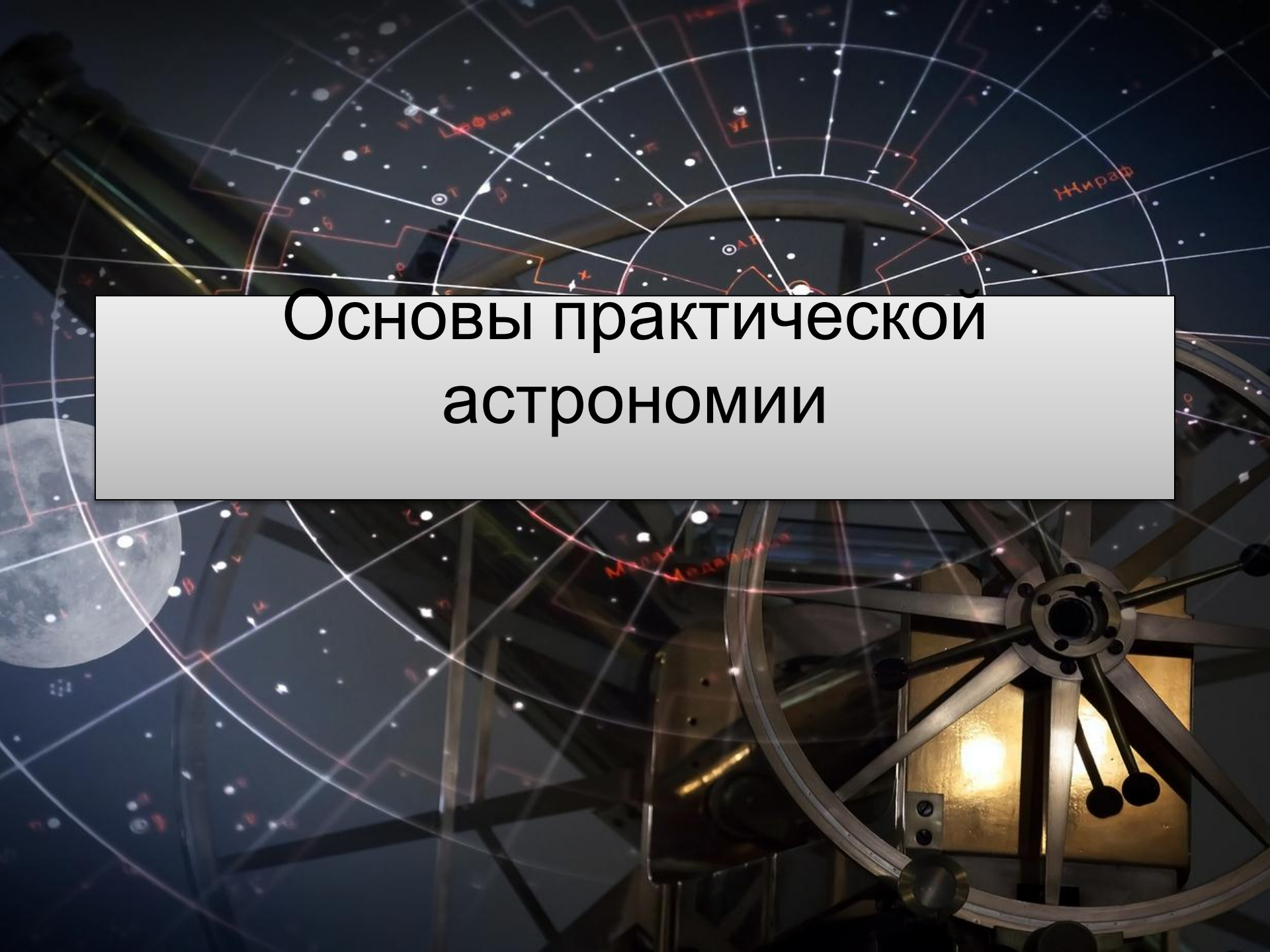


The background of the slide is a photograph of a planetarium's interior. A large, curved star map is projected onto the dome, featuring white lines for celestial coordinates and various star patterns. Some constellations are labeled in red Cyrillic script, such as "Жираф" (Giraffe) in the upper right and "Малый Медведица" (Little Bear) in the center. A large, detailed image of the Moon is visible on the left side. In the lower right foreground, a portion of a telescope or a similar astronomical instrument is visible, showing its metallic structure and a glowing light source.

Основы практической астрономии

Изменение положения светил в течение суток.

На первый взгляд кажется, что звезды – неподвижны.

Но если долго наблюдать за ними, то можно заметить, что они медленно движутся – восходят, достигают максимальной высоты и заходят, точно так же, как это делает Солнце.

Но если звезда находится высоко, она не заходит за горизонт, а описывает круги на небе вокруг точки, которую принято называть

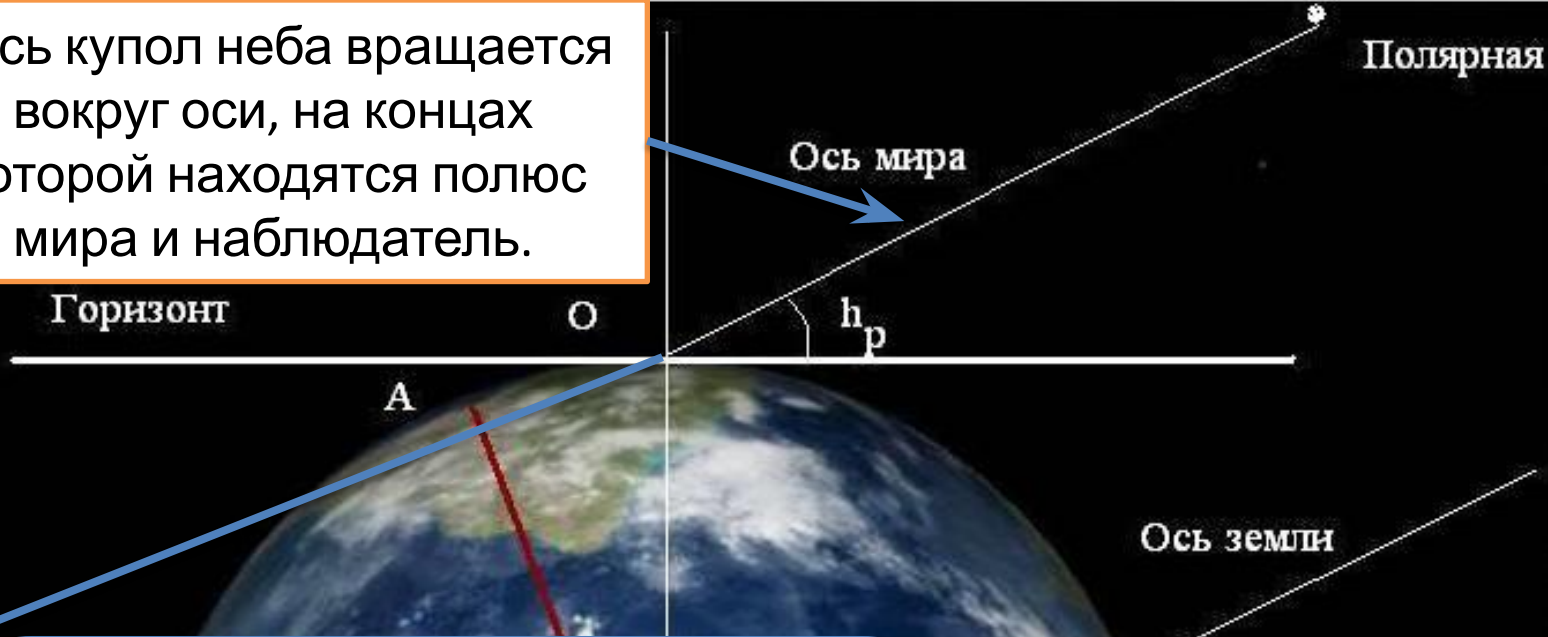
северным полюсом мира.

