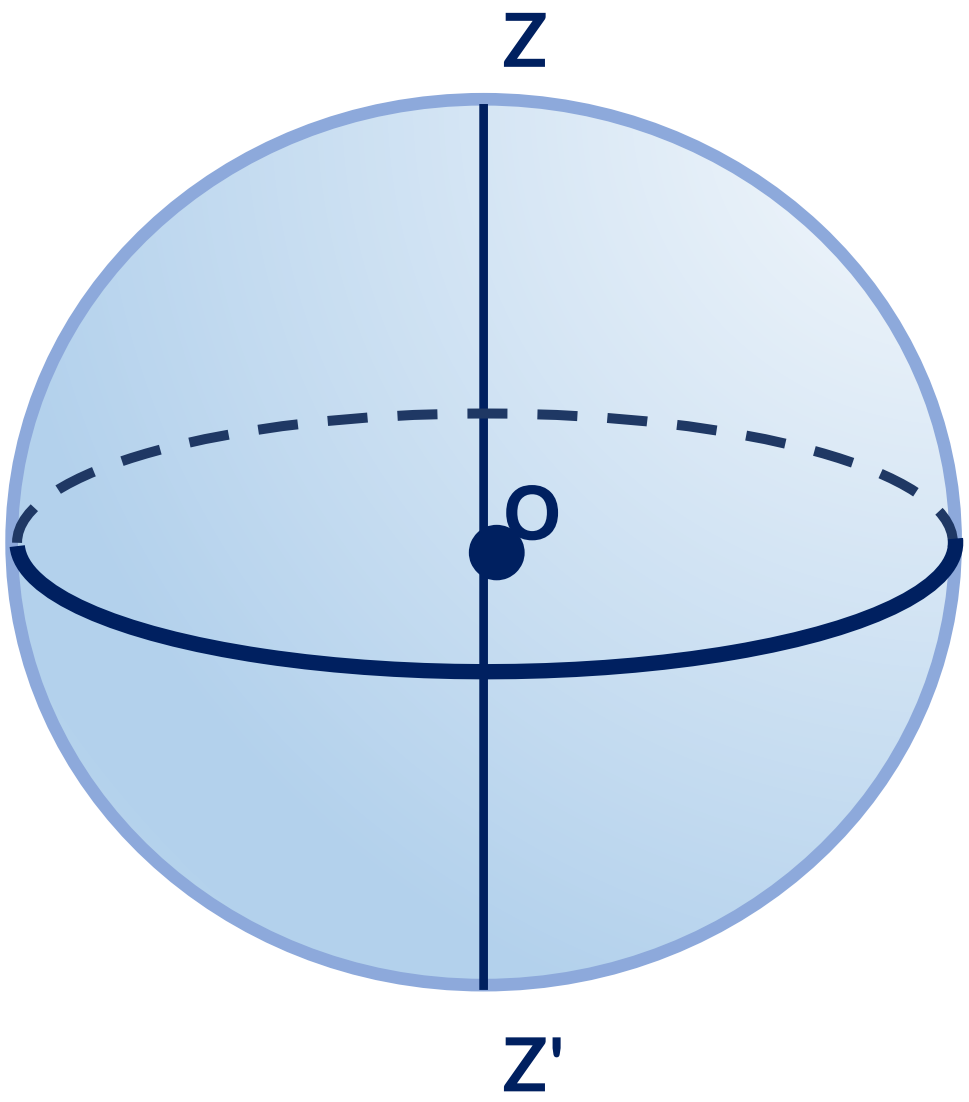


Отвесная линия (или вертикальная линия)

- прямая, проходящая через центр небесной сферы и совпадающая с направлением нити отвеса в месте наблюдения

Отвесная линия пересекается с поверхностью небесной сферы в двух точках – **зените**, над головой наблюдателя, и **надире** – диаметрально противоположной точке

Важнейшие точки и дуги на небесной сферы

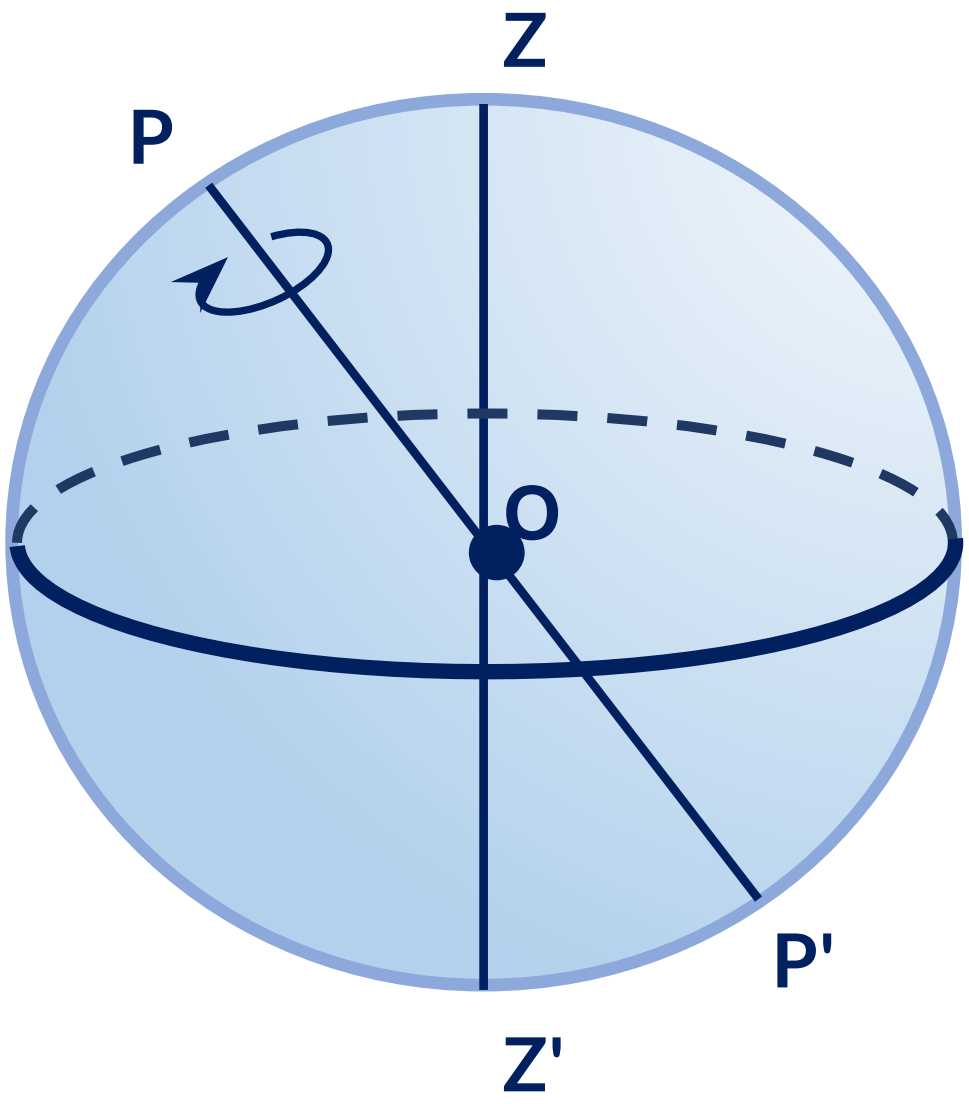


Плоскость, проходящая через центр небесной сферы и проведенная перпендикулярно отвесной линии, пересекает небесную сферу по большому кругу -

истинный горизонт или математический

делит поверхность небесной сферы на две полусферы: видимую, все точки которой находятся над горизонтом, и невидимую, точки которой лежат под горизонтом

