

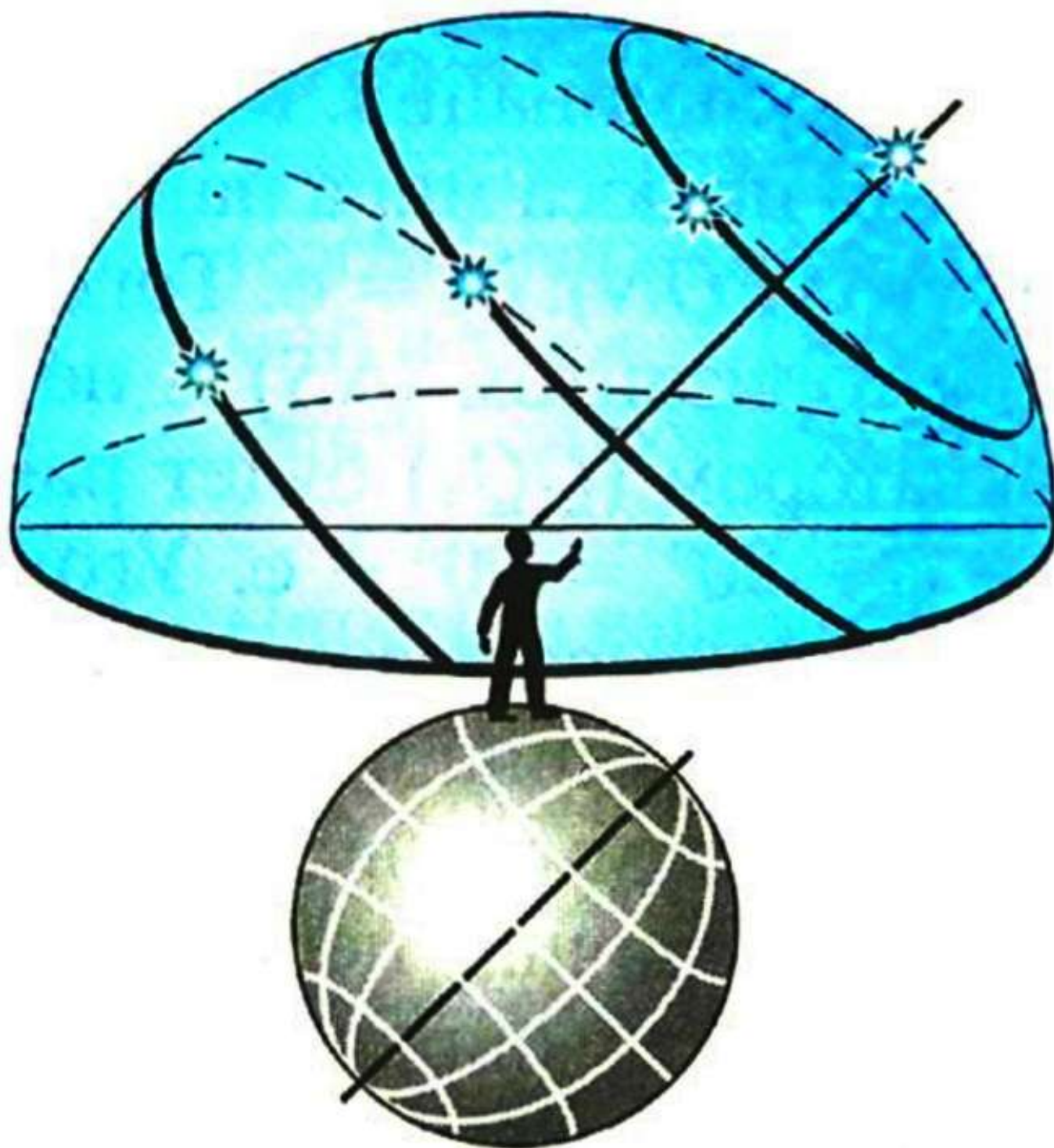
## Тема. Суточное движение светил. Связь видимого расположения объектов на небе и географических координат наблюдателя.

Слайд 1.



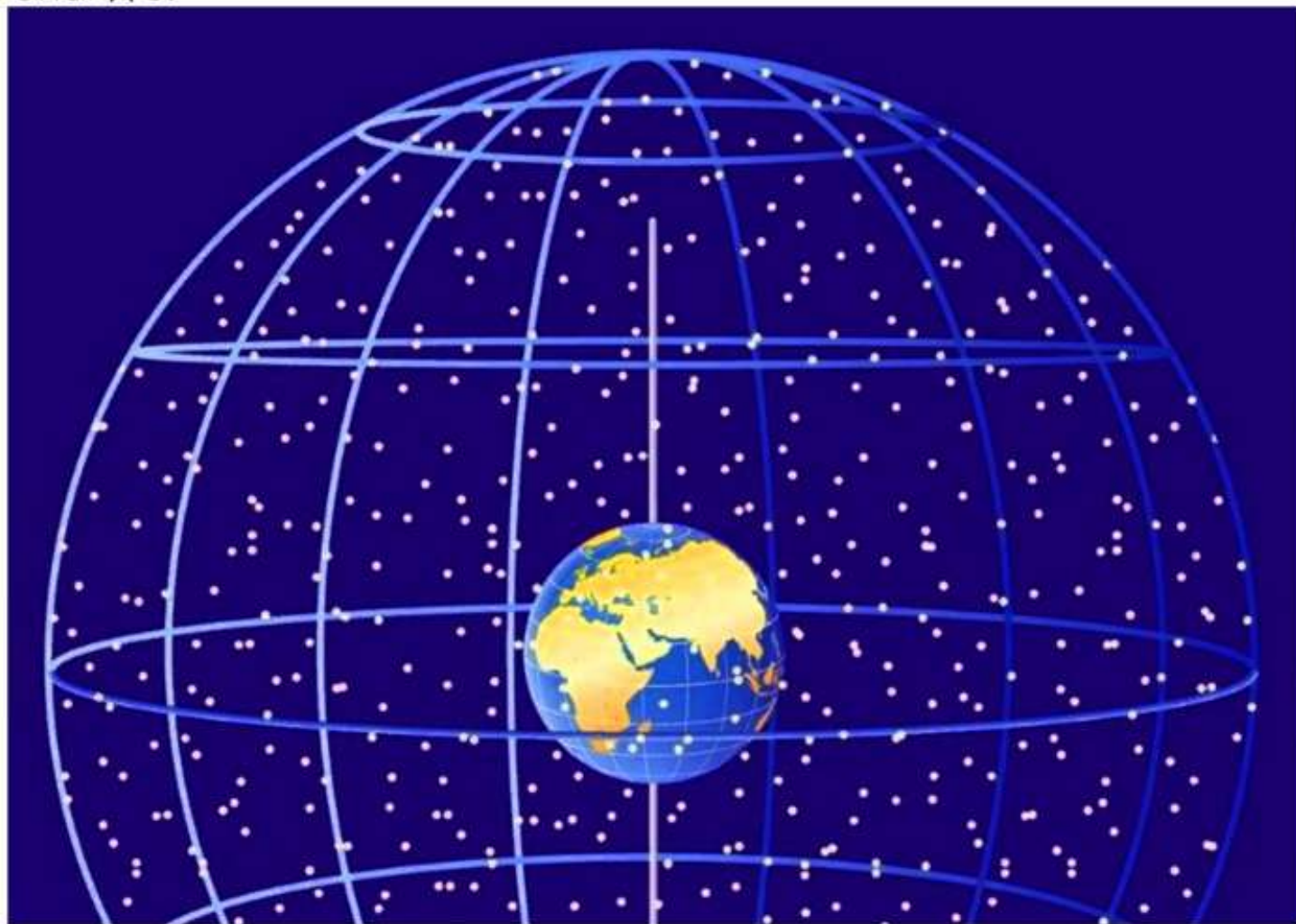
Если объектив пленочного фотоаппарата направить на **Полярную звезду**, установив длительную экспозиция, то после получения фотографии вместо россыпи звезд можно обнаружить изображение концентрических дуг, очерченных вокруг некоторой точки. Эту точку называют **Северный Полюс Мира**. Она расположена около Полярной звезды.

