

## Дисциплина: Астрономия

Преподаватель: Алифиренко Наталья Григорьевна [ngalif.nkru@mail.ru](mailto:ngalif.nkru@mail.ru)

В соответствии с учебным планом химию будем изучать весь 1 курс, в конце учебного года дифференцированный зачет (зачет с оценкой). Для работы по астрономии заведите тетрадь в клетку, подпишите её: фамилия, имя, группа, название предмета. Письменные работы выполняйте в этой тетради, записывайте аккуратно и подробно. Тетрадь вы должны предъявить преподавателю при выходе на очное обучение.

### Лекция 3

#### Тема: Система «Земля - Луна»



**Задание 1. Прочитайте текст и ответьте на вопросы, полный конспект составлять НЕ НАДО:**

1. В каких движениях участвует Луна?
2. Как изменяется угловое расстояние между Луной и Солнцем?
3. Какие явления доказывают, что Луна движется вокруг Земли?
4. Происходит ли смена дня и ночи на Луне?
5. Чему равен период вращения Луны вокруг Земли?
6. Чему равен период смены фаз Луны?
7. Причина смены фаз Луны?
8. Что называют сидерическим месяцем Луны?
9. Чему равна продолжительность сидерического месяца Луны?
10. Чему равен период обращения Луны вокруг своей оси?
11. Что называют синодическим месяцем Луны?
12. Чему равна продолжительность синодического месяца Луны?

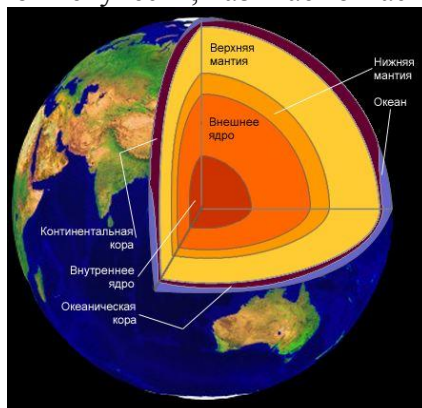
**Делайте записи в тетради аккуратно. Присылать для проверки конспекты не надо.**

Наша планета – Земля – движется вокруг Солнца по близкой к круговой орбите, радиус которой – 149,6 млн. км – принят за 1 астрономическую единицу. Период обращения по орбите составляет 365,256 земных суток или 1 год. Средняя скорость движения по орбите – 29,8 км/с. Период вращения вокруг оси – звездные сутки – 23h 56m 4,099s. Наклон земного экватора к орбите составляет  $23^{\circ}27'$  и обеспечивает смену времен года.

Масса Земли равна  $5,974 \cdot 10^{24}$  кг, средняя плотность  $5,515$  г/см<sup>3</sup>. Экваториальный радиус планеты составляет 6 378 км. Земля имеет грушевидную форму, называемую геоидом. Сжатие составляет 0,0034 (полярный радиус равен 6 356 км). Сплюснутость Земли с полюсов объясняется вращением. Ускорение свободного падения на поверхности составляет, в среднем,  $9,78$  м/с<sup>2</sup>: у полюсов больше, на экваторе меньше.

**Недра Земли.** Прямое исследование земных глубин пока что невозможно: самые глубокие скважины едва достигают десятикилометровой отметки. Однако сейсмология дала ключ к внутреннему строению Земли. Дело в том, что скорость сейсмических волн зависит от плотности и упругости горных пород, через которые они проходят. Они отражаются и преломляются на границах между различными пластами. По сейсмограммам было установлено строение земной литосферы. Из всей массы Земли кора составляет менее 1 %, мантия – около 65 %, ядро – 34 %. Вблизи поверхности Земли возрастание температуры с глубиной составляет примерно  $20^{\circ}$  на каждый километр. Плотность горных пород земной коры составляет около  $3000$  кг/м<sup>3</sup>. На глубине около 100 км температура примерно 1800 К. Упругие волны в мантии распространяются, как в твердом теле. В мантии скачкообразно увеличивается скорость распространения сейсмических