Важнейшие точки и дуги на небесной сферы

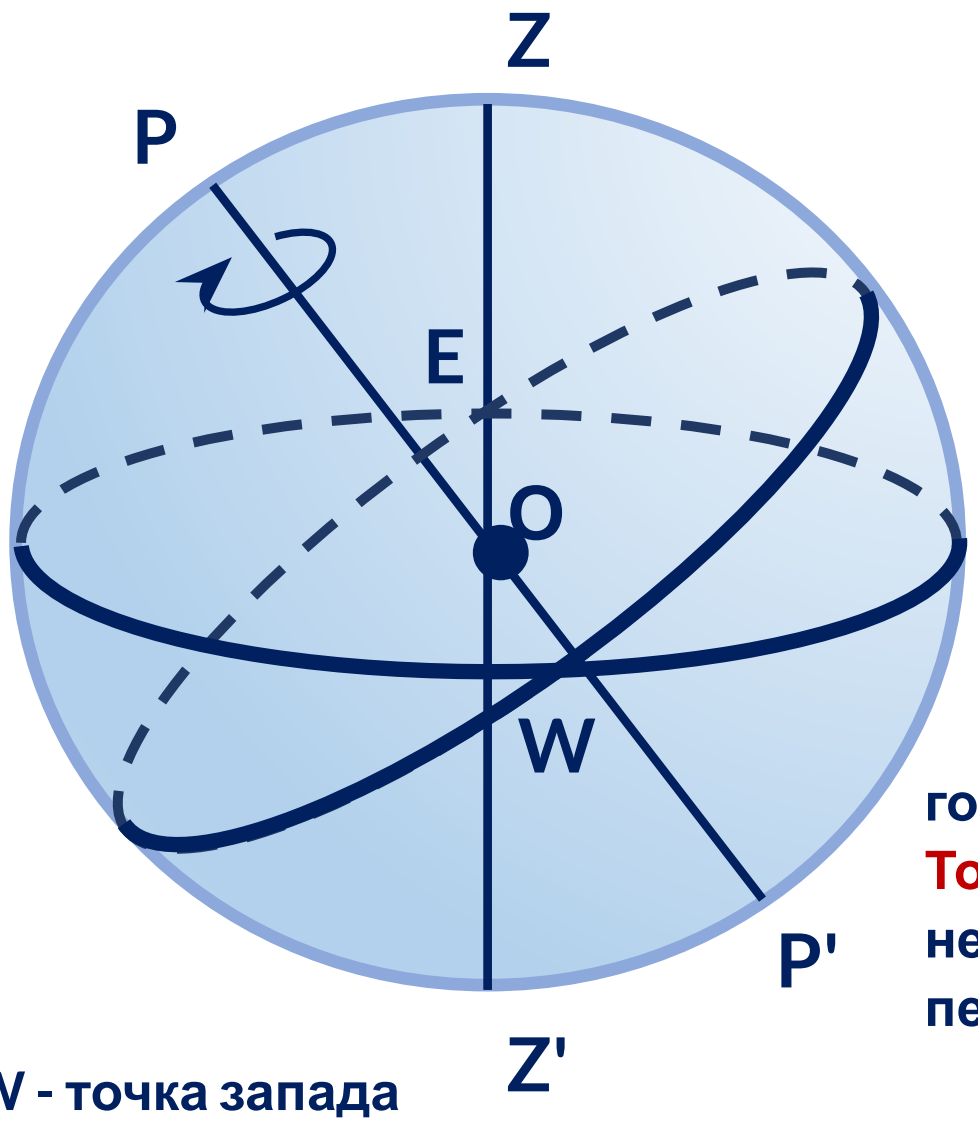


Ось мира - ось видимого вращения небесной сферы

Ось мира пересекает небесную сферу в двух точках P и P_1 - **полюсах мира**

Вблизи северного полюса мира в настоящее время находится α Малой Медведицы - Полярная звезда

Важнейшие точки и дуги на небесной сферы



W - точка запада

Небесный экватор - большой круг небесной сферы, плоскость которого перпендикулярна оси мира.

Небесный экватор делит поверхность небесной сферы на два полушария:

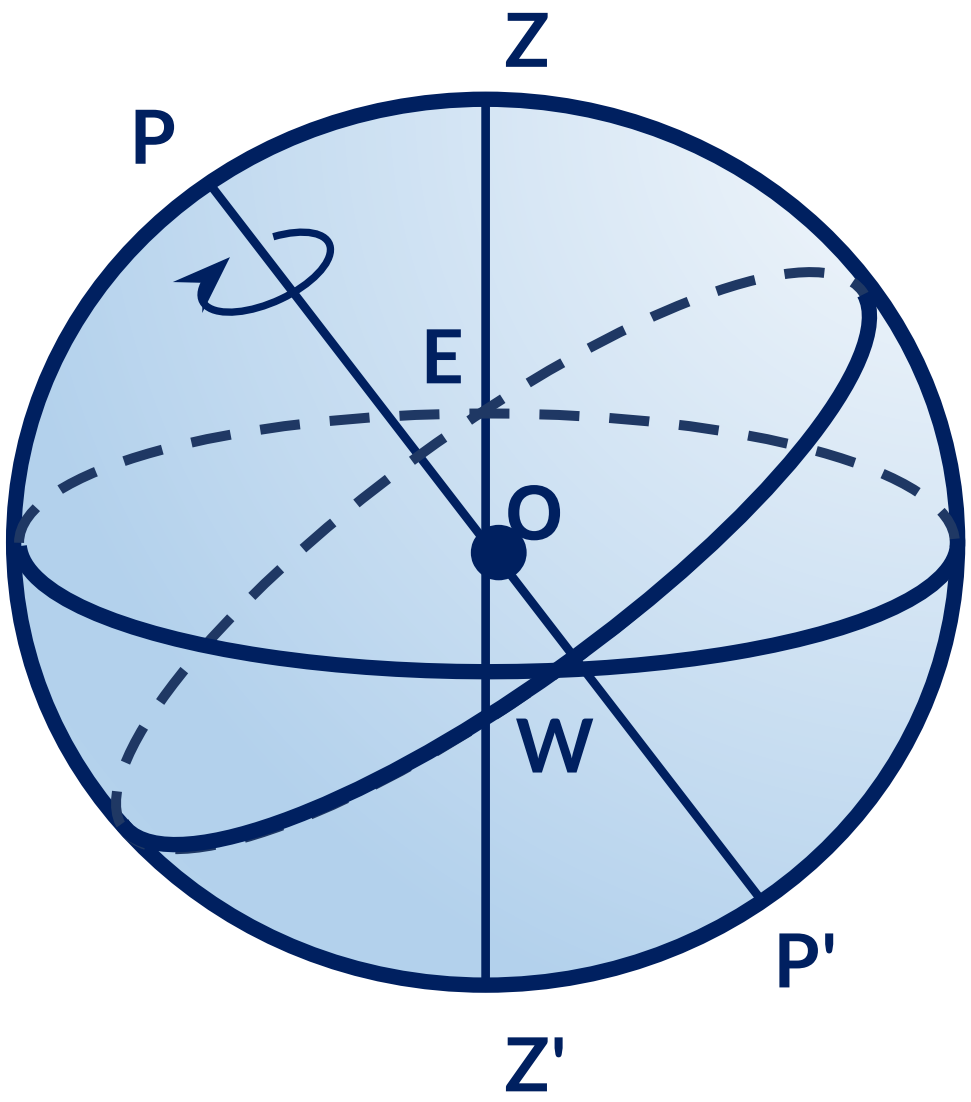
северное полушарие, с вершиной в северном полюсе мира,

и южное полушарие, с вершиной в южном полюсе мира

Небесный экватор пересекается с математическим горизонтом в двух точках: точке востока и точке запада.

Точка востока E - точка, в которой точки вращающейся небесной сферы пересекают математический горизонт, переходя из невидимой полусферы в видимую

Важнейшие точки и дуги на небесной сферы



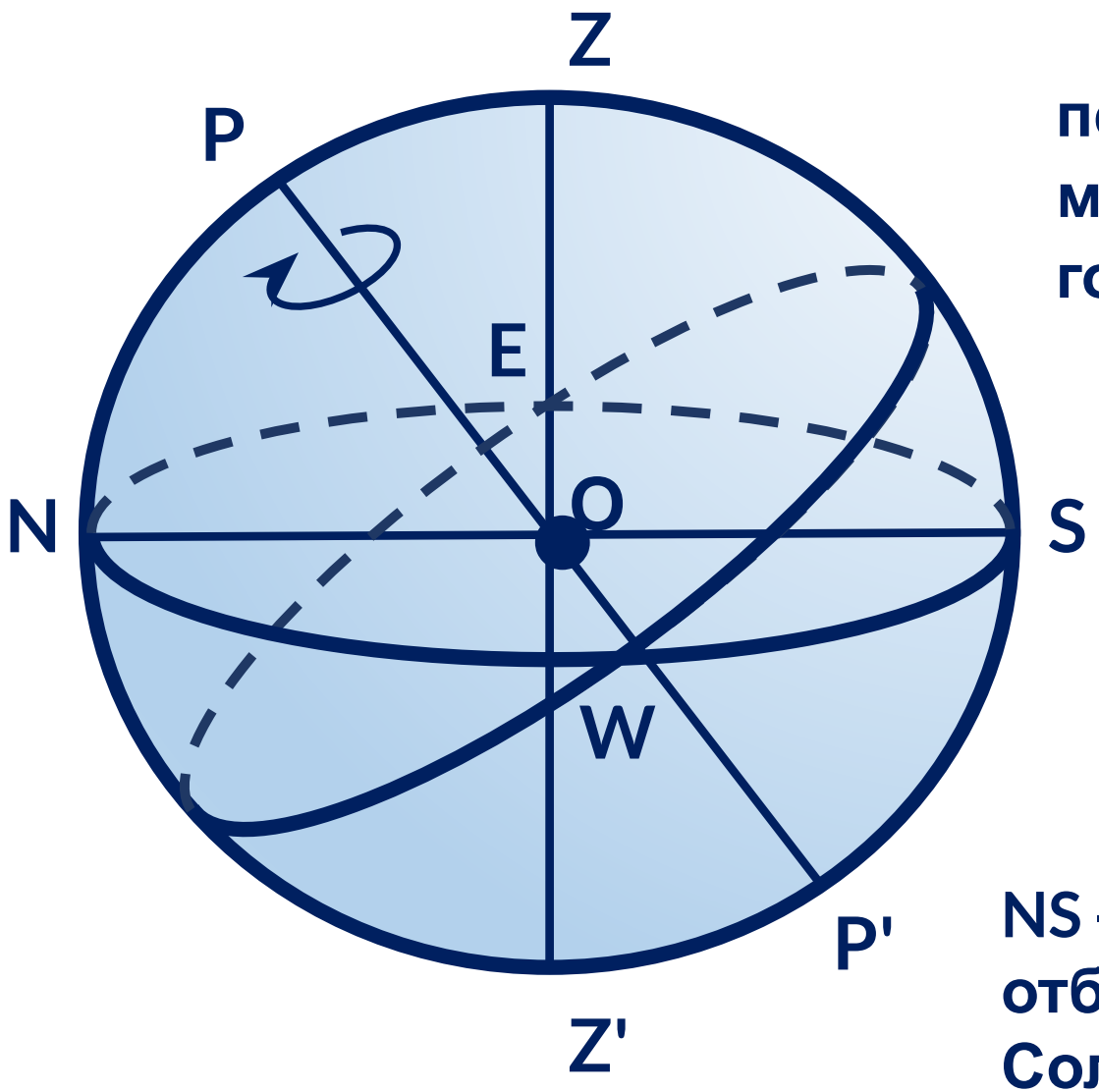
Небесный меридиан - большой круг небесной сферы, плоскость которого проходит через отвесную линию и ось мира.

