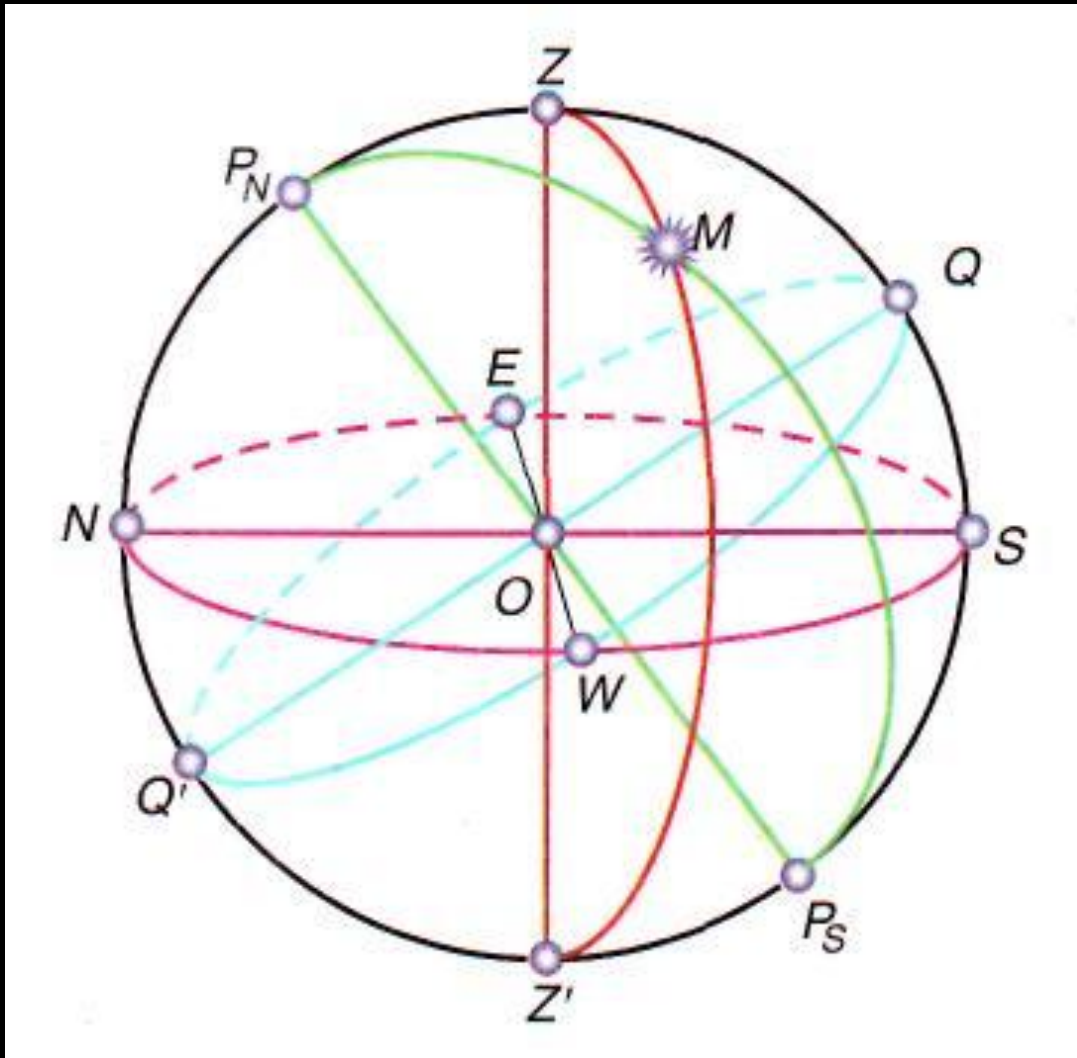


Определение географической широты



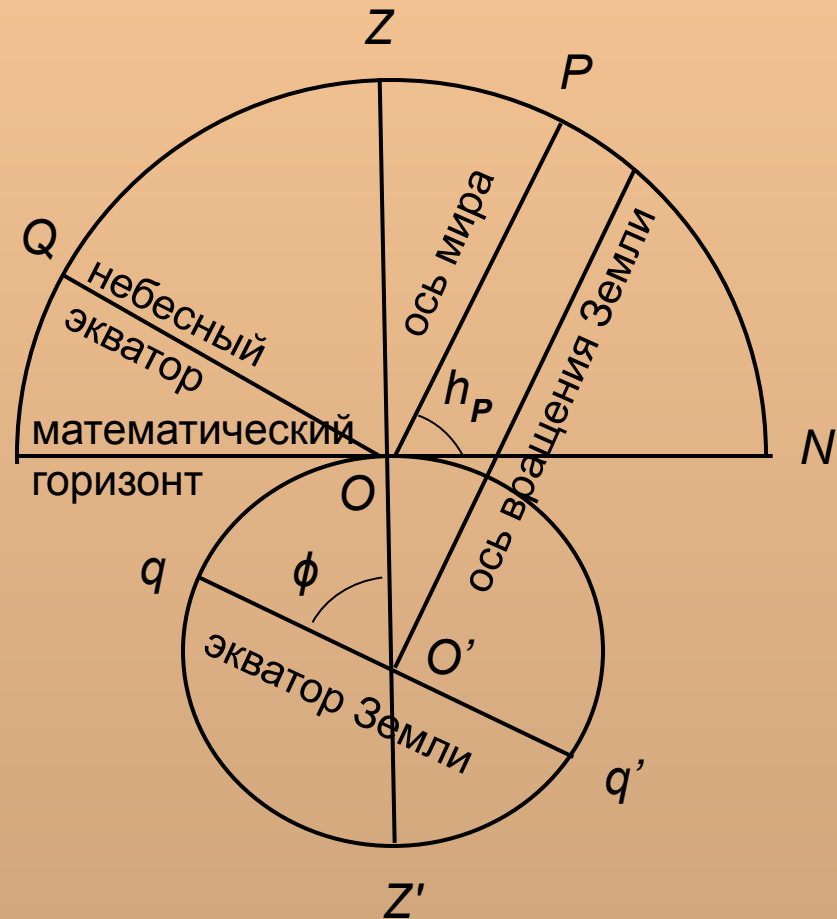
Что понимают под небесной сферой и как происходит её вращение? Подпишите основные элементы небесной сферы? (на работу 7 минут)



- O-
- P_N-
- P_S-
- P_NP_S-
- Z-
- Z'-
- ZZ'-
- E-
- W-
- N-
- S-
- QQ'-
- Q-
- Q'-
- P_NM P_S-
- NS-
- M-

Высота полюса мира над горизонтом

Земной шар и небесная сфера изображены в сечении плоскостью небесного меридиана места наблюдения. Наблюдатель из точки O видит полюс мира на высоте $PON = h_p$. Направление оси мира OP параллельно земной оси. Угол при центре Земли $OO'q$ соответствует географической широте места наблюдения ϕ . Так как радиус Земли в точке наблюдения перпендикулярен плоскости истинного горизонта, а ось мира перпендикулярна плоскости географического экватора, то угол PON и $OO'q$ равны между собой, как углы с взаимно перпендикулярными сторонами.



