



# План

- 1. Движение Земли вокруг Солнца. Годичный параллакс.
- 2. Орбита Луны и ее возмущения.
- 3. Видимое движение и фазы Луны.
- 4. Периоды обращения Луны.
- 5. Вращение и либрации Луны.
- 6. Покрытия светил Луной. Солнечные затмения.
- 7. Покрытие Луны Землей. Лунные затмения.
- 8. Условия наступления затмений. Сарос.

# Солнца. Годи́чный параллакс.



Так как мы с вами вместе с Землей движемся в пространстве вокруг Солнца почти по окружности, то направление с Земли на близкие звезды должно меняться. Нам будет казаться, что звезда описывает эллипс в течение земного года. Это конечно видимое, а не действительное движение звезды. *Этот эллипс называется параллактическим.* Чем ближе звезда к полюсу мира, тем больше похож эллипс на окружность, чем ближе звезда к эклиптике, тем больше эллипс превращается в дугу эклиптики. Ну и, конечно, чем дальше звезда, тем меньшего размера эллипс. **Угол, под которым со звезды был бы виден средний радиус земной орбиты при условии, что направление на звезду перпендикулярно радиусу, называется годичным параллаксом ? звезды.**

Собственно говоря, годичный параллакс “?” проявляется в сдвиге близких звезд на фоне далеких в течение года из-за движения Земли вокруг Солнца. Расстояние, которое соответствует параллаксу в одну секунду, называется **парсеком** и равно 3.26 светового года. Ближайшая к нам звезда Проксима Центавра находится от нас на расстоянии 4,26 с.г. или 1.3 пс, т.е. ее годичный параллакс меньше одной секунды. **Для сравнительно близких звезд**, удаленных на расстояние, не превышающие нескольких десятков парсек, расстояние определяется по параллаксу способом, известным уже двести лет. При этом измеряют ничтожно малые угловые смещения звезд при их наблюдении с разных точек земной орбиты, то есть в разное время года. Расстояние до звезды в парсеках определяется по формуле:

●  **$R = a.e. / \sin ? = 206265 a.e. / ? = 1 / ? (пк)$**     **1 ПК = 3,26 св. года = 206 265 а.е. = 3·10<sup>15</sup> м.**

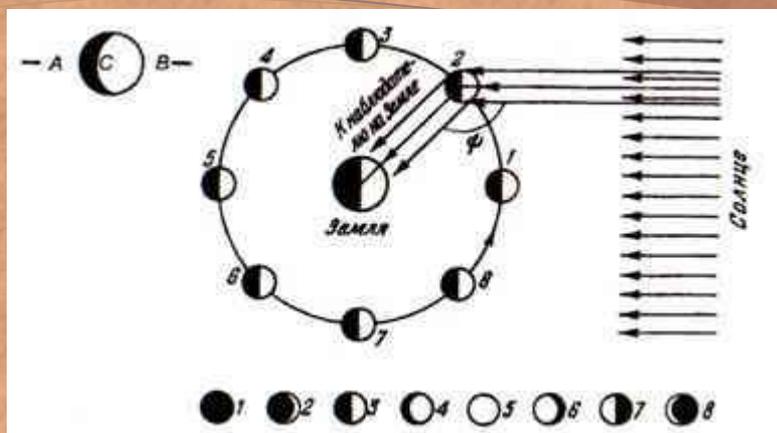
# 2. Орбита Луны и ее возмущения.

- Орбита невозмущенного движения Луны вокруг Земли есть эллипс, большая полуось которого равна 384400 км. В перигее расстояние от Луны до Земли меньше на 21000 км, а в апогее – на столько же больше. Плоскость лунной орбиты наклонена к плоскости эклиптики в среднем под углом  $5^\circ$ . Луна движется вокруг Земли в направлении с запада на восток, сдвигаясь за сутки примерно на  $13^\circ$ . Полный оборот Луна совершает за 27,3 земных суток. Этот период обращения вокруг Земли в системе отсчета, связанной со звездами, называется сидерическим месяцем. А дальше все становится сложнее. Так как Луна испытывает возмущения от Земли и Солнца, то та траектория, по которой движется наш спутник, начинает вытворять неприятные вещи. Во-первых, плоскость орбиты покачивается, и угол ее наклона к эклиптике меняется, во-вторых, сама орбита или можно сказать ее плоскость вращаются, совершая полный оборот за 18 лет 7 месяцев. Из-за этого точки пересечения лунной орбиты с эклиптикой (восходящий и нисходящий узлы) движутся навстречу Солнцу и Луне. Именно с вращением лунной орбиты связаны нутации земной оси, имеющие такой же период. За каждый оборот Луны вокруг Земли перемещение узлов составляет около  $1,5^\circ$ , следовательно, по истечении звездного месяца Луна никогда не возвращается в точности к прежнему положению, и каждый следующий оборот совершает, строго говоря, по новому пути. И только через 18 лет после полного оборота узлов по эклиптике, плоскость лунной орбиты займет опять прежнее положение.