Небесный меридиан делит поверхность небесной сферы на два полушария -

восточное полушарие, с вершиной в точке востока, и

западное полушарие, с вершиной в точке запада

Важнейшие точки и дуги на небесной сферы

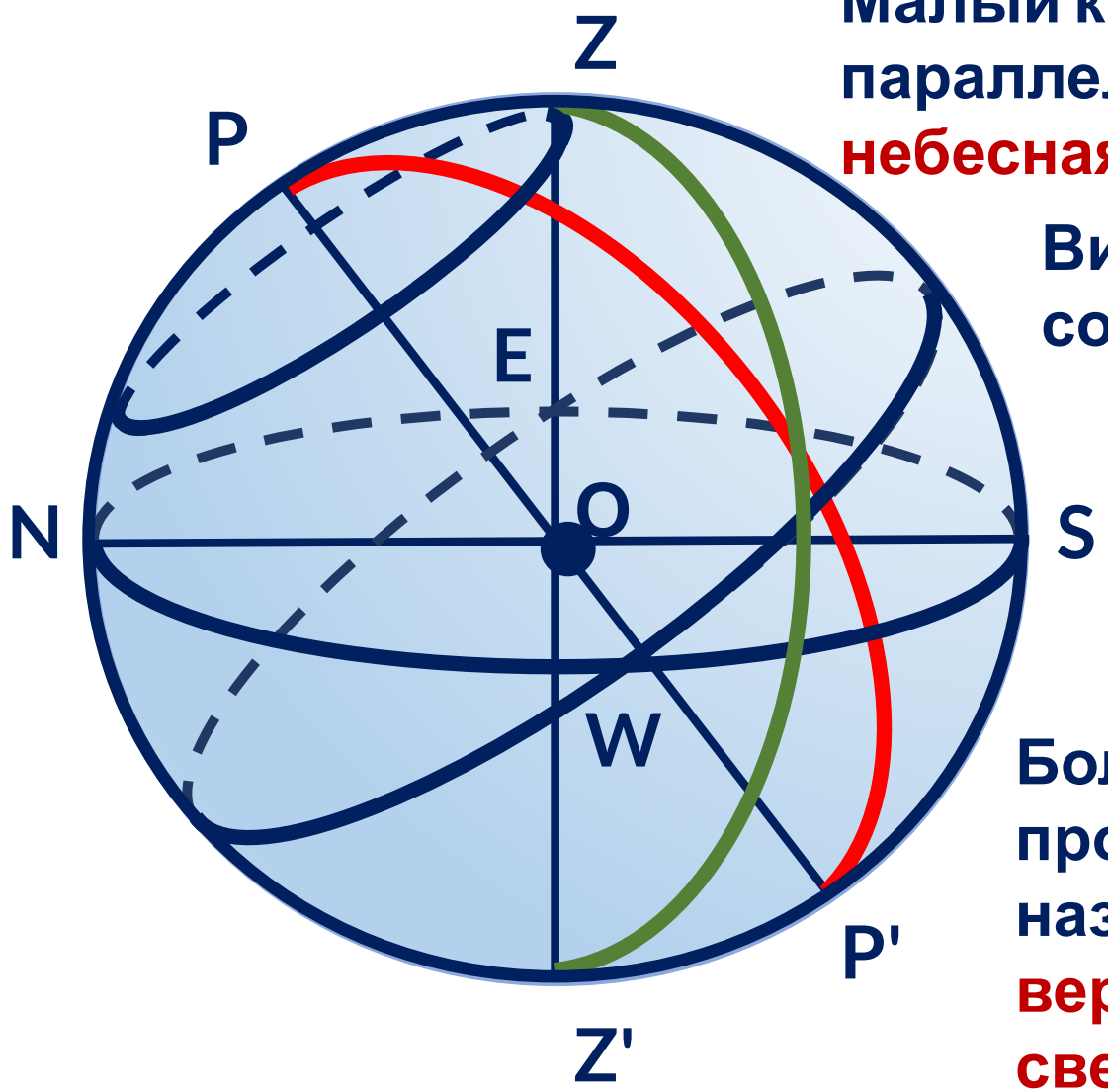


Полуденная линия - линия пересечения плоскости небесного меридиана и плоскости математического горизонта

Небесный меридиан пересекается с математическим горизонтом в двух точках: **точке севера и точке юга**. Точкой севера называется та, которая ближе к северному полюсу мира

NS - **полуденная линия** (в этом направлении отбрасывают тень предметы, освещаемые Солнцем, в полдень)

Важнейшие точки и дуги на небесной сферы



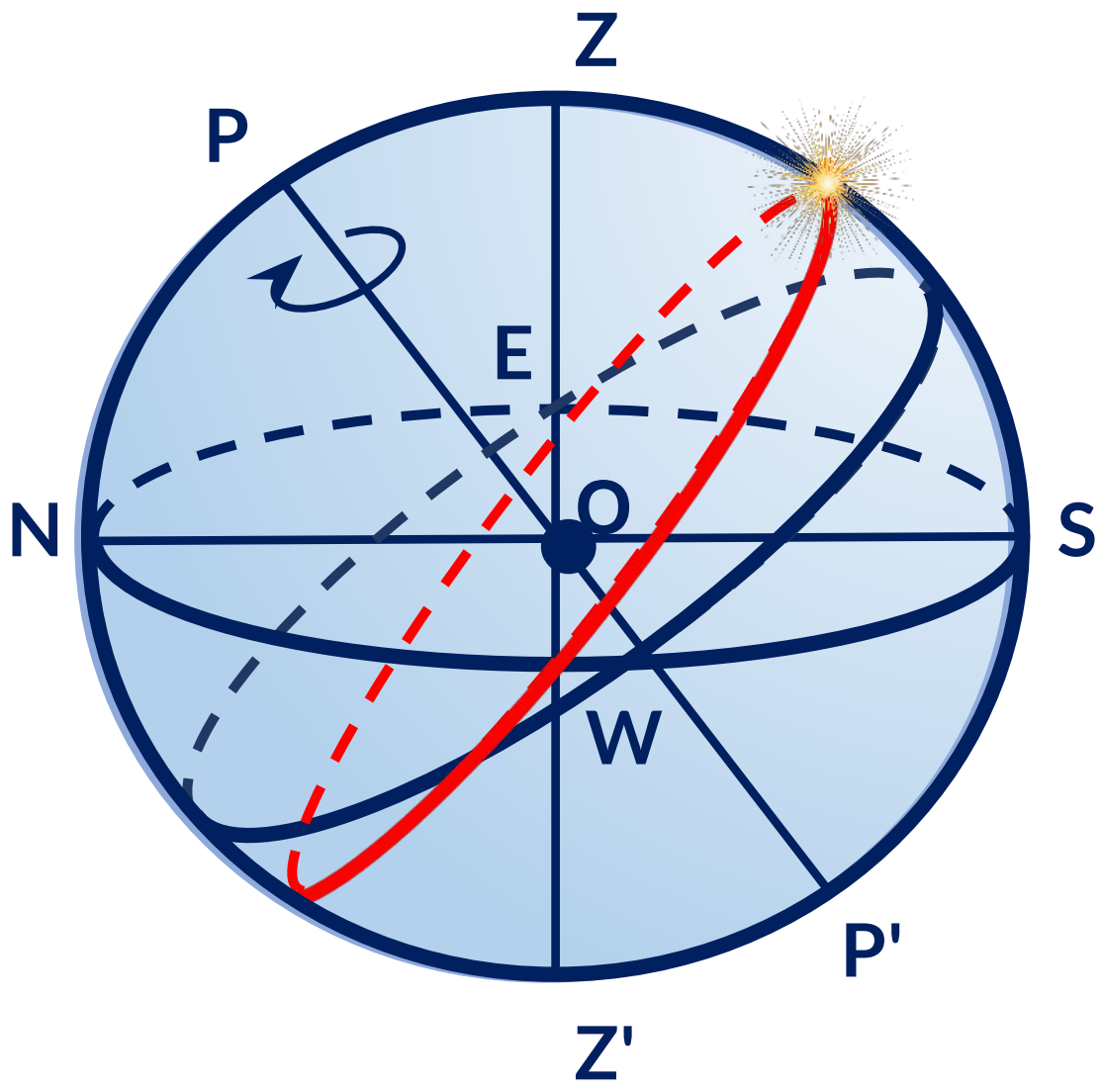
Малый круг небесной сферы, плоскость которого параллельна плоскости небесного экватора - небесная или суточная параллель светила М

Видимые суточные движения светил совершаются по суточным параллелям

Большой полукруг небесной сферы, проходящий через полюсы мира и через светило М, называется часовым кругом или кругом склонения светила

Большой полукруг небесной сферы, проходящий через зенит, светило М и надир, называется кругом высоты, вертикальным кругом или вертикалом светила

