

# Видимое движение звёзд на различных географических широтах

Практические основы астрономии

# Сегодня на уроке

1

Узнаем, какова высота полюса мира над горизонтом

2

Выясним, что такое кульминация светила.

3

Узнаем, что называется точками восхода и захода светил.

4

Научимся определять географическую широту местности по астрономическим наблюдениям.



# Небесные координаты

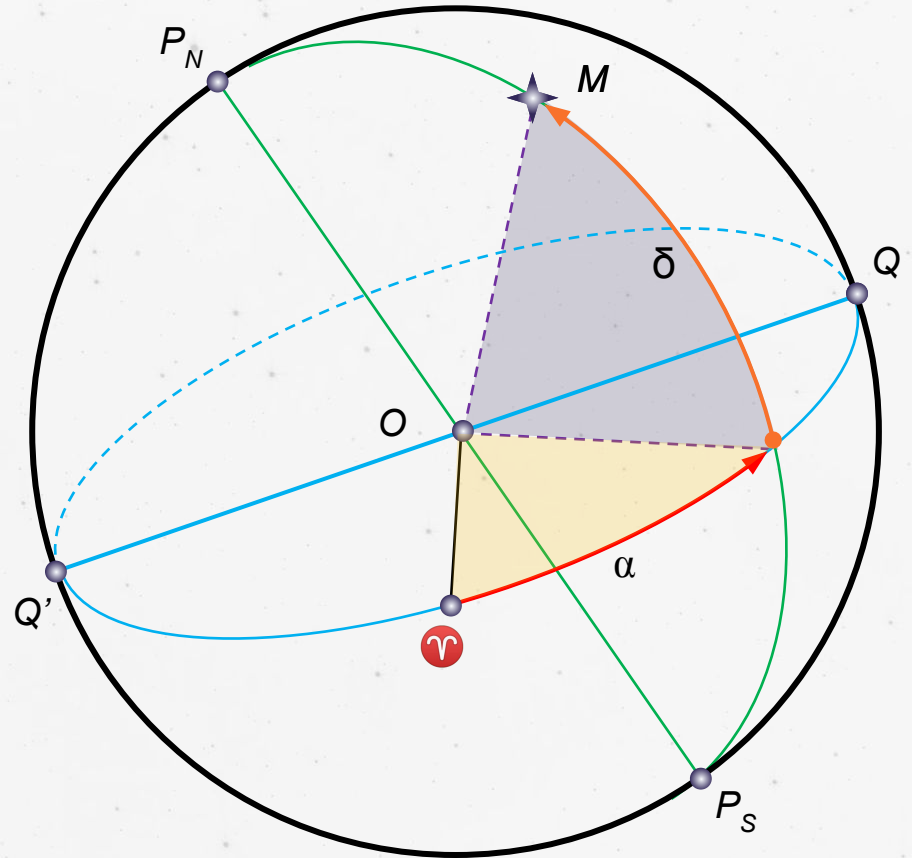
**Звёздные карты** представляют собой проекции небесной сферы на плоскость с нанесёнными на неё объектами в определённой системе координат.




# Небесные координаты

## Экваториальная система координат

—  
это система небесных координат, основной плоскостью в которой является плоскость небесного экватора.





A long-exposure photograph of a night sky showing numerous star trails. The trails are curved, indicating the Earth's rotation. A yellow line points from a text box to a specific star trail. The foreground shows a hillside with some buildings and trees, illuminated by warm light.

Полярная звезда  
( $\alpha$  Малой Медведицы)

Видимое вращение  
звёздного неба



A long-exposure photograph of the night sky showing star trails. The trails are curved, indicating the Earth's rotation. A yellow line points from a text box to a specific star, the North Star, which is the center of the circular trails. The sky is dark blue, and the horizon is visible at the bottom with a bright light source, likely the sun or moon, just below the horizon.

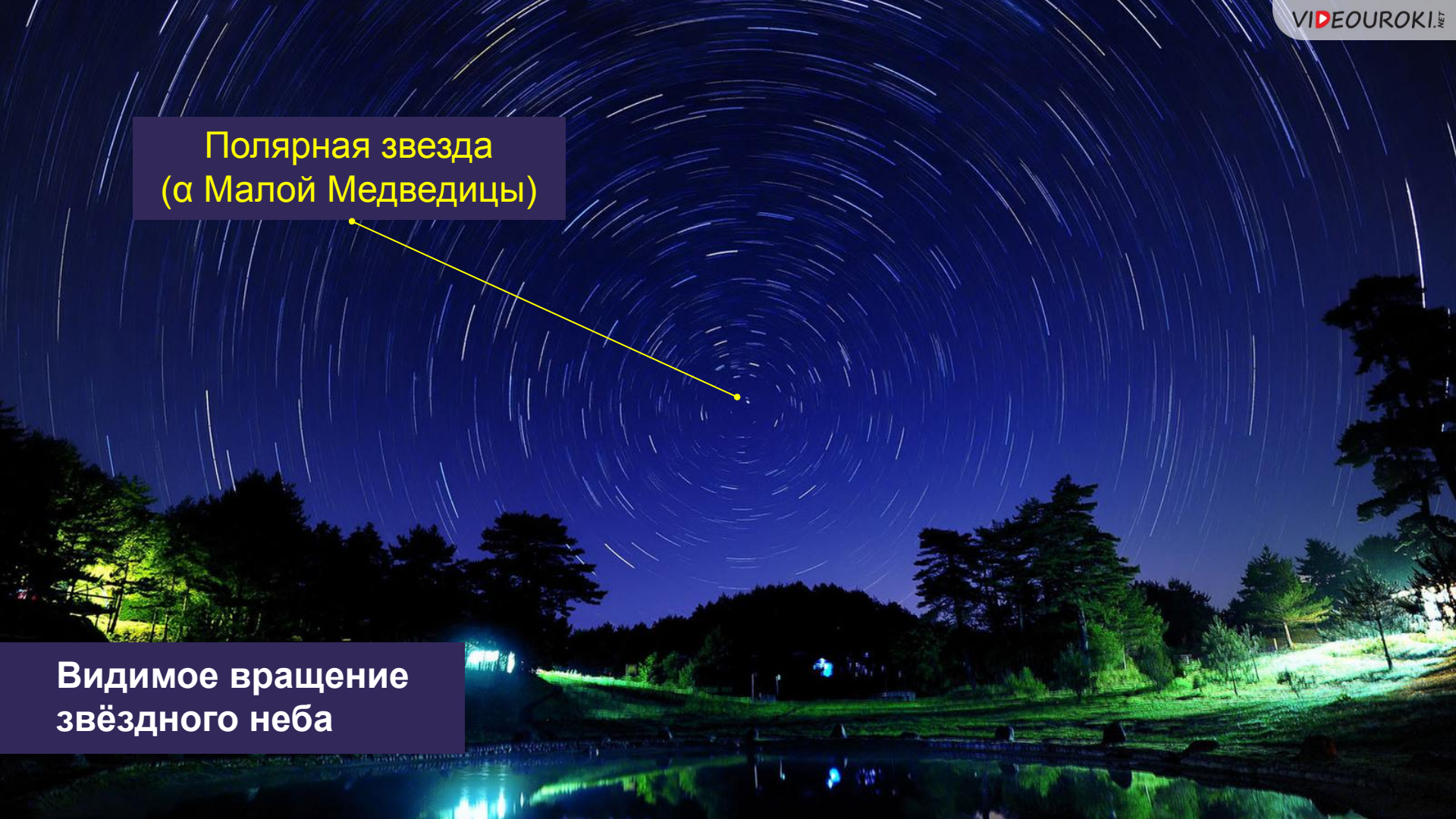
Полярная звезда  
( $\alpha$  Малой Медведицы)

Видимое вращение  
звёздного неба



Полярная звезда  
( $\alpha$  Малой Медведицы)

Видимое вращение  
звёздного неба





Видимое вращение  
звёздного неба

Полярная звезда  
( $\alpha$  Малой Медведицы)





# Небесные координаты

значит, должна существовать  
зависимость между высотой  
полюса мира и  
географической широтой  
места наблюдения.



