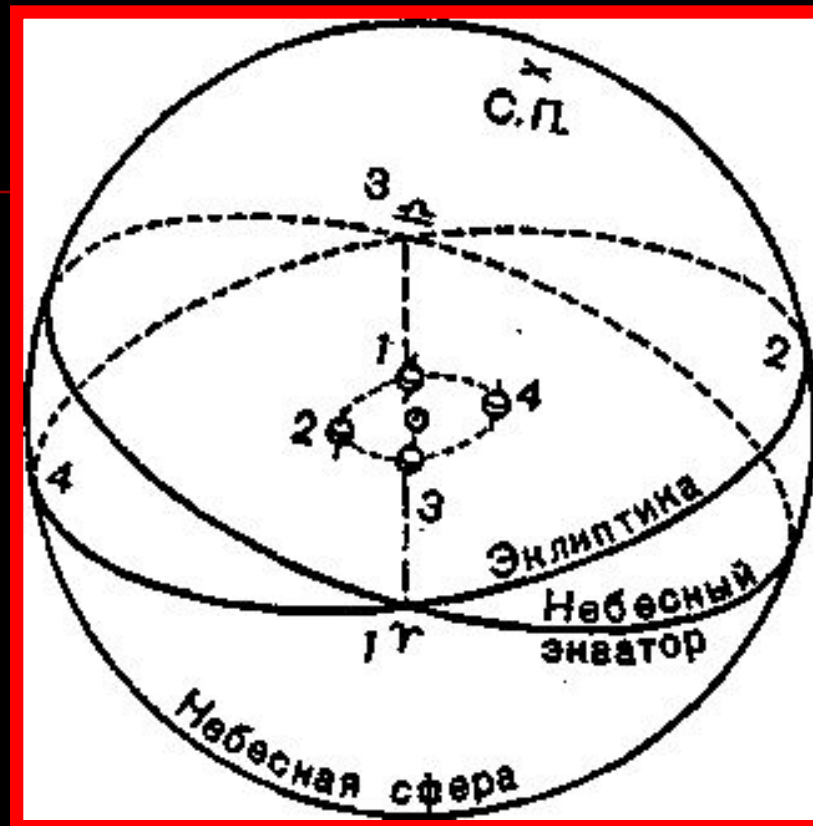


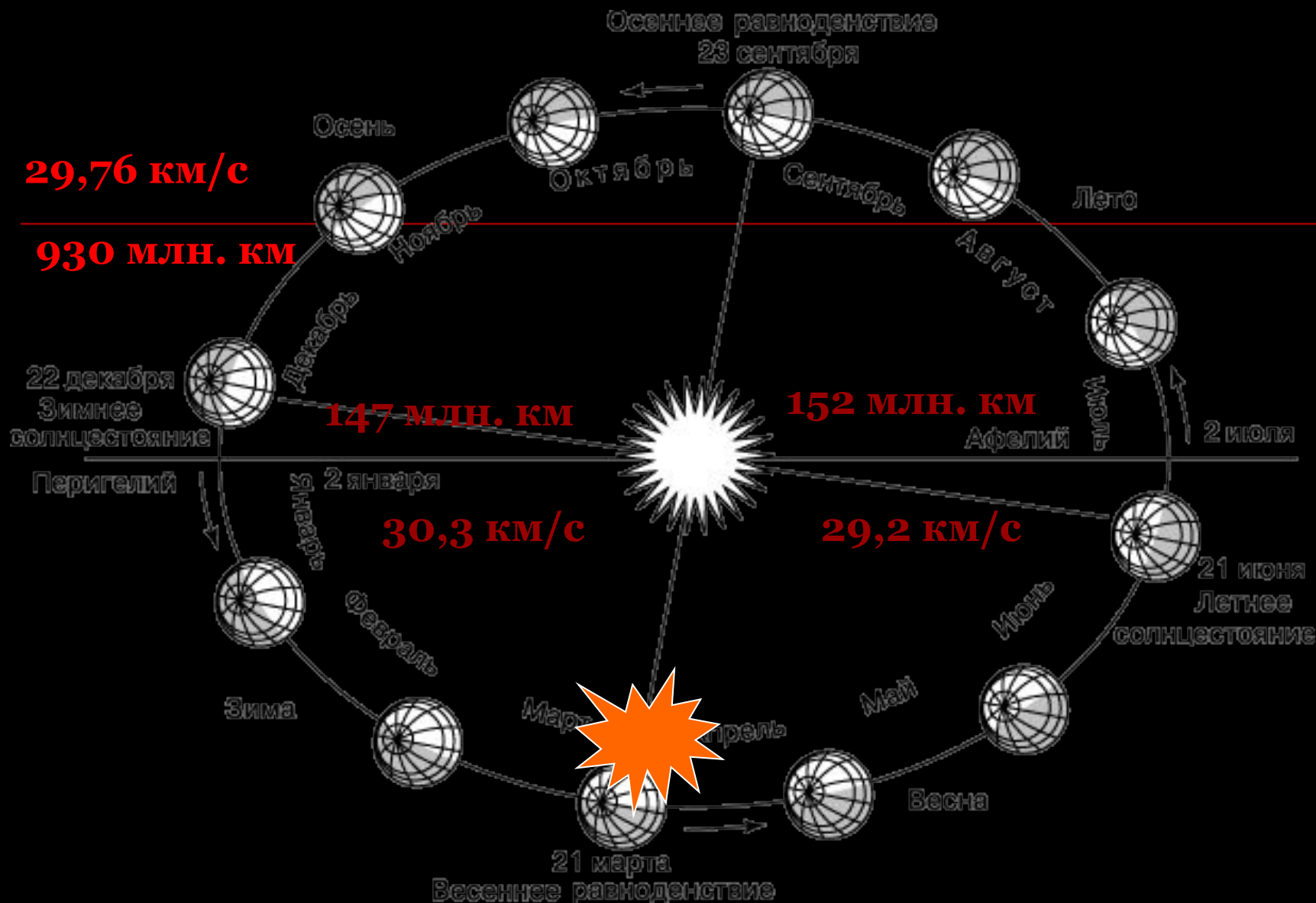
Лекция 5. Обращение Земли вокруг Солнца

- 1. Орбитальное вращение Земли вокруг Солнца**
- 2. Доказательства орбитального движения Земли**
- 3. Следствия орбитального движения Земли**

Видимый **годовой** **путь**
Солнца – большой круг на
небесной сфере – *эклиптика*
представляет собой сечение
небесной сферы плоскостью
земной орбиты.

Она наклонена под углом
 $23^{\circ} 27'$ к *небесному экватору* –
линии пересечения плоскости
земного экватора с небесной
сферой. Эклиптика пересекает
небесный экватор в **точках**
весеннего **и** **осеннего**
равноденствия в моменты, когда
Солнце переходит из одного
полушария в другое.