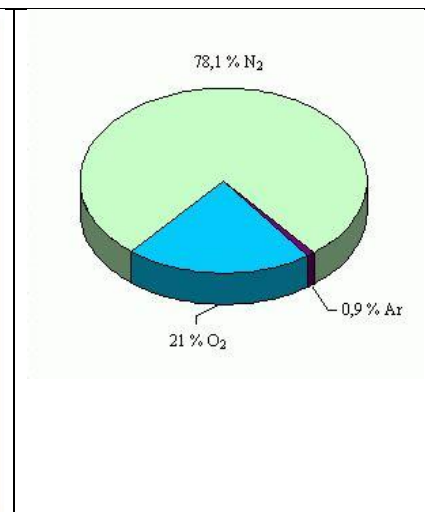
волн, что связано с резким повышением плотности вещества до  $5600 \text{ кг/м}^3$ . Следующее по интенсивности отражение наблюдается на глубине 2900 км (поверхность Вихерта – Гутенберга). На этой глубине сильно отражаются продольные и поперечные сейсмические волны. Отсюда можно сделать вывод, что ниже лежит жидкое ядро: в жидкостях поперечные волны не распространяются. Этот слой расплавленного металла называют внешним ядром. В центре Земли находится твердое железное ядро плотностью около  $10\,000 \text{ кг/м}^3$  (1,7 % массы Земли). Граница между ними толщиной около 5 км проходит на расстоянии примерно 1220 км от центра. На Земле в результате активной вулканической деятельности происходят выбросы лавы, пара и газов из внутренних частей мантии до сих пор формируется верхняя часть Земли – кора. На планете около 800 действующих вулканов. Кора и верхние слои мантии образуют литосферу. Ее граница расположена на глубине около 70 км. Литосфера расколота на десяток больших плит, на границах между которыми постоянно происходят землетрясения и извержения вулканов. Литосферные плиты «плавают» в расположенном под ними до глубины 250 км слое повышенной текучести, называемом астеносферой.



*Строение атмосферы.* Основные составляющие атмосферы Земли – азот и кислород. Остальные газы: водяной пар, углекислота, неон, метан, водород и другие – составляют около 1 %. Атмосфера Земли состоит из ряда слоев – тропосферы, стратосферы, мезосферы, термосферы, экзосферы. По уровню ионизации, электропроводности и способности отражать и поглощать радиоволны в атмосфере выделяют еще несколько слоев. Слой атмосферы, заключенный между высотами 100 и 1000 км, называют ионосферой. Положение и интенсивность слоев ионосферы меняется ото дня к ночи и в зависимости от изменений солнечной активности. Земная атмосфера не пропускает жесткое коротковолновое излучение. Одним из важнейших газов, поглощающих ультрафиолетовые лучи, является озон. Из-за ухудшения экологической обстановки, прежде всего, из-за выброса в атмосферу фреона и других активных веществ, его количество резко уменьшилось, над Антарктидой и некоторыми другими районами Земли образовались озоновые дыры. Справедливости ради заметим, что существует другое мнение, заключающееся в том, что озоновые дыры – одно из проявлений солнечной активности.

### Атмосфера

	Высота	Температура	Характеристика
Тропосфера	0–12 км	Падает на $6^\circ$ на каждый км	Тропосфера нагревается инфракрасным излучением земной поверхности.
Стратосфера	12–25 км	$-50^\circ\text{C}$	
	25–50 км	Немного растет, на высоте 50 км около $0^\circ\text{C}$	Температура растет за счет реакции разложения озона, которая сопровождается выделением теплоты.
Мезосфера	50–85 км		Озон поглощает ультрафиолетовое излучение в области (200–300 нм), защищая жизнь на поверхности Земли.
Термосфера	85–800 км	Температура увеличивается с высотой. Днем на высоте 400 км около $1500^\circ\text{C}$	Ультрафиолетовое и рентгеновское излучение Солнца ионизует молекулы воздуха. Поэтому термосферу называют ионосферой. От ионосферы отражаются радиоволны. Становятся преобладающими водород и гелий.
Экзосфера	Свыше 800 км		Молекулы движутся с огромными скоростями, иногда улетают в межпланетное пространство