Прецессия земной оси

Ось Земли вращается относительно далёких звёзд, делая полный оборот примерно за 26 тысяч лет (т.н. платонический год). При этом она описывает окружность радиусом $23,5^\circ$ с центром в полюсе эклиптики, находящимся в созвездии Дракона. Прецессия впервые была обнаружена во II в. до н.э. Гиппархом, который нашёл, что координаты звёзд несколько изменились по сравнению с теми, что были сто лет назад.

13 тысяч лет назад полюс мира указывал на Вега. На территории Восточно-Европейской равнины можно было увидеть Центавр и Южный Крест. Дальше титул Полярной поочередно присваивался, звездам из созвездия Геркулеса. Римляне вовсе не имели Полярной звезды. α Малой Медведицы стала полярной звездой примерно в 1100 г., а ближе всего к ней полюс пройдет в 2100 г. Приблизительно в 3200 г. полярными станут звезды созвездия Цефей, затем они уступят первенство Денебу из созвездия Лебедя и Веге из созвездия Лира.



Смещение полюса мира в результате прецессии.

Высота полюса мира над горизонтом



Полярная звезда, находящаяся вблизи СП мира, остаётся почти на одной высоте над горизонтом на данной широте при суточном вращении звёздного неба. При перемещении наблюдателя с севера на юг, где географическая широта меньше, Полярная звезда опускается к горизонту, т. е. существует зависимость между высотой полюса мира и географической широтой места наблюдения.

Высота полюса мира над горизонтом

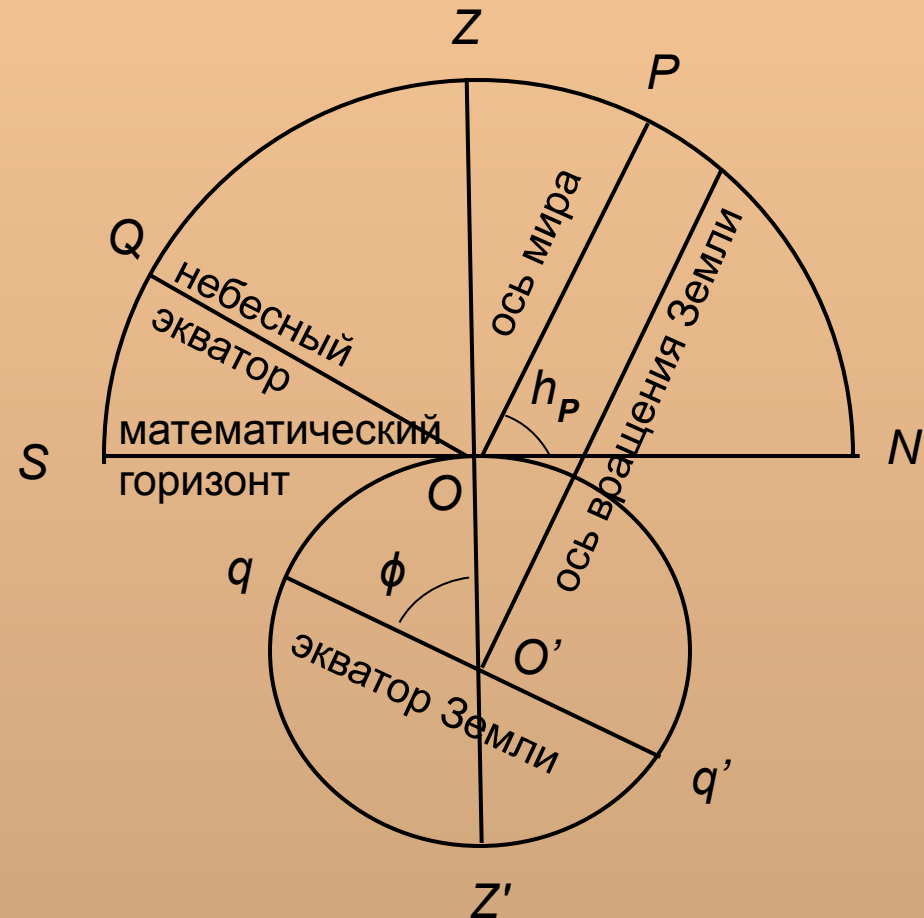
Доказано в 320 г до н.э. - Питеас
(Древняя Греция).

Таким образом, *угловая высота полюса мира над горизонтом равна географической широте места наблюдения:*

$$h_P = \phi. \quad \text{С}$$

другой стороны, из рисунка следует, что угол QOZ определяет собой величину *склонения зенита* δ_Z . Поэтому можно записать, что

$$\phi = \delta_Z \text{ или } \phi = h_P = \delta_Z$$



Восходящие и заходящие звезды

На средних географических широтах ось мира и небесный экватор наклонены к горизонту, суточные пути звёзд также наклонены к горизонту. Поэтому наблюдаются **восходящие** и **заходящие** звезды.

Под **восходом** понимается явление пересечения светилом восточной части горизонта, а под **заходом** — западной части горизонта. В средних широтах, например на территории Республики Беларусь, наблюдаются звезды северных околополярных созвездий, которые никогда не опускаются под горизонт. Они называются **незаходящими**. Звезды, расположенные около южного полюса мира, у нас никогда не восходят. Их называют **незаходящими**.