# Видимое движение звёзд

Наблюдатель из точки  $O$  видит полюс мира на высоте  $h_p = \angle NOP$ .

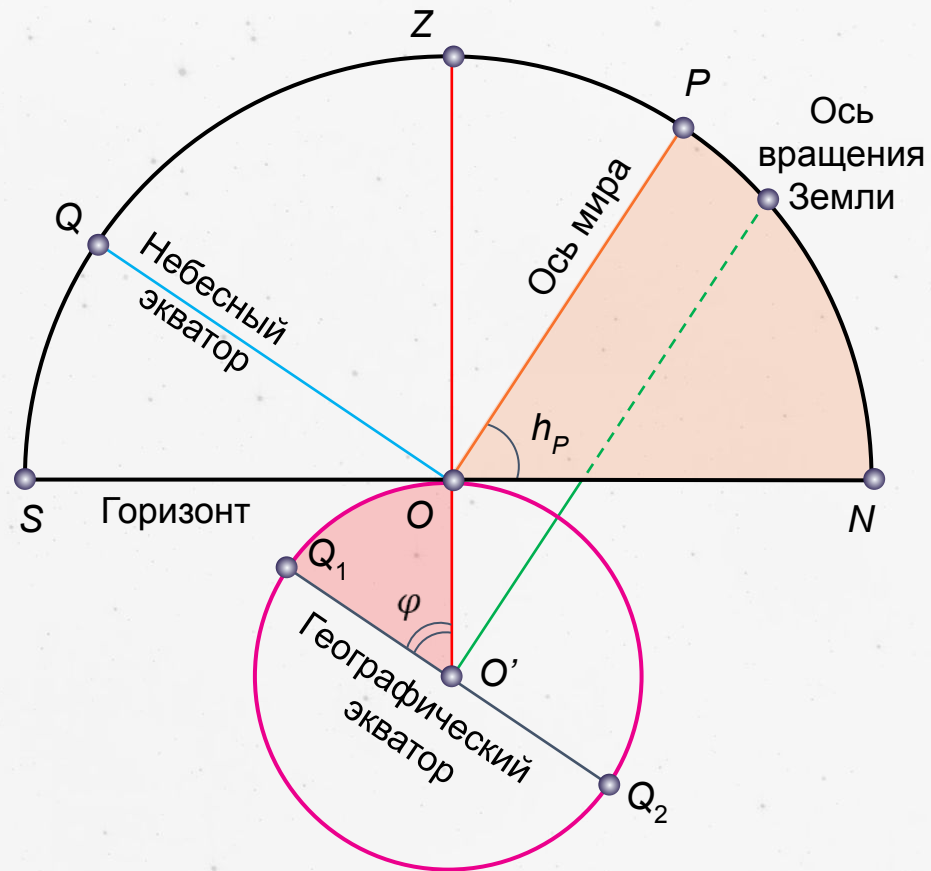
Угол при центре Земли:  $\angle OO'Q_1 = \varphi$ .

Так как  $O'Q_1 \perp OS$ , а  $OP \perp Q_1Q_2$ , то

$$\angle NOP = \angle OO'Q_1.$$

Следовательно,

$$h_p = \varphi$$



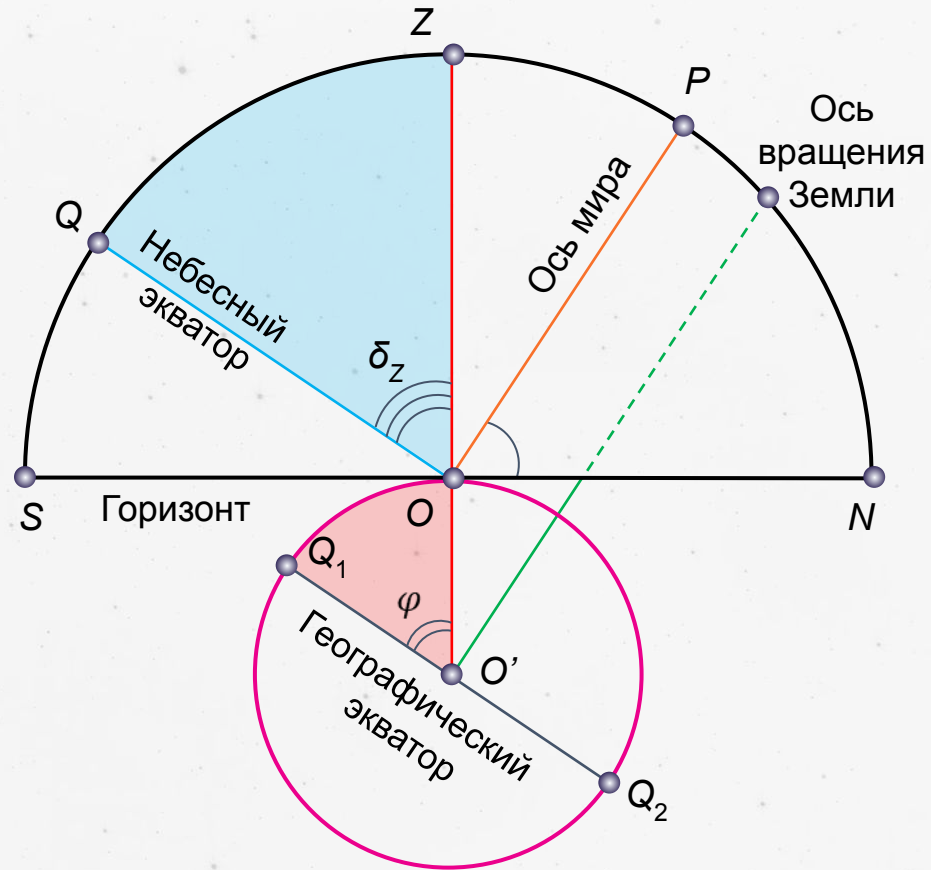


# Видимое движение звёзд

Угловая высота полюса мира над горизонтом равна географической широте места наблюдения:

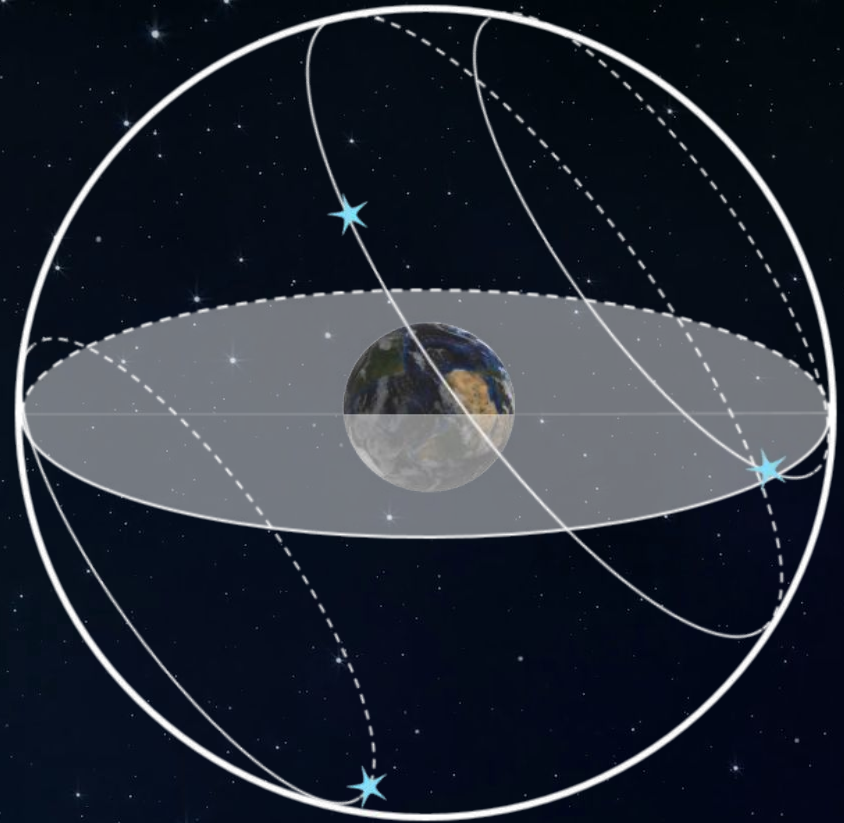
$$h_P = \varphi$$

$$\angle QOZ = \delta_Z = \varphi = h_P$$



# Видимое движение звёзд

Суточные пути светил на небесной сфере —  
окружности, плоскости которых  
параллельны небесному экватору.

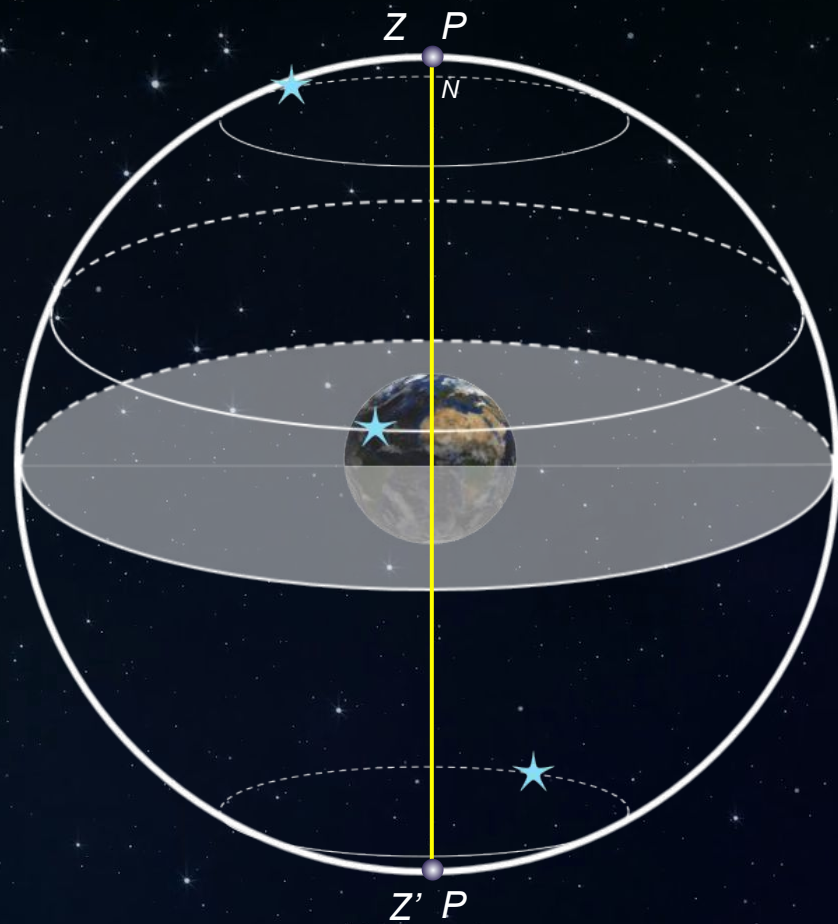




# Видимое движение звёзд

## Полюс —

это такое место на земном шаре, где ось мира совпадает с отвесной линией, а небесный экватор — с горизонтом.



# Видимое движение звёзд

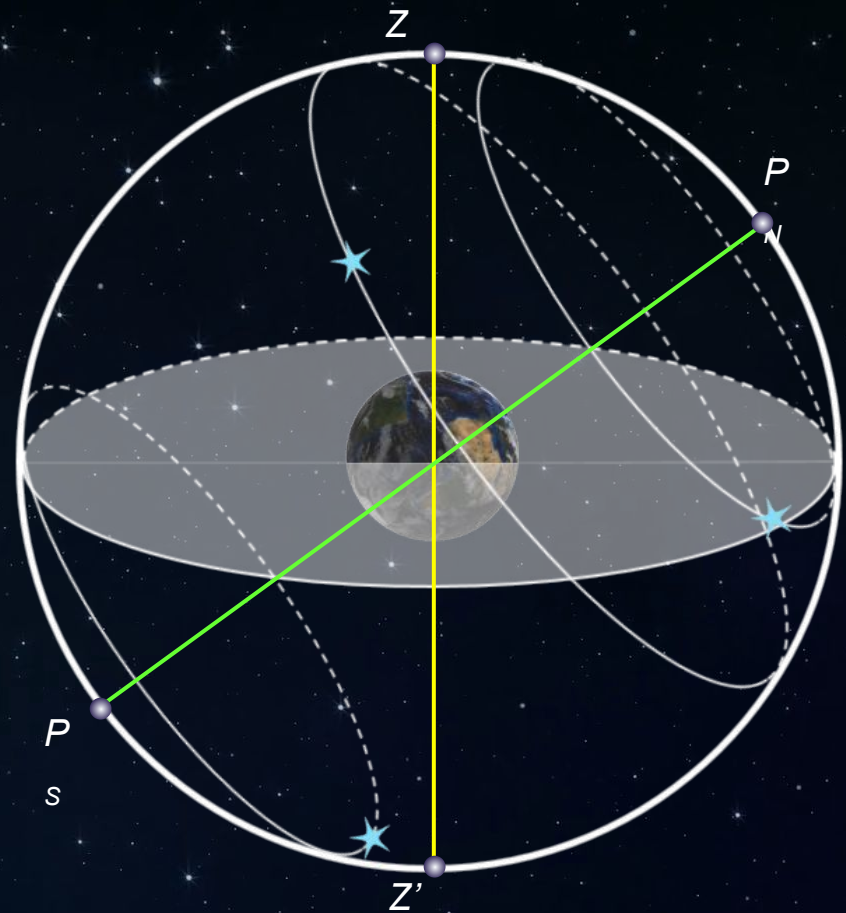
На Северном полюсе над горизонтом будут видны все звёзды, **склонение которых положительно**, а их высота в течение суток **не будет изменяться**.