Положение северного полюса мира примерно совпадает с положением Полярной звезды.



Если вечером направить фотокамеру на Полярную звезду и оставить ее включенной, то к утру получится примерно вот такая картинка

Весь купол неба вращается
вокруг оси, на концах
которой находятся полюс
мира и наблюдатель.

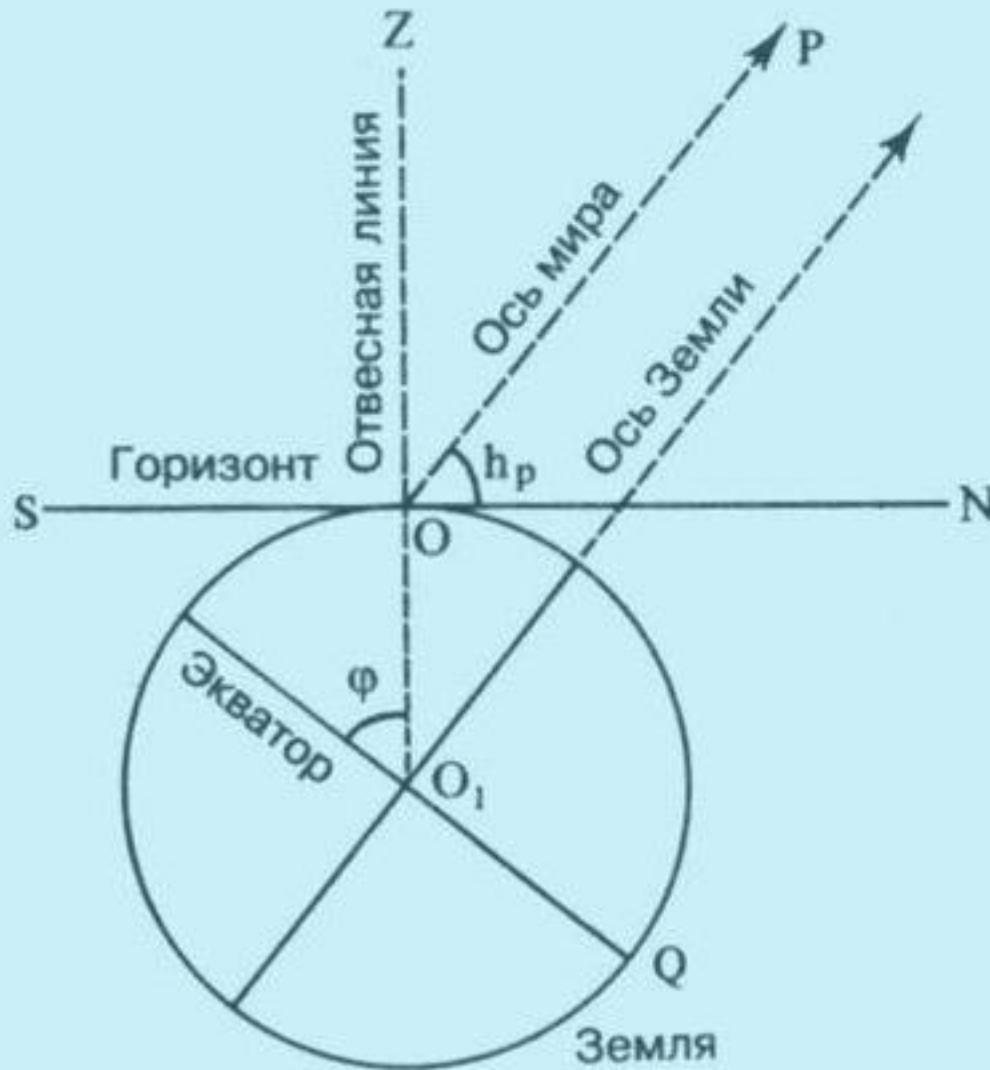


Все знают, что на самом деле
вращается не небо, а Земля. Поэтому
суточное движение неба – *кажущееся*.

Но люди так долго верили в
неподвижность Земли, что у нас до сих
пор осталась эта высокомерная
привычка – считать, что мы находимся
в центре Вселенной. А вместе с ней и
те первые математические уравнения,
которые применялись для
определения законов видимого
движения небесных тел.

Если продолжить эту
ось дальше под
горизонт, то она укажет
на другую важную
астрономическую точку
– *южный полюс мира* –
ту точку, вокруг которой
вращаются звезды,
если смотреть на них из
южного полушария.

Задача определения географической широты



А для более опытного наблюдателя, научившегося не отвлекаться на

веру находится наблюдатель, несущественные подробности, наоборот. Это можно понять, ли потратить какое-то время, астрономические круги и глядя на рисунок направления, полезнее будет поработать с этим рисунком.

Итак, давайте запомним первое астрономическое

Поларное уравнение, связывающее географическое положение наблюдателя с видимым распо

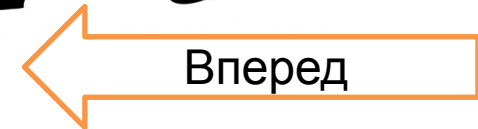
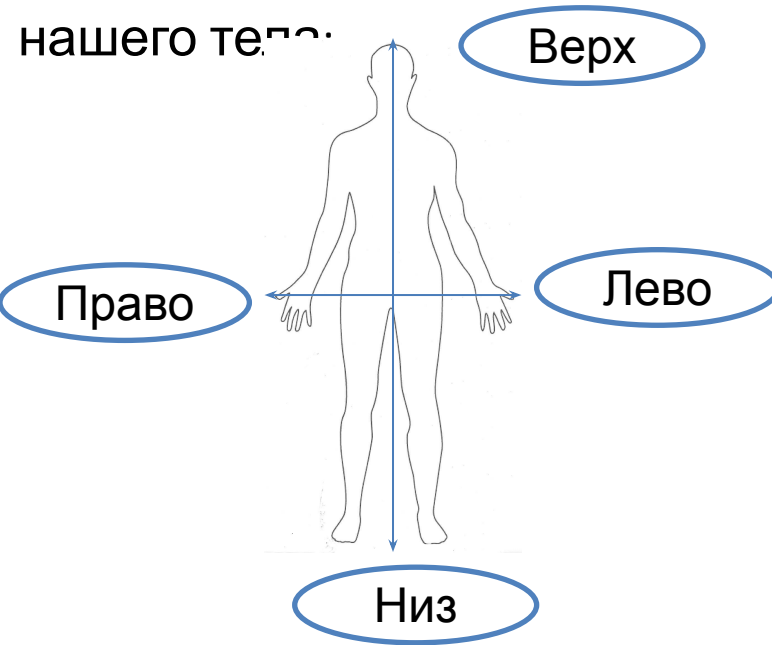
$$h_p = \phi$$

высота полюса мира над горизонтом равна географической широте места наблюдения.