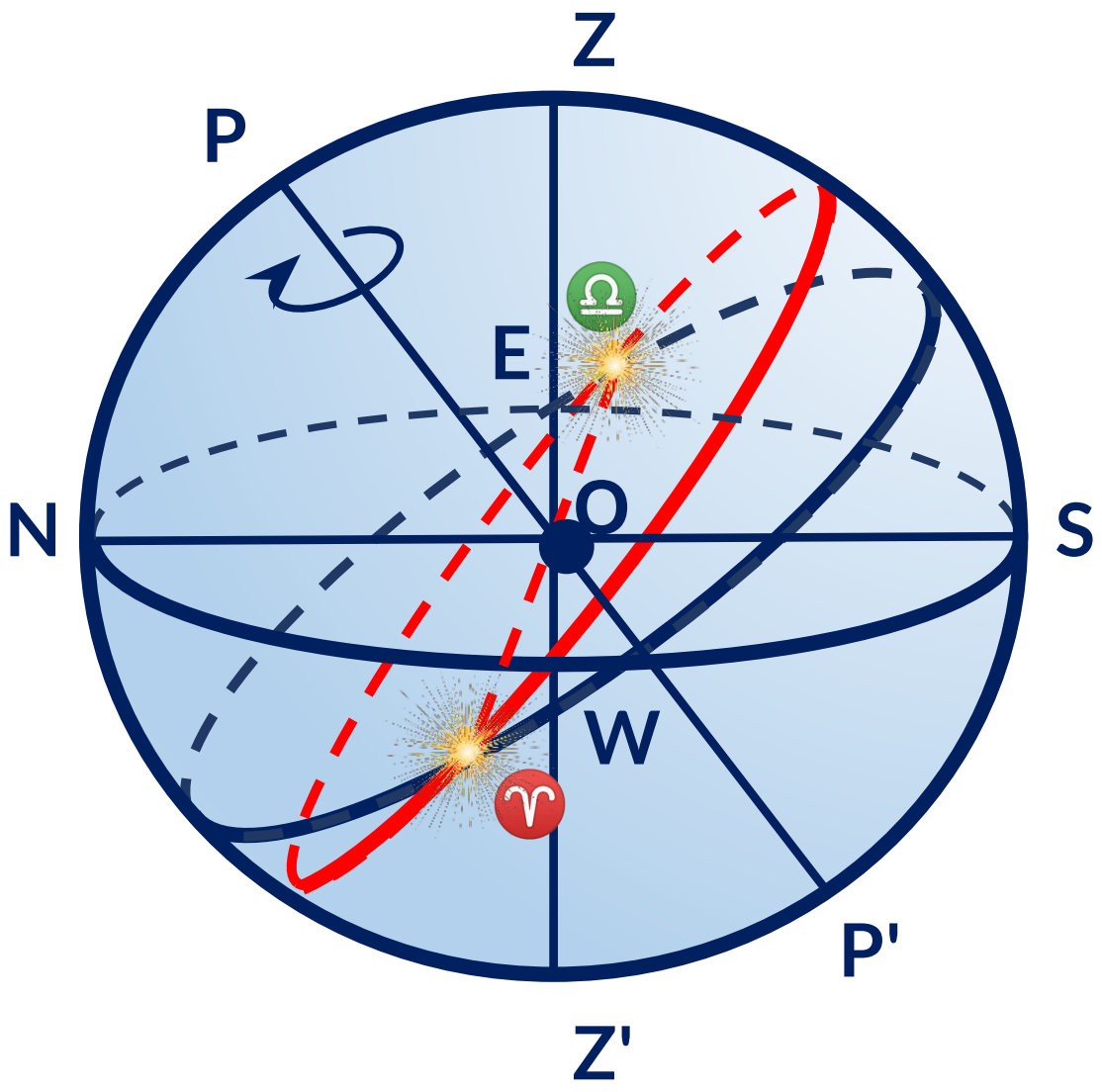
Важнейшие точки и дуги на небесной сферы



Эклиптика - траектория видимого годичного движения Солнца по небесной сфере.

Плоскость эклиптики пересекается с плоскостью небесного экватора под углом $\varepsilon = 23°26'$.

Важнейшие точки и дуги на небесной сферы



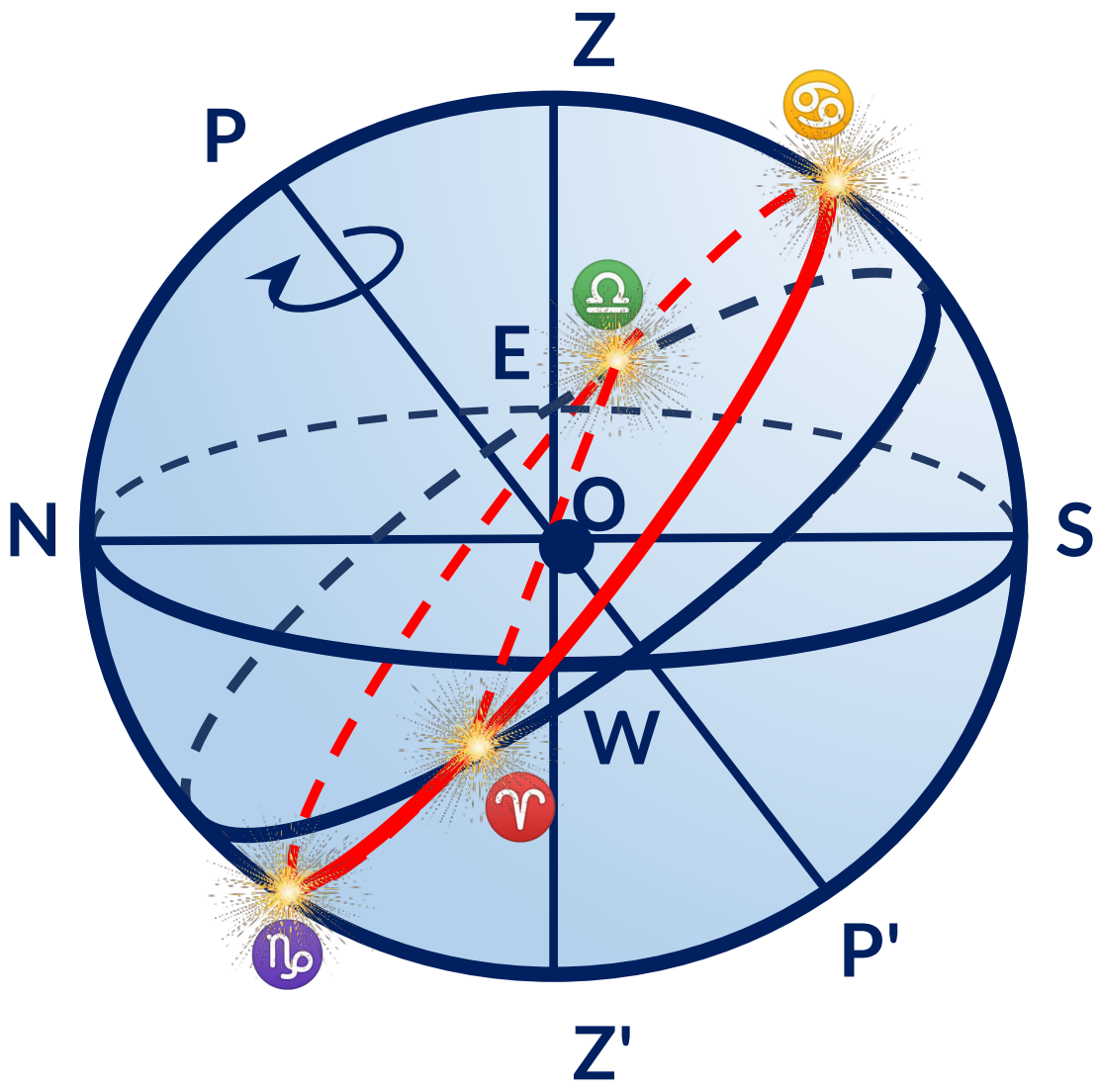
Эклиптика пересекается с небесным экватором в двух точках - **весеннего и осеннего равноденствия**

В точке весеннего равноденствия (♈) Солнце переходит из южного полушария небесной сферы в северное, в точке осеннего равноденствия (♎) - из северного полушария небесной сферы в южное

Прямая, проходящая через эти две точки - **линия равноденствий**

♈ - знак Овна ♎ - знак Весов

Важнейшие точки и дуги на небесной сферы

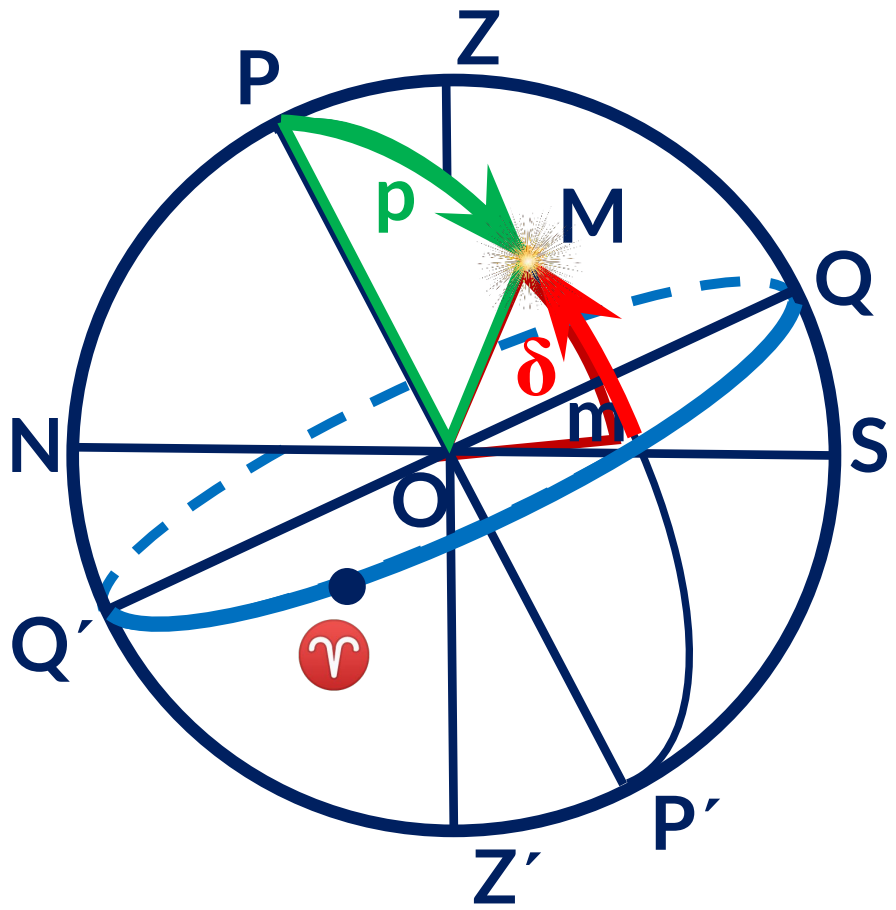


Две точки эклиптики, отстоящие от точек равноденствия на 90° и максимально удалённые от небесного экватора - точки солнцестояния

