

# Астрономия - VIII

## 18 января 2021

### 1 Часовые пояса

Пусть в некотором пункте земного шара наступил *истинный полдень*<sup>1</sup>. Значит, на противоположном меридиане в этот же момент имеет место *истинная полночь*. Если бы человечество во всех точках земного шара отсчитывало время единым образом, то оно столкнулось бы со значительными неудобствами, связанными с распорядком дня. Поэтому было введено такое понятие, как **местное время** – среднее солнечное время данного географического меридиана. Чтобы не рассчитывать время в каждой точке Земли, счёт времени ведётся только на 24 основных географических меридианах, расположенных друг от друга по долготе точно через 15° и образующих 24 **часовых пояса**. Начало отсчёта – *нулевой меридиан* – проходит через Гринвичскую обсерваторию, которая находится в одном из районов Лондона. **Поясное время** – это местное время центрального меридиана данного пояса, по которому и ведётся счёт времени на всей территории, лежащей в данном часовом поясе. Очевидно, что проведение границ непосредственно по меридианам создало бы значительные неудобства для реальной жизни, поэтому границы часовых поясов, как правило, проходят по административным границам государств или их субъектов (Рис.1).

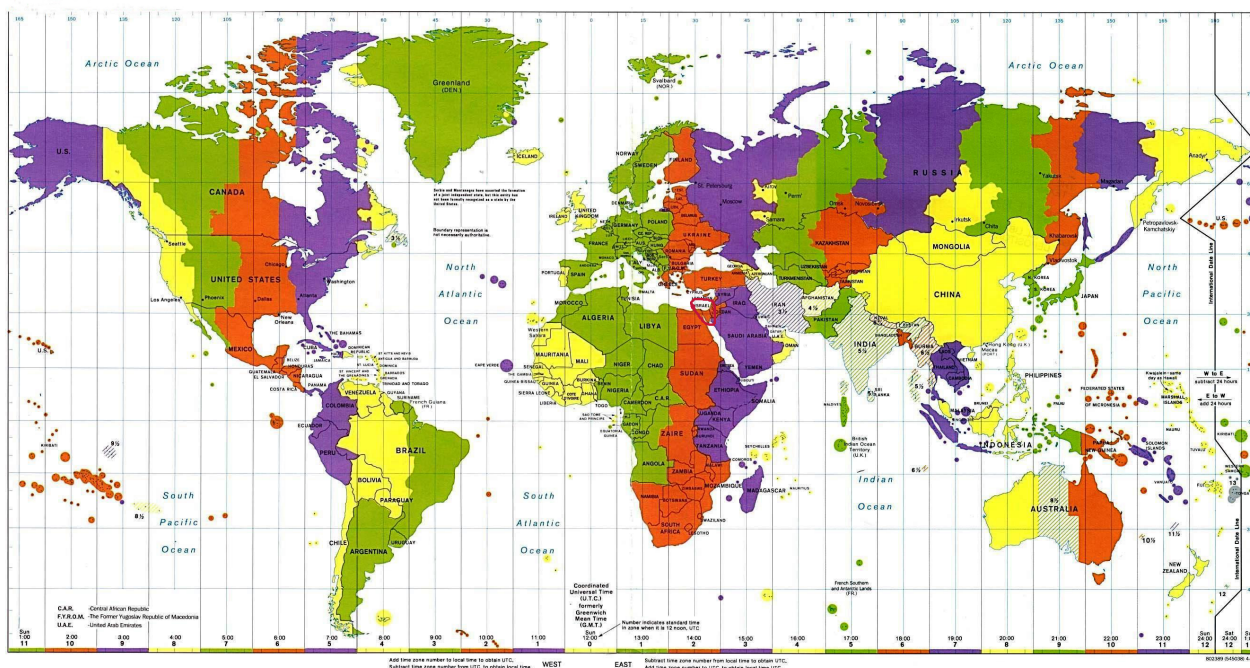


Рис. 1. Часовые пояса Земли. С переходом в соседний часовой пояс время меняется, *как правило*, на один час, увеличиваясь при движении на восток от нулевого меридиана и уменьшаясь при движении на запад.