Путь Земли называют *орбитой* (лат. *orbита* – колея, дорога). Орбита Земли – эллипс, близкий к окружности, в одном из фокусов которого находится Солнце. Длина орбиты более **930 млн. км**. Расстояние от Земли до Солнца изменяется в течение года

от **147 млн. км** в перигелии (2 января скорость движения Земли здесь составляет **30,3 км/с**)

до **152 млн. км** в афелии (5 июля скорость 29,2 км/с).

Земля движется по орбите с запада на восток со средней скоростью около **29,76 км/с** и проходит весь путь за **365 суток 6 ч 9 мин 9,6 с**. Этот промежуток времени называют *звездным (сидерическим) годом*.

Если взять интервал времени между двумя следующими друг за другом прохождении Земли через точку весеннего равноденствия – то это будет *тропический год* (**365 суток 5 часов 48 минут 26 секунд**, т.е. он примерно на 20 минут 43,6 с короче звездного).

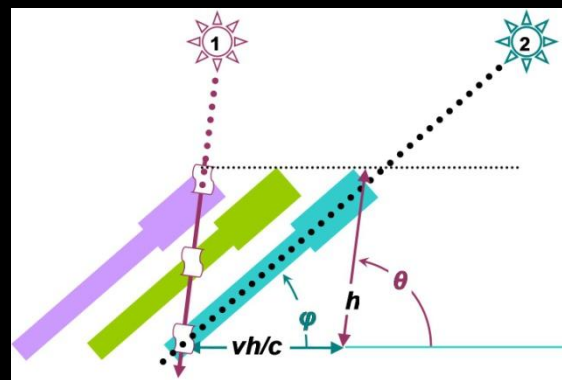
Каждые 3 года вводится **високосный год** с 366 сутками.

Доказательства годового движения Земли

■ Параллактическое смещение звезд (Струве)

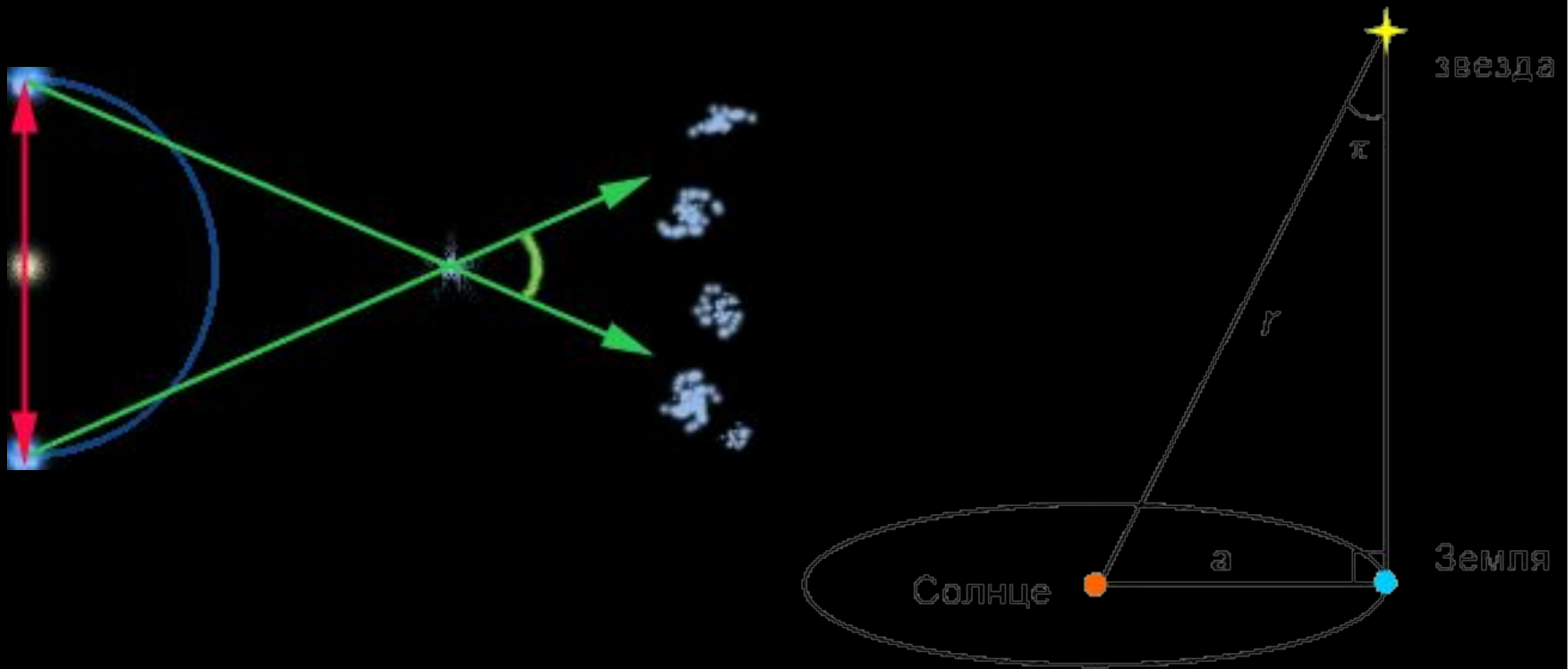


■ Абберрация света (Брадлей, 1727 г.)



Годичный параллакс

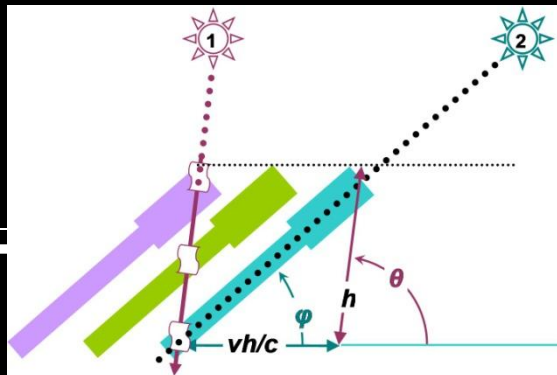
Годичный параллакс – малый угол при небесном светиле в прямоугольном треугольнике, в котором гипотенуза есть расстояние R от Солнца до светила, а малый катет – расстояние от Солнца до Земли.