Точка летнего солнцестояния (♋) находится в северном полушарии, точка зимнего солнцестояния (♑) в южном полушарии

♑ - знак Козерога ♋ - знак Рака

Первая экваториальная система координат



Основной плоскостью является плоскость небесного экватора

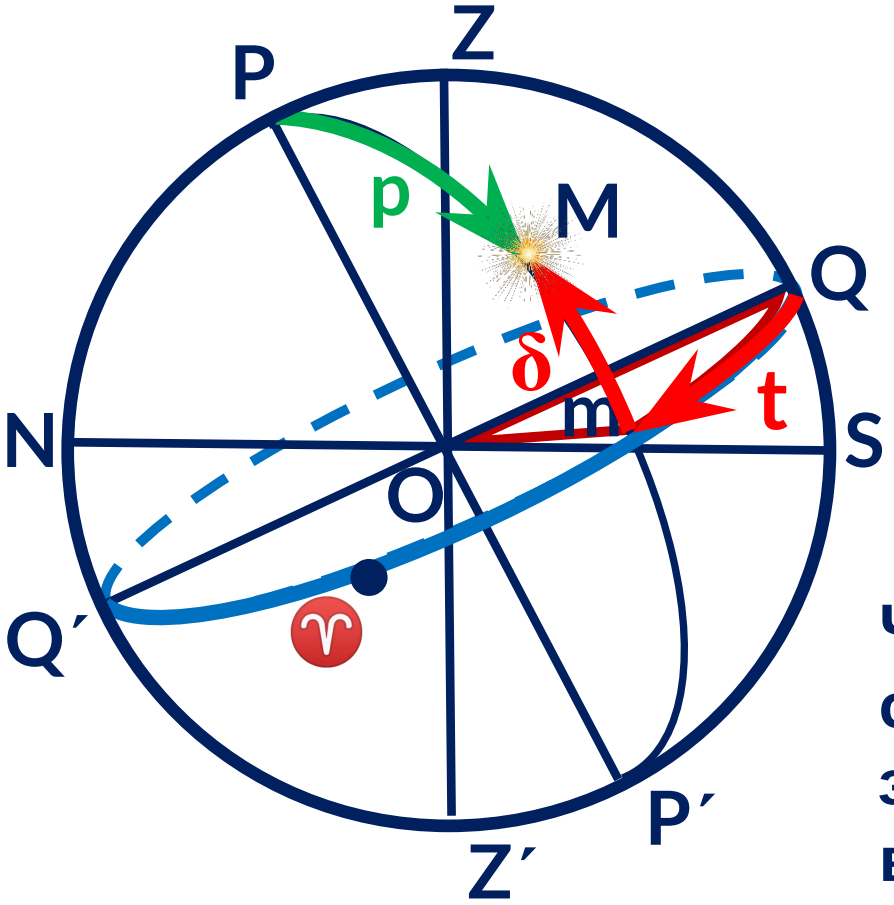
Координата **склонение δ** светила M - дуга mM часового круга PMmP' от небесного экватора до светила

или центральный угол mOM (в плоскости часового круга).

Отсчитываются в пределах от 0° до +90° к северному полюсу мира и от 0° до -90° к южному полюсу мира

Иногда склонение заменяется полярным расстоянием p (также либо дуга PM, либо центральный угол POM). Отсчитываются от 0° до 180° от северного полюса мира к южному. $p + \delta = 90°$

Первая экваториальная система координат



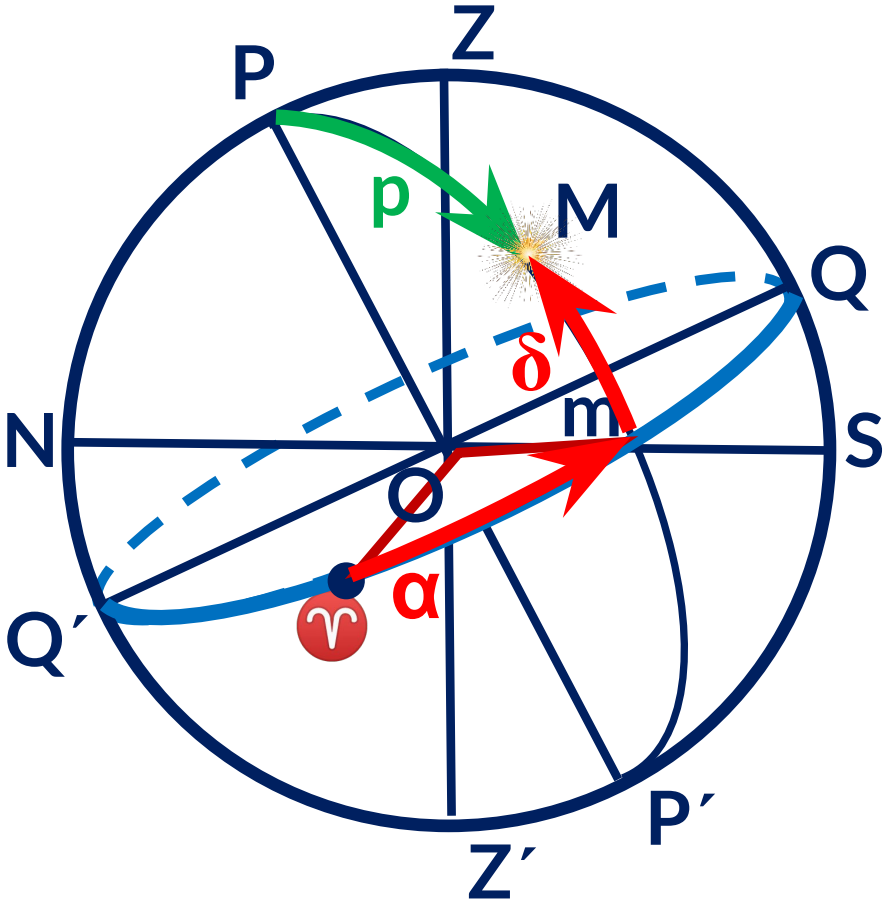
Вторая координата - **часовой угол t** светила M - дуга небесного экватора Qm от верхней точки Q небесного экватора до часового круга PMmP', проходящего через светило,

или центральный угол QOm (в плоскости небесного экватора)

Часовые углы отсчитываются в сторону суточного вращения небесной сферы, т.е. к западу от верхней точки Q небесного экватора, в пределах от 0° до 360° или от 0^h до 24^h

В процессе суточного вращения небесной сферы склонения δ светил не изменяются (если пренебречь собственным движением звёзд), а часовые углы t увеличиваются.

Вторая экваториальная система координат



Одна координата **склонение δ** ,

другая **прямое восхождение α**

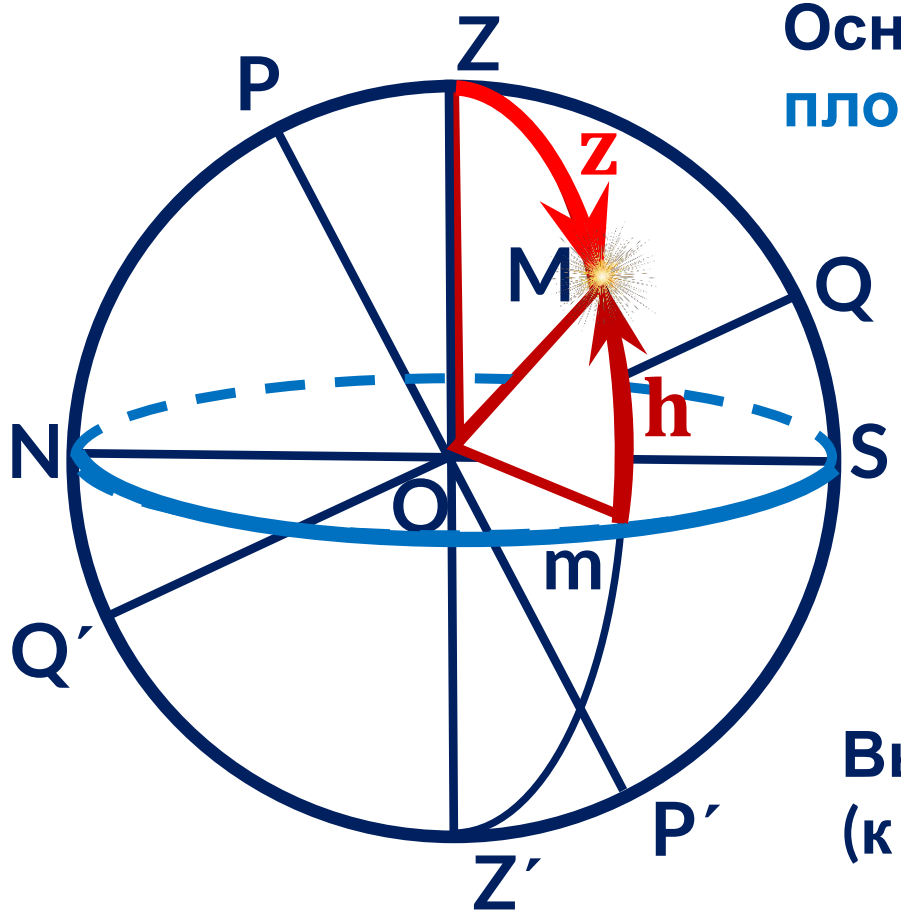
Прямое восхождение α светила M - дуга небесного экватора ♈m от точки весеннего равноденствия ♈ до часового круга, проходящего через светило

или центральный угол ♈Om (в плоскости небесного экватора)

Отсчитывается в сторону противоположную суточному вращению в пределах от 0° до до 360° или от 0^h до 24^h

Система используется для определения звёздных координат и составления каталогов. Определяет годичное движение Солнца и других светил.

