

Астрономия - IV

1 Звёздное время

Основной единицей звёздного времени s являются *звёздные сутки* - промежуток времени между двумя последовательными верхними (или нижними) кульминациями какой-либо звезды. Время, измеряемое звёздными сутками и их долями (звёздный час, минута и секунда), называется звёздным временем. Проиллюстрируем его ход следующим образом.

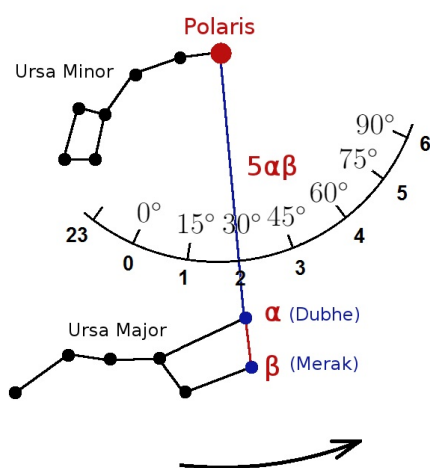


Рис.1. «Звёздная» часовая стрелка вращается на прикрепленном к небу мнимом 24-х часовом циферблате

На ночном небе необходимо найти "ковш" в созвездии Большой Медведицы, взять расстояние между двумя крайними правыми звёздами (Дубхе и Мерак) и мысленно отложить его пять раз вдоль прямой, соединяющей эти звёзды; на отмеренном таким образом расстоянии будет находиться Полярная звезда (α Малой Медведицы). Поскольку созвездие Большой Медведицы вращается вместе с небесной сферой вокруг северного полюса мира, который находится очень близко к Полярной звезде, вышеупомянутая прямая выполняет роль "небесной" часовой стрелки с центром в полюсе мира (которая, однако, вращается против часовой стрелки). При повороте небесной сферы на 15° проходит 1 час звёздного времени (шкала 23, 0, 1 и т.д.). За одни звёздные сутки (24 звёздных часа) стрелка совершит один оборот вместе с небесной сферой.

2 Немного о Солнце

Важно отметить два атмосферных явления, сопровождающие суточное движение Солнца по небосводу. **Рефракция** - преломление в атмосфере световых лучей от небесных светил, и изменение, в связи с этим, их положения на небосводе. Некоторыми следствиями этого явления являются сплющивание видимого диска Солнца или Луны вблизи горизонта и мерцание звёзд. В связи с наличием атмосферной рефракции понятия **восход** и **закат** применительно к Солнцу следует понимать как момент появления и исчезновения верхнего края солнечного диска над и под горизонтом соответственно. **Сумерки** - это интервал времени, в течение которого Солнце находится под горизонтом, а естественная освещённость на Земле обеспечивается отражением солнечного света от верхних слоёв атмосферы.

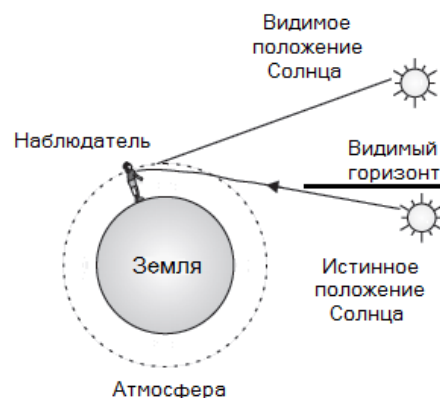


Рис.2. Рефракция всегда «приподнимает» изображения небесных светил над их истинным положением

Как и все небесные светила, Солнце движется по небосводу по своей суточной параллели. Однако его видимый угловой размер на небе ($\approx 0.5^\circ$) не позволяет считать его точечным источником (в отличие от других звёзд). Поэтому в дальнейшем для строгости под положением Солнца на небе будем подразумевать центр его видимого диска.