**Как, по-вашему, почему так получается?** Из-за суточного движения Земли вокруг своей оси, земному наблюдателю кажется, что все звезды, Солнце и Луна всходят на востоке и заходят на западе (нетрудно догадаться, что Земля вращается на восток). Неподвижной остается только Полярная звезда, расположенная над осью вращения Земли. Перемещающиеся вокруг Полярной звезды светила в результате суточного движения по небосводу очерчивают светящиеся дуги.



Представьте себе, что вы находитесь в центре огромной хрустальной сферы. Она охватывает всю солнечную систему вместе с Землей. Из космоса на неё спроектированы все звезды, а с земной поверхности – географические параллели и меридианы. Такую воображаемую сферу называют **небесной сферой**.

**Так, где же находится центр воображаемой небесной сферы?**  
За центр небесной сферы принимают глаз наблюдателя.



Если земную ось вращения продолжить до пересечения с данной сферой, то получим две точки, называемые **Северным** и **Южным Полюсами Мира**, а сама прямая будет называться **Осью Мира**.

Мысленно продолжим плоскость земного экватора до пересечения с небесной сферой, получим большой круг, называемый **Небесным экватором**.

Он делит поверхность небесной сферы на два полушария: **северное полушарие**, с вершиной в северном полюсе мира (около Полярной звезды), и **южное полушарие**, с вершиной в южном полюсе мира.

Слайд 4.



Почему мы всё так привязываем к небесной сфере, которой, вообще-то говоря, и не существует? Вспомним, от кого нам досталась астрономия? Правильно, от древнегреческого ученого Птолемея, который не знал закона всемирного тяготения и представлял всё прикрепленным к хрустальным,двигающимся вокруг Земли, сферам. А почему же мы до сих пор пользуемся его небесной сферой? Она оказалась удобной для расчетов, к ней легко привязать сферическую геометрию.

Слайд 5.

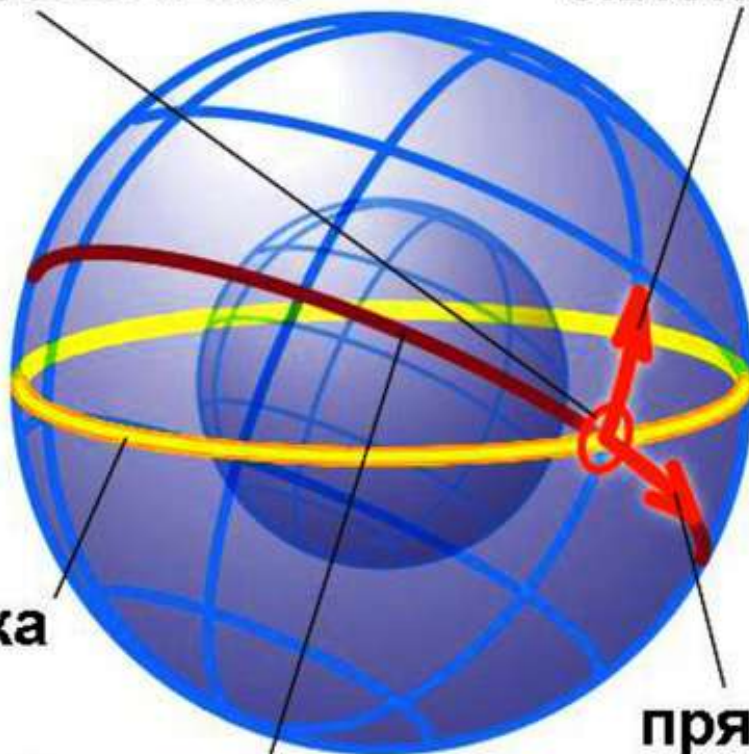
$\Upsilon$  - точка весеннего  
равноденствия