Горизонтальная система координат



Основной плоскостью является плоскость математического горизонта

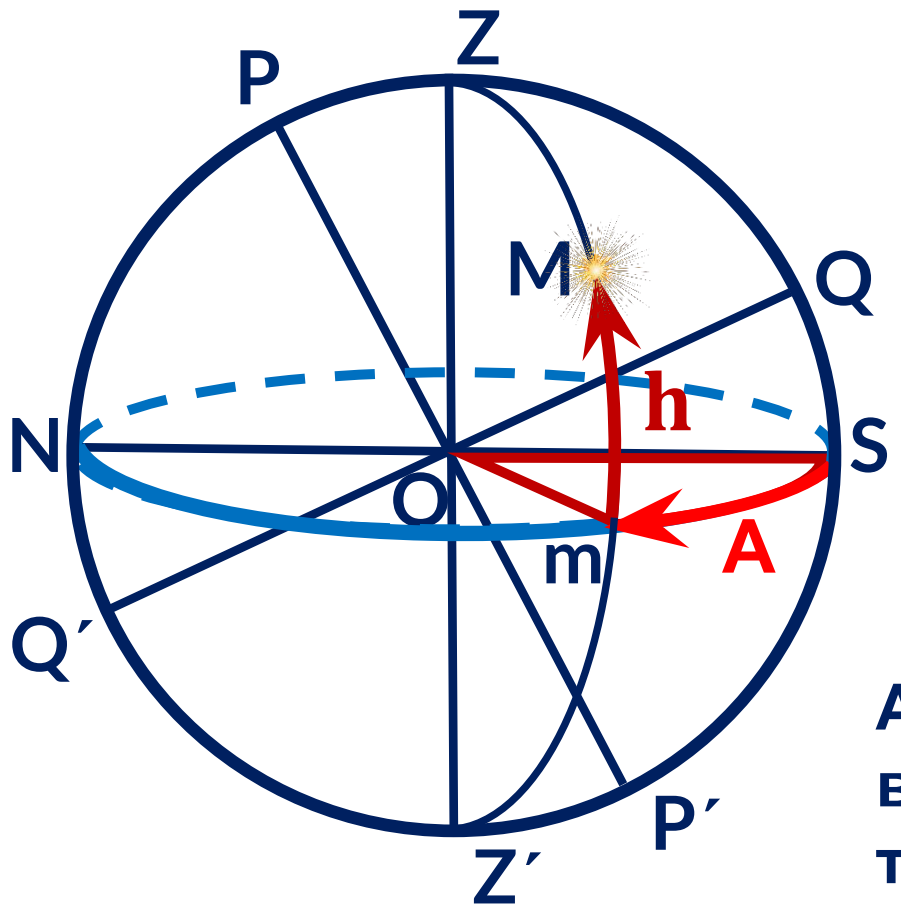
Одна координата - **зенитное расстояние z, или высота светила над горизонтом h**

Высота h светила M - дуга вертикального круга mM от математического горизонта до светила или центральный угол mOM

Высоты отсчитываются в пределах от 0° до +90° (к зениту) и от 0° до –90° (к надиру)

Зенитное расстояние z светила M - дуга вертикального круга ZM от зенита до светила или центральный угол ZOM. Зенитные расстояния отсчитываются в пределах от 0° до 180° в направлениях от зенита к надиру. z + h = 90°

Горизонтальная система координат



Вторая координата - **азимут A**

- дуга математического горизонта Sm от точки юга S до вертикального круга, проходящего через светило

или центральный угол SOm (в плоскости математического горизонта)

Азимуты отсчитываются в сторону суточного вращения небесной сферы, т. е. к западу от точки юга S, в пределах от 0° до 360°

Система координат используется для непосредственных определений видимых положений светил с помощью угломерных инструментов

Определение географической широты

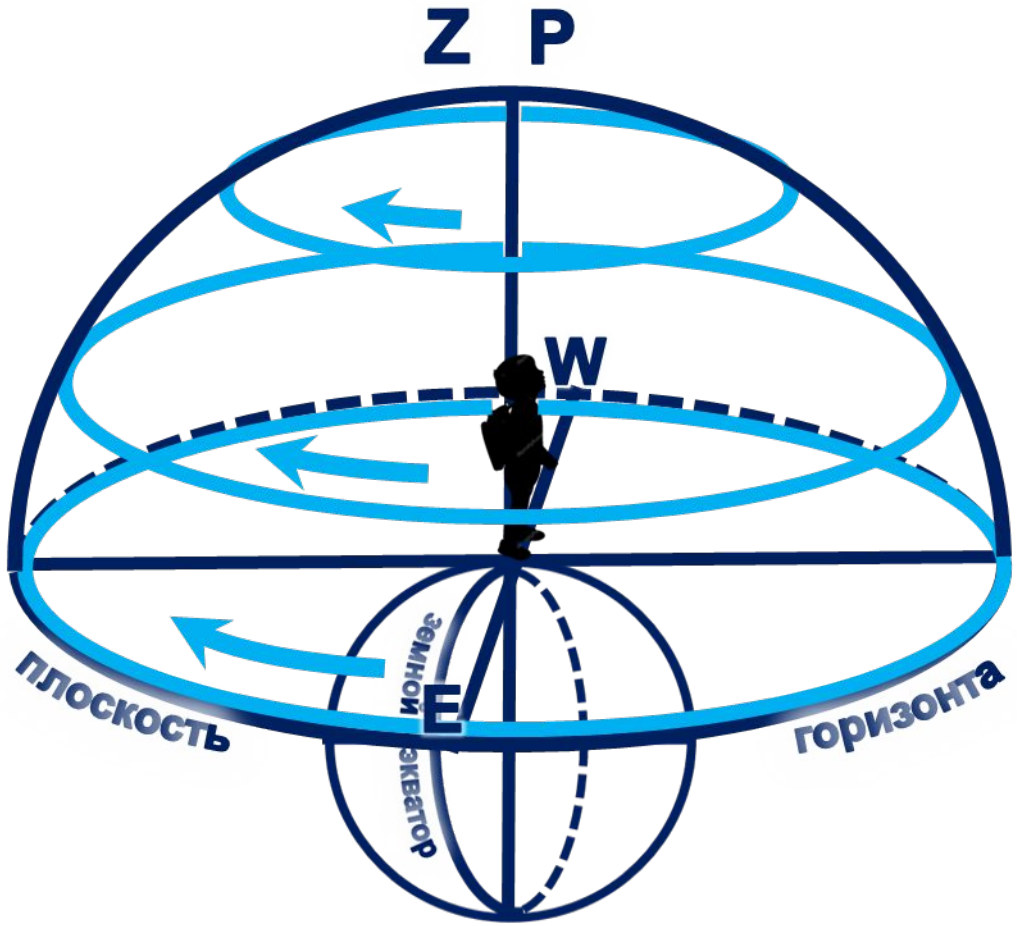
Угол (высота полюса мира над горизонтом h_p) равен углу (географическая широта места φ),
как углы со взаимно перпендикулярными сторонами OC⊥CN; OR⊥CP

Равенство этих углов дает простейший способ определения географической широты местности: угловое расстояние полюса мира от горизонта равно географической широте местности