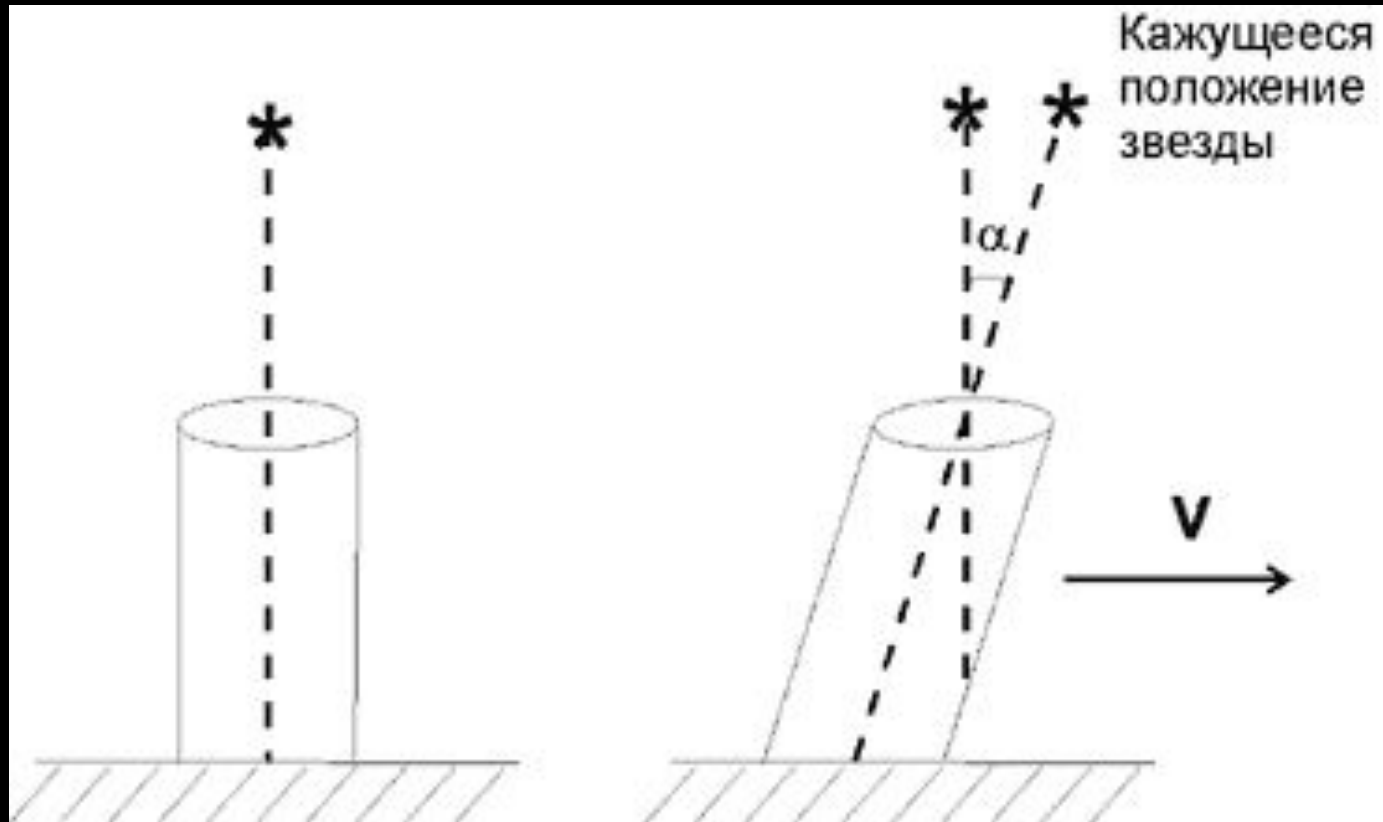
Аберрация света

Аберрация света в астрономии – изменение направления светового луча, идущего от светила, вызванное конечностью скорости света и движением наблюдателя относительно светила.

Эффект состоит в том, что вследствие движения Земли вокруг Солнца и времени, необходимого для распространения света, наблюдатель видит звезду не в том месте, где она находится. Если бы Земля была неподвижна, или если бы свет распространялся мгновенно, то световой аберрации не было бы. Поэтому, определяя положение звезды на небе посредством телескопа, мы должны отсчитать не тот угол, под которым наклонена звезда, а несколько увеличив его в сторону движения Земли.



Аберрация света



Аберрация света

Поясним это примером: корабль быстро плывёт по направлению с запада на восток; мы стоим на южном берегу реки, стреляем в борт корабля прямо с юга на север и ядро летит с такою силою, что пробивает оба борта. При таких условиях отверстия, пробитые в бортах, не будут находиться одно против другого, потому что, пока ядро летело от одного борта до другого, корабль уже успел переместиться по направлению с запада на восток. Если бы не знали, что корабль находился в движении, то при осмотре пробитых отверстий, конечно, должны были бы сделать предположение, что выстрел был направлен вкось к борту корабля.



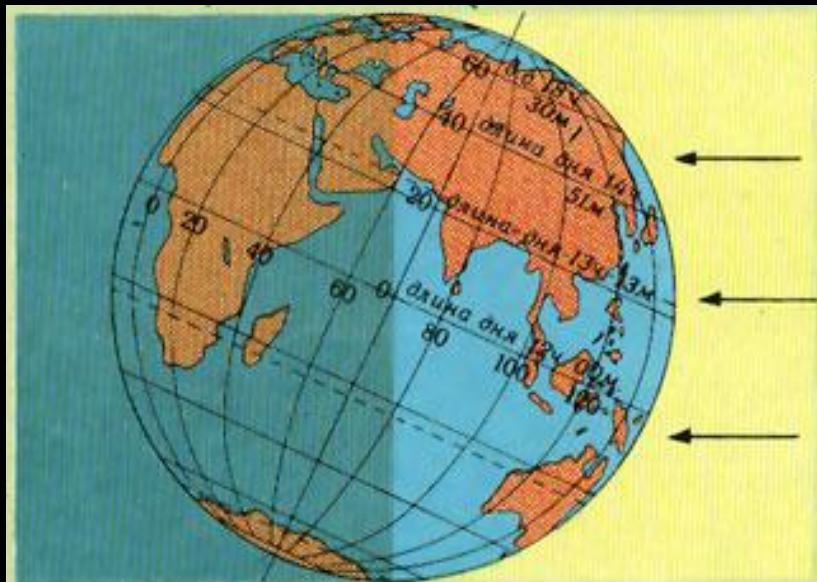
Следствия годового движения Земли



- образование времен года, сезонн
- неравномерность дня и ночи в течение года,
- неравномерное нагревание поверхности Земли,
- календарь.



Смена сезонов года



Начало астрономического *ЛЕТА* в северном полушарии **22 ИЮНЯ** (день летнего солнцестояния).

В *день летнего солнцестояния* Земля находится близ афелия.