# 3. Видимое движение и фазы Луны.

Наблюдаемое движение Луны сопровождается непрерывным изменением ее внешнего вида. В некоторые дни Луна совсем не видна на небе. В другие дни она имеет вид узкого серпа, полукруга или полного круга. Различные формы видимой освещенной Солнцем части Луны называются ее фазой. Величиной фазы называется освещенная доля диаметра, перпендикулярного линии, соединяющей концы серпа (BC/AB). Лунные фазы объясняются тем, что Луна подобно Земле является темным, непрозрачным телом и при движении вокруг Земли занимает различные положения относительно Солнца.

Из-за удаленности Солнца его лучи практически параллельно падают на лунную поверхность и освещают ровно половину шара. В зависимости от того, какую долю освещенной поверхности Луны мы в настоящий момент видим на Земле, такова и фаза Луны. Линия, отделяющая темную часть диска от светлой, называется терминатором. Угол  $\alpha$  с вершиной в центре Луны между направлениями к Земле и к Солнцу называется фазовым углом. Различаются четыре основные фазы Луны: новолуние, первая четверть, полнолуние, последняя четверть. Во время новолуния Луна проходит между Солнцем и Землей (соединение)  $\alpha = 180^\circ$ , к Земле обращена темная часть Луны и она не видна на небе. Дня через два после новолуния Луна видна в виде узкого серпа на западе, в лучах вечерней зари, вскоре после захода Солнца. Через семь суток после новолуния наступит первая четверть, Луна примет форму полукруга. Луна находится в восточной квадратуре,  $\alpha = 90^\circ$ , к Земле обращена половина освещенного и половина неосвещенного полушария Луны. Во время полнолуния Луна находится в противостоянии с Солнцем  $\alpha = 0^\circ$ , и к Земле обращено все освещенное полушарие Луны. Луна видна в течение всей ночи. После полнолуния Луна начинает «убывать», с западной стороны ее диска появляется «ущерб». Через семь дней после полнолуния Луна опять видна в виде полукруга. Наступает последняя четверть, Луна находится в западной квадратуре, и видна во второй половине ночи, вплоть до восхода. Далее мы уже видим узкий серп на востоке, незадолго перед восходом Солнца. Через два-три дня лунный серп исчезает, чтобы опять родиться на западе. Соединение Луны с Солнцем во время новолуния и противостояние во время полнолуния называются сизигиями. В эти дни на Земле самые большие приливы

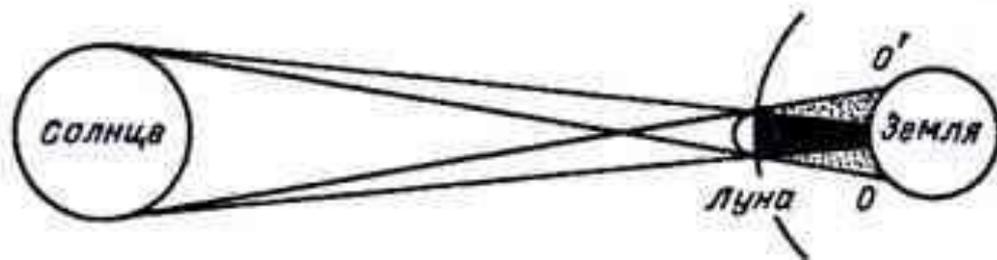


Из-за удаленности Солнца его лучи практически параллельно падают на лунную поверхность и освещают ровно половину шара. В зависимости от того, какую долю освещенной поверхности Луны мы в настоящий момент видим на Земле такова и фаза Луны. Линия, отделяющая темную часть диска от светлой называется терминатором. Угол  $\alpha$  с вершиной в центре Луны между направлениями к Земле и к Солнцу называется фазовым углом. Различаются четыре основные фазы луны: новолуние, первая четверть, полнолуние, последняя четверть. Во время новолуния Луна проходит между Солнцем и Землей (соединение)  $\alpha=180^\circ$  к Земле обращена темная часть Луны и она не видна на небе. Дня через два после новолуния Луна видна в виде узкого серпа на западе, в лучах вечерней зари, вскоре после захода Солнца. Через семь суток после новолуния наступит первая четверть, Луна примет форму полукруга. Луна находится в восточной квадратуре,  $\alpha=90^\circ$ , к Земле обращена половина освещенного и половина неосвещенного полушария Луны. Во время полнолуния Луна находится в противостоянии с Солнцем  $\alpha=0^\circ$ , и к Земле обращено все освещенное полушарие Луны. Луна видна в течение всей ночи. После полнолуния Луна начинает «убывать», с западной стороны ее диска появляется «ущерб». Через семь дней после полнолуния Луна опять видна в виде полукруга. Наступает последняя четверть, Луна находится в западной квадратуре, и видна во второй половине ночи, вплоть до восхода. Далее мы уже видим узкий серп на востоке, незадолго перед восходом Солнца. Через два три дня лунный серп исчезает, чтобы опять родится на западе. Соединение Луны с Солнцем во время новолуния и противостояние во время полнолуния называются сизигиями. В эти дни на Земле самые большие приливы

