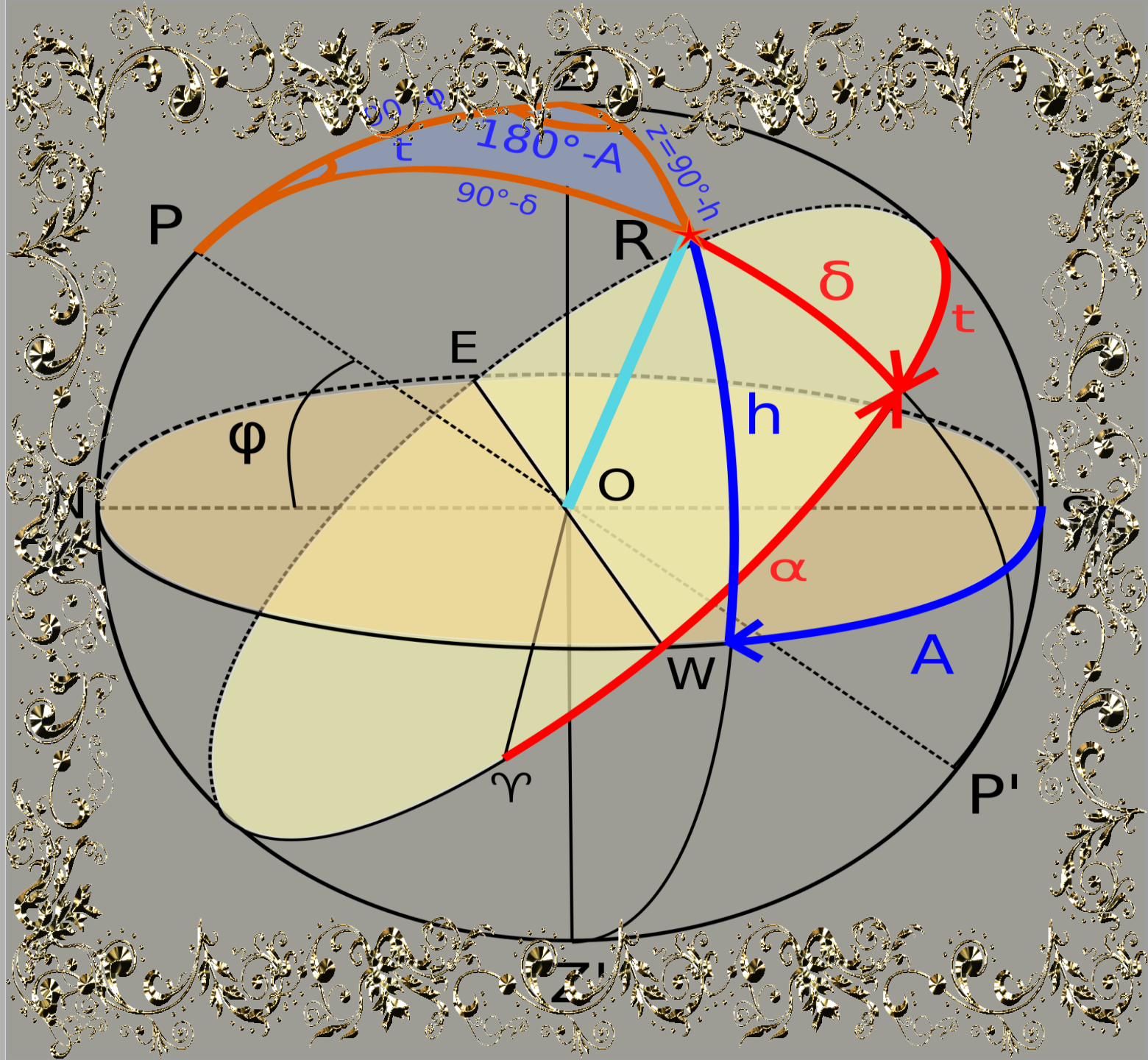


# Высота полюса мира над горизонтом Кульминация

Астрономия 10 класс



# Изменение положения светил в течение суток



- 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

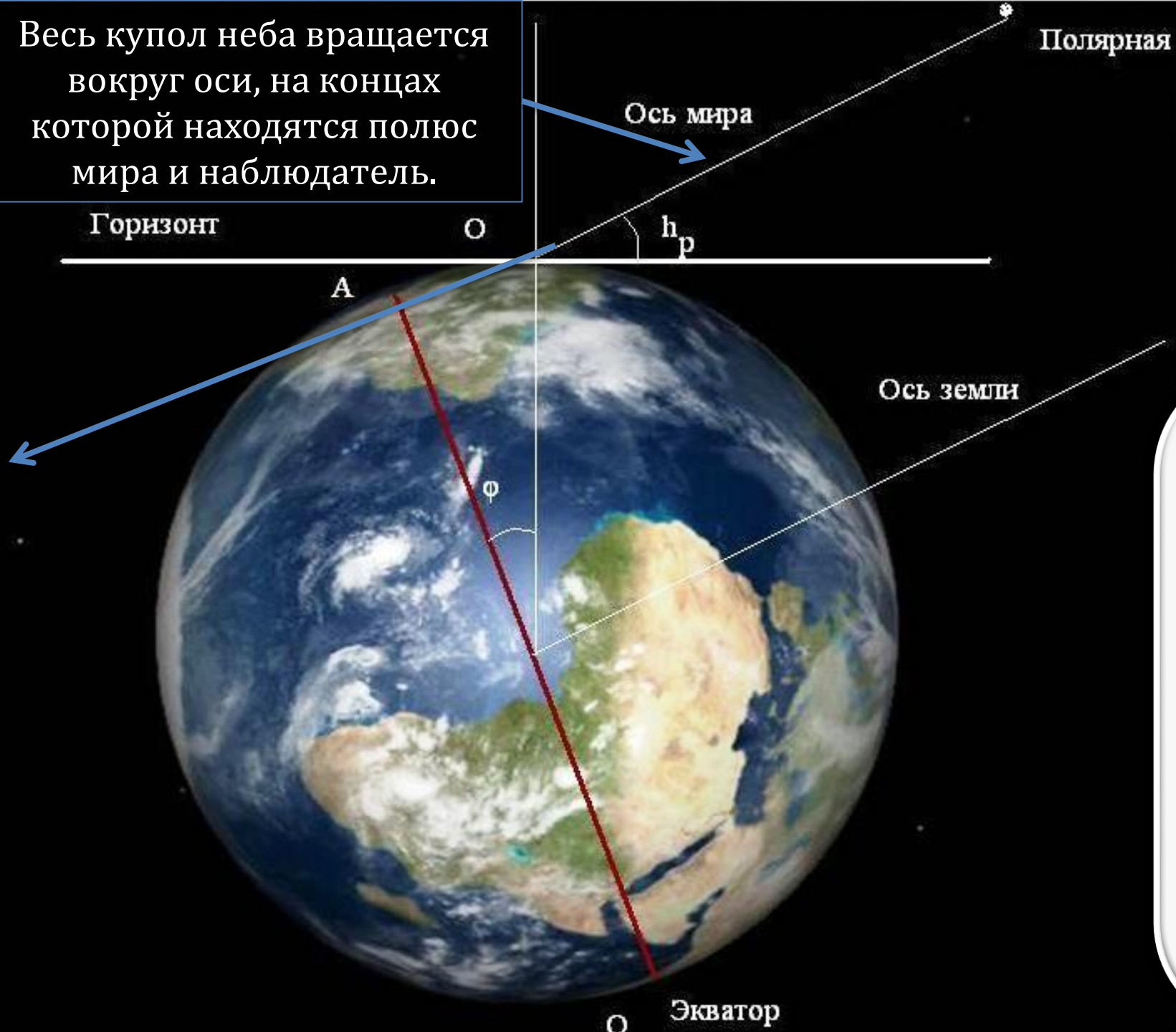
# Кульминация светила

- Двигаясь вокруг оси мира, светила описывают суточные параллели.
- Кульминация – прохождение светила через небесный меридиан.
- В течении суток происходит две кульминации: верхняя и нижняя
- У незаходящего светила обе кульминации над горизонтом. У невосходящего светила обе кульминации под горизонтом.





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

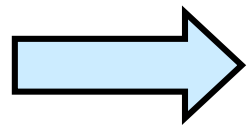


Если продолжить эту ось дальше  
под горизонт, то она укажет на  
другую важную астрономическую  
точку – *южный полюс мира* – ту  
точку, вокруг которой вращаются  
звезды, если смотреть на них из  
южного полушария.

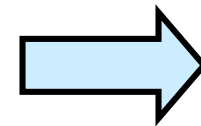
Все знают, что на самом деле  
вращается не небо, а Земля.  
Поэтому суточное движение  
неба – *кажущееся*. Но люди так  
долго верили в неподвижность  
Земли, что у нас до сих пор  
осталась эта высокомерная  
привычка – считать, что мы  
находимся в центре Вселенной.  
А вместе с ней и те первые  
математические уравнения,  
которые применялись для  
определения законов видимого  
движения небесных тел.