Ось Земли наклонена северным концом к Солнцу, и солнечные лучи в полдень падают **отвесно на широту $23^{\circ}27'$ – на Северный тропик.**

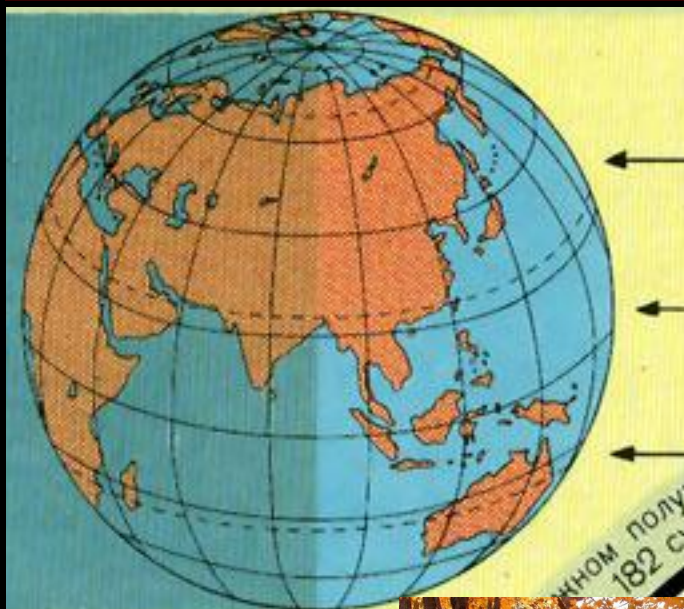
На небе всех широт северного полушария в этот день Солнце занимает наивысшее в году положение.

Широты к северу от $66^{\circ}33'$ с ш. (от Северного полярного круга) оказываются полностью на освещенной половине Земли, здесь Солнце за горизонт вообще не заходит. На всех широтах между Северным полярным кругом и экватором день длиннее ночи. Освещенность северного полушария в день летнего солнцестояния наибольшая за год.



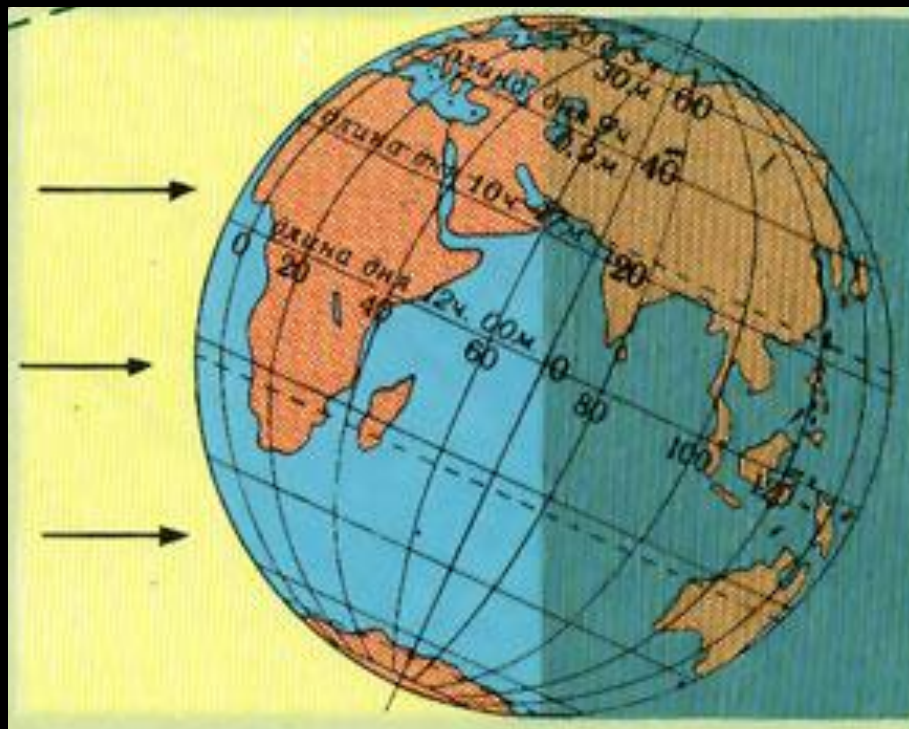
В южном полушарии в это время начинается астрономическая *зима*. В южном полушарии в день летнего солнцестояния Солнце особенно низко над горизонтом. К югу от $66^{\circ}33'$ ю. ш. (от Южного полярного круга) – полярная ночь, соответствующая по продолжительности полярному дню тех же широт северного полушария. На всех широтах южного полушария между Южным полярным кругом и экватором день короче ночи. Освещенность южного полушария наименьшая за год.





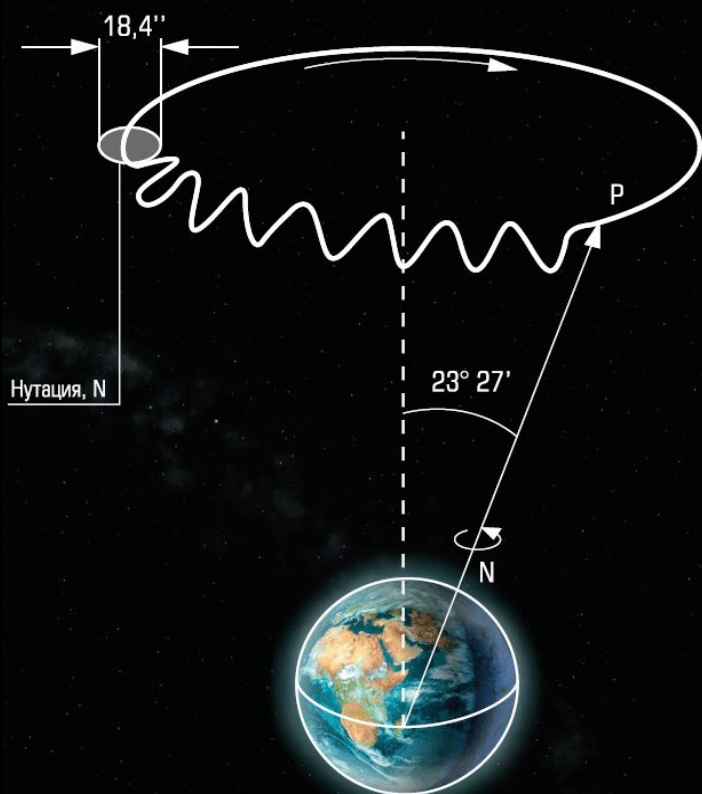
Непрерывно перемещаясь по орбите, **23 СЕНТЯБРЯ** Земля займет положение, при котором светораздельная линия проходит через географические полюсы, и день равен ночи по всей Земле. Это *день осеннего равноденствия*. Оба полушария (северное и южное) освещены одинаково. 23 сентября – начало астрономической осени в северном полушарии и начало астрономической весны в южном.