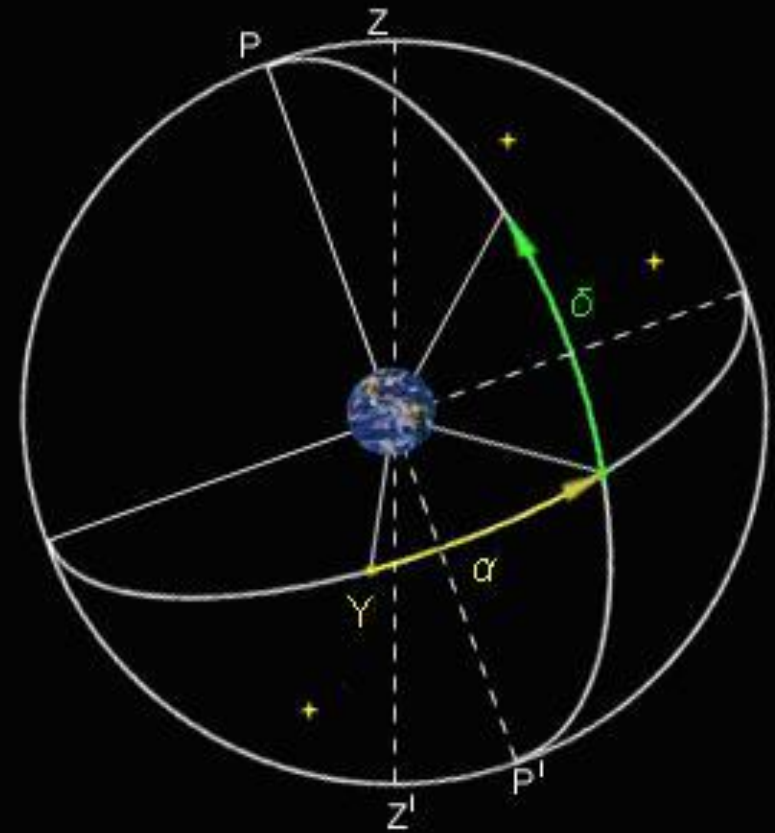
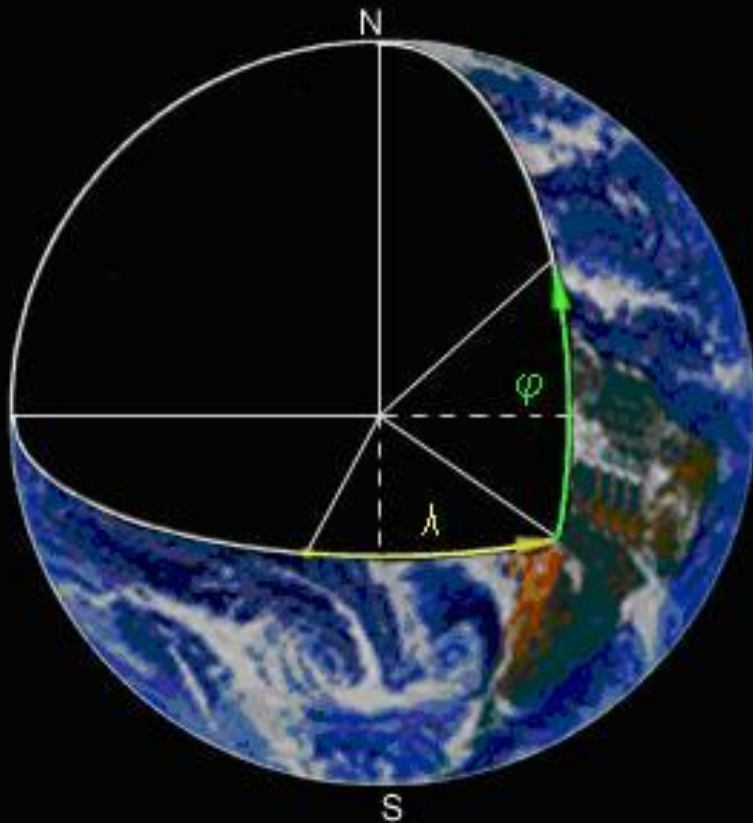
На экваторе Земли ось мира совпадает с полуденной линией, а полюсы мира с точками севера и юга. Небесный экватор проходит через точки востока, запада и точку зенита. Суточные пути всех звёзд перпендикулярны горизонту и каждая из них половину суток находится над горизонтом.