$$PP' \perp AO_1$$

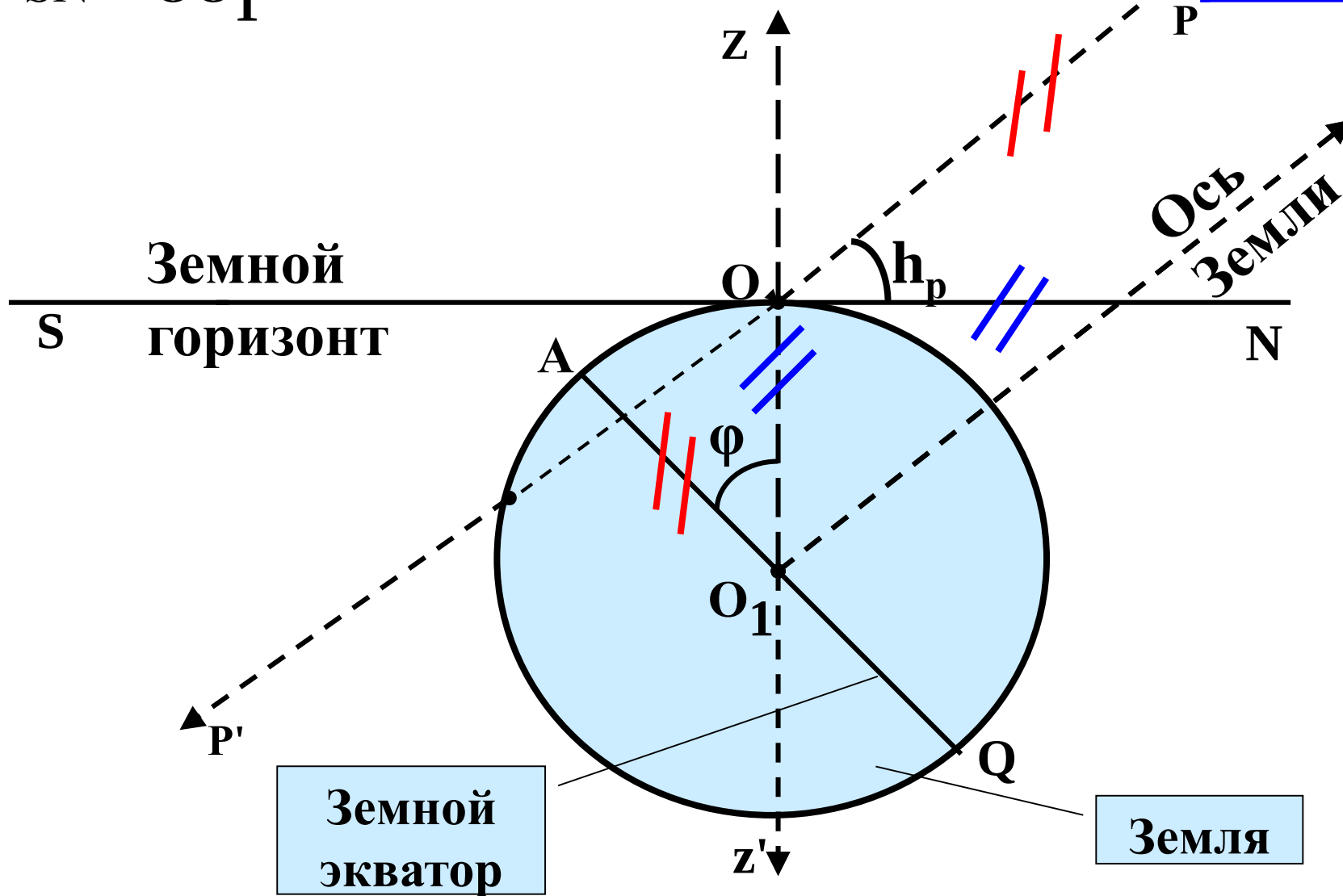
$$SN \perp OO_1$$



$$\angle PON = \angle AO_1O$$

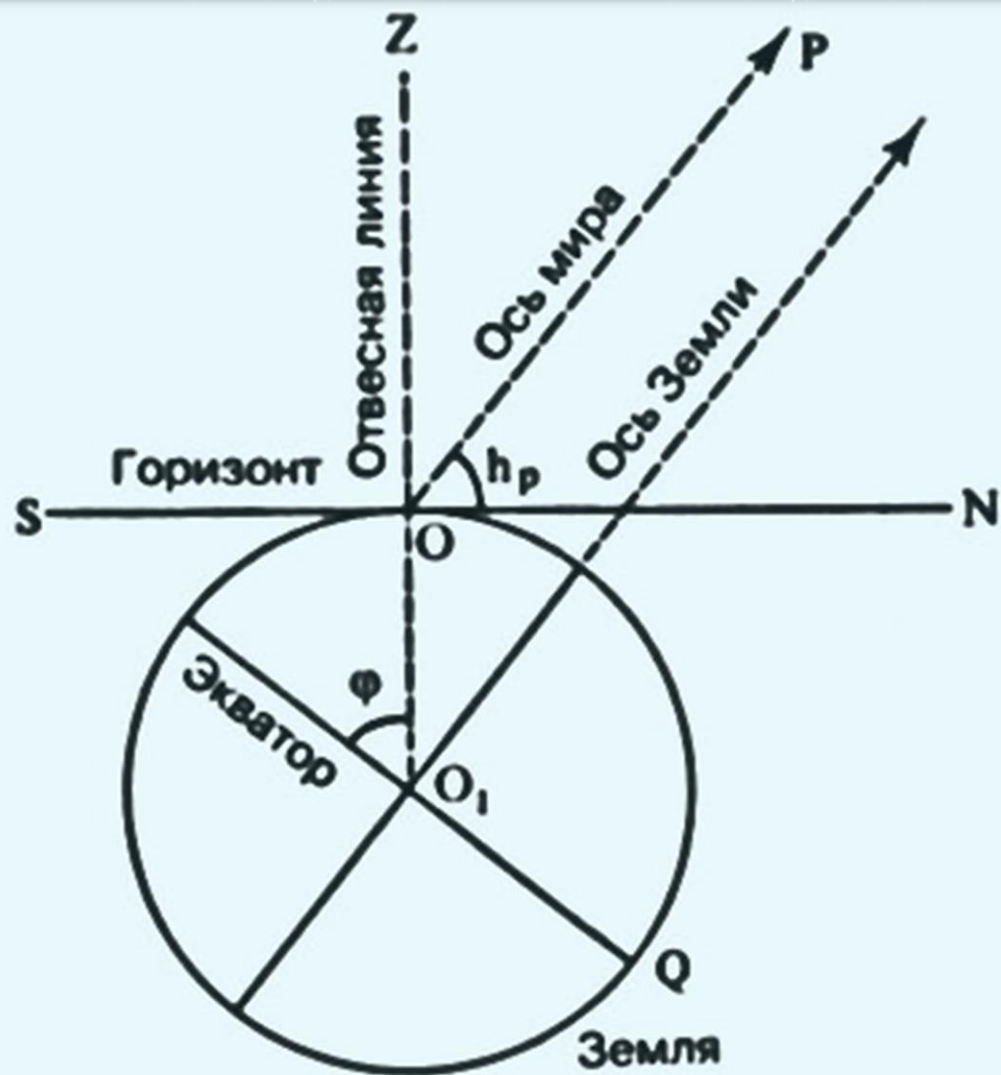


$$h_p = \varphi$$



# Задача определения географической широты

А для более опытного наблюдателя, научившегося не отвлекаться на несущественные подробности и видеть только контуры астрономических кругов и направления, полезнее будет поработать с этим рисунком.



Итак, давайте запомним первое или приближенно астрономическое уравнение, связывающее высоту Полярной звезды географическое положение наблюдателя с видимым расположением звезд:

$$h_p = \varphi$$

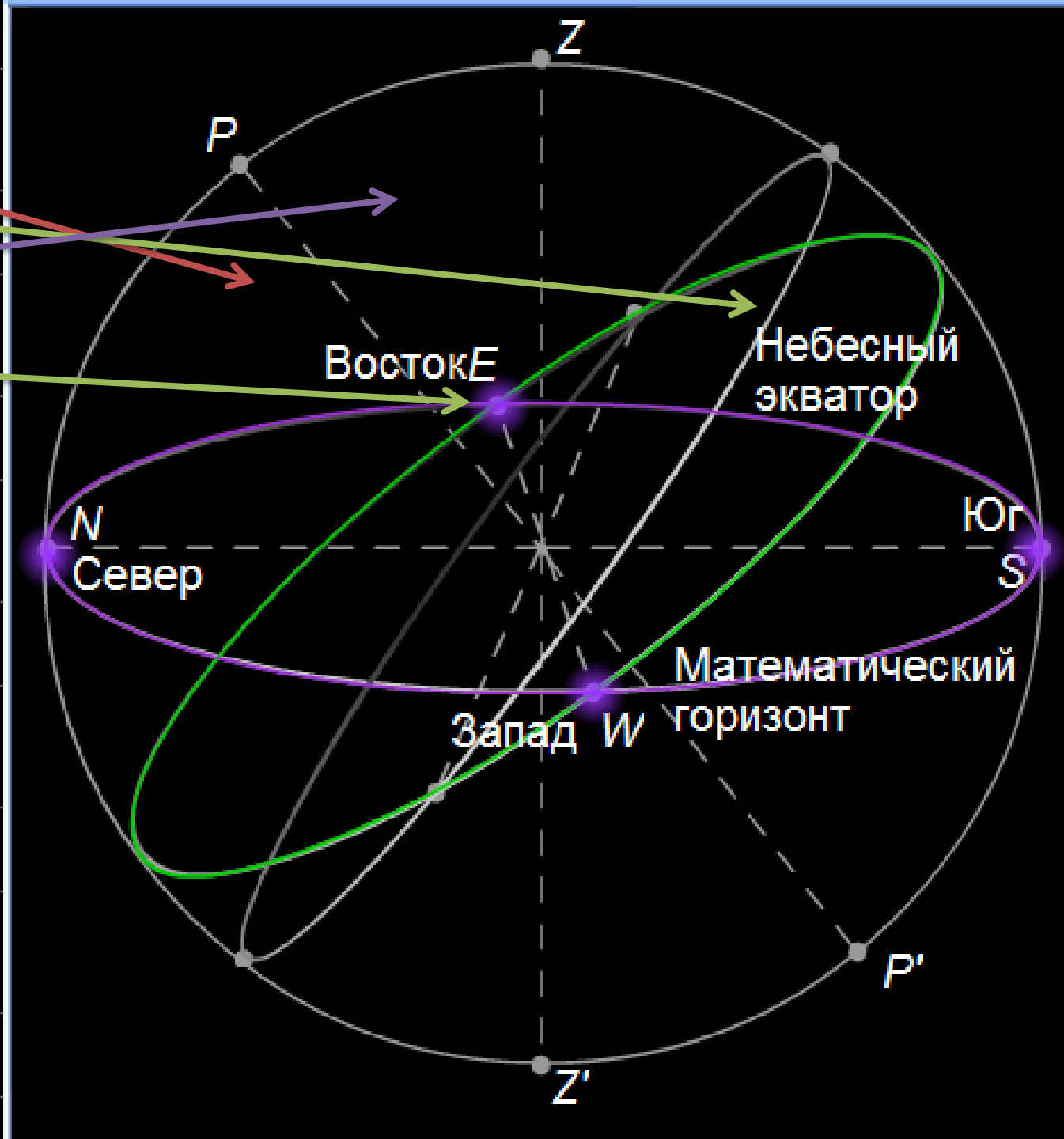
Доказал в 320 г. до Н.Э. Пифей

Если стать лицом к Полярной звезде, то  
впереди на горизонте будет *точка севера*  
(N),

сзади – *точка юга* (S),

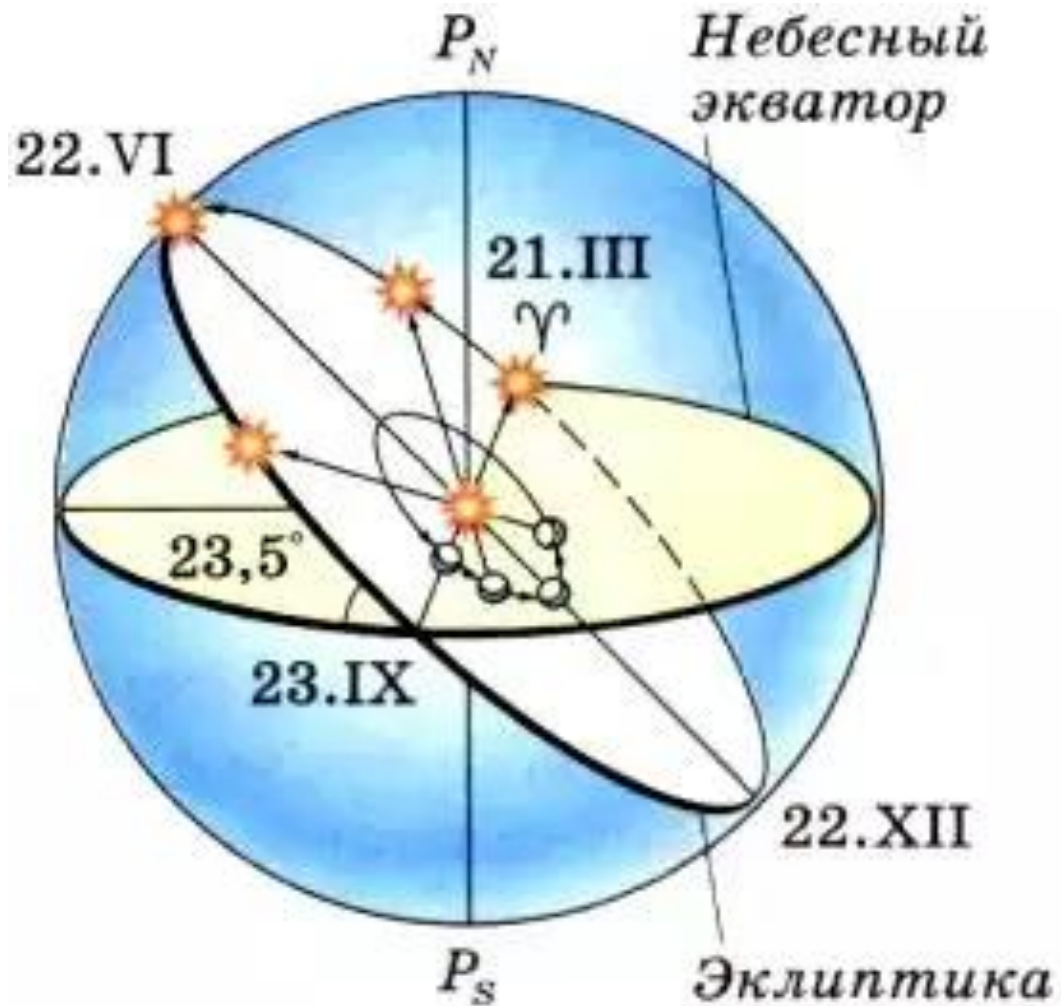
справа – *точка востока* (E),

а слева – *точка запада* (W).