В *день весеннего равноденствия* – **21 МАРТА** Солнце освещает Землю так же, как 23 сентября; оно стоит в зените над экватором и на всех широтах день равен ночи. В северном полушарии наступает астрономическая весна, в южном – осень.



22 ДЕКАБРЯ, в день зимнего солнцестояния, Земля находится близ перигелия. К Солнцу обращено южное полушарие, там начинается астрономическое лето, в северном полушарии наступает астрономическая зима. Солнечные лучи в полдень падают отвесно на Южный тропик ($23^{\circ}27'$ ю. ш.). Область около Южного полюса, ограниченная Южным полярным кругом ($66^{\circ}33'$ ю. ш.), освещена незаходящим Солнцем; над соответствующей областью в северном полушарии Солнце не восходит. Освещенность южного полушария наибольшая в году, северного – наименьшая. День равен ночи только на экваторе.

Прецессия, нутаии

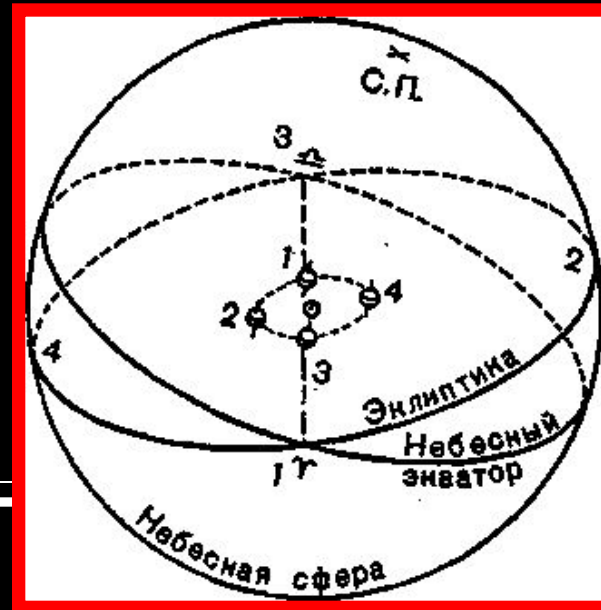


В настоящее время весна в северном полушарии продолжается 92,8 суток, лето – 93,6, осень – 89,8, зима – 89,0. Продолжительность времен года на Земле не остается постоянной. Причины изменений – предварение равноденствий, вызванное явлением прецессии.

Прецессия – результат неодинакового притяжения Солнцем и Луной Земли в разных ее частях. Земля вследствие ее полярного сжатия имеет некоторый избыток массы в экваториальном поясе. Плоскость экватора не совпадает с плоскостью земной орбиты, т. е. с плоскостью, в которой находится Солнце. Солнце притягивает близлежащую к нему часть экваториального утолщения Земли сильнее, чем противоположную, стремясь повернуть плоскость земного экватора в плоскость эклиптики. Но Земля, как тело вращающееся, противостоит этому воздействию, и в результате ось ее вращения очень медленно описывает в пространстве около перпендикуляра к плоскости орбиты конус с вершиной в центре Земли. Наклон земной оси к эклиптике при этом *не меняется*. Полный оборот ось вращения делает за 26000 лет.

Интересно знать!!!

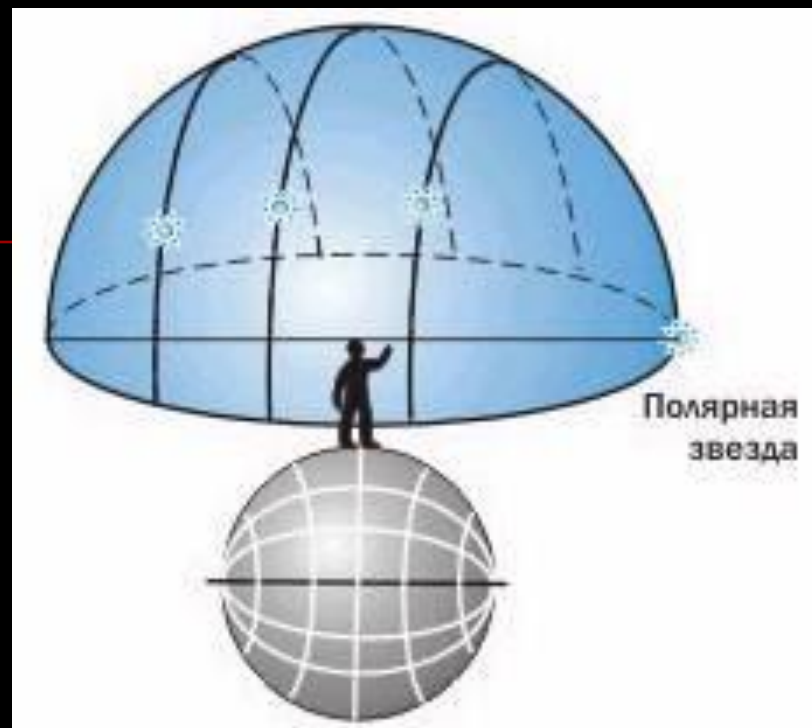
Поскольку изменяется положение земной оси, поворачивается в пространстве и плоскость земного экватора. Точки пересечения ее с плоскостью земной орбиты (эклиптикой) смещаются. Точка весеннего равноденствия перемещается навстречу (к западу) видимому годичному движению Солнца на $50''$ в год, и равноденствие наступает раньше, чем Солнце пройдет все 360° по эклиптике. С каждым оборотом Солнца равноденствие наступает все раньше и раньше (предварение равноденствия); в результате промежутков времени между наступлением времен года и прохождением Земли через перигелий и афелий увеличивается. Сейчас Земля проходит перигелий зимой (3 января), через 6500 лет она будет проходить его весной, через 13000 лет (половина периода прецессии) – летом, и тогда зима в южном полушарии станет короче, чем в северном.



Неравномерность дня и ночи в течение года

Изменение продолжительности дня и ночи в течении года вызывает наклон земной оси – **изменение склонения Солнца в течение года.**

Оно проявляется в постепенном увеличении или уменьшении высоты полуденного стояния Солнца над горизонтом. В дни весеннего равноденствия Солнце проходит через точку пересечения небесного экватора и эклиптики. Для наблюдателя, находящегося на земном экваторе, небесный экватор располагается под прямым углом к горизонту и его плоскость пересекает точки, соответствующие востоку, солнечному зениту и западу. В дни весеннего равноденствия Солнце восходит на востоке и, следуя по эклиптике, проходит точно через зенит в полдень, а затем заходит на западе. В эти дни солнечные лучи перпендикулярны экватору и освещают Землю от Северного полюса до Южного, и на всей планете одинакова продолжительность дня и ночи.