Чтобы определить географическую широту местности, достаточно измерить высоту полюса мира над горизонтом:

$$h_p = \varphi$$

Суточное движение светил на различных широтах

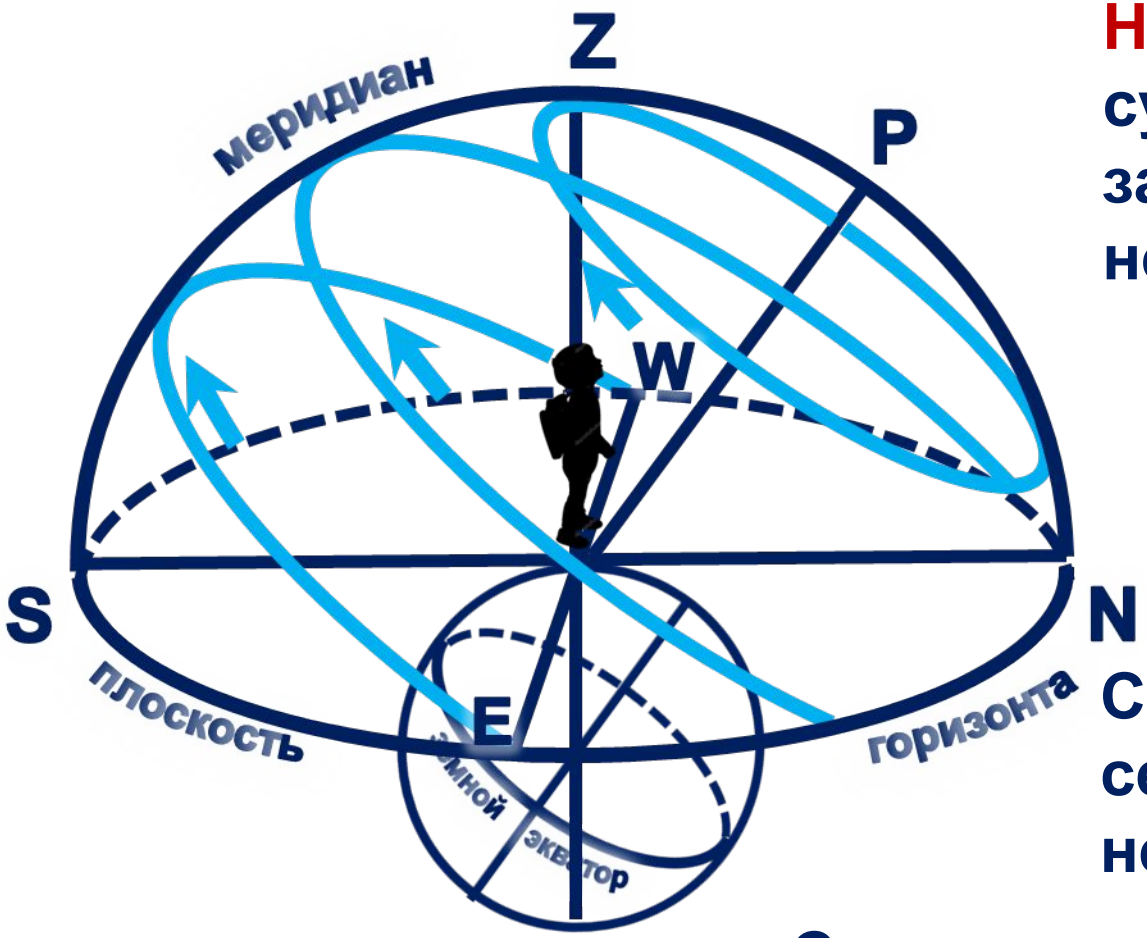


На полюсе Земли

полюс мира находится в зените, и звезды движутся по кругам, параллельным горизонту

Здесь звезды не заходят и не восходят,
их высота над горизонтом неизменная

Суточное движение светил на различных широтах



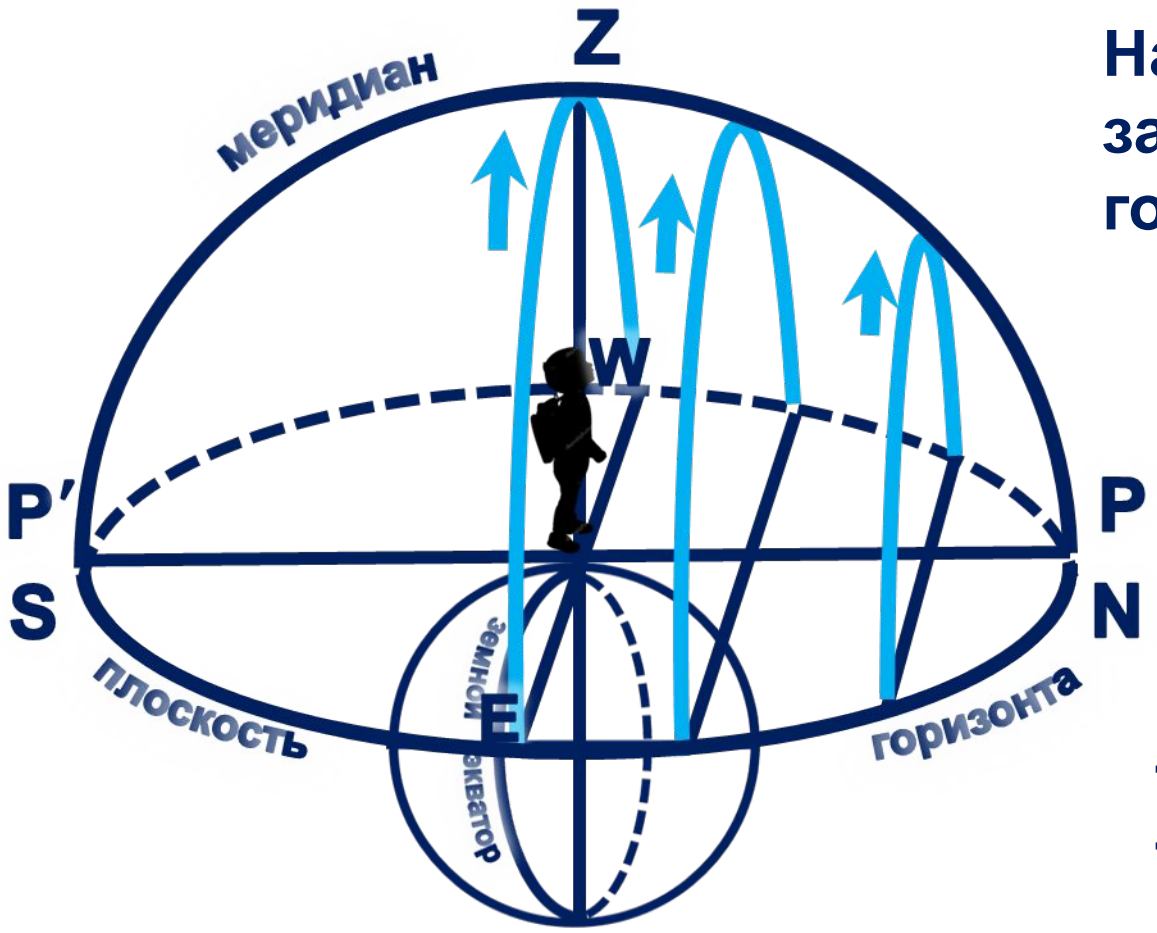
На средних географических широтах существуют восходящие и заходящие звезды и те, которые никогда не опускаются под горизонт

Околополярные созвездия на географических широтах России никогда не заходят

Созвездия, расположенные дальше от северного полюса мира, показываются ненадолго над горизонтом

Созвездия, лежащие около южного полюса мира, являются невосходящими.

Суточное движение светил на различных широтах

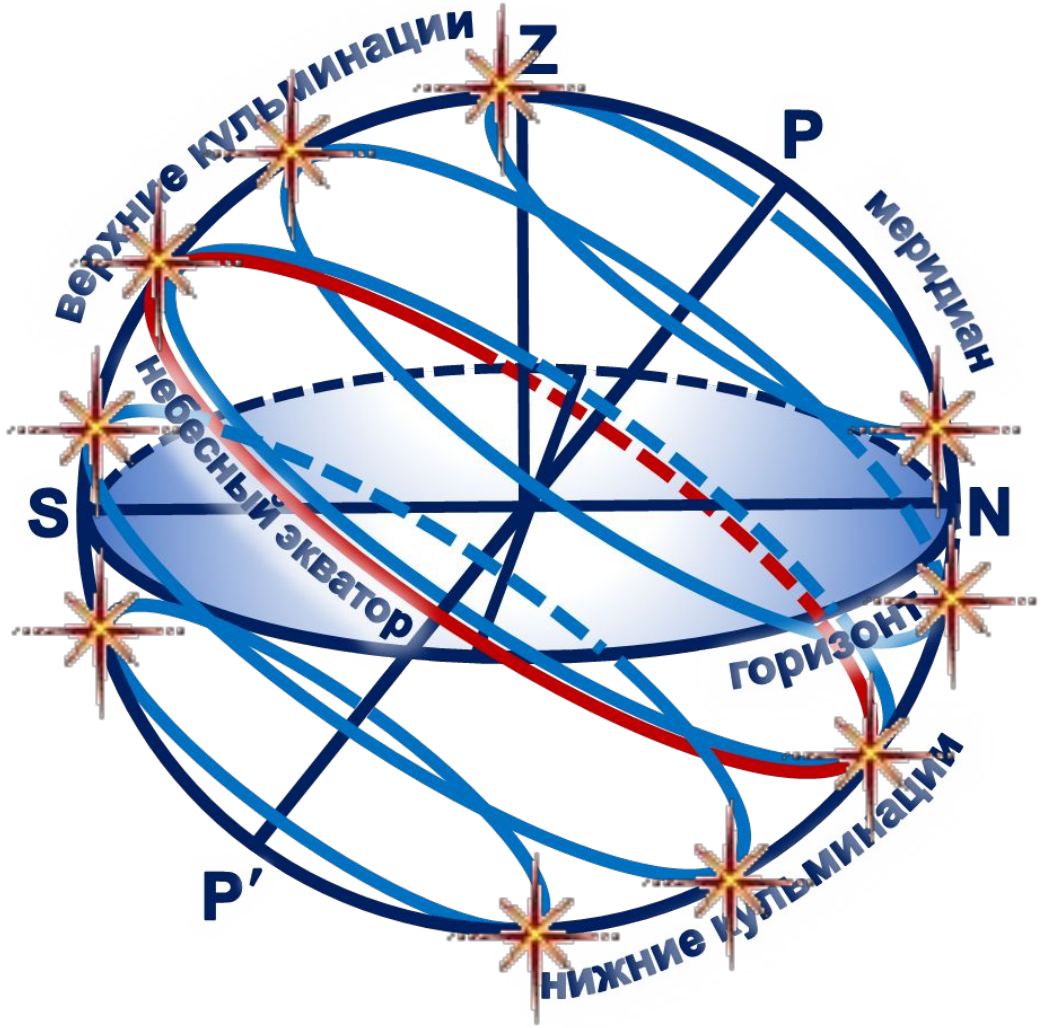


На экваторе все звезды восходят и заходят перпендикулярно плоскости горизонта

Каждая звезда здесь проходит над горизонтом ровно половину своего пути

Северный полюс мира совпадает с точкой севера, а южный полюс мира - с точкой юга.
Ось мира расположена в плоскости горизонта