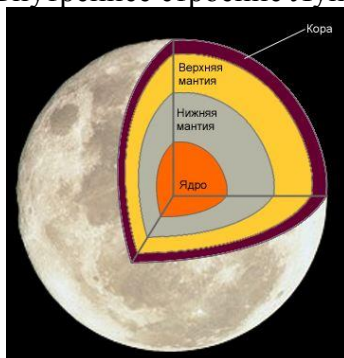
**Поверхность планеты.** Температура на поверхности находится в пределах от  $-85\text{ }^{\circ}\text{C}$  (внутренние районы Антарктиды) до  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Западная Сахара). Средняя температура поверхности Земли  $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Большую часть поверхности Земли (более  $2/3$ ) занимает Мировой океан, оставшаяся треть приходится на сушу. Условия на поверхности Земли заметно отличаются от других планет: нигде, кроме как на Земле, нет воды в жидком состоянии, нет атмосферы, богатой кислородом.

**Луна** – один из самых больших спутников в Солнечной системе. Луна – единственный спутник Земли и единственный внеземной мир, который посетили люди. Она вращается вокруг Земли по орбите, большая полуось которой равна  $383\,398\text{ км}$ . Период обращения равен  $27\text{ сут } 7\text{ час } 43\text{ мин}$ . Это звездный или *сидерический* период. Период *синодический* – период смены лунных фаз – равен  $29\text{ сут } 12\text{ час } 44\text{ мин}$ . Период вращения Луны вокруг своей оси равен сидерическому периоду. Поскольку время одного оборота Луны вокруг Земли в точности равно времени одного оборота ее вокруг оси, Луна постоянно повернута к Земле одной и той же стороной. Луна – самый яркий объект на небе после Солнца. Максимальная звездная величина равна  $-12,7\text{ m}$ . Масса спутника Земли составляет  $7,3476 \cdot 10^{22}\text{ кг}$  (в  $81,3$  раз меньше массы Земли), средняя плотность  $\rho = 3,35\text{ г/см}^3$ , экваториальный радиус –  $1\,737\text{ км}$ . Сжатие с полюсов практически отсутствует. Ускорение свободного падения на поверхности составляет  $g = 1,63\text{ м/с}^2$ . Тяготение Луны не смогло удержать ее атмосферу, если она когда-то и была.

Плотность Луны сравнима с плотностью земной мантии. Поэтому у Луны либо нет, либо очень незначительное железное ядро. Внутреннее строение Луны изучено по сейсмическим данным, переданным на Землю приборами космических экспедиций «Аполлон». Толщина коры Луны  $60\text{--}100\text{ км}$ . Толщина верхней мантии  $400\text{ км}$ . Толщина средней мантии около  $600\text{ км}$ . В средней мантии сейсмические скорости постоянны. Нижняя мантия расположена глубже  $1100\text{ км}$ . Ядро Луны, начинающееся на глубине  $1500\text{ км}$ , возможно, жидкое. Оно почти не содержит железа. Поэтому Луна имеет очень слабое магнитное поле, не превышающее одной десятитысячной доли земного магнитного поля. Зарегистрированы местные магнитные аномалии.

Изучение лунных пород, доставленных на Землю, позволило оценить возраст Луны методом радиоактивного распада. Камни на Луне стали твердыми около  $4,4$  млрд. лет назад. Возможно, Луна сформировалась из остатков протопланетного вещества, окружавшего молодую Землю, или Земля на стадии формирования столкнулась с крупным небесным телом, выброшенные в результате столкновения обломки объединились в наш спутник.

Внутреннее строение Луны



Предполагают, что в ранние периоды своей истории Луна вращалась вокруг оси быстрее и, следовательно, поворачивалась к Земле разными частями своей поверхности. Но из-за близости массивной Земли в твердом теле Луны возникали значительные приливные волны. Процесс торможения Луны продолжался до тех пор, пока она не оказалась постоянно повернутой к нам только одной стороной.