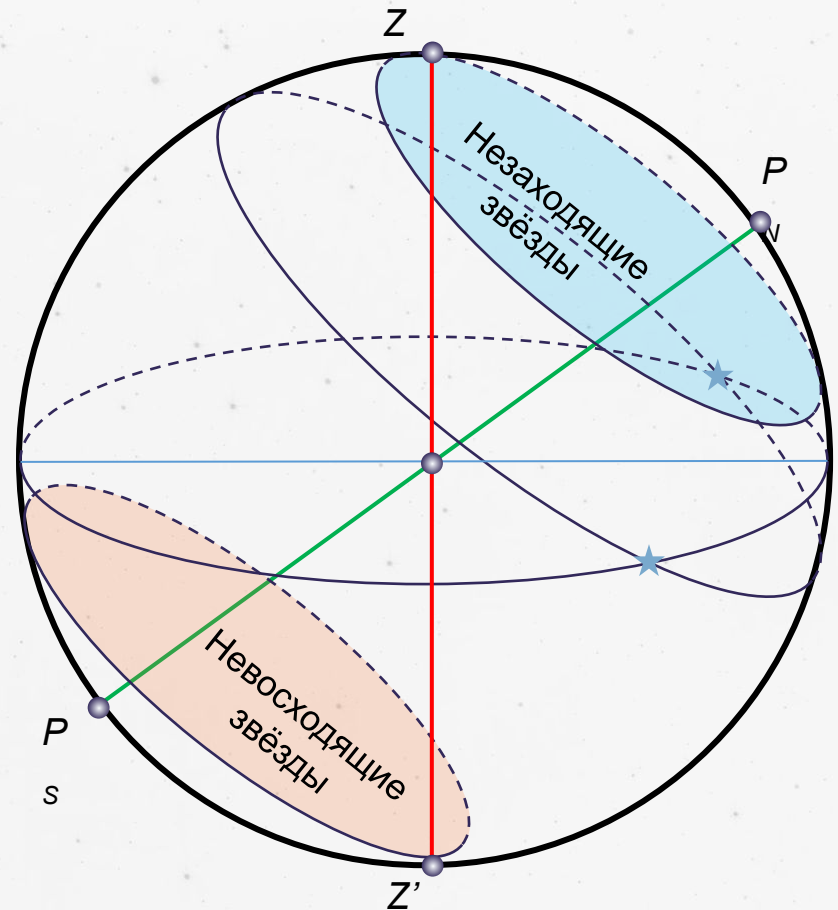
# Видимое движение звёзд

На средних широтах наблюдатель сможет наблюдать **восходящие и заходящие звёзды**.



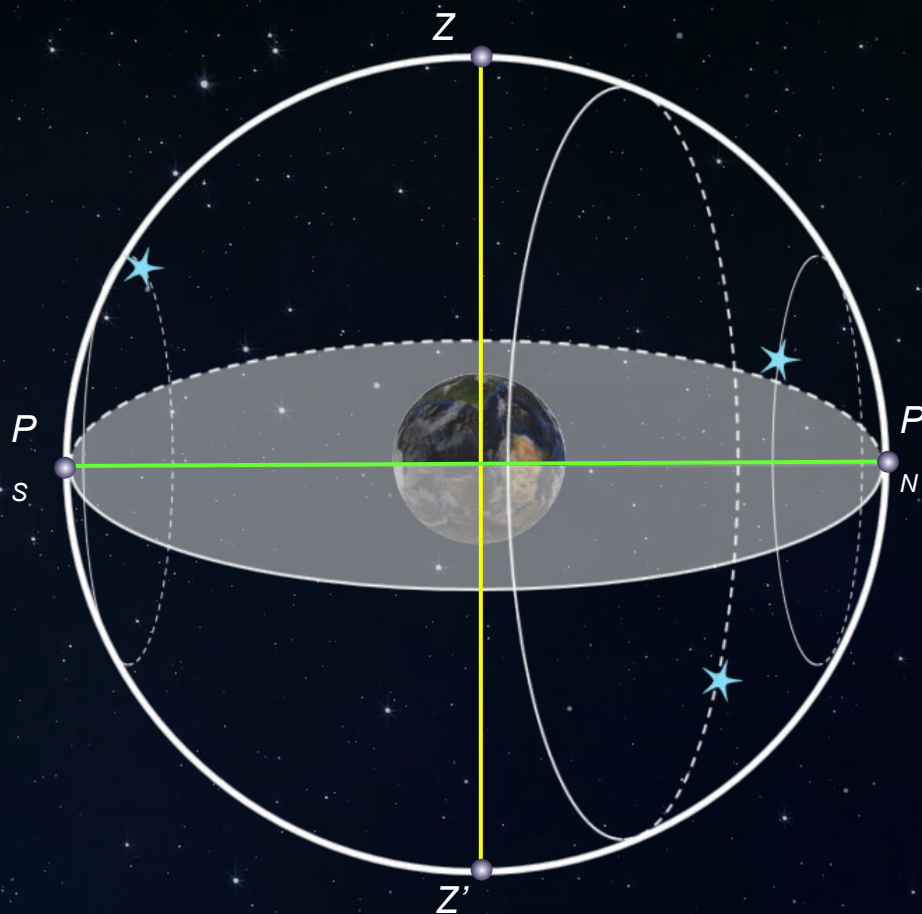
# Видимое движение звёзд

Под **восходом** понимается явление пересечения светилом восточной части истинного горизонта, а под **заходом** — западной части этого горизонта.



# Видимое движение звёзд

Находясь на экваторе, наблюдатель сможет увидеть **все звёзды**, которые в течение суток восходят и заходят.





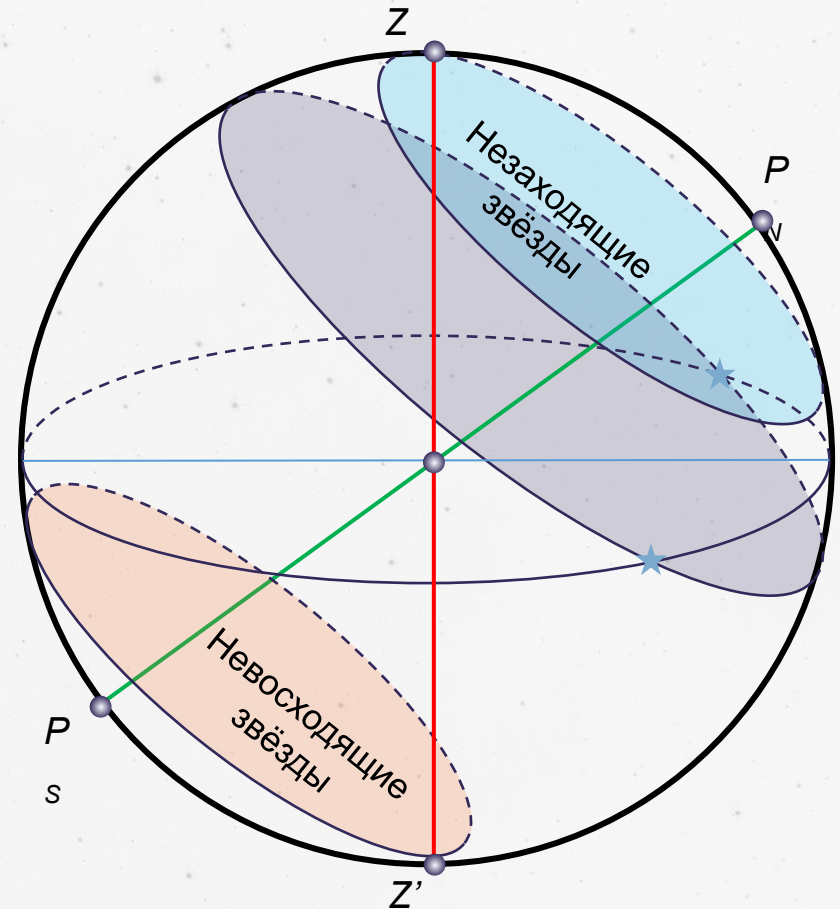
# Видимое движение звёзд

Условия видимости звёзд:

Если  $|\delta| < 90^\circ - \varphi$ , то звезда является восходящей и заходящей.