Определение географической широты



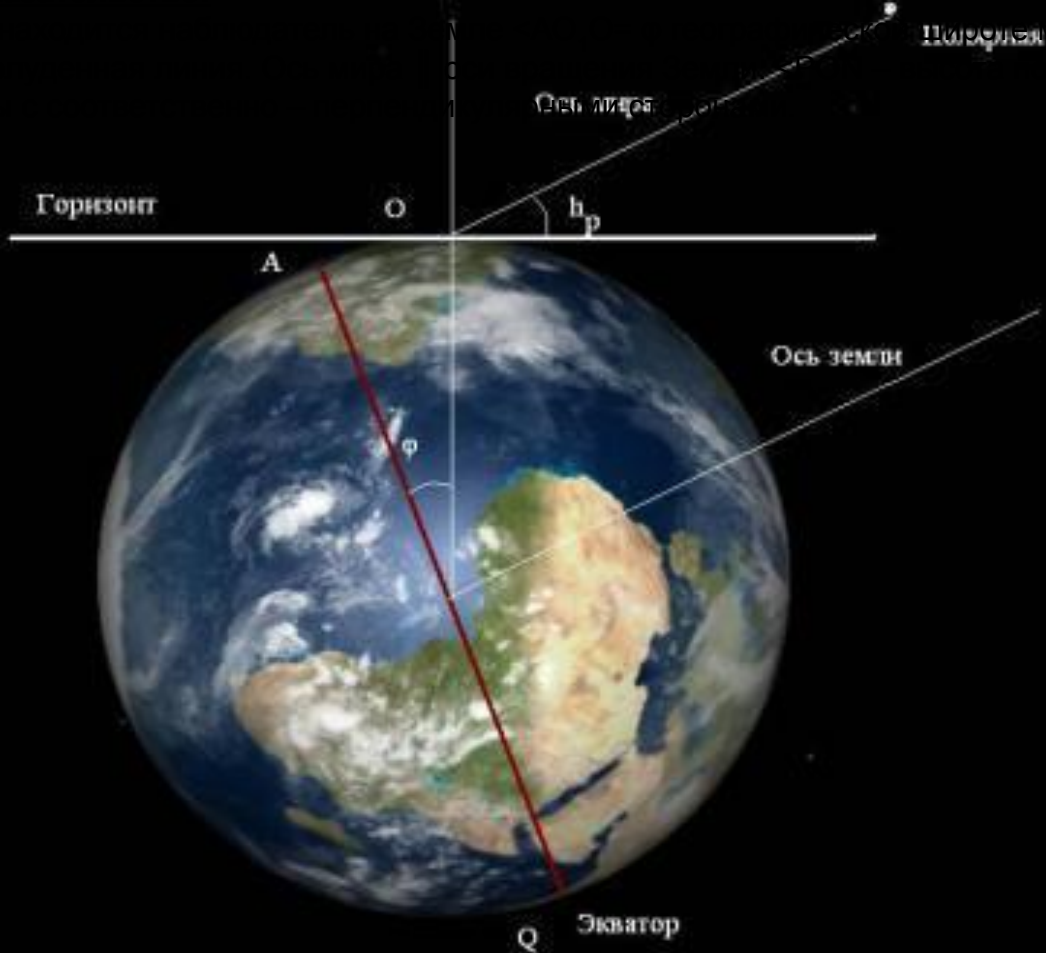
План

1. Кульминация светил
 - а) верхняя кульминация
 - б) нижняя кульминация
 - в) точка восхода светила
 - г) точка захода светила
2. Суточное движение светил на различных широтах.
3. Высота светила в кульминации.
4. Определение географической широты по астрономическим наблюдениям
5. Решение задач



Положение любой точки на земном шаре описывается географической широтой и долготой. В **125 г до н.э. Гиппарх** (180-125г, Др. Греция) ввёл **географические координаты**.

В **1618-1622г И. Кеплер** (1571-1630, Германия) определяет географические координаты некоторых крупнейших городов мира [впервые] в работе “Сокращение (или очерки) Коперниковой астрономии”.



По фотографии $h_p = \varphi$
 околополярной области неба ,
 вращение неба происходит
 вокруг Северного полюса
 мира, а Полярная звезда
 примерно на 1° отстаёт от
 полюса (ее склонение
 $\delta = 89^\circ 16''$).

в Москве около 56° с.ш.

в Мурманске 68° с.ш.

во Владивостоке 43° с.ш.

в Новосибирске 55° с.ш.

Теорема: Высота полюса мира
 над горизонтом (h_p) равна
 географической широте места
 наблюдения (приблизленно $\varphi \approx h_p$
 Полярной звезды).

Доказательство:

O - находится наблюдатель на Земле $\angle AO_1O = \varphi$
 географической широте место наблюдения. Горизонт \perp
 отвесной линии. SN – полуденная линия. Ось мира \parallel оси
 вращения Земли. $\angle PON$ – высота полюса мира.
 $\angle PON = \angle AO_1O$ или $h_p = \varphi$ [фор.2] как углы с
 соответственно – перпендикулярными сторонами.

Кульминация светил



Кульминацией называется явление прохождения светилом небесного меридиана, т.е. через небесный меридиан, при суточном вращении дважды.

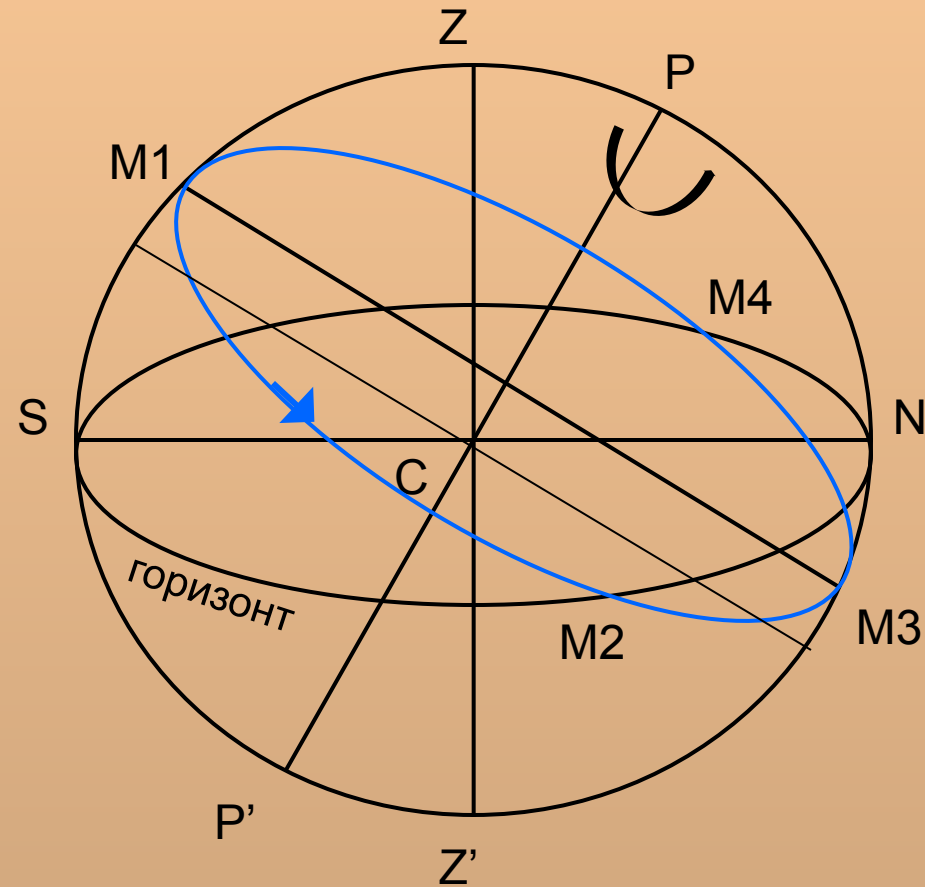
Верхняя кульминация светила - это местонахождение светила при суточном движении в наивысшей точке над горизонтом, ближайшей к зениту.



Нижняя кульминация светила - это местонахождение светила наиболее удалённое от точки зенита, чем точка верхней кульминации, и нижняя кульминация происходит через половину суток после верхней кульминации.