3 Истинное солнечное время

Основной единицей солнечного времени являются солнечные сутки, однако эта величина неоднозначна. **Истинные солнечные сутки** - промежуток времени между двумя последовательными верхними (или нижними) кульминациями центра видимого диска Солнца.

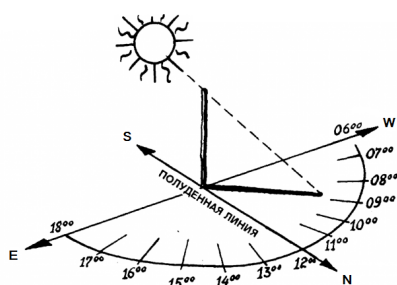


Рис.3. Солнечные часы

Относительно небесного меридиана наблюдателя Солнце восходит на востоке и заходит на западе. В момент его верхней кульминации - истинный **полдень** - Солнце проходит через небесный меридиан наблюдателя. Именно поэтому полуденная линия¹ носит такое название: в солнечный полдень тень от *гномона* - высокого длинного предмета² лежит на этой линии (см. Рис. 3). В этот же момент тень от предмета будет наиболее короткой³ и в северном полушарии направлена на север - эта идея лежит в основе работы солнечных часов. Момент нижней кульминации Солнца - истинная **полночь**.

4 Среднее солнечное время

Величина истинных солнечных суток непостоянна и колеблется в течение года. Во-первых, Земля движется вокруг Солнца по эллипсу, а значит, неравномерно (быстрее в области перигелия и медленнее в области афелия). Во-вторых, плоскость эклиптики наклонена к оси небесного экватора, как следствие, Солнце вблизи солнцестояний движется почти параллельно небесному экватору, а вблизи равноденствий - под максимальным углом к нему.

Измерять отрезки времени переменной единицей масштаба, конечно, неудобно, поэтому в практической деятельности человека используются не истинные, а **средние солнечные сутки** - средняя за год величина истинных солнечных суток. Эта величина (как и её доли) всегда остаётся постоянной, а время, измеряемое ею, называется *средним солнечным временем*. В силу вышеупомянутых особенностей орбитального движения Земли это время нельзя непосредственно измерить из астрономических наблюдений, его можно только вычислить. Связь между средним солнечным временем и истинным солнечным временем выражается через **уравнение времени** - разность между этими двумя величинами. В течение года они отличаются друг от друга не более, чем примерно на четверть часа.

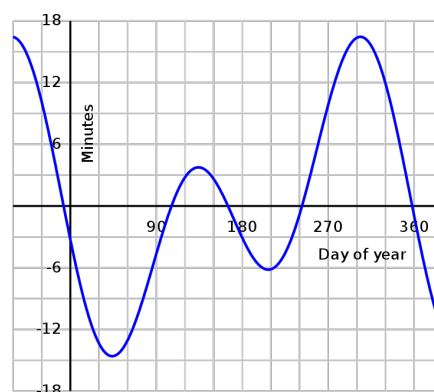


Рис.4. Уравнение времени (истинное солнечное время минус среднее солнечное время)

¹Проекция небесного меридиана на плоскость астрономического горизонта.

²Им может быть, например, палка, воткнутая перпендикулярно земле, или колонна на площади города.

³Измерив в этот момент её длину и зная длину гномона, простыми геометрическими вычислениями можно получить значение географической широты, на которой производятся наблюдения.

5 Аналемма

Как уже было сказано выше, истинные солнечные сутки непостоянны из-за того, что Земля неравномерно движется вокруг Солнца и ось её вращения наклонена к плоскости эклиптики. Это можно проиллюстрировать следующим образом: если ежедневно отмечать положение конца тени от гномона в один и тот же момент времени (например, в истинный полдень), то можно увидеть, как через один оборот вокруг Солнца его траектория замкнётся в «восьмёрку», которая носит название *аналемма*.