Если  $|\delta| \geq 90^\circ - \varphi$ , то звезда в Северном полушарии является незаходящей.

Если  $|\delta| \leq -(90^\circ - \varphi)$ , то звезда в Северном полушарии является невосходящей.



**Задача 1.** Определите, какой является звезда  $\delta$  Стрельца, для наблюдателя, находящегося на широте  $55^\circ 15'$ .

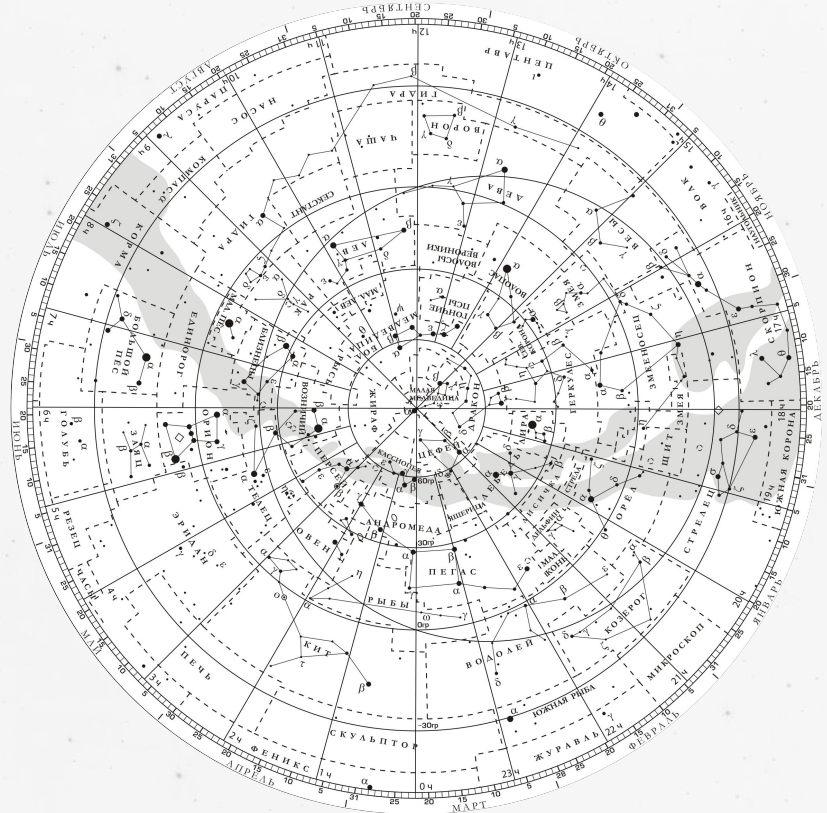
## РЕШЕНИЕ

Склонение  $\delta$  Стрельца:  $\delta = -30^\circ$ .

Тогда  $-(90^\circ - \varphi) = -(90^\circ - 55^\circ 15') = -34^\circ 45'$ .

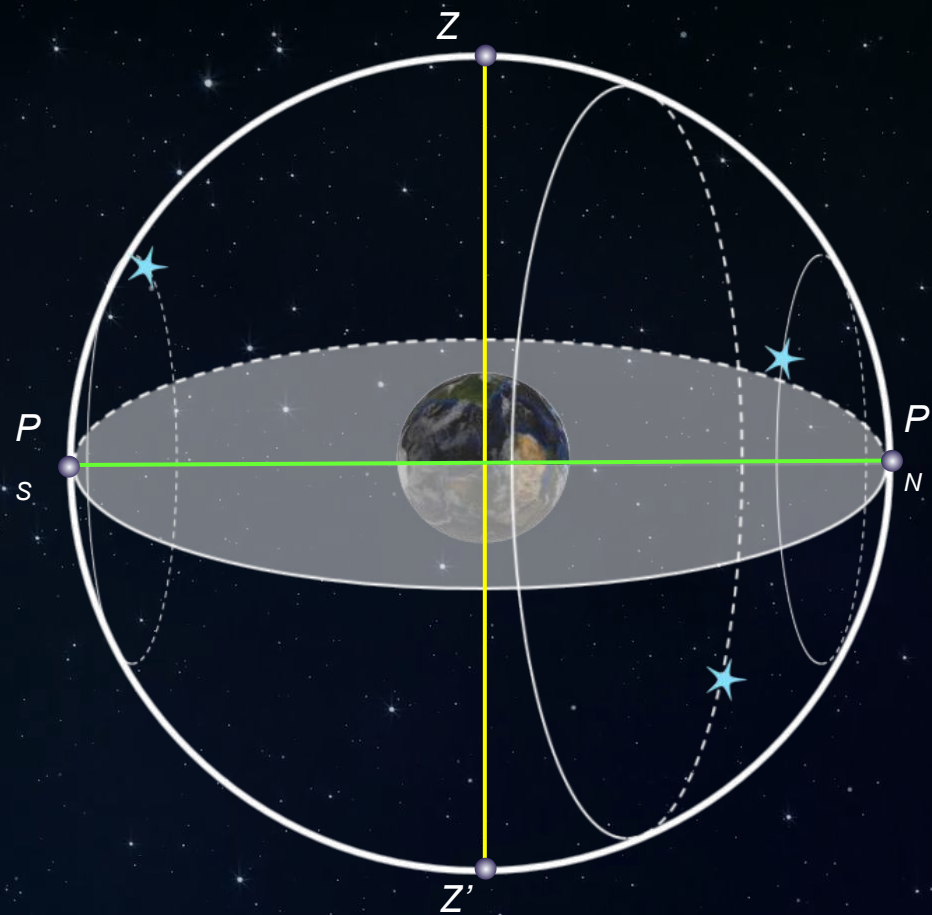
Следовательно,  $\delta > -(90^\circ - \varphi)$ .

**ОТВЕТ:** на данной широте звезда и восходит, и заходит.



# Видимое движение звёзд

Явление прохождения светилом небесного меридиана называется **кульминацией**.