склонение

ЭКЛИПТИКА

НЕБЕСНЫЙ ЭКВАТОР

ПРЯМОЕ  
ВОСХОЖДЕНИЕ



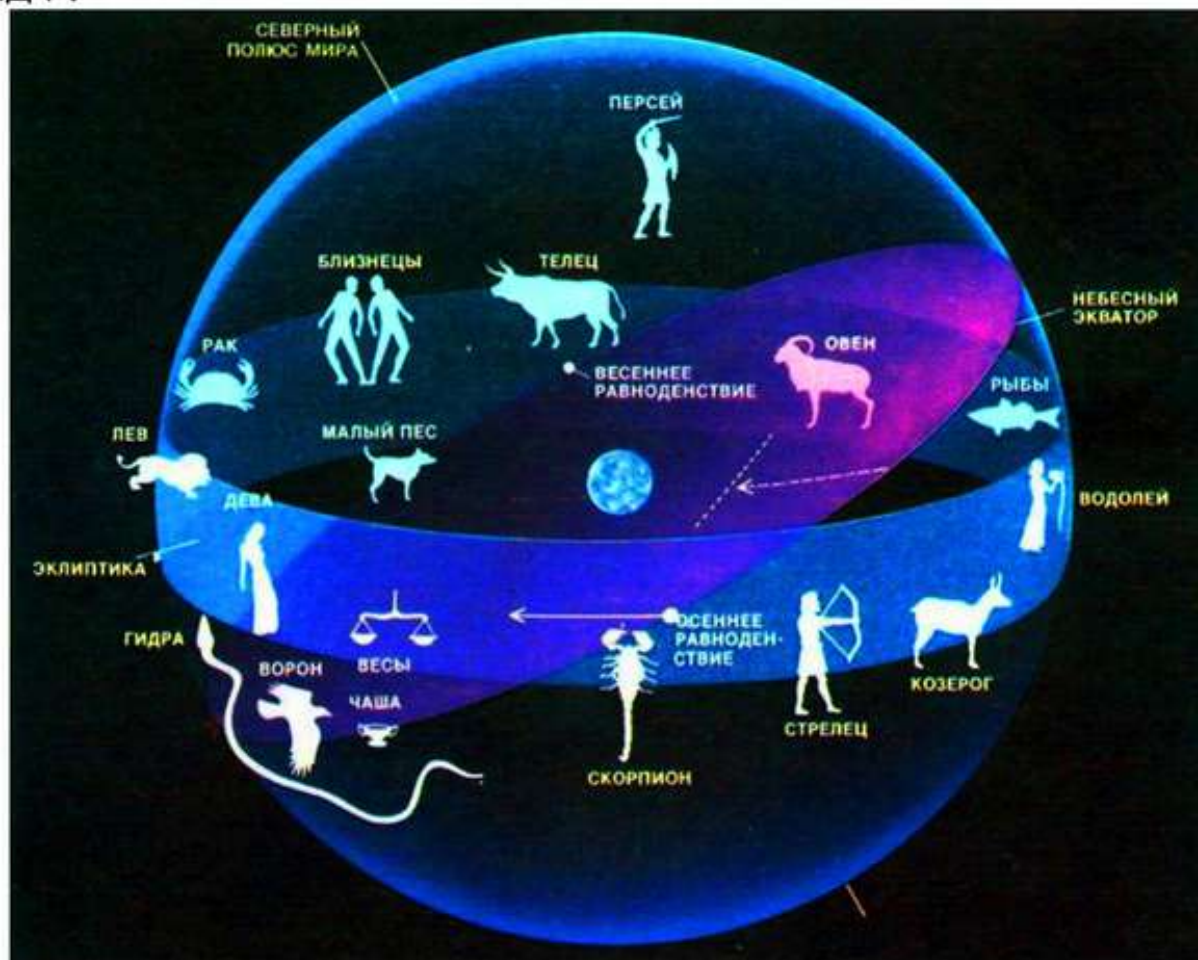
Чтобы сделать звездную карту, изображающую созвездия на плоскости, надо знать координаты звезд. Введенная система координат на небесной сфере является **экваториальной системой**. Она так названа потому, что экватор служит той плоскостью, от которой и в которой производятся отсчеты координат. В этой системе одной координатой является угловое расстояние светила от небесного экватора, называемое **склонением**  $\delta$ , оно аналогично географической широте и меняется в пределах  $\pm 90^\circ$ , считается положительным к северу от экватора и отрицательным к югу.

Вторая координата аналогична географической долготе и называется **прямым восхождением**  $\alpha$ . Прямое восхождение светила  $M$  измеряется углом между плоскостями больших кругов, один проходит через полюсы мира и данное светило  $M$ , а другой - через полюсы мира и точку весеннего равноденствия, лежащую на экваторе. Так назвали эту точку потому, что в ней Солнце бывает (на небесной сфере) весной 20-21 марта, когда день равен ночи.



Прямое восхождение отсчитывают по дуге небесного экватора от точки весеннего равноденствия против хода часовой стрелки, если смотреть с северного полюса. Оно изменяется в пределах от 0 до  $360^\circ$ . Поскольку это явление связано с вращением Земли, то прямое восхождение принято выражать не в градусах, а в единицах времени. За 24 ч Земля (а нам кажется, что звезды) совершает один оборот -  $360^\circ$ . Следовательно,  $360^\circ$  соответствуют 24 ч, тогда  $15^\circ$  - 1 ч,  $1^\circ$  - 4 мин. Например,  $90^\circ$  составляют 6 ч. В единицах времени прямое восхождение обозначается на координатной сетке звездных карт, атласов и глобусов.

Слайд 7.



Земному наблюдателю кажется, что Солнце не только каждый день бежит вокруг Земли, но и перемещается на фоне далеких неподвижных **ЗОДИАКАЛЬНЫХ СОЗВЕЗДИЙ** в течении года. Это кажущееся движение вызвано вращением Земли вокруг Солнца. Плоскость движения называется плоскостью **ЭКЛИПТИКИ**, которая пересекает небесную сферу по зодиакальным созвездиям.