Атмосфера на Луне практически отсутствует. Это обуславливает резкие перепады температур в несколько сотен градусов. В дневное время температура на поверхности достигает  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а ночью она опускается до  $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В то же время на глубине  $1\text{ м}$  температура почти всегда постоянная. Небо над Луной всегда черное, поскольку для образования голубого цвета неба необходим воздух, который там отсутствует. Нет там и погоды, не дуют и ветры. Кроме того, на Луне царит полная тишина.

С Земли наблюдается только видимая часть Луны. Но это не  $50\%$  поверхности, а несколько больше. Луна обращается вокруг Земли по эллипсу, около перигея Луна движется быстрее, а около

апогея – медленнее. Но вокруг оси Луна вращается равномерно. В общей сложности с Земли можно увидеть 59 % лунной поверхности.

*Лунные моря и кратеры.* Мощная литосфера толщиной около 1000 км исключает разломы и выход лавы на поверхность. Но раньше, миллиарды лет назад, на Луне были извержения вулканов. Видимыми даже невооруженным глазом деталями лунного рельефа являются так называемые моря и материки. Вокруг морей часто располагаются горы. Их размеры довольно внушительны: Апеннины имеют максимальную высоту 6 км, Карпаты – 2 км. При наблюдении в телескоп становится ясно, что моря и материки усыпаны кратерами. Особенно выделяются кратер Коперник и кратер Тихо с расходящимися от него почти по всей поверхности Луны белыми лучами. На видимой стороне Луны количество кратеров, диаметр которых больше 1 км, около 300 000. Размеры кратеров колеблются от сотен километров до нескольких сантиметров. Некоторые из них в центре имеют характерное образование – горку; у некоторых кратеров на внутренних стенках имеются террасы. Возле самых молодых кратеров можно видеть лучевые системы – светлые полосы, которые расходятся во все стороны. Эти лучи могут быть вторичными кратерами, порожденными осколками метеорита, которые образовали во время взрыва основной кратер, находящийся в центре.

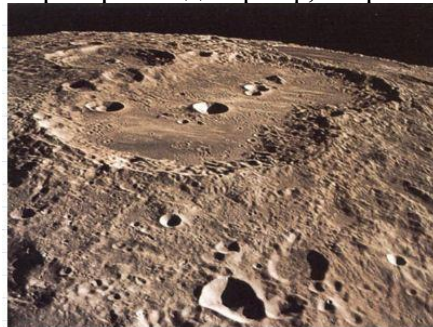
Согласно современным представлениям, большинство кратеров, в изобилии покрывающих поверхность Луны, образовались при столкновении крупных метеоритов и небольших астероидов с поверхностью 3,5 миллиарда лет назад. Энергия, выделяемая при взрыве, испаряла не только вещество метеорита, но и часть пород в месте удара. Столкновения с очень крупными астероидами вызвали гигантские разломы в лунной поверхности, через которые вытекала жидкая расплавленная лава. Так на Луне появились моря и океаны.

Итальянский астроном Джованни Риччолли в XVII веке присвоил возвышенностям и впадинам на Луне названия: Альпы, Апеннины и Кавказ, Океан Бурь, моря Дождей, Холода и Спокойствия, кратеры Тихо, Пифагор, Птолемей и т.д. По предложению советских астрономов Международный астрономический союз поместил на первую карту обратной стороны Луны 18 названий вновь открытых образований. Так появились на Луне Море Москвы, кратеры Герц, Курчатов, Ломоносов, Максвелл, Менделеев, Складовская-Кюри, Циолковский. Конечно, никаких морей на Луне нет. Лунные моря совершенно сухие и представляют собой обширные, залитые некогда базальтовой лавой низины. Луна – безжизненное тело, лишенное атмосферы, морей и океанов. На протяжении лунных суток температура поверхности может изменяться на 300 градусов (от  $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+130\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). При таких условиях вода в жидком состоянии находиться не может.