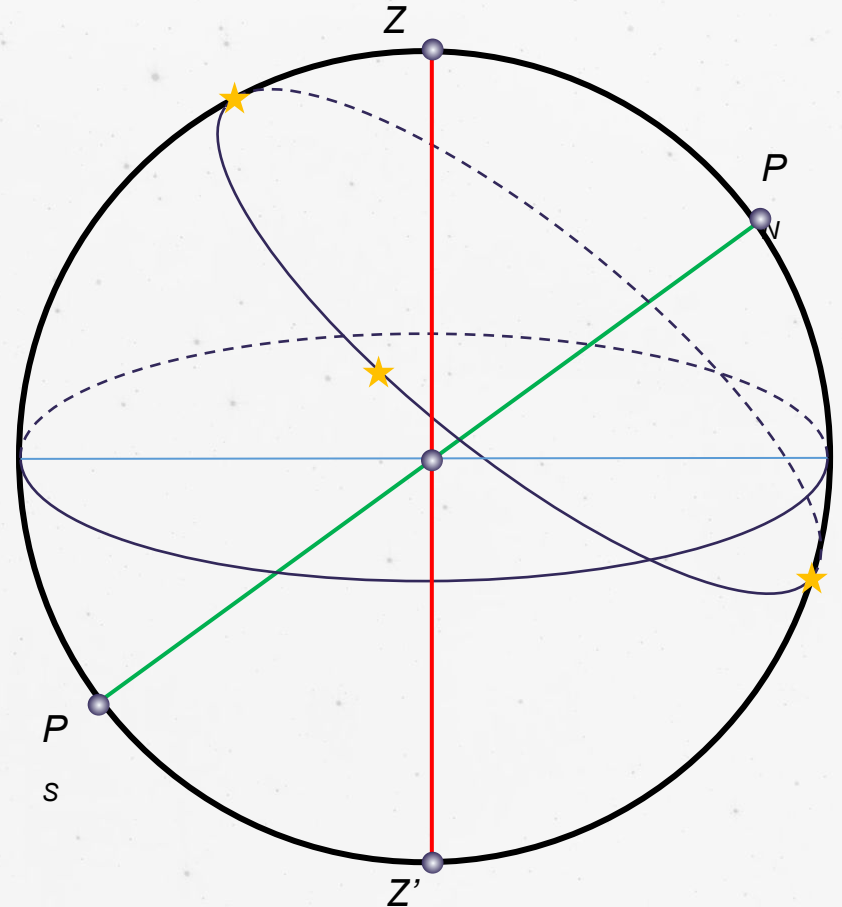




# Видимое движение звёзд

В верхней кульминации светило при суточном движении находится в наивысшей точке над горизонтом, ближайшей к зениту.

Нижняя кульминация происходит через половину суток после верхней кульминации.



# Кульминация светил

Высота полюса мира над горизонтом:  $h_P = \varphi$ .

$\angle SOM_1 = h_B$  — высота светила над горизонтом.

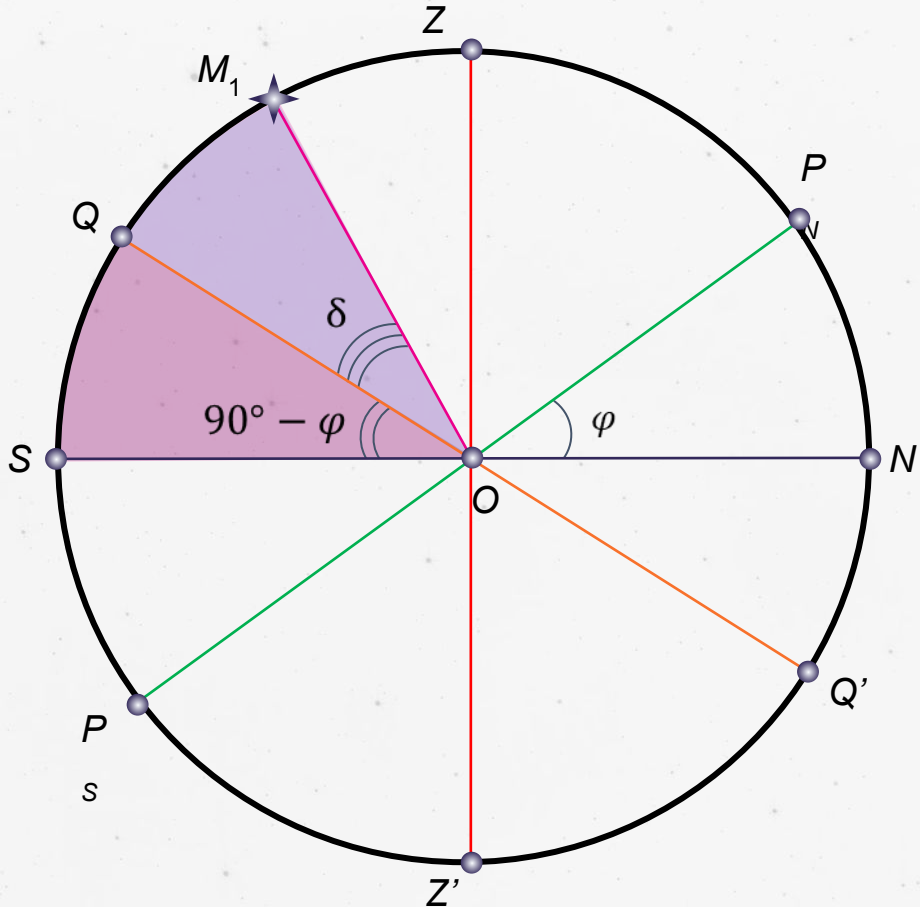
$\angle SOM_1 = \angle SOQ + \angle QOM_1$ .

Угол наклона небесного экватора к плоскости горизонта:

$\angle SOQ = 90^\circ - \varphi$ .

Склонение звезды:  $\angle QOM_1 = \delta$ .

Тогда  $h_B = (90^\circ - \varphi) + \delta$ .



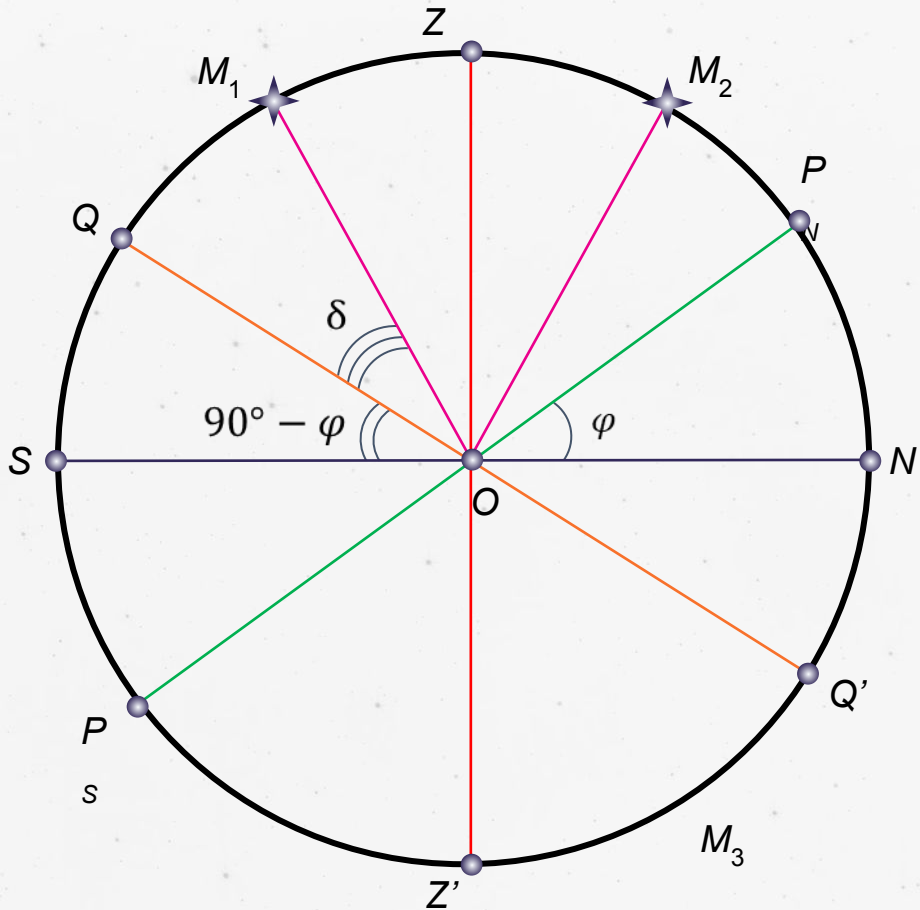
# Кульминация светил

Высота звезды в верхней кульминации слева от зенита:

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

Высота звезды в верхней кульминации справа от зенита:

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





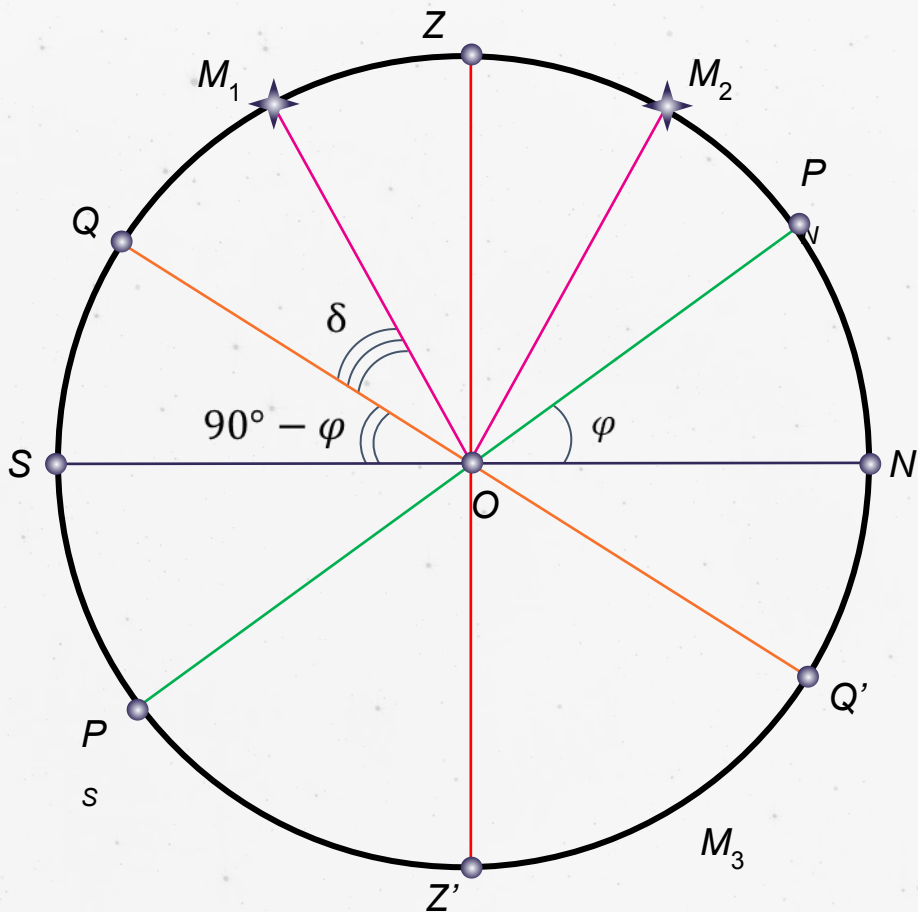
# Кульминация светил

Высота звезды в верхней кульминации:

$$h_B = 90^\circ \pm (\delta - \varphi)$$

«+» — светило кульминирует к югу от зенита ( $\delta < \varphi$ ).

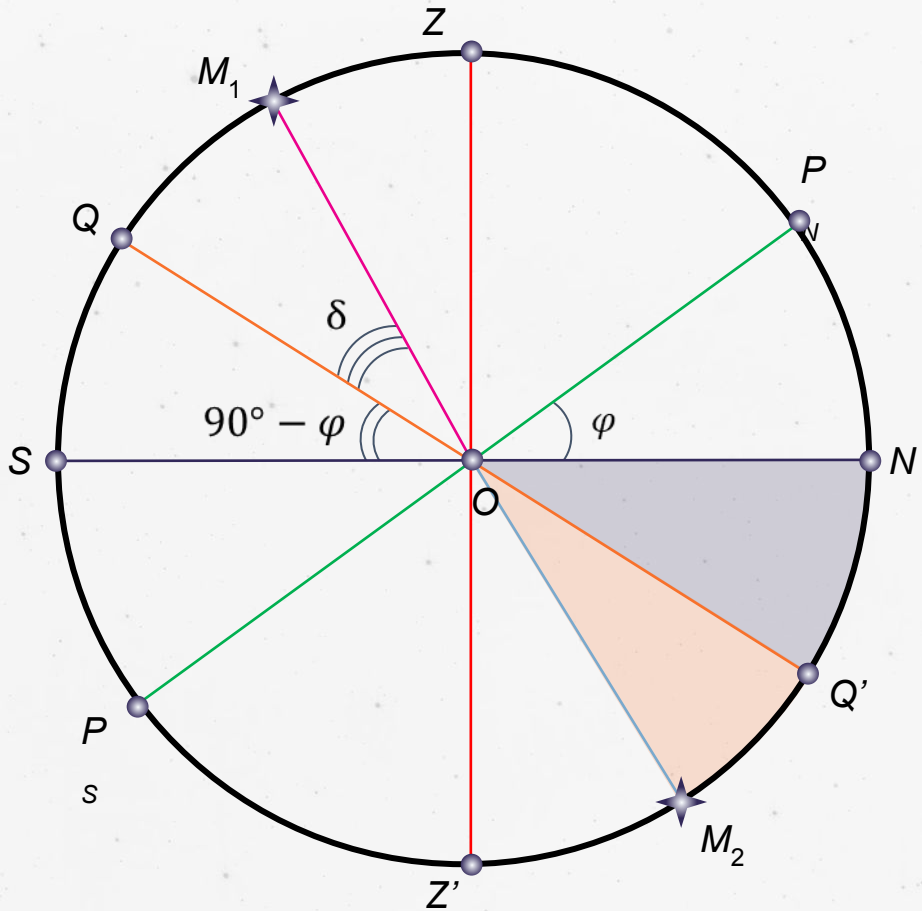
«-» — светило кульминирует к северу от зенита ( $\delta > \varphi$ ).



# Кульминация светил

Высота звезды в нижней кульминации:

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



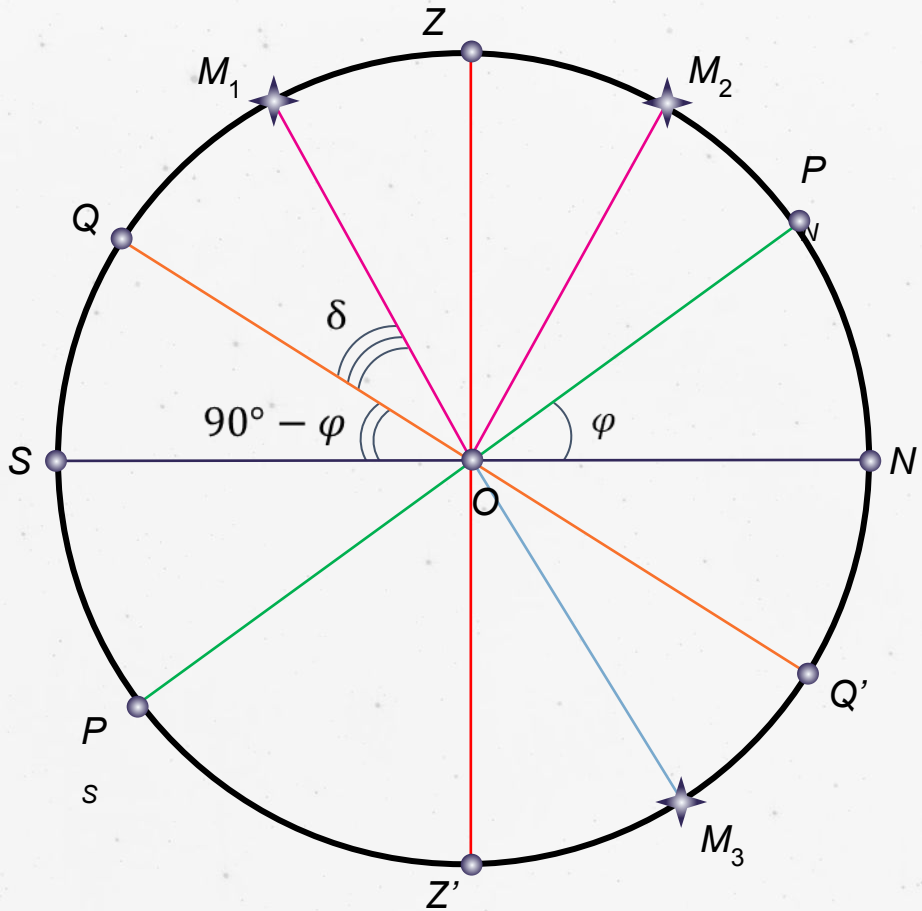
# Кульминация светил

Высота звезды в верхней  
кульминации:

$$h_{\text{В}} = 90^\circ \pm (\delta - \varphi)$$

Высота звезды в нижней  
кульминации:

$$h_{\text{Н}} = \delta - (90^\circ - \varphi)$$

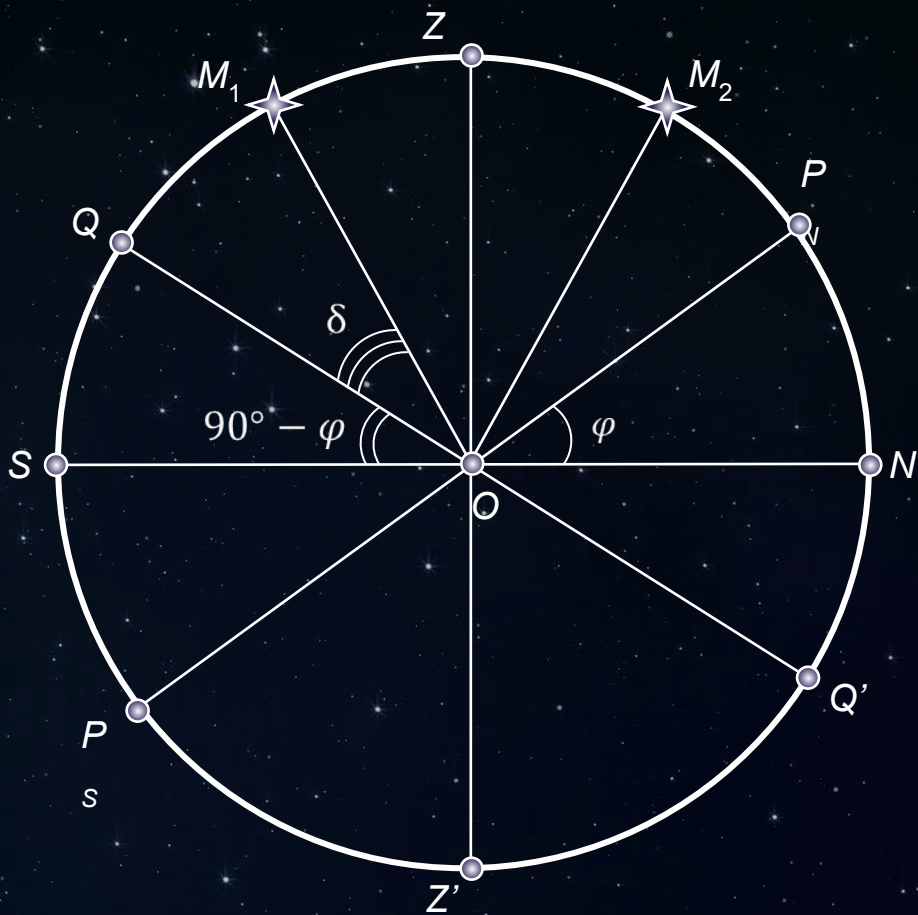




# Видимое движение звёзд

Измерив склонение светила и его высоту в моменты кульминации, легко определить географическую широту, на которой находится наблюдатель:

$$\varphi = \delta \pm (90^\circ - h_B)$$



**Задача 2.** Известно, что 22 июня склонение Солнца составляет  $\delta_{\odot} = +23^{\circ} 26'$ . Определите моменты верхней и нижней кульминаций Солнца в Санкт-Петербурге, если его широта равна  $\varphi = 57^{\circ} 57'$ .

**ДАНО**

$$\delta_{\odot} = +23^{\circ} 26'$$

$$\varphi = 57^{\circ} 57'$$

$$h_{\text{В}} = ?$$

$$h_{\text{Н}} = ?$$

**РЕШЕНИЕ**

Положение Солнца относительно зенита в верхней кульминации:

так как  $\delta_{\odot} < \varphi$ , то Солнце кульминирует к югу от зенита.

Высота Солнца в момент верхней кульминации:

$$h_{\text{В}} = 90^{\circ} + (\delta - \varphi) = 90^{\circ} + (23^{\circ} 26' - 57^{\circ} 57') = +53^{\circ} 29'.$$

Высота Солнца в момент нижней кульминации:

$$h_{\text{Н}} = \delta + \varphi - 90^{\circ} = 23^{\circ} 26' + 57^{\circ} 57' - 90^{\circ} = +6^{\circ} 37'.$$

**ОТВЕТ:**  $h_{\text{В}} = +53^{\circ} 29'$ ;  $h_{\text{Н}} = +6^{\circ} 37'$ .



**Белые ночи в Санкт-Петербурге**



# Выводы

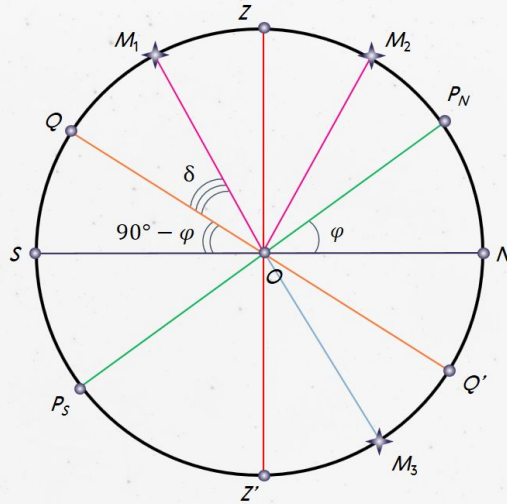
## Кульминация светил

Высота звезды в верхней кульминации:

$$h_B = 90^\circ \pm (\delta - \varphi)$$

Высота звезды в нижней кульминации:

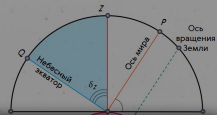
$$h_H = \delta - (90^\circ - \varphi)$$



### Видимое движение звёзд

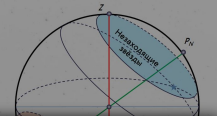
Угловая высота полюса мира над горизонтом равна географической широте места наблюдения:

$$h_p = \varphi$$



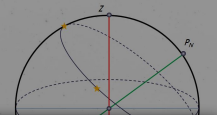
### Видимое движение звёзд

Под восходом понимается явление пересечения светилом восточной части истинного горизонта, а под



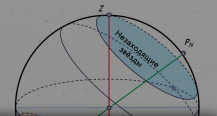
### Видимое движение звёзд

Явление прохождения светилом небесного меридиана называется кульминацией.



### Видимое движение звёзд

Под восходом понимается явление пересечения светилом восточной части истинного горизонта, а под



### Кульминация светил

Высота звезды в верхней кульминации:

$$h_B = 90^\circ \pm (\delta - \varphi)$$

Высота звезды в нижней кульминации:

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