Движение Солнца над горизонтом в разные времена года для наблюдателя, находящегося в средних широтах (слева) и на экваторе Земли (справа)

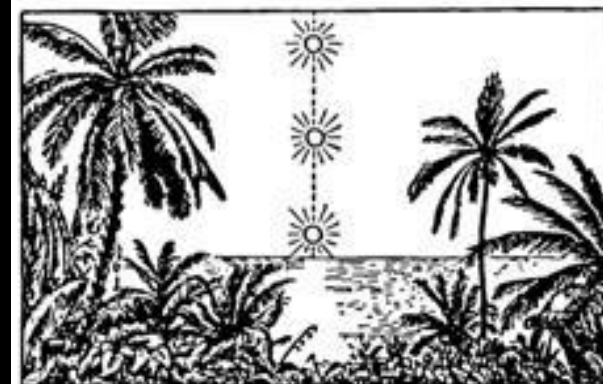
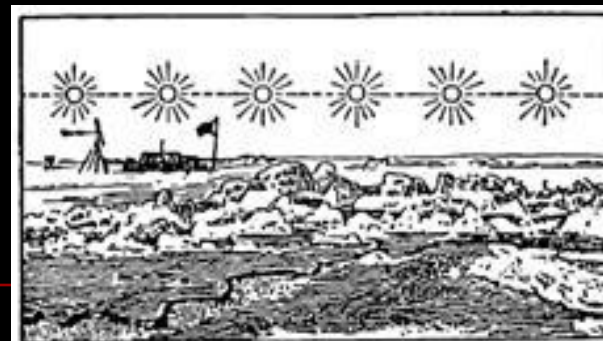
После весеннего равноденствия Солнце покидает небесный экватор и сдвигается по эклиптике к северу от него, перемещаясь к востоку в своем видимом движении среди созвездий.

Для наблюдателя на экваторе Солнце восходит несколько севернее точки востока. ~~Затем Солнце пересекает небесный меридиан севернее точки зенита и заходит севернее западной точки горизонта.~~ С каждым днем оно смещается дальше и дальше к северу вплоть до летнего солнцестояния, когда достигается максимальное отклонение в видимом смещении Солнца к северу – на $23^{\circ}27'$ (точка восхода наиболее смещена от восточной точки горизонта к северу, а точка захода Солнца находится на наибольшем удалении к северу от точки запада). В день летнего солнцестояния солнечные лучи падают отвесно на Северном тропике и максимально освещают всю полярную область, касаясь Северного полярного круга, даже на противоположной стороне земного шара.

В то же самое время в Южном полушарии Солнцем освещены лишь территории к северу от Южного полярного круга, а собственно полярная область не получает солнечного света. Из-за наклона земной оси, а также в зависимости от положения Земли на орбите круг, ограничивающий освещенную Солнцем часть земной поверхности, или линия восходов и заходов, проходящая вокруг Земли, неодинаково охватывает разные широты. Поэтому продолжительность светового дня в Северном полушарии оказывается больше, чем темное время суток, и меньше – в Южном.

После летнего солнцестояния изменения протекают в обратном направлении. Отклонение Солнца к северу уменьшается, и, если наблюдать с экватора, видно, что оно пересекает небесный меридиан с каждым днем все ближе и ближе к зениту вплоть до осеннего равноденствия, когда создаются условия, аналогичные времени весеннего равноденствия. Возрастает отклонение Солнца к югу, оно восходит южнее точки востока, пересекает небесный меридиан южнее зенита и заходит южнее точки запада. Максимальное южное отклонение достигается во время зимнего солнцестояния, когда условия Южного полушария близки тем, которые складываются в Северном во время летнего солнцестояния. Теперь уже в Южном полушарии отмечается большая продолжительность дня и короткие ночи. После 22 декабря отклонение Солнца к югу начинает уменьшаться, условия в каждом пункте земной поверхности меняются на противоположные, сохраняющиеся вплоть до весеннего равноденствия. В любой точке, расположенной на экваторе, Солнце проходит через зенит дважды в год, поднимаясь над горизонтом на 90° . При этом предметы отбрасывают самые короткие тени.

В умеренных широтах Солнце перемещается так, что продолжительность дня и ночи неодинакова, за исключением дней равноденствий. Солнце в полдень достигает максимальной высоты над горизонтом в день летнего солнцестояния, т.е. в первый день астрономического лета в каждом полушарии. Минимальная полуденная высота Солнца над горизонтом отмечается в день зимнего солнцестояния (в первый день астрономической зимы). Когда Солнце наиболее высоко поднимается над горизонтом, каждый конкретный участок земной поверхности получает максимальное количество солнечной радиации на единицу площади. При этом поглощение солнечных лучей при прохождении через атмосферу минимально. Чем с бóльшим наклоном падают солнечные лучи, тем сильнее они поглощаются более мощным слоем газообразной атмосферы Земли и тем слабее освещают и нагревают предметы. На экваторе Солнце в полдень никогда не отклоняется от точки зенита более, чем на $23^{\circ}27'$. В умеренных широтах полуденное отклонение Солнца от зенита – от 0° до 90° . На полюсах Солнце никогда не поднимается над горизонтом выше, чем на $23^{\circ}27'$.



В связи с преломлением лучей атмосферой в высоких широтах – 58° – $66^{\circ}33'$ наблюдаем белые ночи в течении месяца около дня летнего солнцестояния, когда «одна заря сменить другую спешит, дав ночи полчаса».

Высота солнца над горизонтом определяется по формуле:

$h = 90^{\circ} - \varphi$ для дней равноденствия.

$h = 90^{\circ} - \varphi + 23^{\circ}27'$ – для дней летнего солнцестояния;

$h = 90^{\circ} - \varphi - 23^{\circ}27'$ для дней зимнего солнцестояния.

Для Бреста:

$$90^{\circ} - 52 = 38^{\circ} - 23 \text{ сентября, 21 марта}$$

$$90^{\circ} - 52 + 23^{\circ}27' = 61^{\circ}27' - \text{лето}$$

$$90^{\circ} - 52 - 23^{\circ}27' = 14^{\circ}33' - \text{зима}$$

Белые ночи



Пишу, читаю без лампады,
И ясны спящие громады
Пустынных улиц, и светла
Адмиралтейская игла,
И, не пуская тьму ночную
На золотые небеса,
Одна заря сменить другую
Спешит, дав ночи полчаса.

