

§ 5. ВИДИМОЕ ДВИЖЕНИЕ ЗВЁЗД НА РАЗЛИЧНЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ШИРОТАХ

1. Высота полюса мира над горизонтом

Рассмотрим, какова высота полюса мира над горизонтом, по рисунку 2.5, где часть небесной сферы и земной шар изображены в проекции на плоскость небесного меридиана. Пусть OP — ось мира, параллельная оси Земли; OQ — проекция части небесного экватора, параллельного экватору Земли; OZ — отвесная линия. Тогда высота полюса мира над горизонтом $h_p = \angle PON$, а географическая широта $\varphi = \angle Q_1O_1O$. Очевидно, что эти углы (PON и Q_1O_1O) равны между собой, поскольку их стороны взаимно перпендикулярны ($OO_1 \perp ON$, а $OQ \perp OP$). Распространяя это на Южное полушарие Земли, из которого виден Южный полюс мира, получаем правило: *высота видимого полюса мира над горизонтом равна модулю географической широты места наблюдения $h_p = |\varphi|$* . Таким образом, географическую широту пункта наблюдения можно определить, если измерить высоту полюса мира над горизонтом.

В зависимости от места наблюдателя на Земле меняется вид звёздного неба и характер суточного движения звёзд.

Проще всего разобраться в том, что и как происходит, на полюсах Земли. Полюс — такое место на земном шаре, где ось мира совпадает с отвесной линией, а небесный экватор —