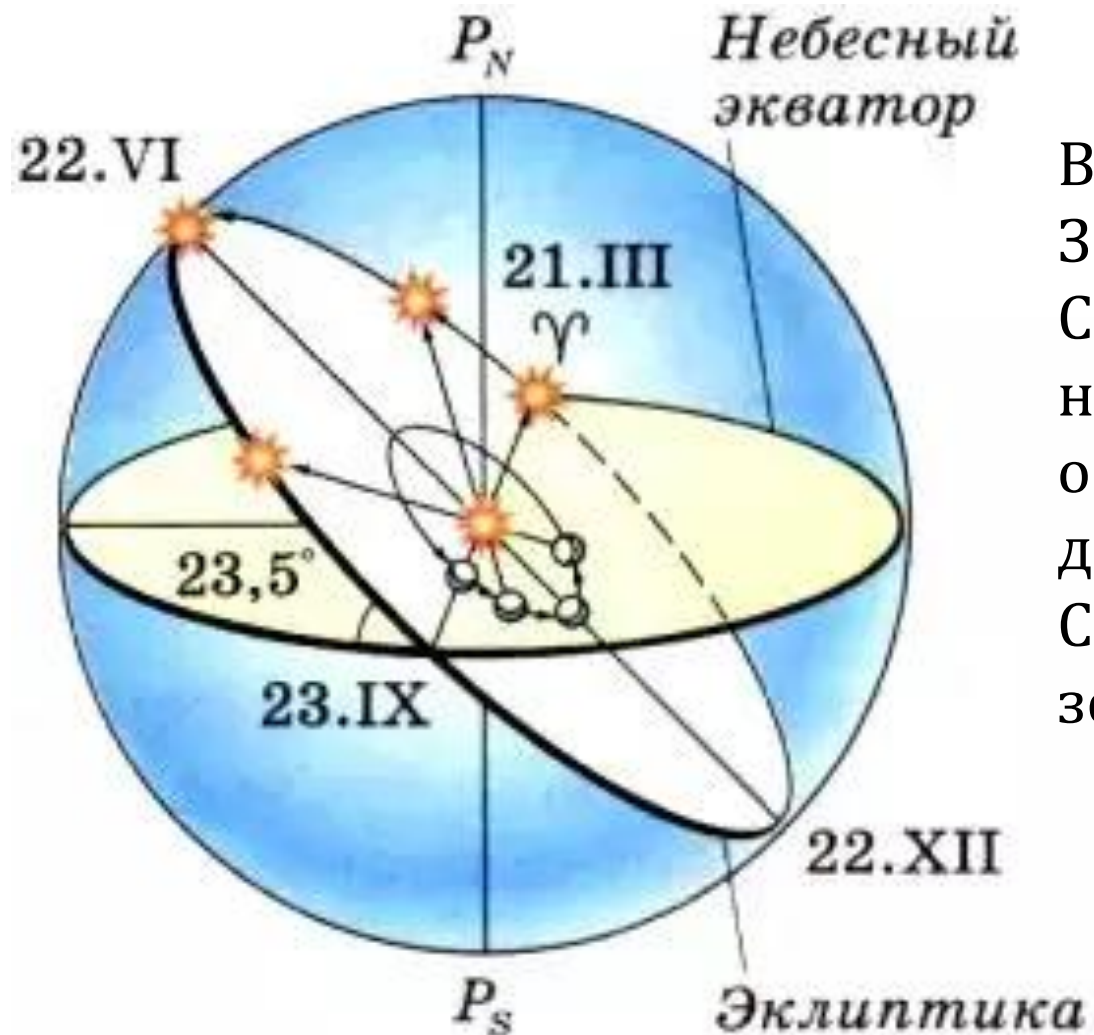
Ось вращения Земли наклонена к плоскости её орбиты на  $66^{\circ}34'$ .  
Земной экватор имеет по отношению к плоскости орбиты наклон, равный  $23^{\circ}26'$ , поэтому и наклон эклиптики к небесному экватору равен  $23^{\circ}26'$ .



- В дни **весеннего** и **осеннего равноденствия** (21 марта и 23 сентября) Солнце находится на небесном экваторе и имеет склонение  $0^{\circ}$ .
- Оба полушария Земли освещаются одинаково: граница дня и ночи проходит точно через полюса, и день равен ночи во всех пунктах Земли.



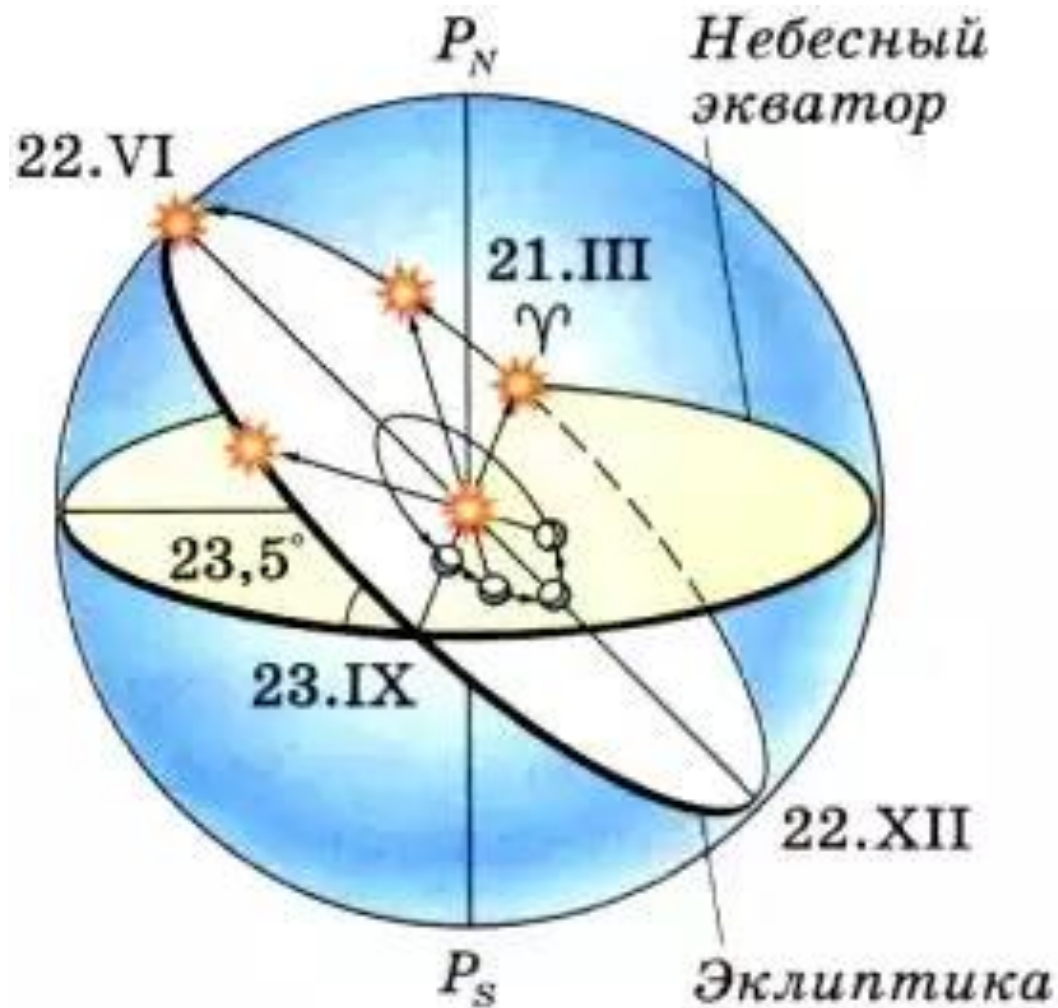
Ось вращения Земли наклонена к плоскости её орбиты на  $66^{\circ}34'$ .  
Земной экватор имеет по отношению к плоскости орбиты наклон, равный  $23^{\circ}26'$ , поэтому и наклон эклиптики к небесному экватору равен  $23^{\circ}26'$ .