<sup>1</sup>То есть Солнце в данный момент находится в верхней кульминации или, что то же самое, в плоскости небесного меридиана, которая совпадает с плоскостью географического меридиана данного пункта.

Шкала времени, основанная на вращении Земли вокруг своей оси, называется **всемирным временем**. Ранее началом отсчёта времени считалось среднее солнечное время гринвичского меридиана – **гринвичское время**, обозначается как **GMT** - Greenwich Mean Time. Однако совершенствующаяся точность наблюдений показала, что и средние солнечные сутки не являются постоянной величиной. Благодаря развитию науки, техническими средствами удалось обеспечить измерение времени с большей точностью, чем из астрономических наблюдений. С конца 1960-х гг. в качестве эталона принято **атомное время**, основанное на процессах, происходящих на уровне атомов. **Всемирное координированное время (UTC)** - стандарт, по которому сейчас общество регулирует часы и время, - основан именно на атомном времени.

## 2 Смена сезонов на Земле

Вспомним, что Земля движется по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце. Существует следующее некорректное суждение: смена сезонов вызвана изменением расстояния от Земли до Солнца. На самом деле это не так, более того, Земля проходит через перигелий своей орбиты в начале января! А вот наклон земной оси к плоскости эклиптики как раз и является причиной смены сезонов.

Падающие на поверхность Земли солнечные лучи с высокой степенью точности можно считать параллельными. Из Рис.2 видно, что в тех областях, в которых угол падения солнечных лучей к вертикали меньше, одна и та же солнечная энергия распределяется на меньшую площадь. Таким образом, области Земли вблизи экватора получают больше солнечной энергии, а приполярные области - меньше. Так как Солнце является единственным источником тепла в Солнечной системе, температура на поверхности Земли напрямую зависит от угла падения солнечных лучей.

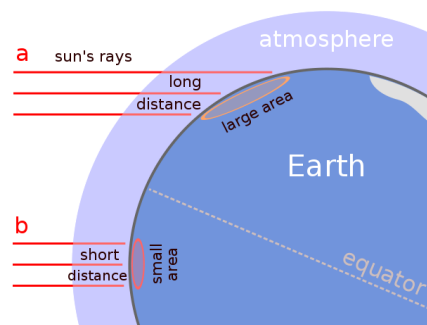


Рис.2. Распределение солнечной энергии

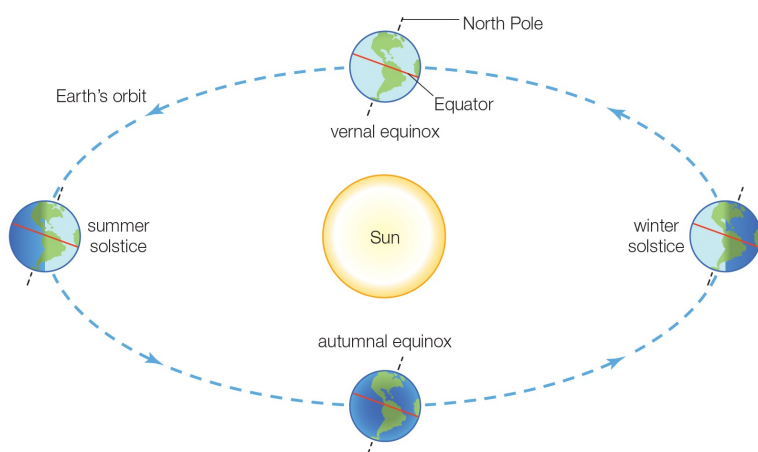


Рис.3. Движение Земли вокруг Солнца  
(*equinox* - равноденствие, *solstice* - солнцестояние)  
Угол между земной осью и перпендикуляром к плоскости эклиптики равен  $23.5^\circ$

Земля вращается вокруг Солнца таким образом, что ось её суточного вращения остаётся параллельна самой себе<sup>2</sup> (см. Рис.3), из-за чего одни и те же участки земной поверхности освещаются под разными углами, что приводит к смене сезонов и различной продолжительности светового дня. Если Земля поворачивается к Солнцу северным полушарием, то в нём наступает лето, если южным - то лето наступает в нём, соответственно, в северном полушарии в это время наступает зима. Этим и объясняется смена сезонов.