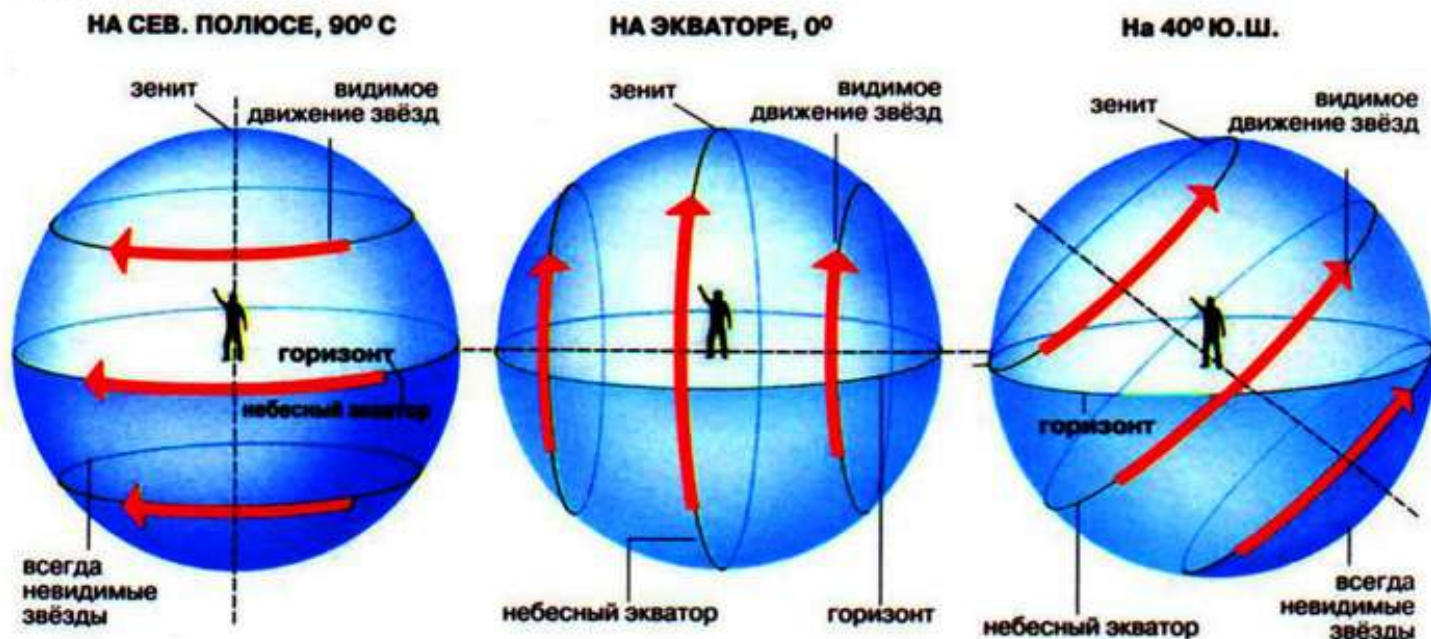




Небесный экватор и плоскость эклиптики (плоскость движения Солнца, Луны и планет по небосклону) являются двумя большими кругами на небесной сфере, расположенными под углом в  $23,5$  градуса по отношению друг к другу (из-за наклона земной оси к орбите движения). Точки их пересечения называются точками **равноденствия**. Точки равноденствия играют важную роль в определении времени года. Поскольку эти точки лежат на эклиптике, то Солнце проходит через них каждый год. Проходя через точку весеннего равноденствия (обычно 20 или 21 марта), оно пересекает небесный экватор с юга на север, что означает окончание зимы в Северном полушарии. И аналогично, когда Солнце проходит через точку осеннего равноденствия (обычно 22 или 23 сентября), оно пересекает небесный экватор с севера на юг, что означает конец зимы в Южном полушарии.



# Слайд 9.



Наблюдатель на других широтах будет видеть другие звёзды, и хотя они будут так же двигаться вдоль небесных параллелей, но на разных широтах по-разному, то есть в зависимости от места наблюдения на Земле меняется вид звёздного неба и характер суточного движения звёзд.

Поскольку экваториальная система координат связана с небесной сферой, то она вместе со звёздами смещается относительно поверхности Земли в течении суток.