Главные астрономические круги и направления.

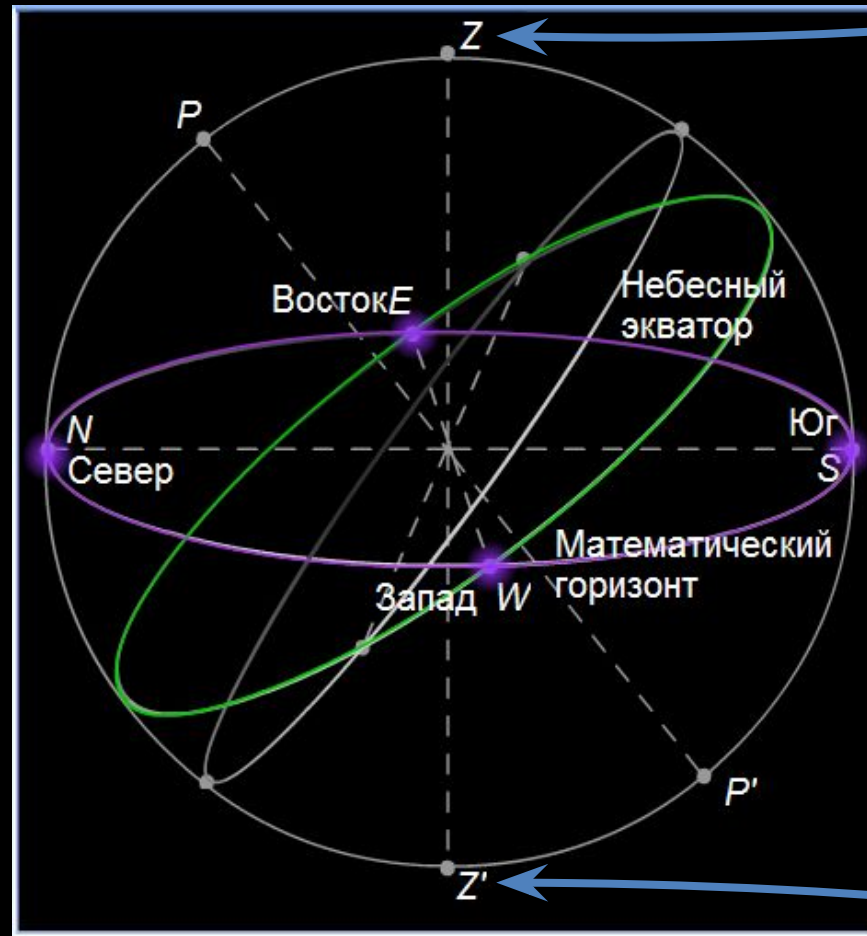
Помимо полюса мира есть и другие важные астрономические направления, которые полезно знать и применять.

Самые очевидные из них – те, которые подсказывает нам положение нашего тела.



Точка неба или, как принято говорить в астрономии, небесной сферы, располагающаяся прямо над головой, в самой высокой части неба, называется *зенитом*.

Обычно ее обозначают латинской буквой Z .



Противоположная ей точка небесной сферы, располагающаяся под нашими ногами, называется *надиром*, она обозначается буквой Z' .

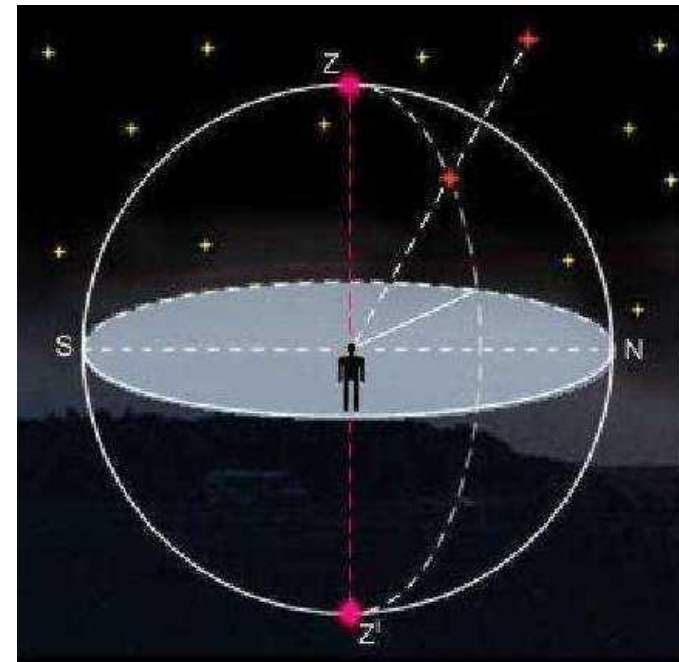
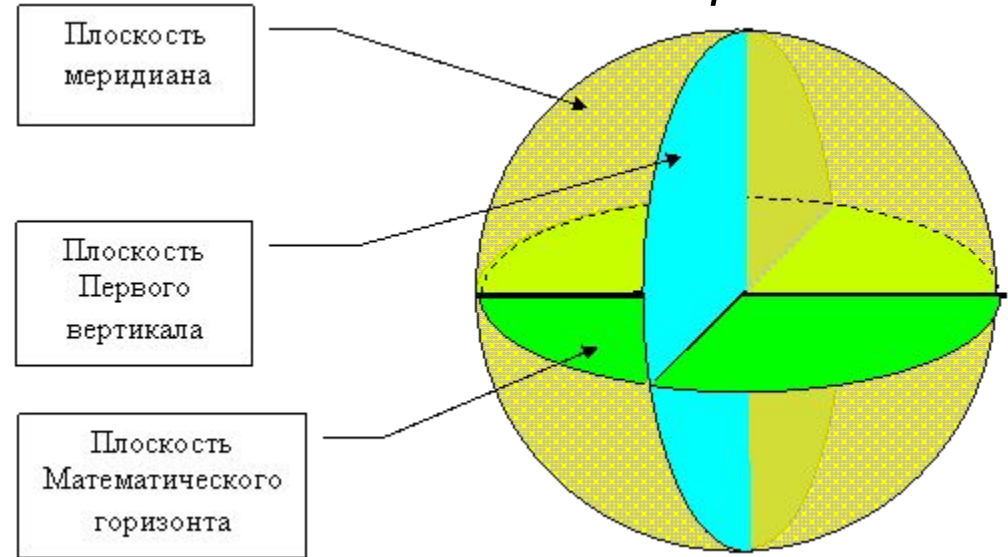
Если стать лицом к Полярной
звезде, то впереди на
горизонте будет *точка севера*
(N),
сзади – *точка юга* (S),
справа – *точка востока*
(E),
а слева – *точка запада* (W).