В день **летнего солнцестояния** (22 июня) Земля повёрнута к Солнцу своим Северным полушарием. Здесь стоит лето, на Северном полюсе – полярный день, а на остальной территории полушария дни длиннее ночи.

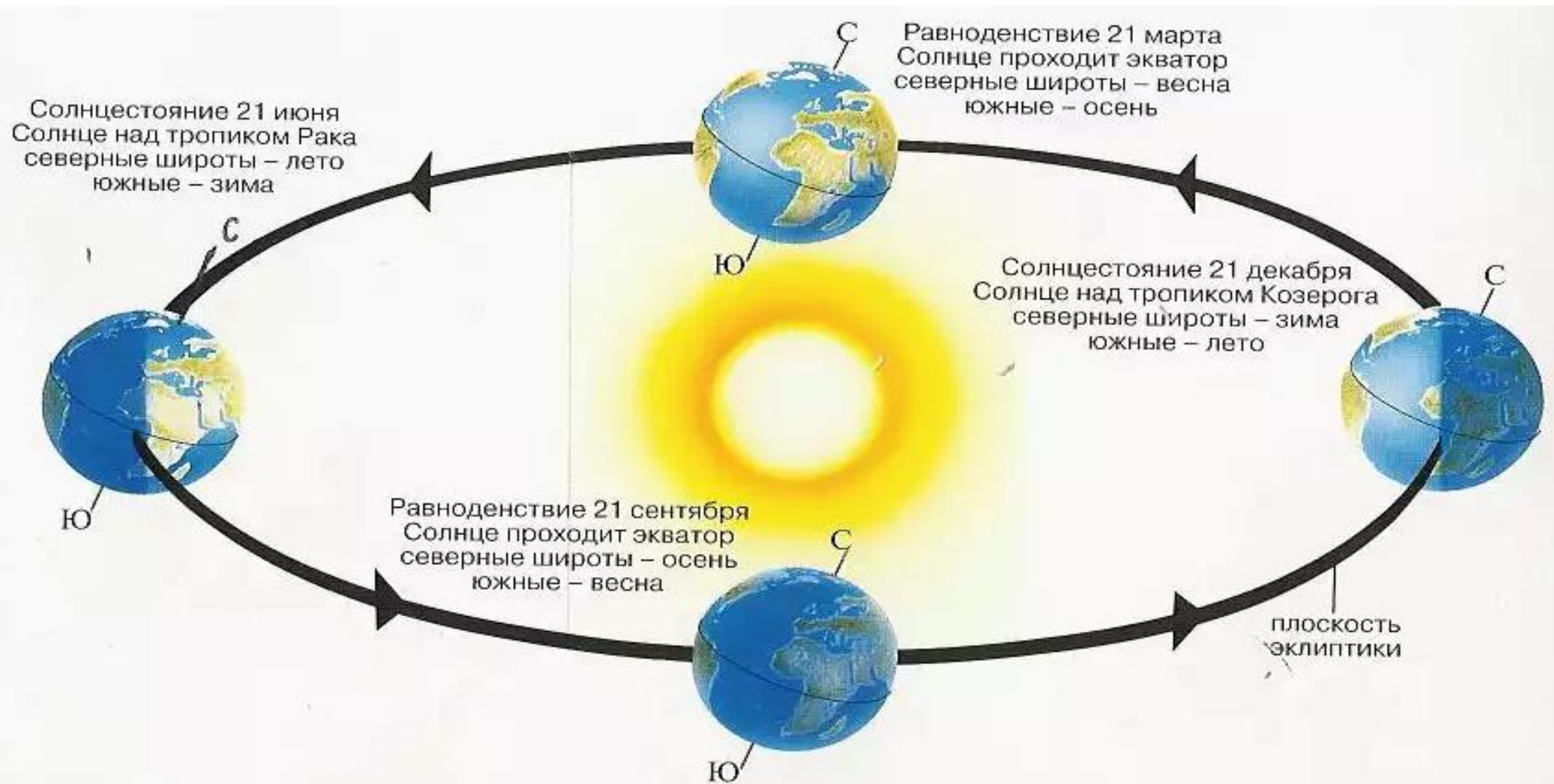
Солнце поднимается над плоскостью земного (и небесного) экватора на  $23^{\circ}26'$ .

Ось вращения Земли наклонена к плоскости её орбиты на  $66^{\circ}34'$ .  
Земной экватор имеет по отношению к плоскости орбиты наклон, равный  $23^{\circ}26'$ , поэтому и наклон эклиптики к небесному экватору равен  $23^{\circ}26'$ .



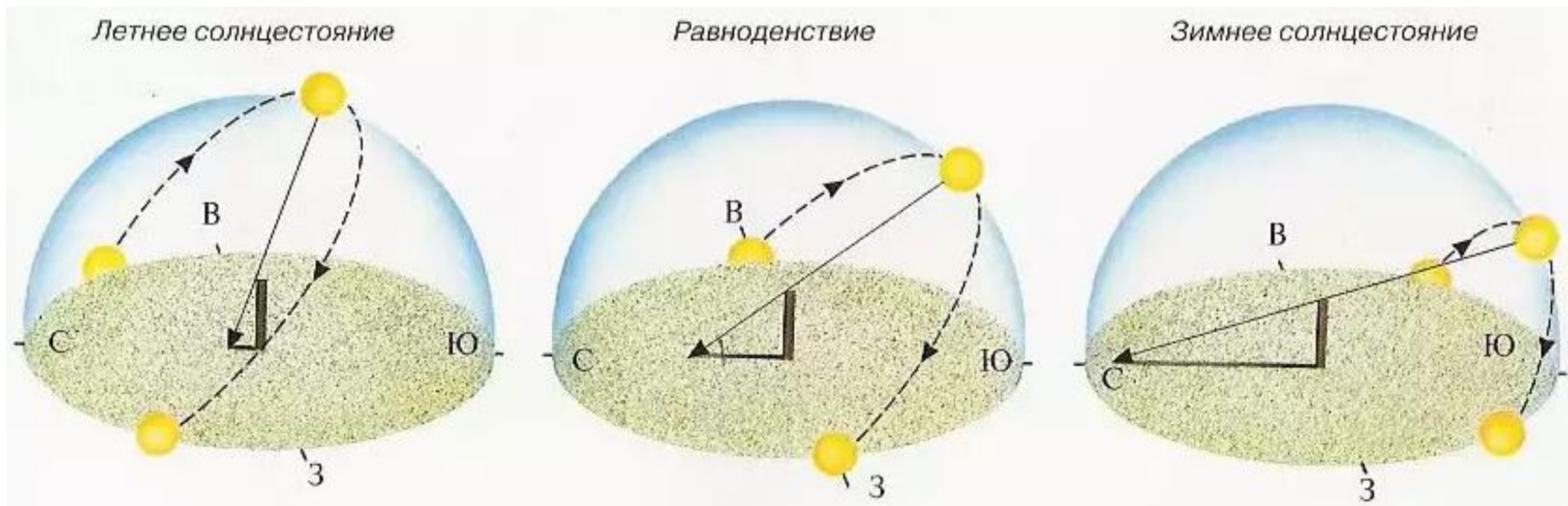
В день **зимнего солнцестояния** (22 декабря), когда Северное полушарие освещается хуже всего, Солнце находится ниже небесного экватора на угол  $23^{\circ}26'$ .