<sup>2</sup>Следует понимать, что картина звёздного неба при этом принципиально не меняется, так как смещение Земли многократно меньше расстояния до любой из звёзд.

### 3 Высота Солнца над горизонтом

В отличие от далёких звёзд, координаты Солнца в экваториальной системе координат меняются в течение года. Эффект от изменения прямого восхождения  $\alpha$  проявляется в несоответствии *истинного* солнечного времени *среднему* солнечному времени<sup>3</sup>. Изменение склонения  $\delta$  проявляется в колебаниях максимальной высоты Солнца над горизонтом и, как следствие, в смене сезонов и продолжительности суток.

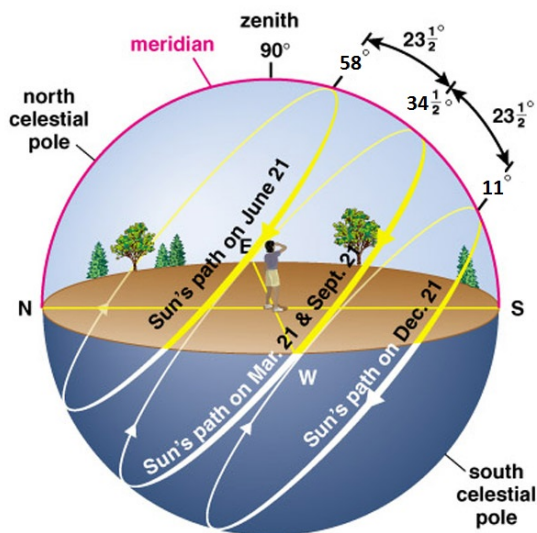


Рис.4. Максимальная высота Солнца над горизонтом в зависимости от сезона

Например, для наблюдателя в Москве ( $\varphi \approx 55.5^\circ$ ) максимальная высота Солнца над горизонтом в течение года колеблется от  $11^\circ$  до  $58^\circ$  (см. Рис.4). Чем больше максимальная высота Солнца, тем длиннее световой день и тем под большим углом к горизонту падают солнечные лучи, сильнее нагревая земную поверхность<sup>5</sup>.

### 4 Полярные день и ночь

Из формул выше (для максимальной и минимальной высоты) хорошо видно, что для широт севернее  $66,5^\circ$  северной широты и южнее  $66,5^\circ$  южной широты<sup>6</sup> существуют периоды, когда  $h_{max} < 0$  (*полярная ночь*) или  $h_{min} > 0$  (*полярный день*). Непосредственно на полюсах они продолжаются по полгода, от одного равноденствия до другого<sup>7</sup>. При движении от полюсов к экватору полярные день (ночь) становятся короче и непосредственно на полярных кругах Солнце не заходит (не восходит) всего лишь несколько дней в районе летнего (зимнего) солнцестояния (см. Рис.5). Следует помнить про существование атмосферной *рефракции*, которая немного "приподнимает" Солнце над его истинным положением, и про *сумерки*, в течение которых солнечный свет отражается от верхних слоёв атмосферы. Оба этих явления увеличивают продолжительность светового дня.

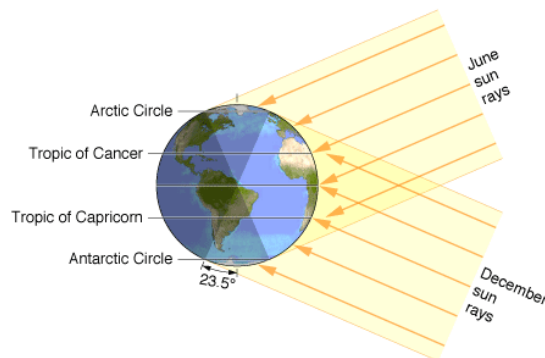


Рис.5. Освещённость Земли в зимнее и летнее солнцестояния

<sup>3</sup>Напомним, что их разница называется *уравнением времени*.

<sup>4</sup>Склонение - это угол между плоскостью небесного экватора и направлением на небесное светило.

<sup>5</sup>В противоположном полушарии всё происходит с точностью до наоборот.