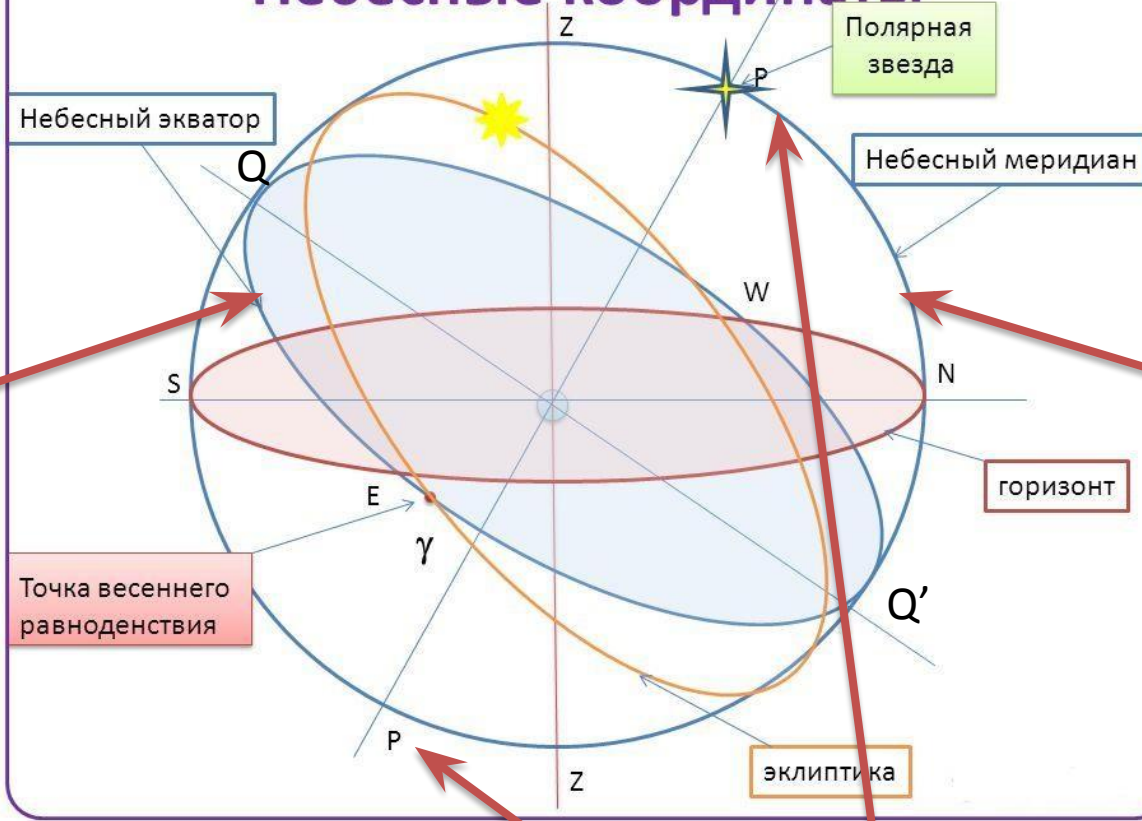
Если провести через эти точки большой круг (большим кругом называют круг, центр которого совпадает с центром небесной сферы), то этот воображаемый круг будет называться *математическим горизонтом*.

Прилагательное «математический» означает, что он, как правило (за исключением редких случаев, когда мы находимся либо в открытом море, либо на плоской равнине), не совпадает с *истинным горизонтом*, определяемым ландшафтом места наблюдения.

Понятно, что наблюдатель всегда стоит в самом центре этого большого и неподвижного круга.



Небесные координаты

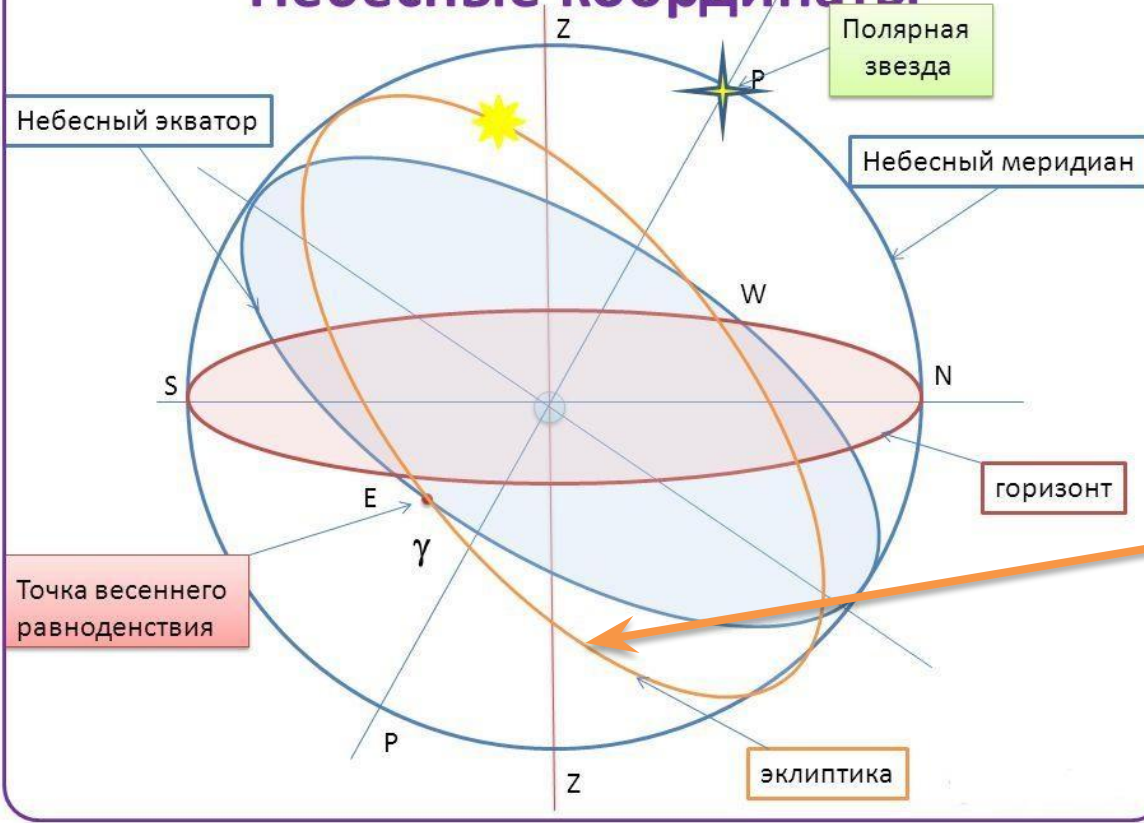


Большой круг небесной сферы, перпендикулярный оси мира, называется *небесным экватором*.