Кульминации звезд

Точка пересечения суточной параллели светила с восточной частью истинного горизонта называется **точкой восхода светила M4**, а с западной частью истинного горизонта — **точкой захода светила M2**.



Суточная параллель светила

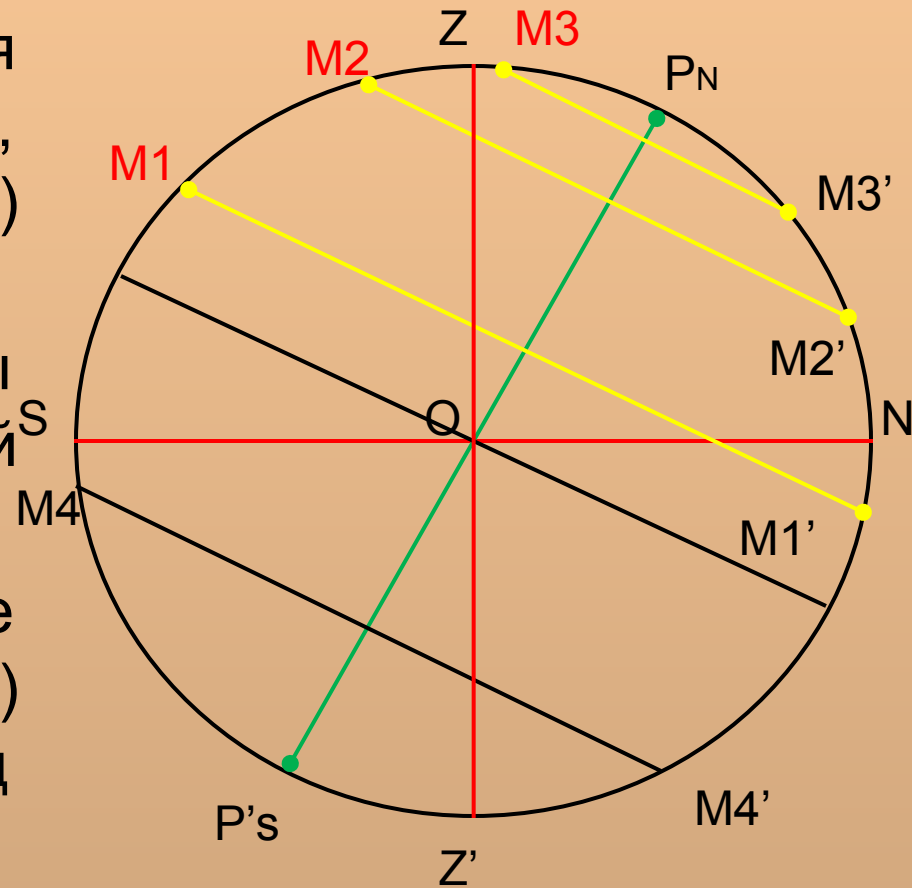
Анализ рис. 17 учебника

Кульминации звёзд

У восходящих и заходящих звёзд верхняя кульминация проходит над горизонтом (M1), нижняя кульминация (M'1) проходит под горизонтом.

Незаходящие звезды видны в верхней (M2, M3) и нижней (M'2, M'3) кульминациях.

У невосходящих звёзд обе кульминации (M4), и (M'4) невидимы, т. е. происходят под горизонтом.



В верхней кульминации высота светила h максимальна, в нижней кульминации – минимальна. Промежуток между кульминациями светил равен 12 часам (половине суток).

Для наблюдателя, находящегося на Северном полюсе, над горизонтом находятся звезды только северного полушария неба. Они вращаются вокруг Полярной звезды и не заходят за горизонт.

Наблюдатель, находящийся на Южном полюсе, видит только звезды южного полушария.

На экваторе могут наблюдаться все звезды, расположенные и в северном, и в южном полушариях неба.



Звезды бывают **заходящими и восходящими** на данной широте места наблюдения, а также невосходящими и незаходящими.

Например, в России не видны звезды созвездия Южный Крест – это созвездие, на наших широтах невосходящее. А созвездия Дракона, Малой Медведицы – незаходящие созвездия.