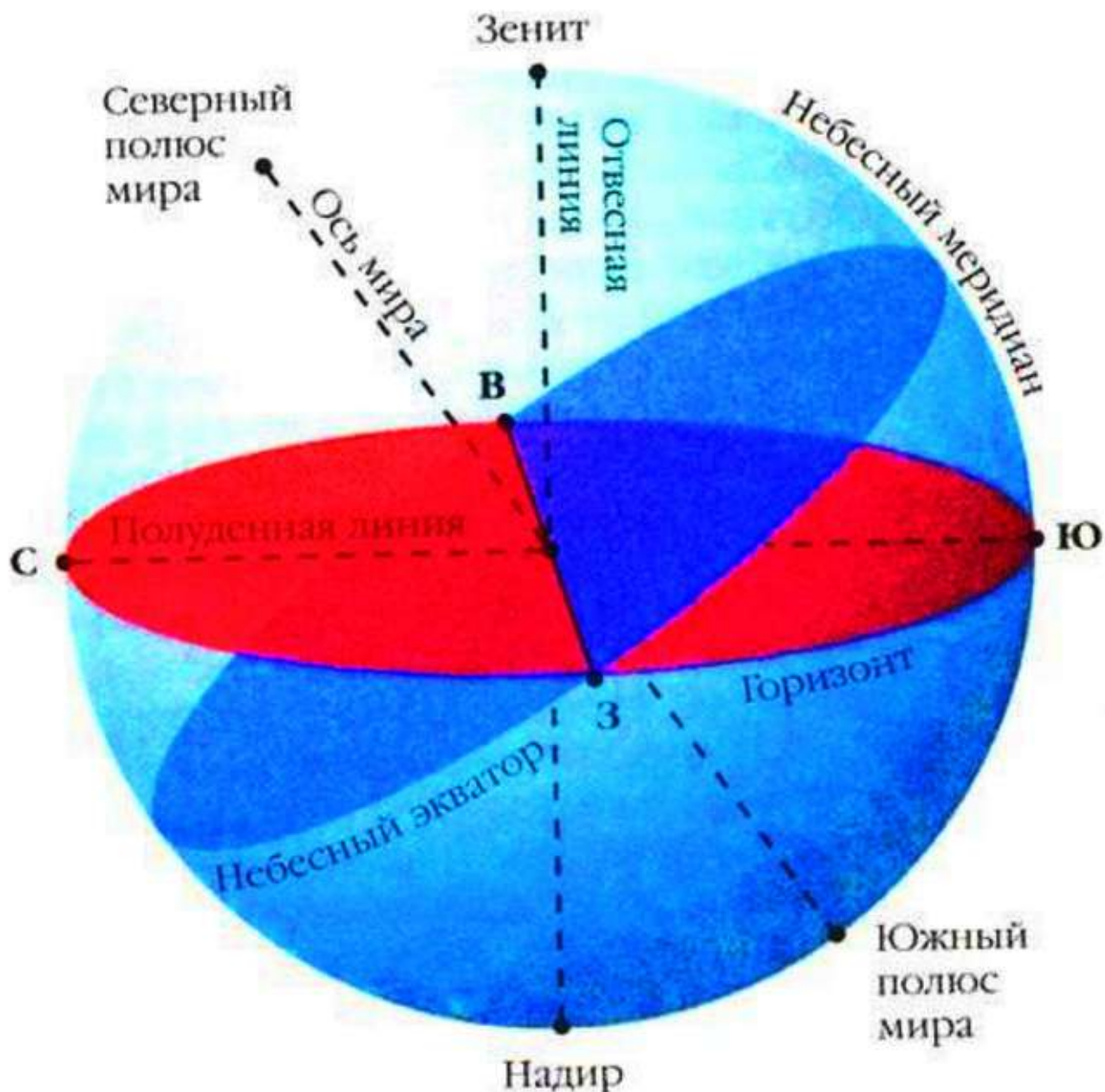




Как же путешественники определяли широту, на которой они находятся, по звездам? Оказывается, угловое расстояние от горизонта (в астрономии говорят - высота над горизонтом  $h$ ) Полярной звезды (полюса мира) равно географической широте местности. Чтобы определить **географическую широту местности**, достаточно измерить высоту полюса мира над горизонтом с помощью угломерного инструмента ( $h = \varphi$ ).

Для приближенной оценки угловых расстояний на небе полезно знать, что угловое расстояние между двумя звездами "ковша" ( $\alpha$  и  $\beta$ ) Большой Медведицы равно примерно  $5^\circ$ .

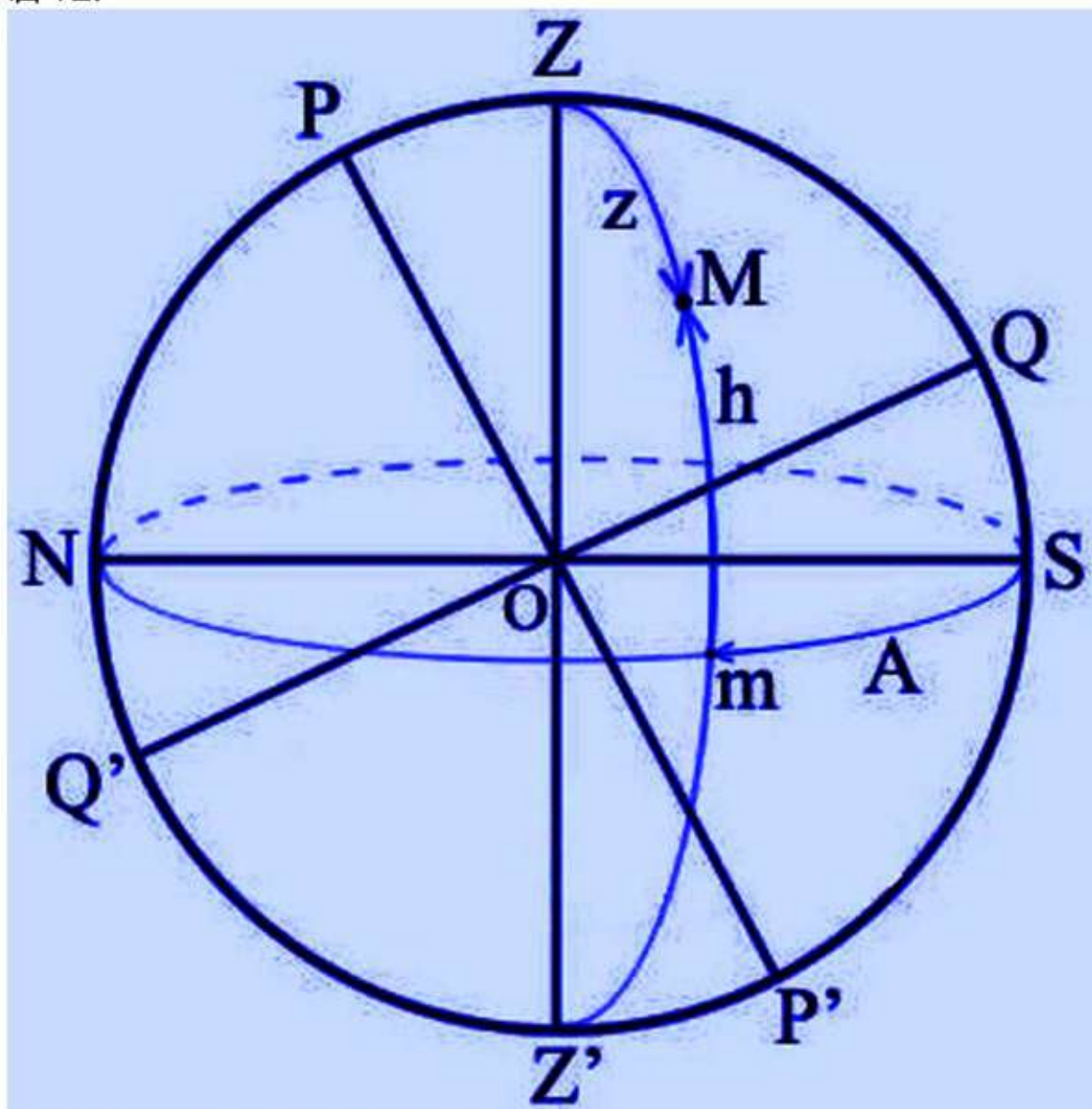
Видимые размеры небесных объектов также можно выразить в угловых единицах. Например, диаметры Солнца и Луны в угловой мере примерно равны  $0,5^\circ$ .