А.С. Пушкин «Медный всадник»

Название

Угол погружения Солнца под
горизонт

День

Солнце выше горизонта

Гражданские сумерки

0—6°

Навигационные сумерки

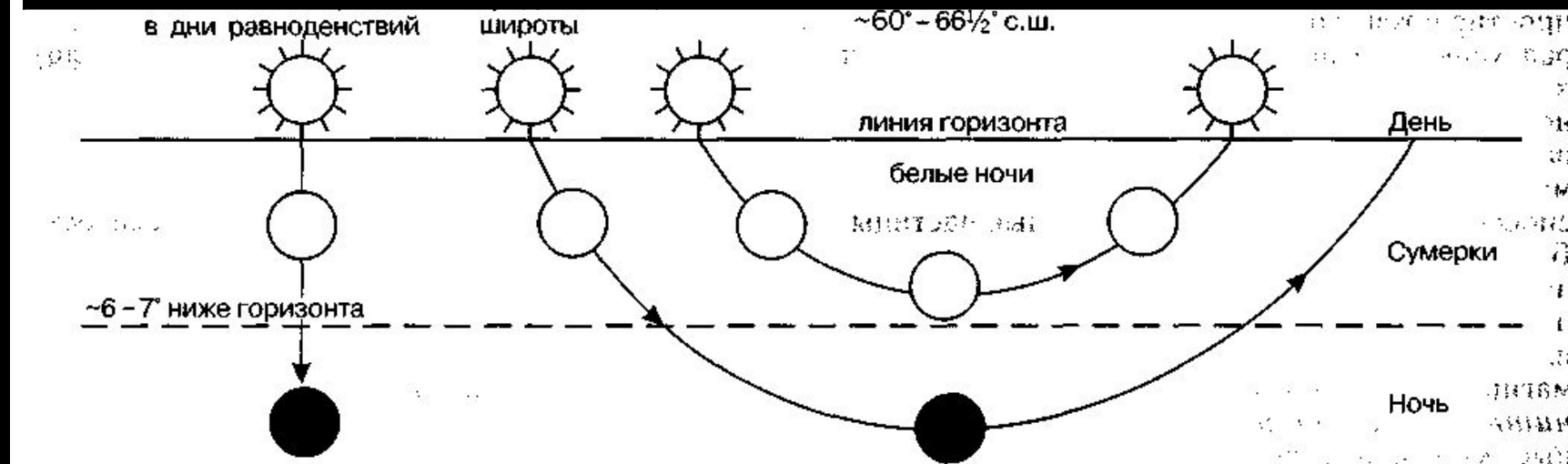
6—12

Астрономические
сумерки

12—18

Ночь

>18



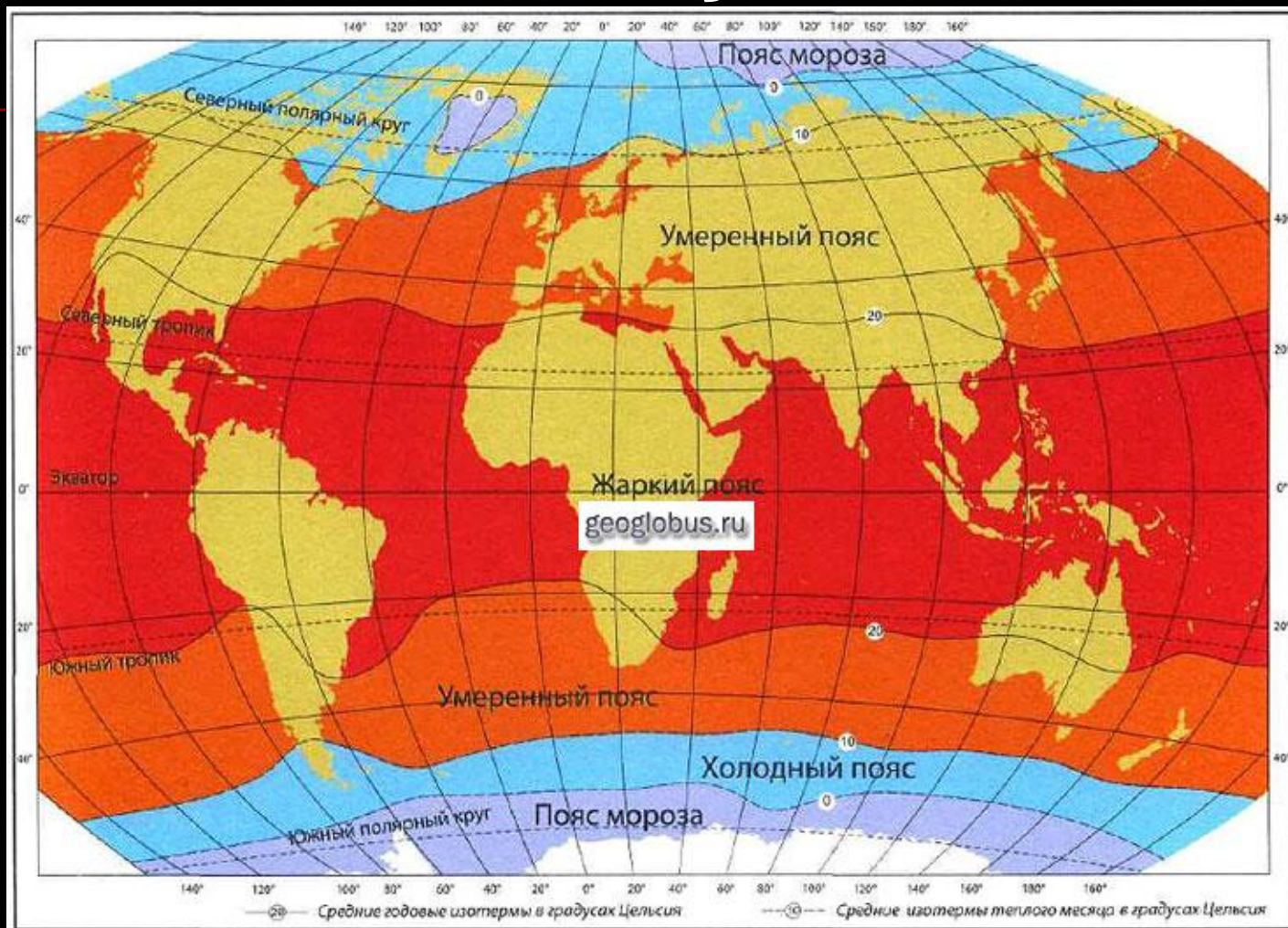
Самый длинный и самый короткий день в тропических и умеренных широтах

	Самый длинный день	Самый короткий день
0°	12 ч 00 мин	12 ч 00 мин
10°	12 ч 35 мин	11 ч 25 мин
20°	13 ч 13 мин	10 ч 47 мин
30°	13 ч 56 мин	10 ч 04 мин
40°	14 ч 50 мин	9 ч 10 мин
50°	16 ч 09 мин	7 ч 51 мин
60°	18 ч 30 мин	5 ч 30 мин
65°	21 ч 09 мин	2 ч 51 мин
66,5°	24 ч 00 мин	0 ч 00 мин