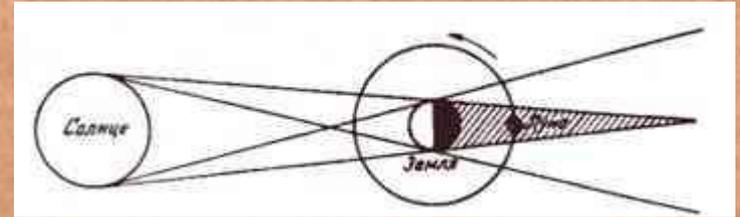


# 6. Покрытия светил Луной. Солнечные затмения.

- При своем движении вокруг Земли Луна может пройти перед более далеким светилом и своим диском заслонить его. Это явление носит название покрытия светила Луной. Наблюдения покрытий Луной звезд и планет помогают уточнить теорию движения Земли и Луны, в последнее время эти наблюдения стали привлекаться для прямых измерений размеров звезд. Покрытие нашей звезды Солнца Луной носит название солнечного затмения. Диск Солнца будет полностью закрыт только для наблюдателя, находящегося внутри конуса лунной тени, максимальный размер которого на поверхности Земли не превосходит 270 км. Это полное солнечное затмение. В областях, куда падает полутень, будет частичное солнечное затмение. Солнечный диск будет закрыт только частично. Так как расстояние от луны до Земли меняется, то вершина конуса тени иногда не доходит до поверхности, и мы можем наблюдать редкое явление кольцевого затмения. Тень от луны перемещается по Земле с запада на восток. Полная фаза солнечного затмения длится не более 7 минут. В этот момент яркая солнечная корона выступает во всем своем величии. На небе в момент затмения становятся видны звезды и планеты. Очевидно, что солнечные затмения происходят только в период новолуния.

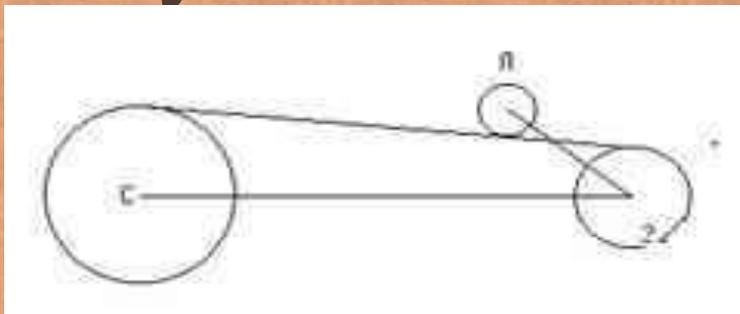


# 7. Покрытие Луны Землей. Лунные затмения.



- Земля, освещаемая Солнцем отбрасывает от себя тень в сторону противоположную Солнцу. Так как диаметр Солнца больше диаметра Земли, то ее тень тоже будет иметь конусную форму, подобно лунной тени. Диаметр земной тени на расстоянии Луны превышает диаметр нашего спутника в 2,5 раза. При своем движении вокруг Земли Луна может попасть в конус земной тени и тогда произойдет лунное затмение. Так как Луна движется с запада на восток, то первым входит в земную тень восточный край Луны. На нем появляется ущерб, который постепенно увеличивается, и видимый диск Луны принимает форму серпа, отличающегося от серпа лунных фаз тем, что линия, отделяющая светлую и темную часть, представляет собой дугу окружности с радиусом, приблизительно в 2,5 раза больше радиуса лунного диска, т.е. проекция тени Земли, а не полуэллипс, как у терминатора.
- Если Луна полностью войдет в тень Земли, то произойдет полное затмение, в противном случае затмение будет частным. Так как диаметр земной тени может превышать диаметр Луны до 2,8 раза, то полное затмение может продолжаться до двух часов. Во время полного затмения Луна продолжает быть видимой, она светится буро-красным светом, который обусловлен солнечным светом, преломившимся и рассеявшимся в атмосфере Земли. И, наконец, понятно, что затмения Луны могут происходить только во время полнолуний.

## 8. Условия наступления затмений. Сарос.



Если бы плоскость лунной орбиты совпадала с плоскостью эклиптики, то солнечные и лунные затмения происходили бы каждый синодический месяц, но плоскость орбиты Луны наклонена к плоскости эклиптики на  $5^{\circ}09'$ , поэтому Луна во время новолуния или полнолуния может находиться далеко над или под прямой Земля – Солнце, и тень от Луны не попадет на Землю или тень от Земли не попадет на Луну, и никакого затмения не произойдет. Чтобы произошло солнечное затмение, необходимо чтобы Луна находилась во время новолуния вблизи узла своей орбиты, т. е. недалеко от эклиптики, а точнее на расстоянии  $\pm 16,5'$ . Дугу эклиптики в  $33'$  Солнце пройдет за 34 дня, а за это время обязательно наступит хоть одно новолуние, а может быть и два. Следовательно, каждый год бывает минимум два солнечных затмения, но может быть и четыре. Редчайшая возможность это пять солнечных затмений в год.

Конец