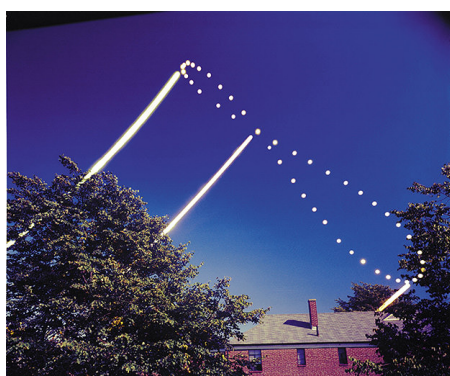


Рис.6. Аналемма и треки Солнца (первая удачная фотография)

Если фотографировать Солнце в одно и то же время суток, то можно увидеть, как его положение в течение года описывает ту же самую кривую. Наивысшее положение Солнца на аналемме соответствует летнему солнцестоянию, наинизшее — зимнему. Положение в перекрестии «восьмёрки» солнце занимает два раза в год, в середине апреля и в конце августа. Эти даты не совпадают с весенним и осенним равноденствием, а сдвинуты к лету (в южном полушарии к зиме), что объясняется эллиптичностью земной орбиты. С этим же связано то, что положения солнца вблизи верхнего экстремума расположены теснее, а вблизи нижнего — реже.

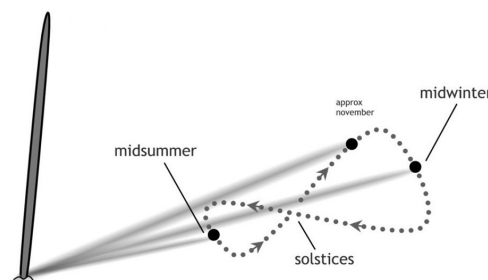


Рис.5. Траектория конца тени от гномона в течение года

6 Разница между солнечными и звёздными сутками

Необходимо понимать, что использование разных обозначений для измеряемого времени не означает, что мы измеряем два каких-то независимых друг от друга времени. Фактически, это две разные линейки для измерения времени. Нетрудно показать, что истинные солнечные сутки длиннее звёздных. Пусть в определённый день Солнце и некоторая звезда кульминируют одновременно (этот пример мысленный, так как звезду за Солнцем мы физически не сможем увидеть). Как мы уже знаем, ровно через одни звёздные сутки после этого момента звезда опять окажется в кульминации. Но Солнце будет немного "отставать" от этой звезды, так как Земля пройдёт небольшое расстояние по орбите и направление на Солнце изменится, оно сместится по эклиптике (на фоне неба) ближе к востоку. Иными словами, Солнце движется среди звезд в сторону вращения Земли, и для того, чтобы его догнать, Земле надо сделать относительно звезд чуть больше одного оборота. Таким образом, солнечные сутки длиннее звёздных, разница между ними составляет примерно 4 минуты - за такое время Солнце дойдёт до верхней кульминации в том же месте наблюдения.

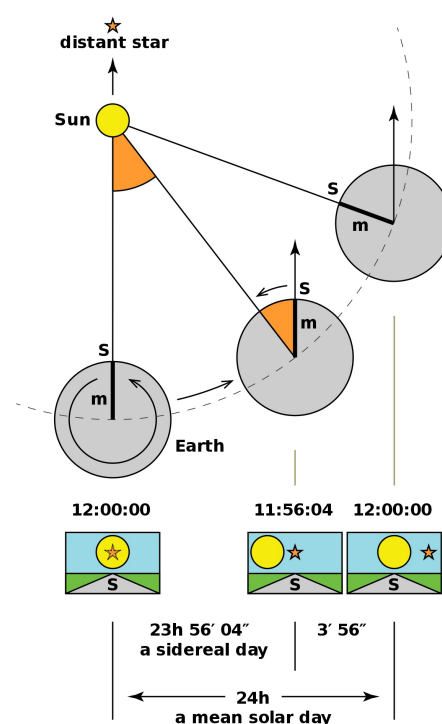


Рис.7. Разница между солнечными и звёздными сутками