А большой круг, проходящий через полюса мира и точки севера и юга – *небесным меридианом*.

Эти точки и небесный меридиан всегда находятся на своих местах, они не «вморожены» в небесную сферу, как звезды. Небесная сфера, как бы, «скользит» вдоль них, никак не меняя их положения.

Небесные координаты



Есть еще один важный круг. На рисунке он помечен оранжевым цветом, и не случайно. Это круг, по которому движется Солнце, совершая полный оборот по нему за один год.

Его называют *эклиптикой*.

Она наклонена к математическому горизонту под углом ε , который равен примерно $23,5^\circ$. Из географии мы помним, что именно под таким углом земная ось наклонена к нормали плоскости земной орбиты. Именно поэтому почти повсюду на Земле ярко проявляются сезонные климатические изменения. Вдоль эклиптики пролегает пояс зодиакальных созвездий или просто зодиак.

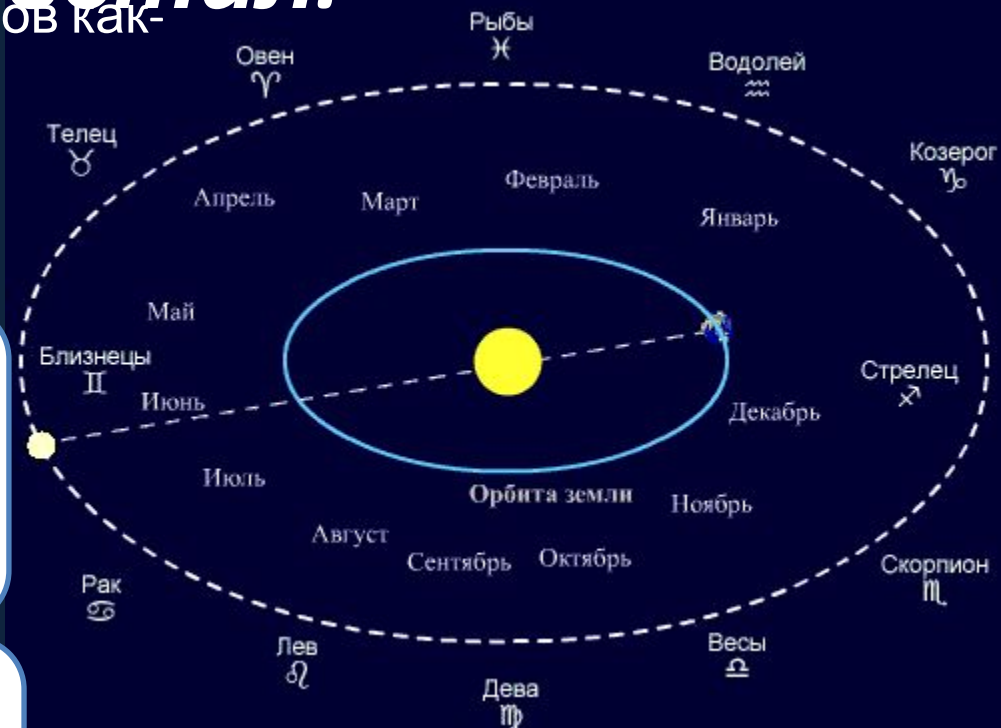
Сезонные изменения положения светил.

Мы уже поняли, что смена сезонов как-то связана с тем, в какой точке эклиптики находится Солнце. На рисунке изображено годовое движение Земли вокруг Солнца.

Если бы Солнце не светило так ярко, у нас была бы возможность увидеть его на фоне какого-либо из зодиакальных созвездий.

Когда происходит полное солнечное затмение, мы действительно можем видеть «Солнце», закрытое Луной, на фоне звезд.

Из месяца в месяц Солнце будет переходить из одного зодиакального созвездия в другое пока, по истечении года, не замкнет круг.



Таким образом, Солнце действительно движется по большому кругу небесной сферы, который, как мы уже знаем, называется эклиптикой. Это движение направлено в сторону, противоположную суточному движению небесной сферы.

Когда Солнце находится на самом
близком расстоянии
небесного экватора с северной
стороны небесной сферы, оно
встает на северо-востоке
и заходит глубоко на северо-
западе
в течение дня большую
часть
дней будет самым
длинным в году, а ночь –
самой короткой.
И называется он

день летнего солнцестояния

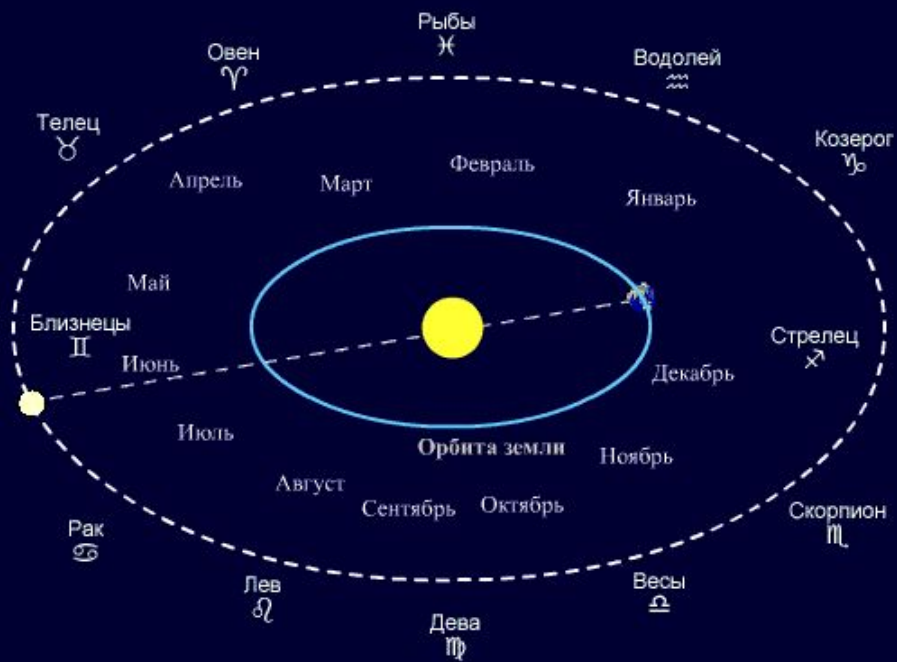
21 или 22 июня.
Летнее
солнцестояние

20 или 21 марта.
Весеннее равноденствие
22 или 23 октября.
Осеннее равноденствие

21/22 декабря
Зимнее
солнцестояние

Наступает он 21 либо 22
июня (это зависит от того –
високосный год, или нет).