Длина полярного дня и полярной ночи на разных широтах

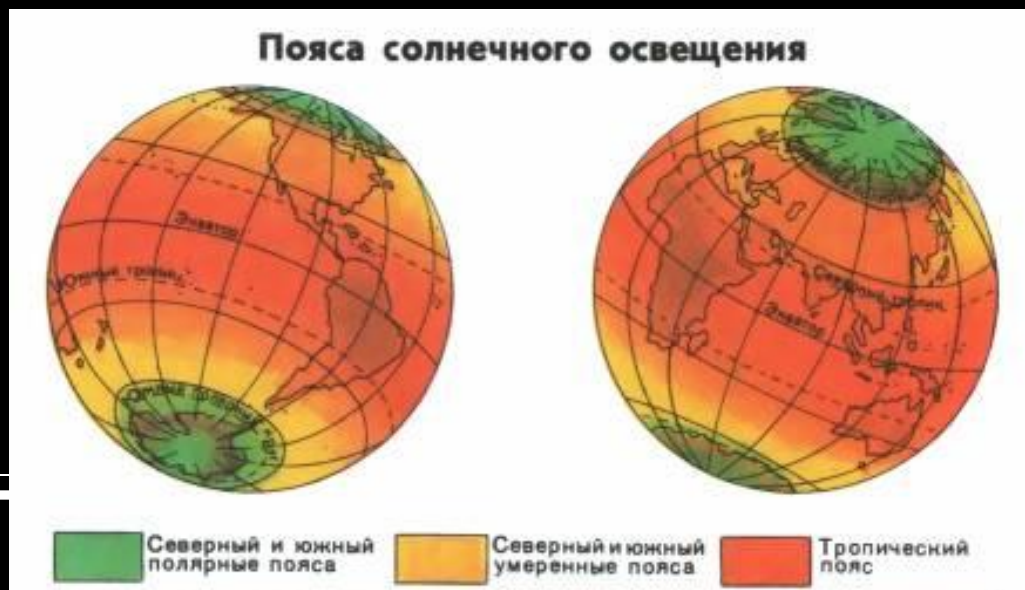
Широта	Число суток со сменой дня и ночи (весна)	Число суток сплошного дня (лето)	Число суток со сменой дня и ночи (осень)	Число суток сплошной ночи (зима)
66°33'	180	1	183	1
70°	119	64	121	61
75°	82	102	83	98
80°	52	133	53	127
85°	25	160	26	154
90°	0	186	0	179

Пояса освещенности



Закономерное изменение положения Земли по отношению к Солнцу, при ее движении по орбите с сохранением наклона оси вращения, обуславливает положение на Земле линий полярных кругов и тропиков, которые ограничивают **пояса освещенности (астрономические тепловые пояса)**. Они выделяются в зависимости от полуденной высоты Солнца и продолжительности освещения.

Между тропиками (северным – Тропиком Рака и южным – Тропиком Козерога) лежит *жаркий пояс*, в пределах которого Солнце два раза в году в полдень стоит в зените. На экваторе эти моменты разделены равными промежутками времени по 6 месяцев (21 марта и 23 сентября). На тропиках Солнце стоит в зените только один раз в году – в дни солнцестояний: на Северном тропике – 22 июня, на Южном – 22 декабря. На экваторе день всегда равен ночи, на других широтах пояса их продолжительность мало различается.



В *умеренных поясах*, расположенных между тропиками и полярными кругами, Солнце не бывает в зените, но в течение 24 часов обязательно происходит **смена дня и ночи**, причем продолжительность их зависит от времени года и широты. На полярных кругах Солнце поднимается над горизонтом не выше, чем на 47° . Одни сутки в году оно совсем не заходит за горизонт (день солнцестояния соответствующего полушария) и одни сутки не появляется над горизонтом (день солнцестояния противоположного полушария). К северу от Северного и к югу от Южного полярного круга находятся *холодные пояса*. На полюсах Солнце полгода светит непрерывно, но самое высокое положение его над горизонтом всего $23,5^\circ$.

Линии тропиков и полярных кругов могут быть приняты за границы тепловых поясов **лишь условно**, в действительности температура зависит не только от высоты Солнца над горизонтом, но и от других факторов, прежде всего от характера подстилающей поверхности. Но границами поясов с различной продолжительностью освещения поверхности солнечными лучами эти линии, безусловно, являются. Пояса освещения – первооснова выделения природных широтных поясов.

Календарь



Календарь – это система измерения больших промежутков времени, основанная на периодических явлениях окружающего мира. Существуют *солнечные, лунные и лунно-солнечные* календари.

Солнечный календарь основан на видимом годичном движении Солнца (*тропический год*). В Европе известны два солнечных календаря:

юлианский (старый стиль)

григорианский (новый стиль).

Юлианский календарь был введен Юлием Цезарем в 45 г. до н. э. в Древнем Риме. В нем было три простых года по 365 дней и один високосный год – 366 дней – тот, число дней которого делилось на 4. Добавочный день в четвертом году цикла прибавлялся к февралю (29 февраля). В этом календаре ошибка в одни сутки накапливалась за 128 лет, и тогда весеннее равноденствие наступало на одни сутки раньше, чем по календарю.

В государствах Европы юлианский календарь был введен в 325 г. н. э. В то время весеннее равноденствие приходилось на 21 марта. В XVI в. в 1582 г. погрешность календаря достигла 10 суток и день весеннего равноденствия переместился на 11 марта.



Проект реформы был разработан итальянским ученым Л. Лилио Гаралли, а утвержден указом римского папы Григория XIII. Реформа календаря состояла в двух мероприятиях:

1) погашении погрешности в 10 суток между днем весеннего равноденствия и его календарной датой, поэтому следующим числом после 4 октября 1582 г. стали считать 15 октября 1582 г., в связи с чем начало астрономической весны опять передвигалось на 21 марта;

2) впредь все «круглые» годы, число столетий которых не делилось без остатка на 4 (1700 г., 1800 г., 1900 г., 2100 г., 2200 г. и т. п.), стали считать простыми годами, а 1600 г., 2000 г., 2400 г. и т. п. – високосными.

Это позволило практически прекратить в будущем переход равноденствий, т. к. ошибка в одни сутки стала накапливаться примерно за 3300 лет. В католических государствах Европы этот календарь был введен давно, а в России лишь 1 февраля 1918 г., когда 1 февраля стали считать 14 февраля, т. к. в XX в. разница между старым и новым стилями составляла уже 13 суток.