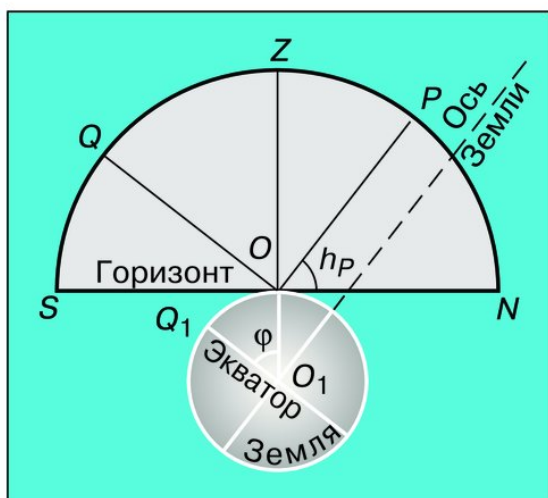


Рис. 2.5. Высота полюса мира над горизонтом

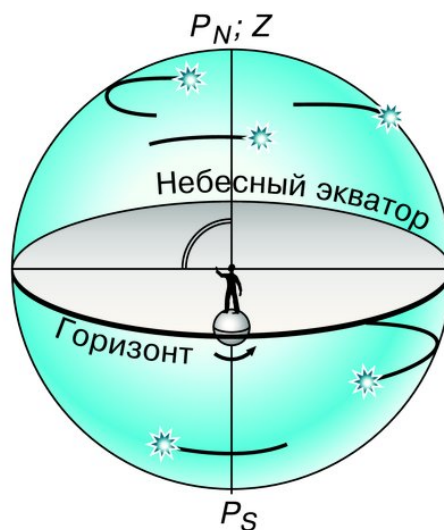


Рис. 2.6. Суточное движение светил на полюсе Земли

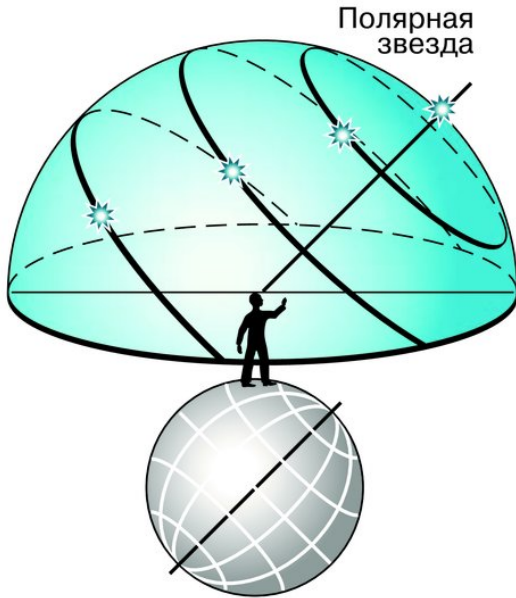


Рис. 2.7. Суточное движение светил в средних широтах

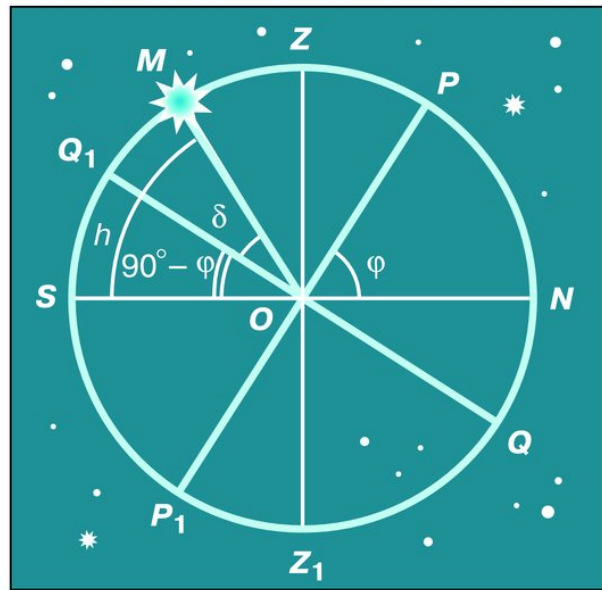


Рис. 2.8. Высота светила в кульминации

с горизонтом (рис. 2.6). Для наблюдателя, находящегося на Северном полюсе, Полярная звезда видна близ зенита. Здесь над горизонтом находятся только звёзды Северного полушария небесной сферы (с положительным склонением). На Южном полюсе, наоборот, видны только звёзды с отрицательным склонением. В обоих случаях, двигаясь вследствие вращения Земли параллельно небесному экватору, звёзды остаются на неизменной высоте над горизонтом, не восходят и не заходят.

Отправимся с Северного полюса в привычные средние широты. Высота Полярной звезды над горизонтом будет постепенно уменьшаться, одновременно угол между плоскостями горизонта и небесного экватора будет увеличиваться. Как видно из рисунка 2.7, в средних широтах (в отличие от Северного полюса) лишь часть звёзд Северного полушария неба никогда не заходит. Часть звёзд Южного полушария при этом никогда не восходит. Все остальные звёзды как Северного, так и Южного полушария восходят и заходят.

2. Высота светила в кульминации

При своём суточном движении светила дважды пересекают небесный меридиан. Момент пересечения небесного меридиана называется **кульминацией светила**. В момент верхней кульминации светило достигает наибольшей высоты над горизонтом. На рисунке 2.8 показано положение светила в момент верхней кульминации. Если мы находимся в северных

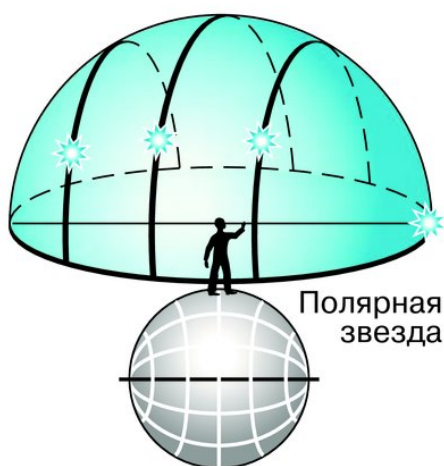


Рис. 2.9. Суточное движение светил на экваторе

широтах, то высота полюса мира над горизонтом (угол PON): $h_p = \varphi$. Тогда угол между горизонтом (NS) и небесным экватором (QQ_1) будет равен $180^\circ - \varphi - 90^\circ = 90^\circ - \varphi$. Если светило кульминирует к югу от горизонта, то угол MOS , который выражает высоту светила M в кульминации, представляет собой сумму двух углов: Q_1OS и MOQ_1 . Величину первого из них мы только что определили, а второй является не чем иным, как склонением светила M , равным δ .

Таким образом, мы получаем следующую формулу, связывающую высоту светила в кульминации над южным горизонтом с его склонением и географической широтой места наблюдения:

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

Если $\delta > \varphi$, то верхняя кульминация будет происходить над северным горизонтом на высоте

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

Можно показать, что данные формулы справедливы и для Южного полушария Земли.

Зная склонение светила и определив из наблюдений его высоту в кульминации, можно узнать географическую широту места наблюдения.

Продолжим наше воображаемое путешествие и отправимся из средних широт к экватору, географическая широта которого 0° . Как следует из только что выведенной формулы, здесь ось мира располагается в плоскости горизонта, а небесный экватор проходит через зенит. На экваторе в течение суток все светила побывают над горизонтом (рис. 2.9).