Затем Солнце опять двинется в направлении небесного экватора, а точки его восходов и заходов опять начнут смещаться к северу. В день весеннего равноденствия оно взойдет точно на востоке, а зайдет точно на западе. Соответствующая точка эклиптики обозначается знаком созвездия Овна . А когда Солнце опять достигнет точки летнего солнцестояния, весь описанный процесс повторится заново.

само событие называется зимним солнцестоянием, и наступает оно 21 либо 22 декабря



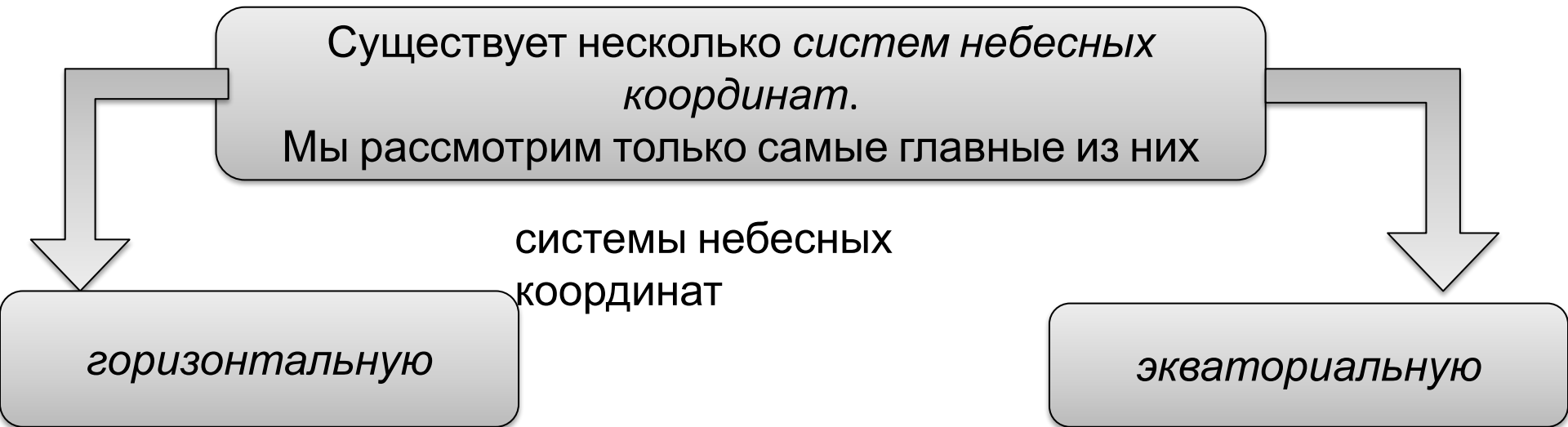
Это движение будет влиять, в том числе, и на вид звездного неба. Продвигаясь вдоль эклиптики с запада на восток примерно на один градус в сутки (два своих диаметра), Солнце будет постепенно «освобождать место» на небе новым созвездиям и затмевать прежние.

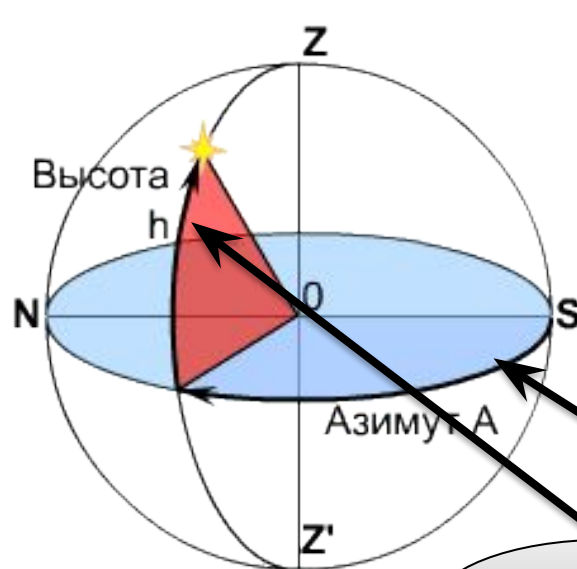
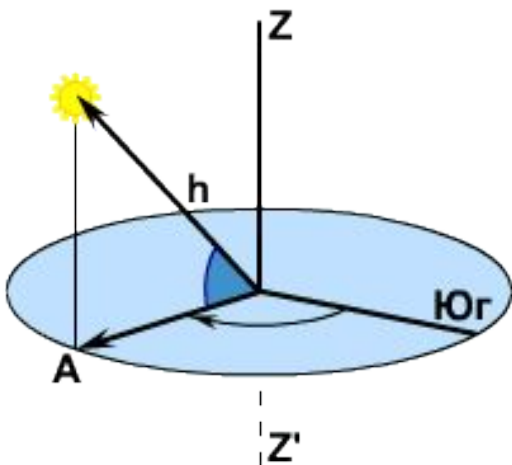
А весной на ночном небе будут править Лев, Дева и Волопас. Вскоре, дадут дорогу зимним созвездиям – Близнецам, Возничему,



Небесные координаты.

Но для того, чтобы точно предсказывать, в каком месте окажется то или иное светило в тот или иной момент времени (то есть рассчитывать уже упоминавшиеся выше эфемериды), необходимо не только примерно представлять себе, как меняется небо в течение суток и от сезона к сезону, но и знать их точное положение или *координаты*.



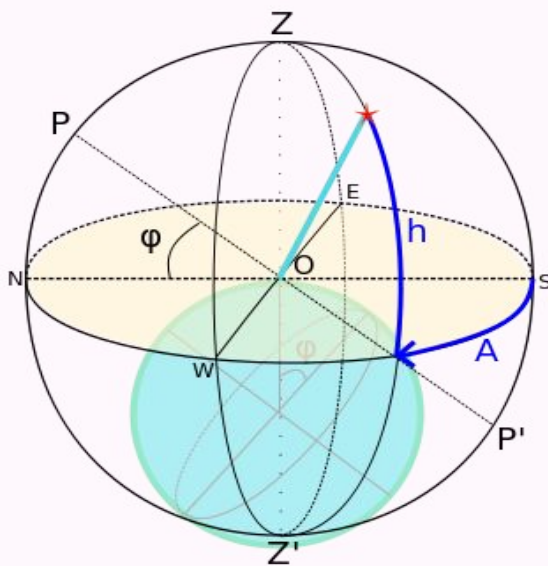


В горизонтальной системе небесных координат положение светила определяется относительно математического горизонта и небесного меридиана с помощью координат, которые называются