# Летнее и зимнее солнцестояние Весеннее и осеннее равноденствие





В зависимости от положения Солнца на эклиптике меняется его высота над горизонтом в полдень – момент верхней кульминации.



Измерив полуденную высоту Солнца и зная его склонение в этот день, можно вычислить географическую широту места наблюдения.

Измерив полуденную высоту Солнца и зная его склонение в этот день, можно вычислить географическую широту места наблюдения.

**Для верхней кульминации**

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

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

**Для нижней кульминации**

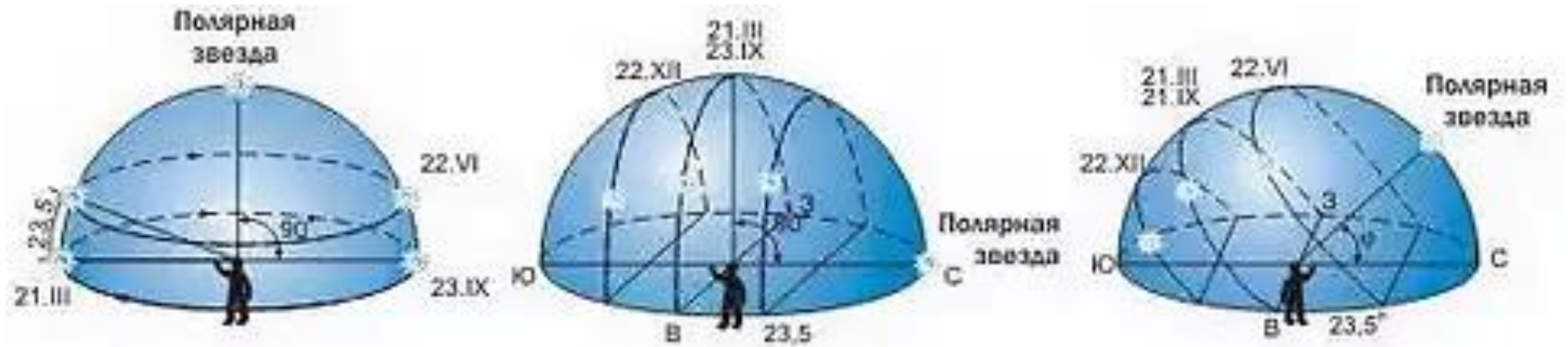
$$h = \phi + \delta - 90^\circ$$

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

| Широта в градусах              | 21.III—<br>весеннее<br>равноден-<br>ствие | 22.VI—<br>летнее<br>солнце-<br>стояние | 23.IX—<br>осеннее<br>равноден-<br>ствие | 22.XII—<br>зимнее<br>солнце-<br>стояние |
|--------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 90 —Сев. полюс                 | 0                                         | 23,5                                   | 0                                       | —23,5 <sup>1</sup>                      |
| 85                             | 5                                         | 28,5                                   | 5                                       | —18,5                                   |
| 80                             | 10                                        | 33,5                                   | 10                                      | —13,5                                   |
| 75                             | 15                                        | 38,5                                   | 15                                      | —8,5                                    |
| 70                             | 20                                        | 43,5                                   | 20                                      | —3,5                                    |
| 68                             | 22                                        | 45,5                                   | 22                                      | —1,5                                    |
| 66,5 — сев. поляр-<br>ный круг | 23,5                                      | 47,0                                   | 23,5                                    | 0,0                                     |
| 64                             | 26                                        | 49,5                                   | 26                                      | 2,5                                     |
| 62                             | 28                                        | 51,5                                   | 28                                      | 4,5                                     |
| 60                             | 30                                        | 53,5                                   | 30                                      | 6,5                                     |
| 58                             | 32                                        | 55,5                                   | 32                                      | 8,5                                     |
| 56                             | 34                                        | 57,5                                   | 34                                      | 10,5                                    |
| 54                             | 36                                        | 59,5                                   | 36                                      | 12,5                                    |
| 52                             | 38                                        | 61,5                                   | 38                                      | 14,5                                    |
| 50                             | 40                                        | 63,5                                   | 40                                      | 16,5                                    |
| 48                             | 42                                        | 65,5                                   | 42                                      | 18,5                                    |
| 46                             | 44                                        | 67,5                                   | 44                                      | 20,5                                    |
| 44                             | 46                                        | 69,5                                   | 46                                      | 22,5                                    |
| 42                             | 48                                        | 71,5                                   | 48                                      | 24,5                                    |
| 40                             | 50                                        | 73,5                                   | 50                                      | 26,5                                    |
| 38                             | 52                                        | 75,5                                   | 52                                      | 28,5                                    |
| 36                             | 54                                        | 77,5                                   | 54                                      | 30,5                                    |
| 30                             | 60                                        | 83,5                                   | 60                                      | 36,5                                    |
| 25                             | 65                                        | 88,5                                   | 65                                      | 41,5                                    |
| 23,5 — сев. тропик             | 66,5                                      | 90,0                                   | 66,5                                    | 43,0                                    |
| 20                             | 70                                        | 86,5                                   | 70                                      | 46,5                                    |
| 15                             | 75                                        | 81,5                                   | 75                                      | 51,5                                    |
| 10                             | 80                                        | 76,5                                   | 80                                      | 56,5                                    |
| 5                              | 85                                        | 71,5                                   | 85                                      | 61,5                                    |
| 0 — экватор                    | 90                                        | 66,5                                   | 90                                      | 66,5                                    |

<sup>1</sup> Минус означает, что Солнце стоит ниже горизонта.