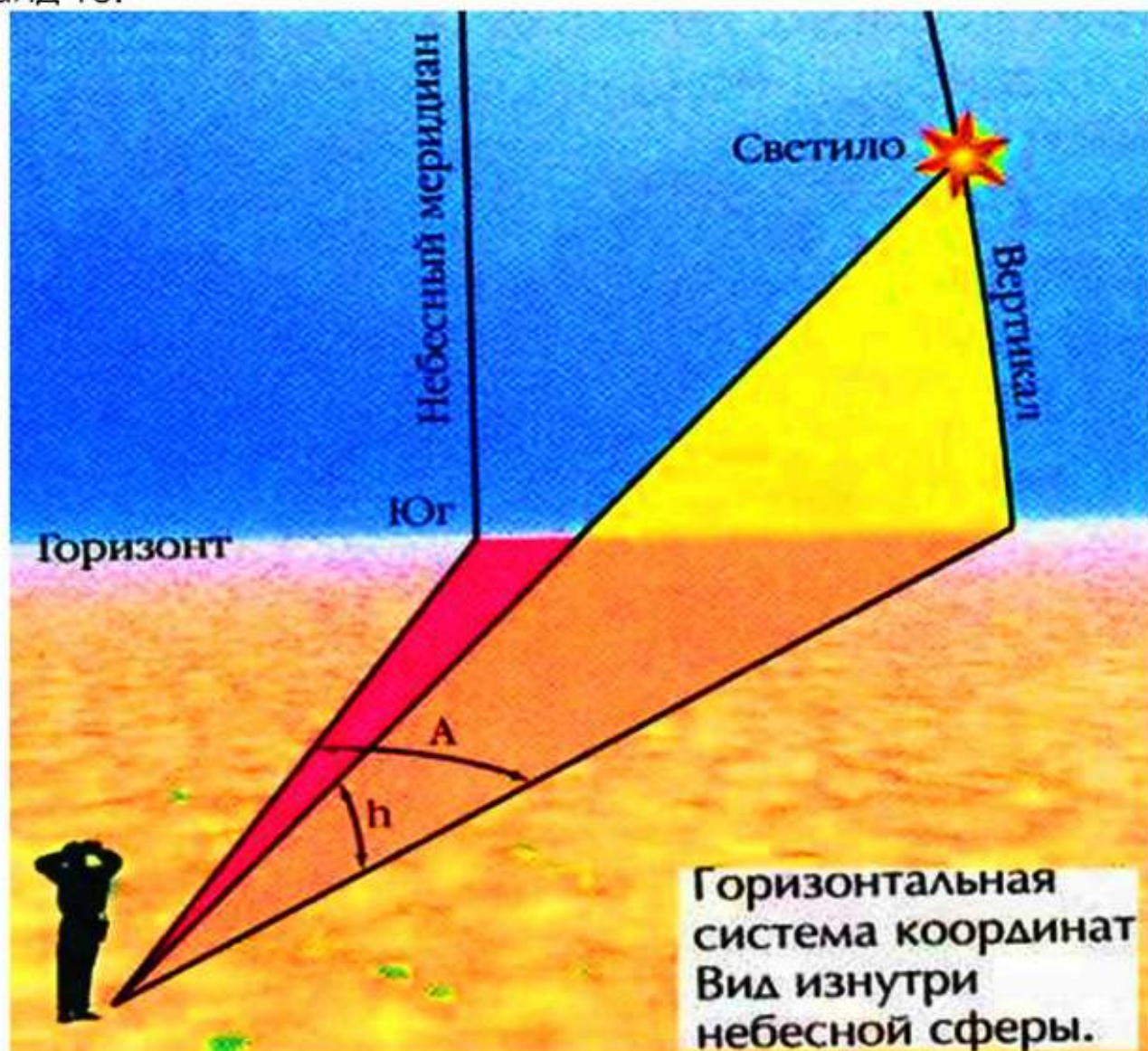
На практике часто используют **горизонтальную систему координат**, которая непосредственно связана с наблюдателем и его местоположением на поверхности Земли.

В этой системе координат основной линией является **горизонт**. Чтобы построить её, необходимо взять грузик на ниточке – отвес, мысленно продолжить линию отвеса вверх и вниз до пересечения с небесной сферой. Верхняя точка пересечения даёт точку зенита (Z), нижняя точка (под Землёй) – даёт точку надира (Z'), а линия (ZZ'), соединяющая **зенит и надир** называется **отвесной линией**.

Слово «зенит» произошло от арабского выражения, означающего «направление на голову», «надир» – от араб «напротив».



**Горизонтальная система координат** – это система небесных координат, в которой основной плоскостью является плоскость математического горизонта, а полюсами — зенит и надир. Плоскость, перпендикулярная к отвесной линии в точке  $O$  называется **плоскостью математического горизонта**. На этой плоскости определяется направление на юг ( $S$  — South) (географический) и север ( $N$  — North). Линия ( $NS$ ), соединяющая юг с севером, называется **полуденной линией**. Точки востока ( $E$  — East) и запада ( $W$  — West) берутся отстоящими на  $90$  градусов от точки юга соответственно против и по ходу часовой стрелки, если смотреть из зенита. Таким образом,  $NESW$  — **плоскость математического горизонта**, а линия пересечения этой плоскости с небесной сферой — **математический горизонт**.