Вопросы 1. В каких точках небесный экватор пересекается с линией горизонта? 2. Как располагается ось мира относительно оси вращения Земли; относительно плоскости небесного меридиана? 3. Какой круг небесной сферы все светила пересекают дважды в сутки? 4. Как располагаются суточные пути звёзд относительно небесного экватора? 5. Как по виду звёздного неба и его вращению установить, что наблюдатель находится на Северном полюсе Земли? 6. В каком пункте земного шара не видно ни одной звезды Северного небесного полушария?



УПРАЖНЕНИЕ 4 1. Географическая широта Киева 50° . На какой высоте в этом городе происходит верхняя кульминация звезды Антарес, склонение которой равно -26° ? Сделайте соответствующий чертёж. 2. Высота звезды Альтаир в верхней кульминации составляла 12° , склонение этой звезды равно $+9^\circ$. Какова географическая широта места наблюдения? Сделайте необходимый чертёж. 3. Определите склонение звезды, верхняя кульминация которой наблюдалась в Москве (географическая широта 56°) на высоте 47° над точкой юга. 4. Каково склонение звёзд, которые в вашем городе кульминируют в зените; в точке юга? 5*. Какому условию должно удовлетворять склонение звезды, чтобы она была незаходящей для места с географической широтой φ ; невозходящей? 6*. Докажите, что высота светила в нижней кульминации в Северном полушарии Земли выражается формулой $h = \varphi + \delta - 90^\circ$.

§ 6. ГОДИЧНОЕ ДВИЖЕНИЕ СОЛНЦА ПО НЕБУ. ЭКЛИПТИКА

Ещё в глубокой древности, наблюдая за Солнцем, люди обнаружили, что его полуденная высота в течение года меняется, как меняется и вид звёздного неба: в полночь над южной частью горизонта в различное время года видны звёзды разных созвездий — те, которые видны летом, не видны зимой, и наоборот. На основе этих наблюдений был сделан вывод о том, что Солнце перемещается по небу, переходя из одного созвездия в другое, и завершает полный оборот в течение года. Круг небесной сферы, по которому происходит видимое годичное движение Солнца, назвали *эклиптикой*.

Созвездия, по которым проходит эклиптика, получили название *зодиакальных* (от греч. «зоон» — животное). Каждое зодиакальное созвездие Солнце пересекает примерно за месяц. Традиционно считается, что зодиакальных созвездий 12, хотя на самом деле эклиптика пересекает ещё и созвездие Змееносца.

Как вы уже знаете, перемещение Солнца на фоне звёзд — явление кажущееся. Происходит оно вследствие годичного обращения Земли вокруг Солнца (рис. 2.10). Поэтому эклиптика представляет собой тот круг небесной сферы, по которому она пересекается с плоскостью земной орбиты. За сутки Земля проходит примерно $1/365$ часть своей орбиты. Вследствие этого Солнце перемещается на небе примерно на 1°