Высота светил в кульминации

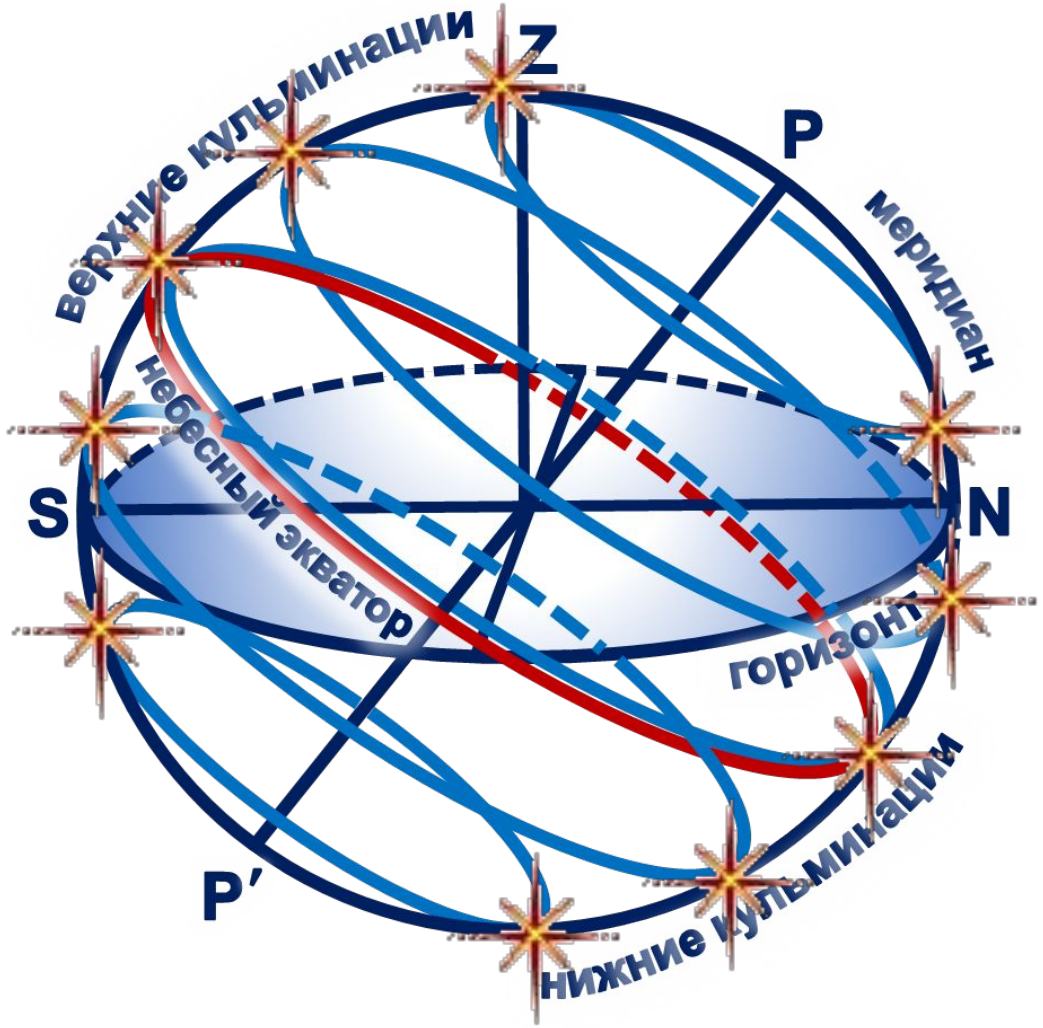


Кульминации - явления прохождения светил через небесный меридиан
В верхней кульминации высота светила максимальна,
в нижней кульминации - минимальна.

Промежуток времени между кульминациями равен половине суток

Момент верхней кульминации центра Солнца - **истинный полдень**,
момент нижней кульминации - **истинная полночь**

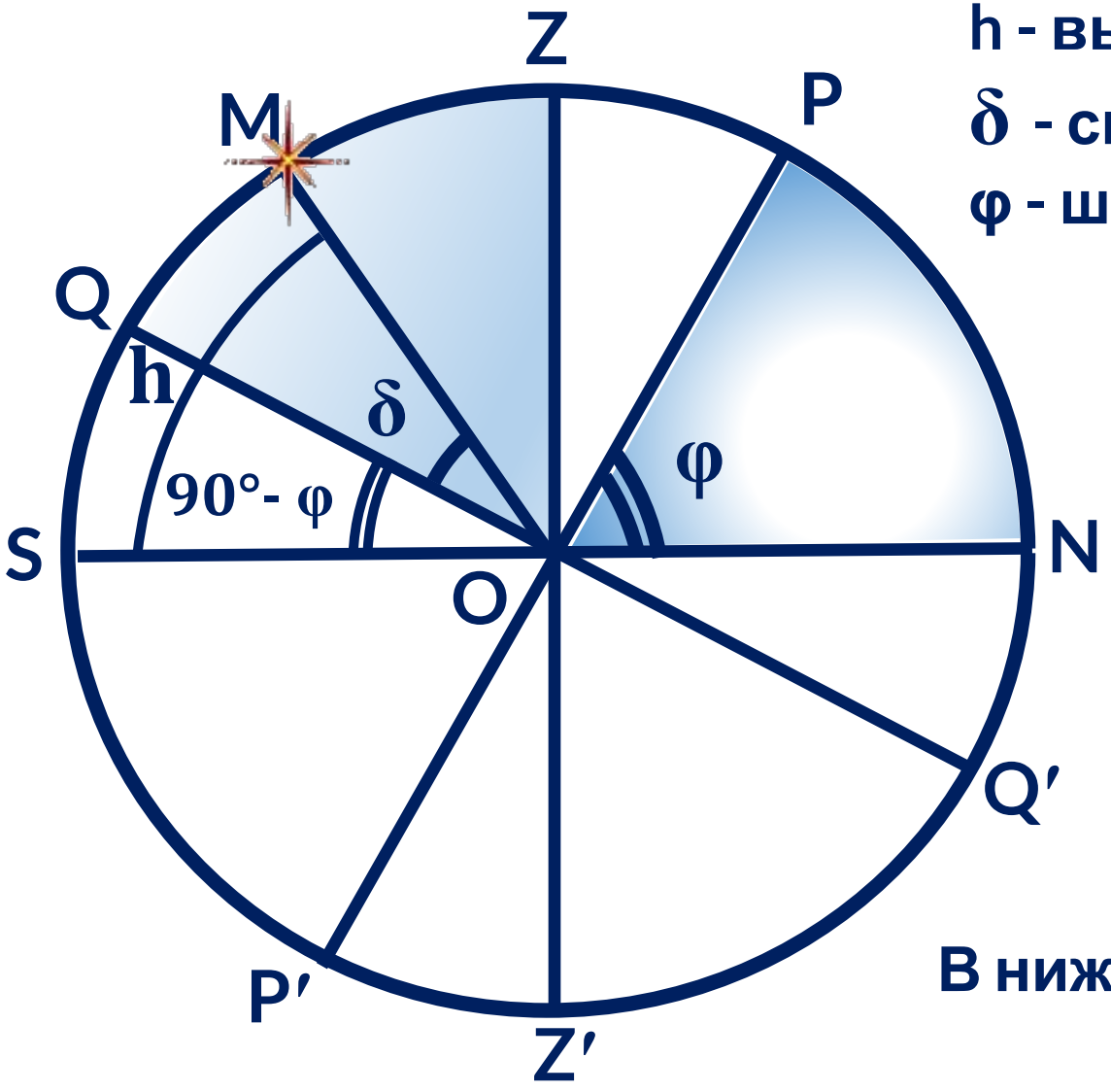
Высота светил в кульминации



У **не заходящего** на данной широте φ светила видны (над горизонтом) обе кульминации,

у звезд, которые **восходят и заходят**, нижняя кульминация происходит под горизонтом.

У светила, находящегося далеко к югу от небесного экватора, обе кульминации могут быть невидимы (светило **не восходящее**)



h - высота светила M в верхней кульминации

δ - склонение светила

φ - широта местности

$\angle PON = h_p = \varphi$

$\angle QOZ = \angle PON$ как углы с взаимно перпендикулярными сторонами

$$h = 90° - \varphi + \delta$$

Географическую широту можно определить, измеряя высоту любого светила с известным склонением δ в верхней кульминации

В нижней кульминации: $-h = 90° - \varphi - \delta$ или

$$h = \delta + \varphi - 90°$$

Определите географическую широту места наблюдения, если звезда Вега проходит через точку зенита.

Дано:

$\delta = +38°47'$

$h = 90°$

φ - ?

$$h = 90° - \varphi + \delta$$

$$\varphi = 90° - h + \delta$$

$$\varphi = 90° - 90° + 38°47' = 38°47'$$

Сириус был в верхней кульминации на высоте 10°. Чему равна широта места наблюдения?

Дано:

$\delta = -16°39'$

$h = 10°$

φ - ?

$$h = 90° - \varphi + \delta$$

$$\varphi = 90° - h + \delta$$

$$\varphi = 90° - 10° + (-16°39') = 63°21'$$