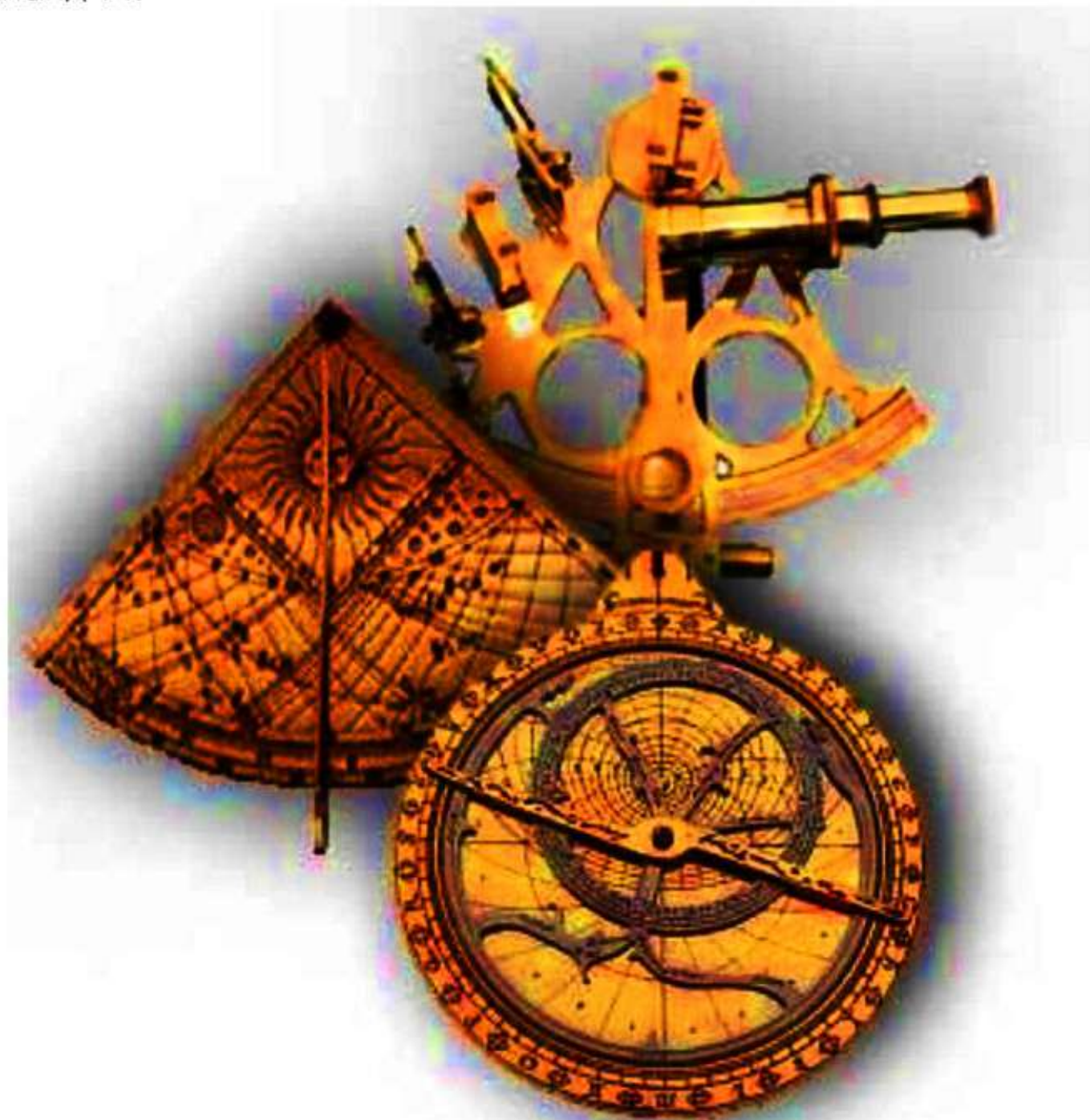


Большой круг небесной сферы, который проходит через зенит и полюсы мира, называют **небесным меридианом**.

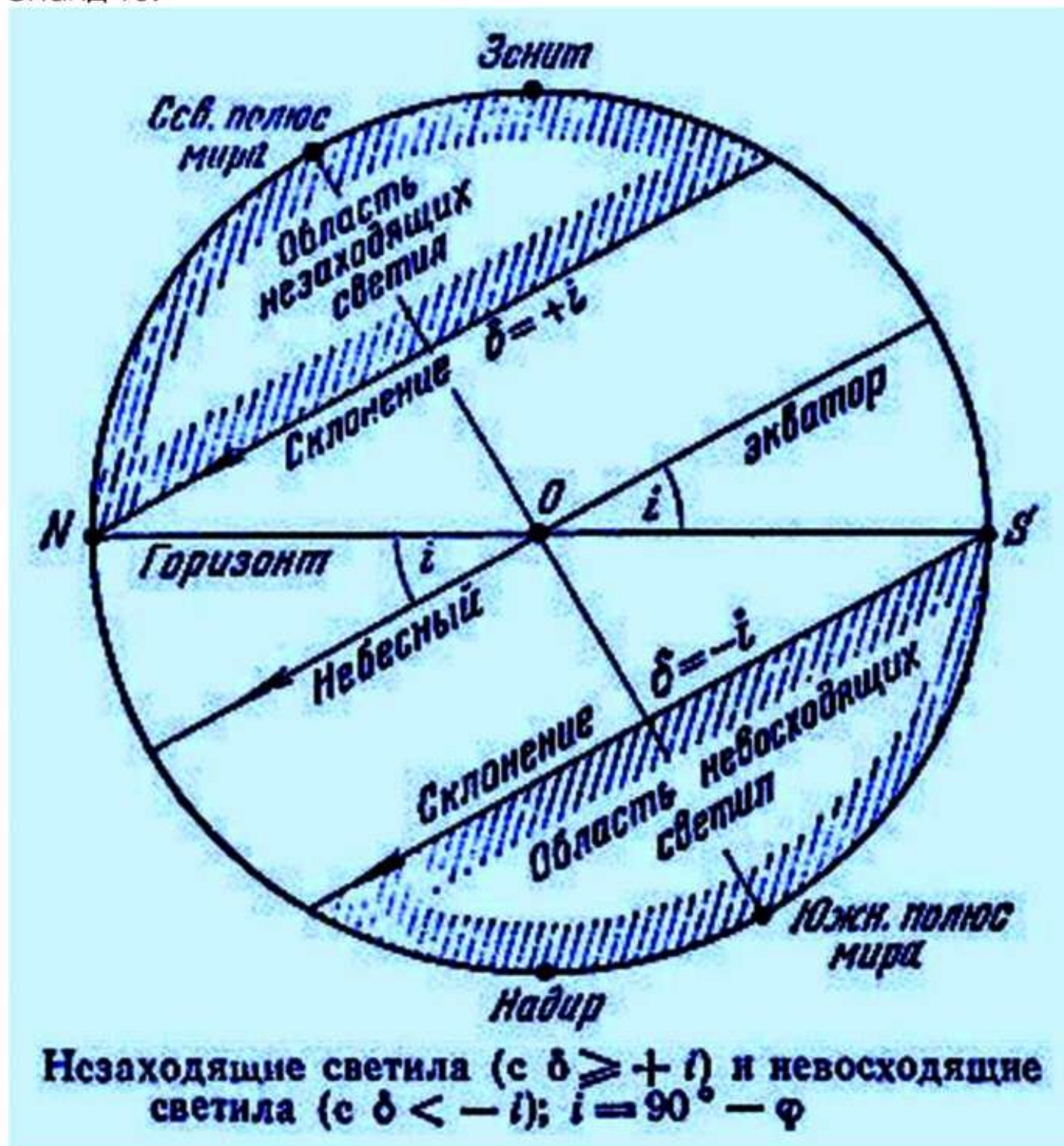
Угловое расстояние светила от горизонта называется **высотой** и обозначается  $h$  (эта координата аналогична географической широте). Высота измеряется в градусной мере от  $0^\circ$  до  $+90^\circ$ . Если светило под горизонтом, то высота отрицательная. Иногда вместо  $h$  берут зенитное расстояние  $z$ , так как  $h + z = 90^\circ$ . Его отсчитываются в пределах от  $0^\circ$  до  $180^\circ$  от зенита к надиру.

Плоскость, проходящая через небесное тело, называют плоскостью **вертикала** данного небесного тела. Большой круг, по которому она пересекает небесную сферу, называется **вертикалом небесного тела**. Вдоль него определяют  $h$  или  $z$ .