Высота светила в верхней кульминации

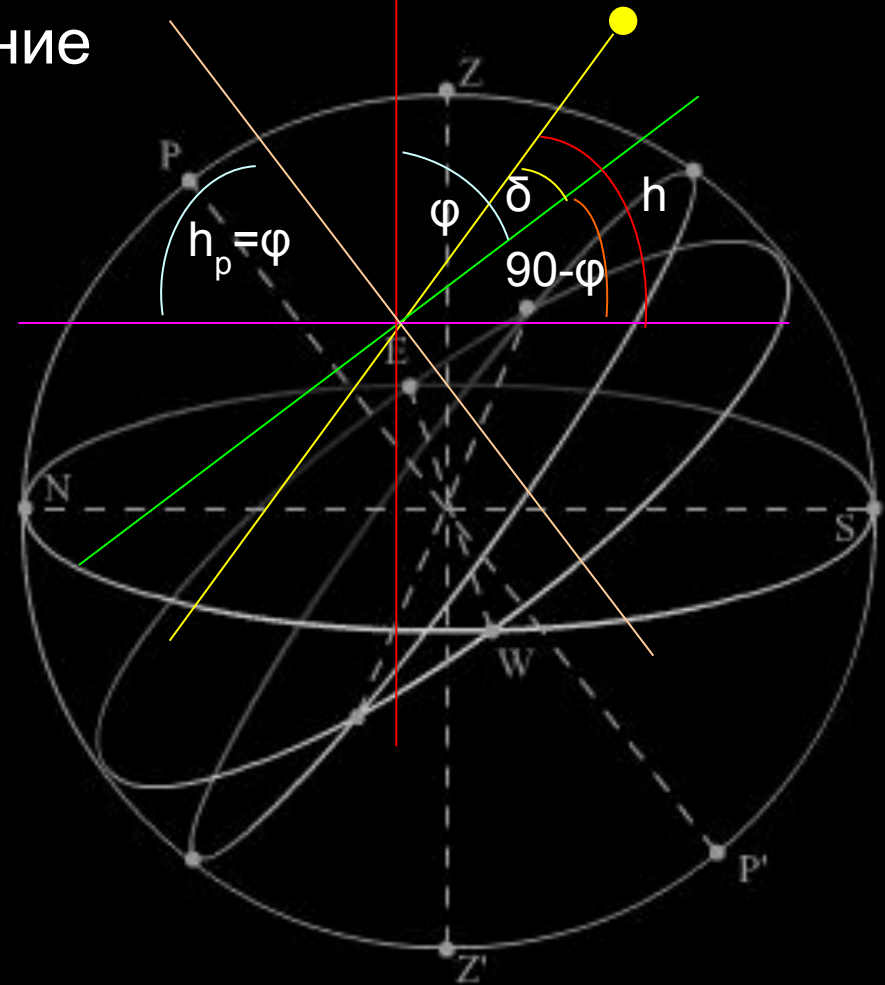
$$h = 90^\circ - \varphi + \delta$$

h – высота светила

h_p – высота полюса мира

φ – географическая широта

δ – склонение



Кульминации звезд

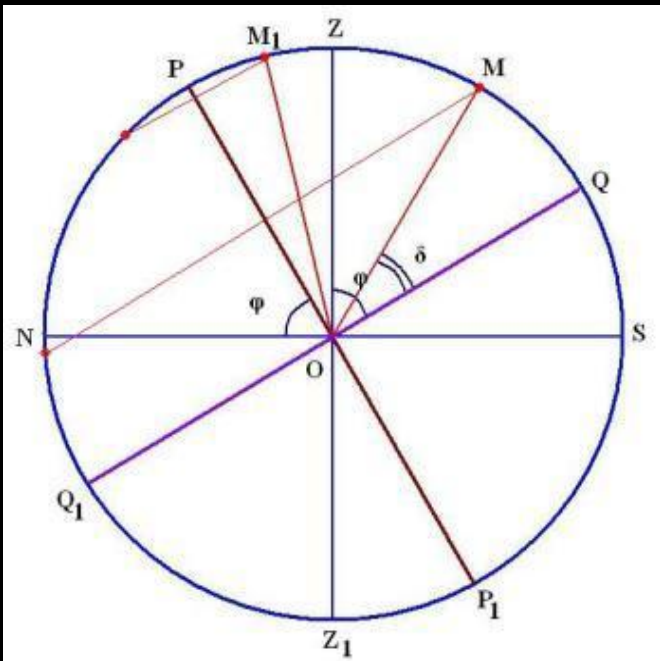
$$h_B = (90^\circ - \phi) + \delta$$

$$h_H = \delta - (90^\circ - \phi)$$

— формулы, для восходящего и
заходящего светила

$h_B = 90^\circ + \phi - \delta$ — если обе кульминации
незаходящей звезды находятся по одну сторону от
зенита.

По мере перемещения наблюдателя к Северному полюсу Земли северный полюс мира поднимается над горизонтом. На полюсе Земли полюс мира будет находиться в зените. Звезды здесь движутся по кругам, параллельным горизонту, который совпадает с небесным экватором. Становится неопределенным небесный меридиан, теряют смысл точки севера, юга, востока и запада.



Вывод формулы высоты светила.

1. Светило кульминирует к югу от точки зенита = M.

$$ZQ = \varphi = PN = h_p \quad \varphi = \delta_1 + z_1; \text{ [форм.3]} \quad h = 90 - \varphi + \delta \text{ (1)} \quad h = \delta - (90 - \varphi) \text{ (2)}$$

$$ZM = z_1 = 90 - h_1$$

$$QM = \delta_1$$

2. Светило кульминирует к северу от точки зенита = M₁.

$$ZQ = \varphi = PN = h_p \quad \varphi = \delta_2 - z_2; \text{ [форм.4]} \quad h = 90 + \varphi - \delta \text{ (3)}$$

$$ZM_1 = z_2 = 90 - h_2$$

$$QM_1 = \delta_2$$

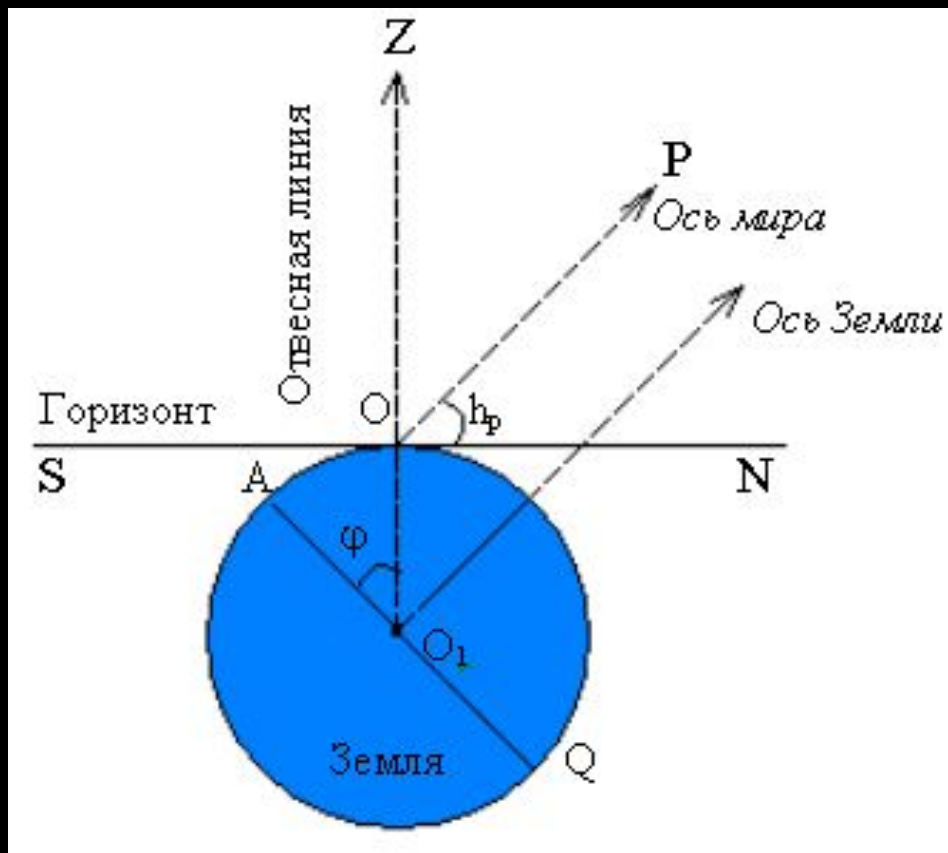
Определение географической широты по астрономическим наблюдениям