# Суточное движение Солнца в дни равноденствия и солнцестояний



На полюсе Земли

На экваторе Земли

В средних широтах



## Упражнение 5 (с. 33)

№3. В какой день года проводились наблюдения, если высота Солнца на географической широте  $49^\circ$  была равна  $17^\circ 30'$ ?

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

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

$$\delta = 17^\circ 30' - 90^\circ + 49^\circ = 23,5^\circ$$

$\delta = 23,5^\circ$  в день солнцестояния.

Так как высота Солнца на географической широте  $49^\circ$  была равна всего  $17^\circ 30'$ , то это день зимнего солнцестояния – 21 декабря

| Широта в градусах              | 21.III—<br>весеннее<br>равноден-<br>ствие | 22.VI—<br>летнее<br>солнце-<br>стояние | 23.IX—<br>осеннее<br>равноден-<br>ствие | 22.XII—<br>зимнее<br>солнце-<br>стояние |
|--------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|
| 90 — Сев. полюс                | 0                                         | 23,5                                   | 0                                       | —23,5 <sup>1</sup>                      |
| 85                             | 5                                         | 28,5                                   | 5                                       | —18,5                                   |
| 80                             | 10                                        | 33,5                                   | 10                                      | —13,5                                   |
| 75                             | 15                                        | 38,5                                   | 15                                      | —8,5                                    |
| 70                             | 20                                        | 43,5                                   | 20                                      | —3,5                                    |
| 68                             | 22                                        | 45,5                                   | 22                                      | —1,5                                    |
| 66,5 — сев. поляр-<br>ный круг | 23,5                                      | 47,0                                   | 23,5                                    | 0,0                                     |
| 64                             | 26                                        | 49,5                                   | 26                                      | 2,5                                     |
| 62                             | 28                                        | 51,5                                   | 28                                      | 4,5                                     |
| 60                             | 30                                        | 53,5                                   | 30                                      | 6,5                                     |
| 58                             | 32                                        | 55,5                                   | 32                                      | 8,5                                     |
| 56                             | 34                                        | 57,5                                   | 34                                      | 10,5                                    |
| 54                             | 36                                        | 59,5                                   | 36                                      | 12,5                                    |
| 52                             | 38                                        | 61,5                                   | 38                                      | 14,5                                    |
| 50                             | 40                                        | 63,5                                   | 40                                      | 16,5                                    |
| 48                             | 42                                        | 65,5                                   | 42                                      | 18,5                                    |
| 46                             | 44                                        | 67,5                                   | 44                                      | 20,5                                    |
| 44                             | 46                                        | 69,5                                   | 46                                      | 22,5                                    |
| 42                             | 48                                        | 71,5                                   | 48                                      | 24,5                                    |
| 40                             | 50                                        | 73,5                                   | 50                                      | 26,5                                    |
| 38                             | 52                                        | 75,5                                   | 52                                      | 28,5                                    |
| 36                             | 54                                        | 77,5                                   | 54                                      | 30,5                                    |
| 30                             | 60                                        | 83,5                                   | 60                                      | 36,5                                    |
| 25                             | 65                                        | 88,5                                   | 65                                      | 41,5                                    |
| 23,5 — сев. тропик             | 66,5                                      | 90,0                                   | 66,5                                    | 43,0                                    |
| 20                             | 70                                        | 86,5                                   | 70                                      | 46,5                                    |
| 15                             | 75                                        | 81,5                                   | 75                                      | 51,5                                    |
| 10                             | 80                                        | 76,5                                   | 80                                      | 56,5                                    |
| 5                              | 85                                        | 71,5                                   | 85                                      | 61,5                                    |
| 0 — экватор                    | 90                                        | 66,5                                   | 90                                      | 66,5                                    |

<sup>1</sup> Минус означает, что Солнце стоит ниже горизонта.

# Домашнее задание

1) § 6.

2) Упражнение 5 (с. 33)

№4. Полуденная высота Солнца равна  $30^\circ$ , а его склонение равно  $-19^\circ$ . Определите географическую широту места наблюдения.

№5. Определите полуденную высоту Солнца в Архангельске (географическая широта  $65^\circ$ ) и Ашхабаде (географическая широта  $38^\circ$ ) в дни летнего и зимнего солнцестояния.

Каковы различия высоты Солнца:

- а) в один и тот же день в этих городах;
- б) в каждом из городов в дни солнцестояний?

Какие выводы можно сделать из полученных результатов?

- Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия. Базовый уровень. 11 кл. : учебник/ Б.А. Воронцов-Вельяминов, Е.К.Страут. - М.: Дрофа, 2013. – 238с
- CD-ROM «Библиотека электронных наглядных пособий «Астрономия, 9-10 классы». ООО «Физикон». 2003
- [https://www.e-education.psu.edu/astro801/sites/www.e-education.psu.edu/astro801/files/image/Lesson%201/astro10\\_fig1\\_9.jpg](https://www.e-education.psu.edu/astro801/sites/www.e-education.psu.edu/astro801/files/image/Lesson%201/astro10_fig1_9.jpg)
- [http://mila.kcbux.ru/Raznoe/Zdorove/Luna/image/luna\\_002-002.jpg](http://mila.kcbux.ru/Raznoe/Zdorove/Luna/image/luna_002-002.jpg)
- [http://4.bp.blogspot.com/\\_Tehl6OlvZEO/TLajvkflvBI/AAAAAAAAAAmo/32xxNYazm\\_U/s1600/12036066\\_zodiak\\_big.jpg](http://4.bp.blogspot.com/_Tehl6OlvZEO/TLajvkflvBI/AAAAAAAAAAmo/32xxNYazm_U/s1600/12036066_zodiak_big.jpg)
- <http://textarchive.ru/images/821/1640452/m30d62e6d.jpg>
- <http://textarchive.ru/images/821/1640452/69ebe903.jpg>
- <http://textarchive.ru/images/821/1640452/m5247ce6d.jpg>
- <http://textarchive.ru/images/821/1640452/m3bcf1b43.jpg>
- [http://tepka.ru/fizika\\_8/130.jpg](http://tepka.ru/fizika_8/130.jpg)
- <http://ok-t.ru/studopedia/baza12/2151320998969.files/image005.jpg>
- <http://www.childrenpedia.org/1/15.files/image009.jpg>