От точки юга вдоль горизонта по часовой стрелке (к западу) отсчитывается вторая координата светила — **азимут  $A$**  (эта координата аналогична географической долготе). Азимут также измеряется в градусной мере от  $0$  до  $360^\circ$ .

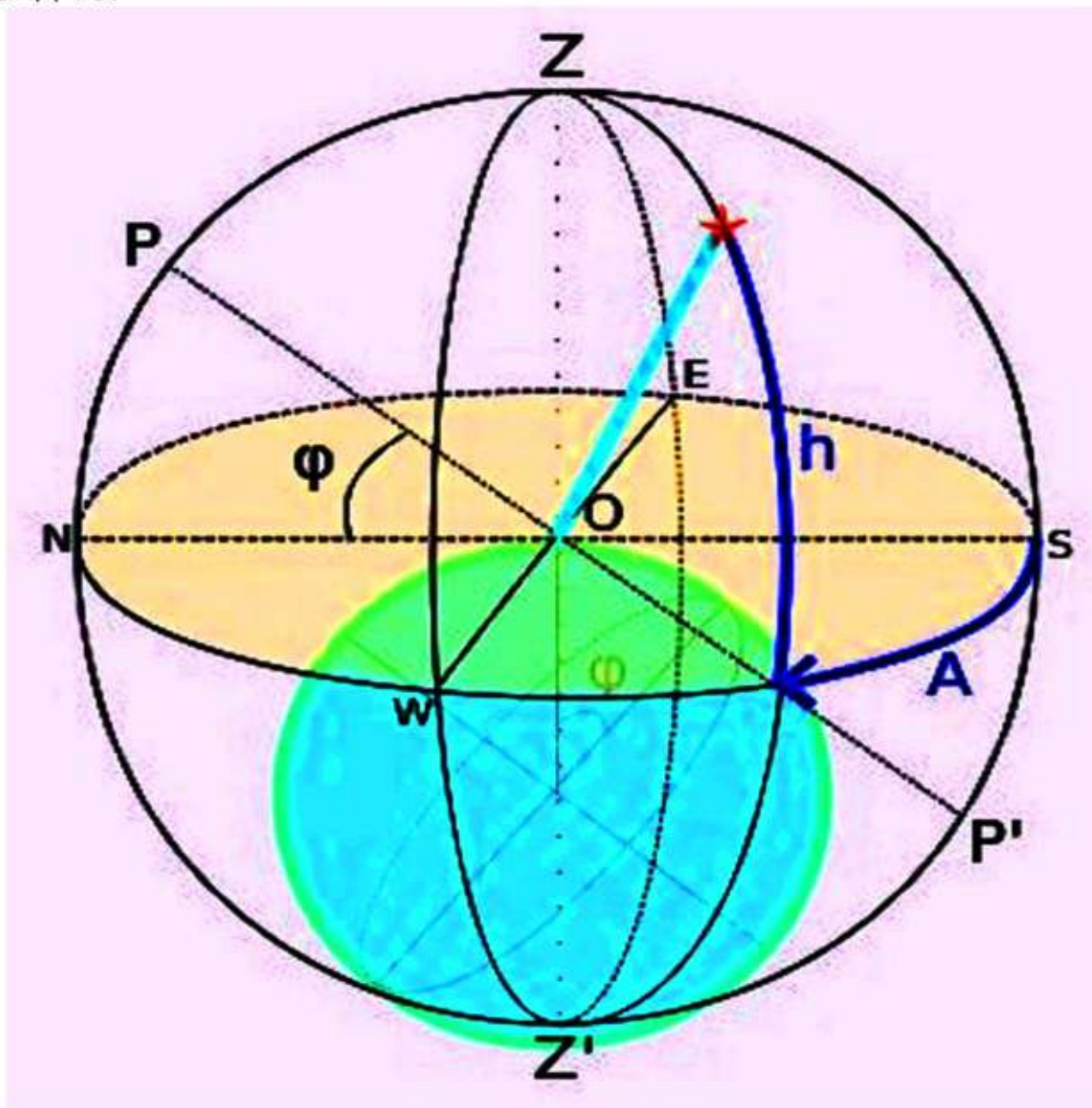


Горизонтальные координаты полюса мира: высота  $h = \varphi$ , азимут  $A = 180^\circ$ . Например, в Симферополе высота полюса мира равна  $h = \varphi = 45^\circ$ . Все светила, у которых склонение  $\delta > \varphi = 45^\circ$ , в Симферополе не заходят, а светила, у которых  $\delta < -\varphi = 45^\circ$ , в Симферополе никогда не восходят — это звёзды и созвездия Южного полушария, находящиеся около Южного полюса мира. При восходе и заходе светило имеет высоту  $h = 0^\circ$ . Максимальную высоту светило имеет, когда пересекает небесный меридиан над точкой юга. Это явление называют верхней **кульминацией**. Когда светило имеет минимальную высоту над горизонтом, то говорят о нижней кульминации.



Звёзды делятся на: заходящие и восходящие ( $h$  в течение суток проходит через 0) незаходящие ( $h$  всегда больше 0) невосходящие ( $h$  всегда меньше 0.)

Если светила не заходят в данном месте, то верхняя и нижняя кульминации происходят над горизонтом. Если светила невосходящие и находятся всегда под горизонтом, то верхняя и нижняя кульминации происходят всегда под горизонтом. У звёзд, которые восходят и заходят, верхняя кульминация происходит над горизонтом, а нижняя — под горизонтом.



Географические координаты наблюдателя связаны с видимым расположением объектов на небе формулой  $h = \delta \pm (90^\circ - \varphi)$  в моменты верхней и нижней кульминаций, где  $h$  – высота светила, дуга вертикала светила от плоскости математического горизонта до направления на светило;  $\delta$  – склонение, угловое расстояние светила от небесного экватора;  $\varphi$  – географическая широта местности.

**Задача.** Определите высоту звезды Капеллы (α Возничего) в верхней кульминации на северном полярном круге ( $\varphi = 66^\circ 33'$ ). Склонение Капеллы  $\delta = 45^\circ 58'$ . Определите условия видимости этой звезды с помощью звездных карт.

**Решение:**  $h = \delta \pm (90^\circ - \varphi)$ ;  $h = 45^\circ 58' + (90^\circ - 66^\circ 33') = 69^\circ 25'$   
 Наиболее благоприятные условия видимости в декабре — январе.