Первый способ. Определить географическую широту можно из наблюдения Полярной звезды. Если считать, что Полярная звезда указывает северный полюс мира, то приближённо высота Полярной звезды над горизонтом даёт нам географическую широту места наблюдения. Если измерить высоту Полярной звезды в верхней и нижней кульминациях, то получим более точное значение широты места наблюдения
$$\varphi = \frac{h_B + h_H}{2}$$

Второй способ. Определить географическую широту можно из наблюдения верхней кульминации звёзд. Получим, что $\varphi = \delta \pm (90^\circ - h_B)$. Знак «+» ставится, если звезда кульминирует к югу от зенита, а знак «-» — при кульминации звезды к северу от зенита

Третий способ. Определить географическую широту можно из наблюдения звёзд, проходящих вблизи зенита:

$$\varphi = \delta_z$$

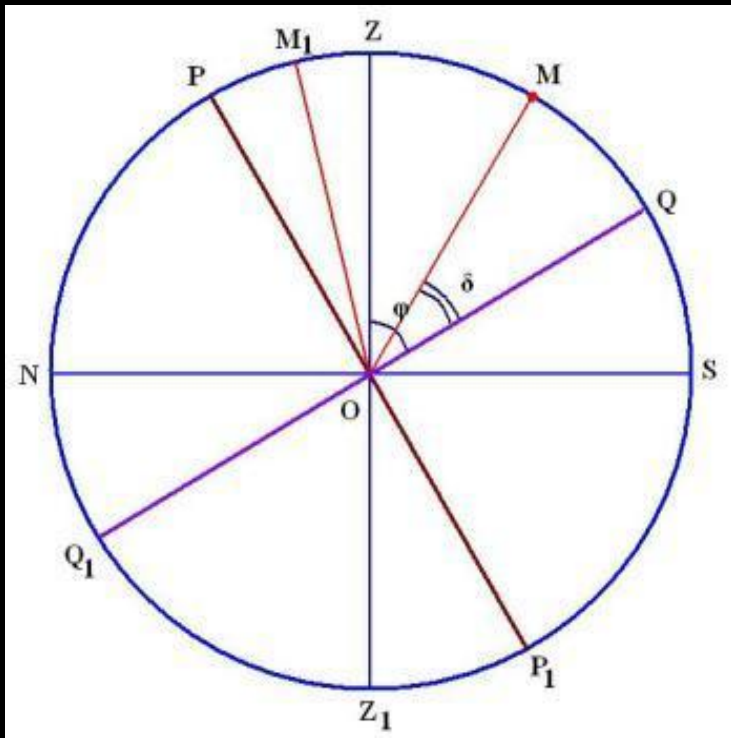


Высота полюса мира над горизонтом определяется географической широтой места наблюдения

$$h_p = \varphi$$

Поэтому, приближённо географическую широту места наблюдения можно определить, измерив высоту Полярной звезды.





Как с
ориентироваться →
где
кульминирует светило
от зенита?

если: $\delta < \varphi$ - кульминирует к югу, M

если: $\delta > \varphi$ - кульминирует к северу, M₁

Дано:

$$h_B = 50^\circ 46'$$

$$h_H = 35^\circ 54'$$

$$\varphi = ?, \delta = ?$$

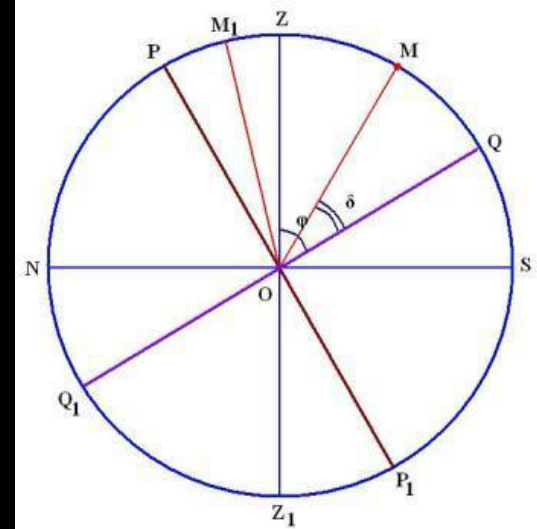
$$\varphi = h_B + \frac{h_a - h_B}{2} = \frac{h_a + h_B}{2}$$

$$\varphi = \frac{50^\circ 46' + 35^\circ 54'}{2} = \frac{86^\circ 40'}{2} = 43^\circ 20'$$

Кульмирует к северу, поэтому

$$\left. \begin{array}{l} \varphi = \delta - Z \\ Z = 90^\circ - h \end{array} \right\} \Rightarrow h - 90^\circ + \varphi - \delta \Rightarrow \delta = 90^\circ + \varphi - h_a$$

$$\delta = 90^\circ + 43^\circ 20' - 50^\circ 46' = 82^\circ 40'$$



$$\varphi = h_H + (h_B - h_H) / 2 = (h_B + h_H) / 2$$

$$\varphi = (50^\circ 46' + 35^\circ 54') / 2 = (86^\circ 40') / 2 = 43^\circ 20'$$

$$h = 90^\circ + \varphi - \delta \quad \delta = 90^\circ + \varphi - h_B$$

$$\delta = 90^\circ + 43^\circ 20' - 50^\circ 46' = 82^\circ 40'$$

$$\text{Ответ: } \varphi = 43^\circ 20', \delta = 82^\circ 40'$$

Задача 1

Незаходящая звезда в верхней кульминации наблюдается на высоте $h_1 = 50^{\circ}46'$, а в нижней кульминации на $h_2 = 35^{\circ}54'$.

Определите географическую широту места.