<sup>6</sup>Указанные параллели называются соответственно *Северным* и *Южным полярными кругами*.

<sup>7</sup>В северном полушарии полярная ночь продолжается от осеннего равноденствия до весеннего.

## 5 Тропики

В средних и экваториальных широтах Солнце всегда восходит и заходит. Чем ближе широта к экватору, тем меньше отличается продолжительность дня зимой и летом<sup>8</sup>. На экваторе продолжительность дня и ночи постоянна и равна 12 часам<sup>9</sup>. Отдельно стоит выделить ещё две параллели: 23,5° северной широты и 23,5° южной широты - *Северный* и *Южный тропики*. Их ещё называют *тропик Рака* и *тропик Козерога* соответственно. В области между этими параллелями (см. Рис.5) Солнце дважды в году (в дни равноденствий) бывает в зените<sup>10</sup>, что видно из формулы для его максимальной высоты.

## 6 Луна

Луна - единственный естественный спутник Земли. Она обращается по орбите вокруг Земли (угол между плоскостью её вращения и эклиптикой составляет примерно 5°), как следствие, угол между Землёй, Луной и Солнцем изменяется. Луна светит отражённым светом, с Земли видна только освещённая Солнцем часть лунной поверхности. Мы наблюдаем это явление как *цикл лунных фаз* (см. Рис.6): её вид меняется от тонкого серпа (его можно заметить сразу после захода Солнца спустя 2-3 суток после *новолуния*) к фазе *первой четверти*<sup>11</sup>, далее к *полнолунию*, *последней четверти* и обратно к новолунию.

С орбитальным движением Луны (и других небесных тел) связаны два важных понятия:

**Сидерический месяц** - период, в течение которого Луна совершает один оборот вокруг Земли *относительно звёзд*<sup>12</sup>; он равен 27,3 суток.

**Синодический месяц** - период между двумя одинаковыми последовательными фазами, например, новолуниями. У Луны он равен примерно 29,5 дней. Логично, что он немного больше сидерического периода, так как Луне нужно "догнать" движение Земли вокруг Солнца.

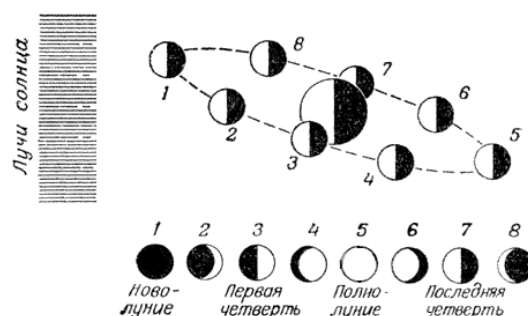


Рис.6. Фазы Луны

В движении Луны есть интересная особенность: период её вращения вокруг своей оси совпадает с периодом обращения вокруг Земли, поэтому она всегда повёрнута к Земле одним полушарием (другое полушарие - *обратная (тёмная) сторона Луны*). Но на самом деле мы видим больше, чем половину её поверхности из-за *либрации* - небольшого "покачивания", благодаря которому мы можем видеть краевые зоны лунного диска.

Фазы могут наблюдаться не только у Луны, но и других планет. Например, наблюдения Галилео Галилеем в 1610 году при помощи телескопа последовательного изменения фаз Венеры подтвердили гелиоцентрическую систему Коперника (подумайте самостоятельно, почему в геоцентрической системе Птолемея наблюдение фаз планет невозможно).

<sup>8</sup>Продолжительность сумерек тоже зависит от широты - в экваториальных широтах Солнце садится перпендикулярно горизонту и сумерки самые короткие, а на широте, например, Санкт-Петербурга в середине лета они продолжаются от захода Солнца до его восхода - это и есть знаменитые *белые ночи*.

<sup>9</sup>На самом деле примерно на 7 минут дольше из-за атмосферной рефракции.

<sup>10</sup>На самих тропиках Солнце бывает в зените только раз в году, в день летнего солнцестояния на северном тропике и в день зимнего солнцестояния - на южном.

<sup>11</sup>В северном полушарии освещена правая половина диска Луны.

<sup>12</sup>Иными словами, оборот на 360° вокруг Земли для наблюдателя над плоскостью орбиты Луны.