высота

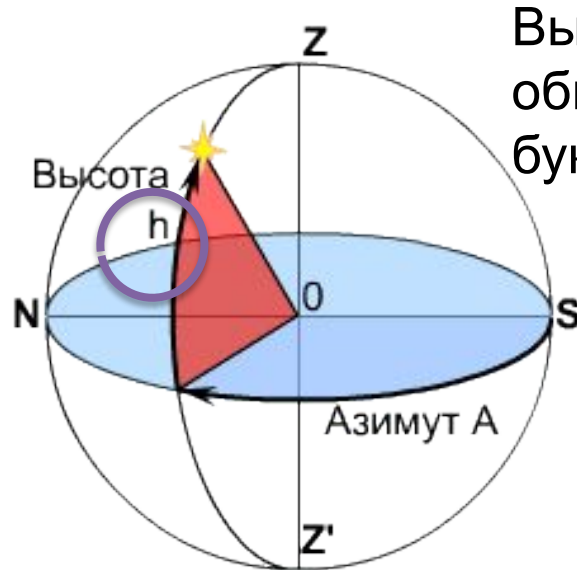
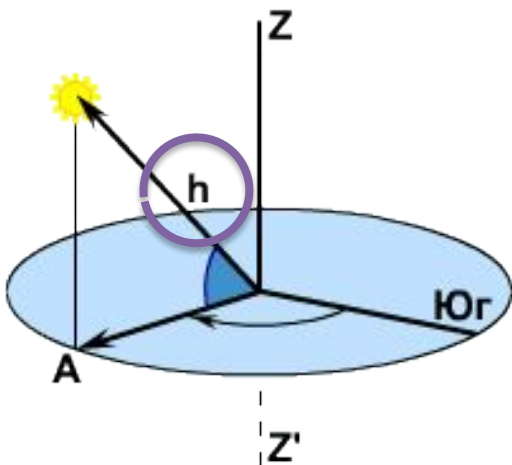
и

азимут



Для того, чтобы было удобнее работать с этой системой, введем еще одно астрономическое понятие – *круг высоты*.

Кругом высоты называют большой полукруг небесной сферы, проходящий через зенит, светило и надир.



Высота светила, которую обычно обозначают латинской h , буквой

измеряется в градусах и отсчитывается от математического горизонта до светила по кругу высоты в сторону зенита в том случае, если светило находится выше горизонта, и в сторону надира, если оно находится под горизонтом

Все, что выше горизонта, записывается со знаком «плюс», а все, что ниже, – со знаком «минус».

Например, зенит обладает максимальной высотой $h = +90^\circ$, а надир – минимальной высотой $h = -90^\circ$. Соответственно, высота любой точки горизонта равна нулю.

Или, как принято говорить, *область определения* высоты в горизонтальной системе координат: от -90° до $+90^\circ$ или:

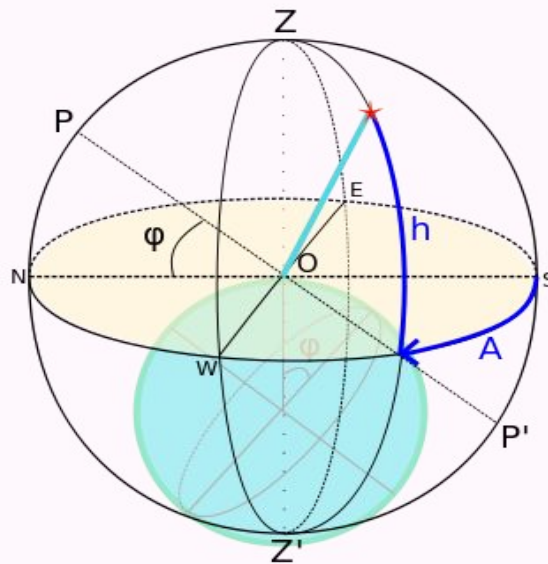
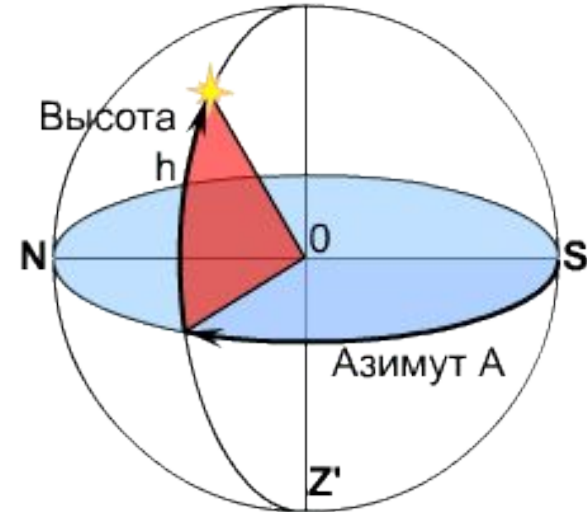
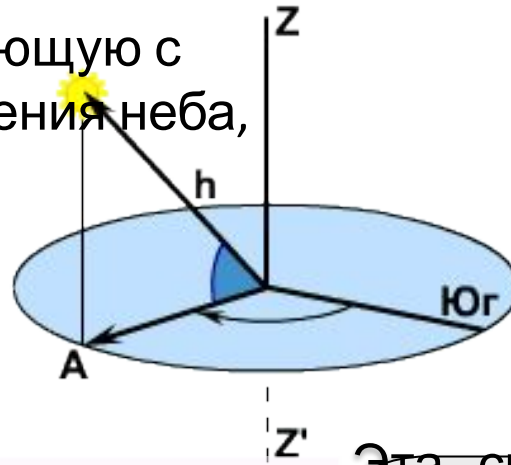
$$- 90^0 \leq h \leq + 90^0$$

Азимут светила, обозначается большой латинской буквой A , измеряется также в градусах и отсчитывается от точки юга S

до пересечения круга высоты с горизонтом в сторону, совпадающую с направлением суточного вращения неба, то есть в сторону точки запада W и далее.

Область определения азимута: от 0° до 360° или:

$$0^0 \leq A \leq 360^0$$



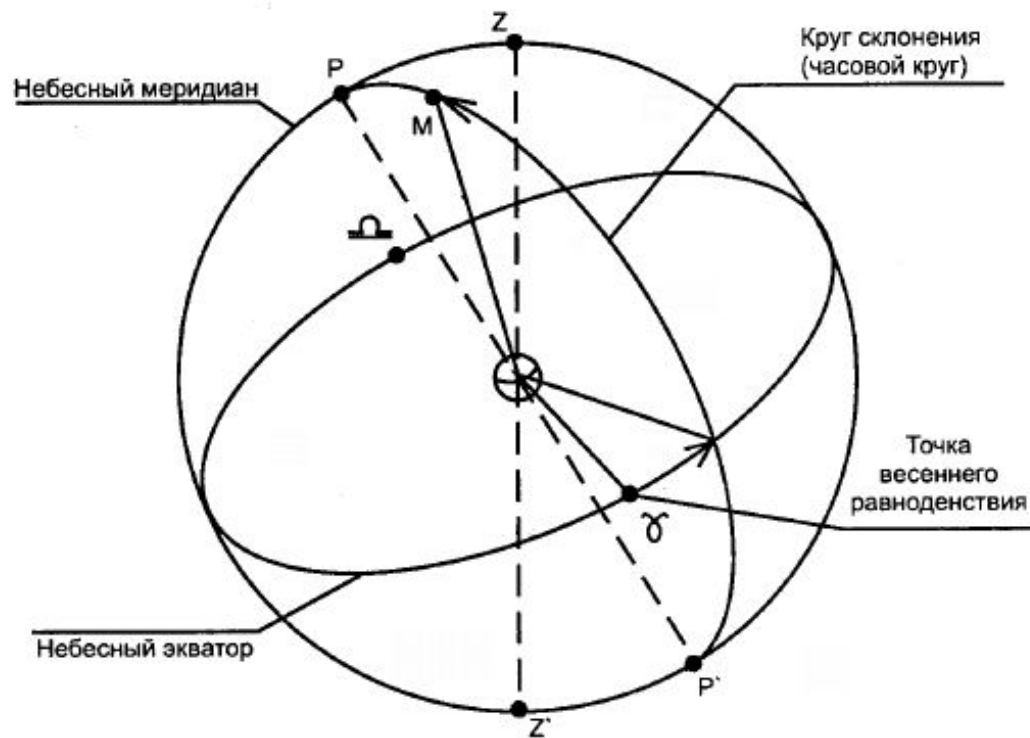
Эта система хороша, если нам нужно заранее определить положение светила относительно земного наблюдателя, но она неудобна для определения взаимных расстояний между самими светилами, потому что с ходом суточного движения и высота, и азимут непрерывно меняются, причем почти всегда с неодинаковой скоростью.

Экваториальная система небесных координат

Прочно связана с небесной сферой и вращается вместе с ней.

Координаты в этой системе никак не зависят ни от суточного, ни от сезонного движения неба определяются только *собственными движениями* светил.

Как мы уже убедились, оно весьма заметно для Солнца (примерно один градус в сутки) и едва различимо (но различимо!) для звезд.

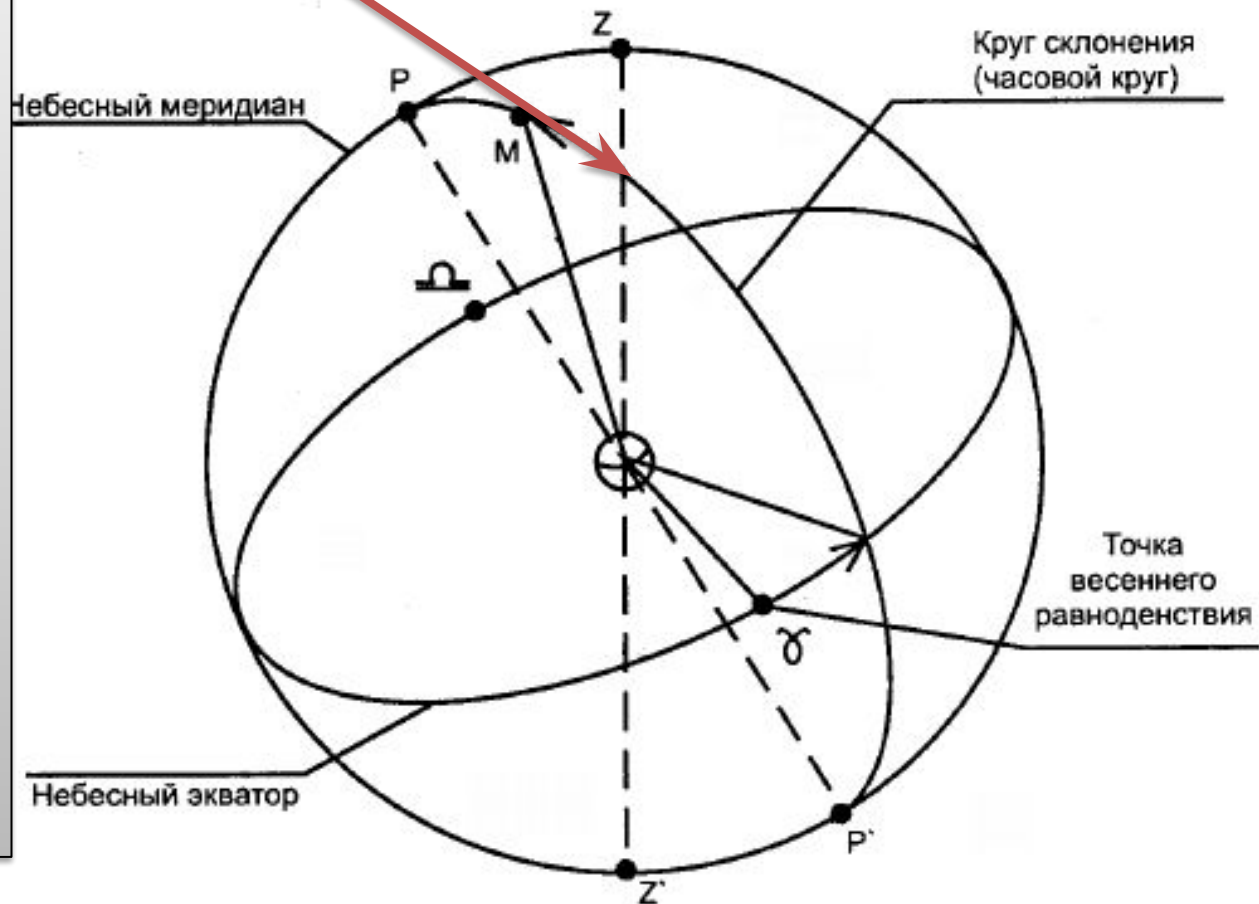


В этой системе положение светила задается координатами, которые носят названия *склонение* и *прямое восхождение*.

Как и для горизонтальной системы, введем вспомогательное астрономическое понятие *круг склонения*.

Кругом склонения называют большой полукруг небесной сферы, проходящий через полюсы мира (P и P') и светило.

Склонение обозначается греческой буквой δ , измеряется в градусах и отсчитывается по кругу склонения от небесного экватора в сторону северного полюса мира P , если светило находится в северной полусфере, и в сторону южного полюса мира P' , если светило находится в южной полусфере.



Как и с высотой, в первом случае оно отсчитывается со знаком «плюс», а во втором – со знаком «минус». Самое большое склонение будет у северного полюса мира (+90°), а самое маленькое – у южного (–90°). Склонение всех точек небесного экватора будет равно нулю. Соответственно, область определения склонения:

$$-90^{\circ} \leq \delta \leq +90^{\circ}$$

Прямое восхождение обозначается греческой буквой α , измеряется в часах дуги и

отсчитывается от точки весны в сторону, противоположную суточному движению небесной сферы, до пересечения круга склонения с небесным экватором.

Соответственно, область определения прямого восхождения:

$$0^h \leq \alpha \leq$$

24h