Выпишем в общем виде формулы высот в верхней и нижней кульминации.

$$h_1 = 90 - \varphi + \delta \quad (1)$$

$$h_2 = 90 + \varphi - \delta \quad (2)$$

Задача 2

Какой наибольшей высоты достигает Вега (склонение)

$\delta = 38^{\circ}47'$, если в Москве $\delta = 55^{\circ}45'$. Определите высоту в момент верхней кульминации.

$$\delta = 38^{\circ}47'$$

$$\delta = 55^{\circ}45'$$

$$h = ?$$

Воспользуемся формулой (1)

$$h_1 = 90 - \varphi + \delta \quad (1)$$

Решение

Задача 1

Вычислим из (1) выражения (2)

$$h_1 - h_2 = -2\varphi; \text{ т.е. } \varphi = -(h_1 - h_2):2$$

Вычислим географическую широту:

$$\varphi = -(50^{\circ}46' - 35^{\circ}54'):2 = -7^{\circ}26'$$

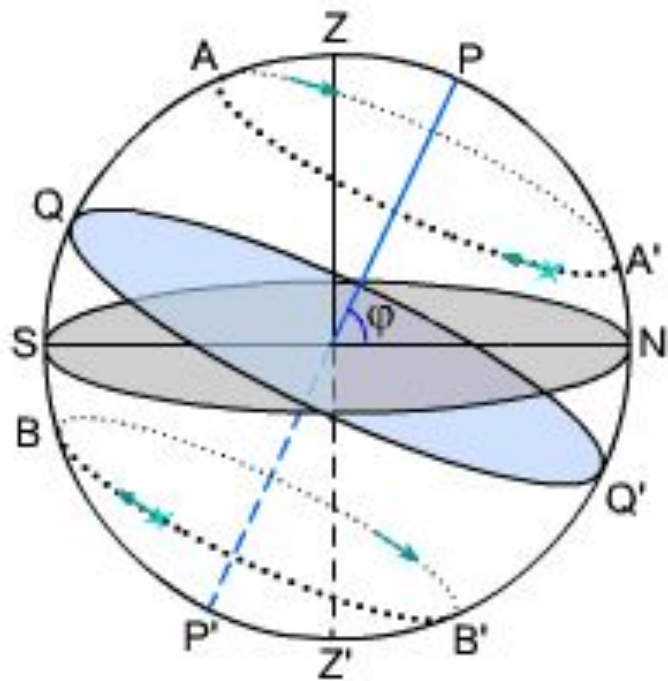
Задача 2

Воспользуемся формулой (1)

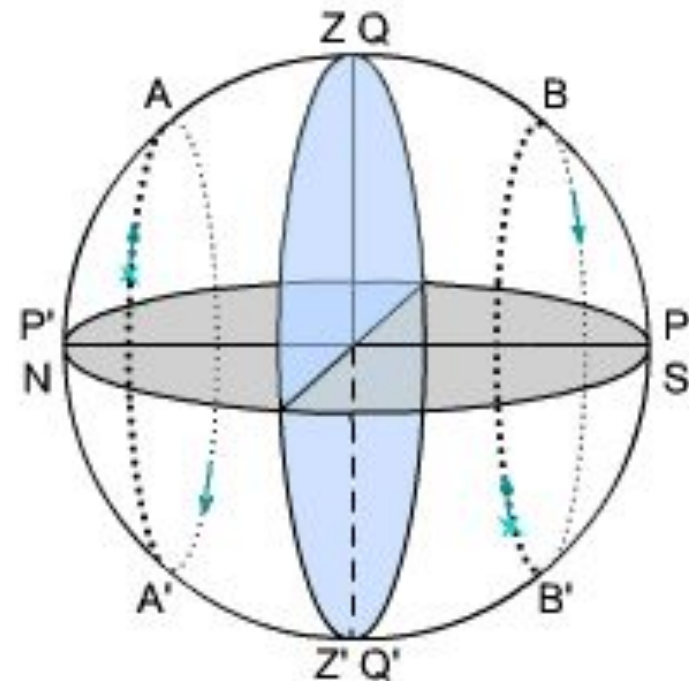
$$h_1 = 90 - \varphi + \delta \quad (1)$$

$$h = 90 - 55^{\circ}45' + 38^{\circ}47' = 73^{\circ}02'$$

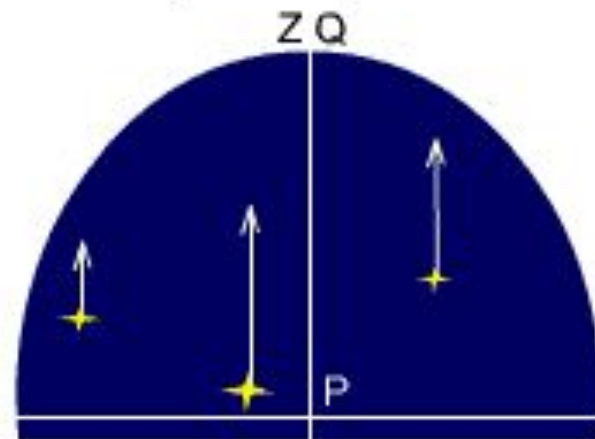
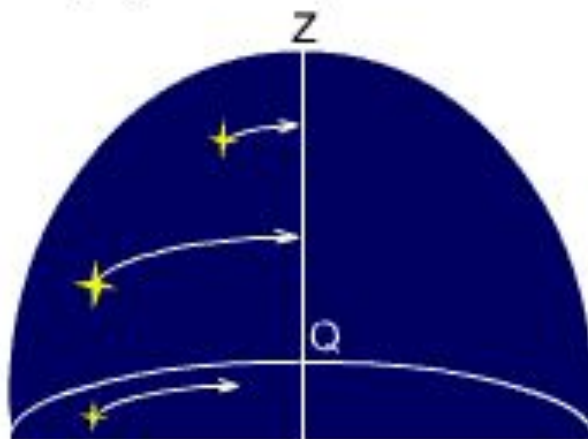
Суточное движение светил на экваторе Земли и средних широтах



б) средние широты Земли



в) экватор Земли



Домашнее задание

1. Какие точки называют точками кульминации светил?
2. Что называется точками восхода и захода светил?
3. Как изменяется при суточном движении светила его высота, прямое восхождение, склонение?
4. Какая существует зависимость между географической широтой места наблюдения и соответствующими горизонтальной и экваториальной координатами светила?
5. Как приблизительно определить географическую широту места из наблюдения Полярной звезды?
6. Каково назначение зенит -телескопа?