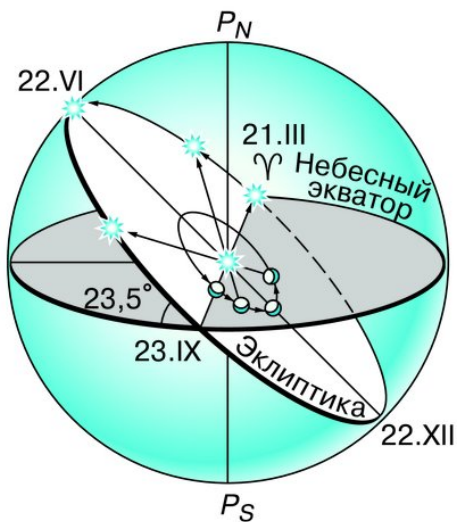


Рис. 2.10. Движение Солнца по эклиптике

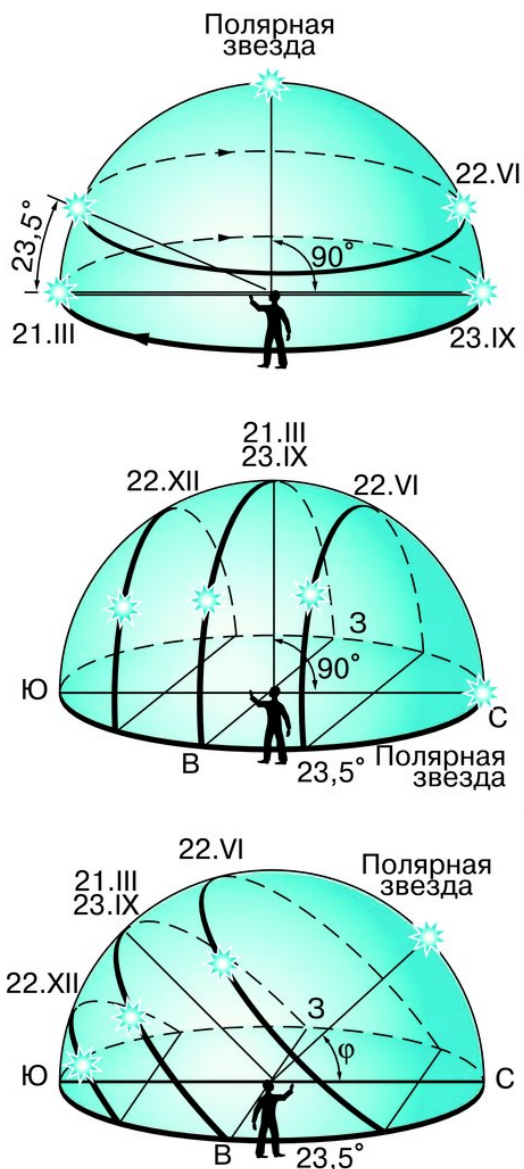


Рис. 2.11. Суточное движение Солнца на различных широтах

за каждые сутки. Промежуток времени, в течение которого оно обходит полный круг по небесной сфере, назвали *годом*.

Из курса географии вам известно, что ось вращения Земли наклонена к плоскости её орбиты под углом $66^{\circ}34'$. Следовательно, земной экватор имеет по отношению к плоскости орбиты наклон, равный $23^{\circ}26'$. Таков наклон эклиптики к небесному экватору, который она пересекает в двух точках: весеннего и осеннего равноденствия. В эти дни (обычно 21 марта и 23 сентября) Солнце находится на небесном экваторе и имеет склонение 0° . Оба полушария Земли освещаются Солнцем одинаково: граница дня и ночи проходит точно через полюса, и день равен ночи во всех пунктах Земли. В день летнего солнцестояния (22 июня) Земля повернута к Солнцу своим Северным полушарием. Здесь стоит лето, на Северном полюсе — полярный день, а на остальной территории полушария дни длиннее ночи. В день летнего солнцестояния Солнце поднимается над плоскостью земного (и небесного) экватора на $23^{\circ}26'$. В день зимнего солнцестояния (22 декабря), когда Северное полушарие освещается хуже всего, Солнце находится ниже небесного экватора на такой же угол $23^{\circ}26'$.

В зависимости от положения Солнца на эклиптике меняется его высота над горизон-

том в полдень — момент верхней кульминации. Измерив полуденную высоту Солнца и зная его склонение в этот день, можно вычислить географическую широту места наблюдения. Этот способ издавна использовался для определения местоположения наблюдателя на суше и на море.

Суточные пути Солнца в дни равноденствий и солнцестояний на полюсе Земли, на её экваторе и в средних широтах показаны на рисунке 2.11.



ВОПРОСЫ 1. Почему полуденная высота Солнца в течение года меняется? 2. В каком направлении происходит видимое годовичное движение Солнца относительно звёзд?



УПРАЖНЕНИЕ 5¹ 1. На какой высоте Солнце бывает 22 июня на Северном полюсе? 2. На какой географической широте Солнце бывает в полдень в зените 21 марта; 22 июня? 3. В какой день года проводились наблюдения, если полуденная высота Солнца на географической широте 49° была равна $17^\circ 30'$? 4. Полуденная высота Солнца равна 30° , а его склонение равно -19° . Определите географическую широту места наблюдения. 5. Определите полуденную высоту Солнца в Архангельске (географическая широта 65°) и Ашхабаде (географическая широта 38°) 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?



ЗАДАНИЕ 6 Найдите на звёздной карте эклиптику и проследите, по каким созвездиям она проходит.

ЗАДАНИЕ 7 Составьте в тетради таблицу, в которую запишите координаты Солнца в дни равноденствий и солнцестояний.

ЗАДАНИЕ 8 Определите положение Солнца на эклиптике и его экваториальные координаты на сегодняшний день. Для этого достаточно мысленно провести прямую от полюса мира к соответствующей дате на краю карты (приложить линейку). Солнце должно располагаться на эклиптике в точке её пересечения с этой прямой.

ЗАДАНИЕ 9 Установите звёздную карту на полночь того числа, когда выполняется это задание. Запишите несколько созвездий, которые будут видны в это время в южной, западной, се-

¹ При выполнении упражнения угол наклона экватора к эклиптике считать равным $23,5^\circ$.