Кратер Тихо



Кратер Ван де Граф, ширина 342 км



Карта поверхности Луны



В 1999 год космический аппарат «Lunar Prospector» по команде с Земли сошел с окололунной орбиты и врезался в кратер в районе южного полюса. До этого спутник кружил по орбите почти 18 месяцев и выявил некоторые свидетельства присутствия над кратером водорода – одной из

составляющей воды. Были высказаны предположения, что на Луне может оказаться до 300 миллионов тонн льда. Считалось, что от удара часть воды испарится и вместе с пылью будет выброшена вверх. Ученые надеялись, что затем водяные пары удастся обнаружить с помощью наземных и космических телескопов. Но, к сожалению, никаких следов воды обнаружено не было. Благодаря исследованию АМС «Луна» и посадкам на поверхность американских астронавтов, поверхностный грунт Луны исследован хорошо. Астронавты привезли на Землю около 385 кг лунных камней. Постоянная бомбардировка Луны крошечными метеоритами является причиной того, что вся ее поверхность, на 9–12 метров вглубь, покрыта слоем мелкого раздробленного спекшегося вещества, образовавшего как бы слежавшуюся губчатую массу. Этот тонкий слой лунной поверхности называют реголитом. Реголит является хорошим термоизоляционным материалом, поэтому уже на глубине несколько сантиметров сохраняется постоянная температура. Ни один камень, доставленный на Землю, никогда не подвергался воздействию воды или атмосферы и не содержал органических останков. Луна – абсолютно мертвый мир.

Обратная сторона Луны является идеальным местом для астрономических наблюдений: она защищает приборы от излучения с Земли, а ночь на Луне длится 14 земных суток. Отсутствие атмосферы делает возможным наблюдения в любом диапазоне. Когда-нибудь на Луне будут построены космические станции и астрономические обсерватории. Богатые запасы железа, алюминия и кремния явились бы неплохим источником строительных материалов, а содержащиеся в горных породах водород и кислород – сырьем для получения воздуха и воды.

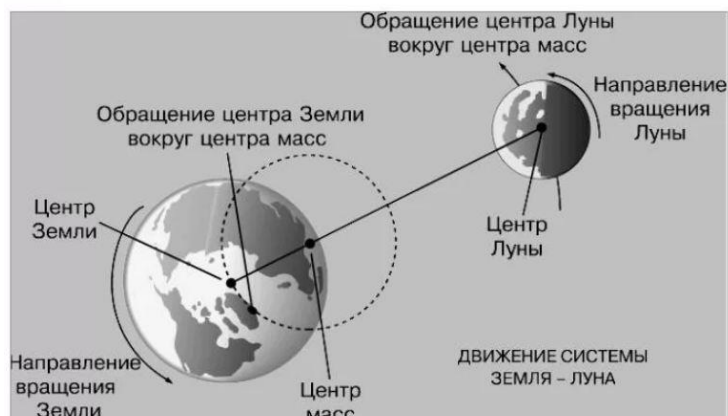
Луна светит отраженным солнечным светом. Вид Луны непрерывно изменяется (смена фаз), т.к. она вращается вокруг Земли и меняет свое положение относительно Солнца. На этапе новолуния Луна восходит и заходит одновременно с Солнцем, она обращена темной стороной к Земле, на небе не видна. Через 2 недели Луна располагается с противоположной от Солнца стороне Земли и обращена к нам освещенной стороной - полнолуние. Полная Луна восходит на востоке и заходит на западе и светит всю ночь. В период между новолунием и полнолунием Луна «растет». На закате Солнца Луна оказывается несколько выше на небосклоне с освещенной западной (правой) стороной диска. В период между полнолунием и новолунием Луна убывает, освещена левая (восточная) часть диска. Она не появляется на небе до полуночи, а на рассвете стоит высоко на небе. Фазы Луны и Земли взаимно противоположны.

*Фаза новолуния* наступает тогда, когда Луна проходит между Солнцем и Землей. В этот момент мы её не видим, так как она обращена к нам своей тёмной стороной и располагается где-то недалеко от Солнца. Через пару дней в западной части неба появляется и продолжает расти узкий и яркий серп молодой Луны. Иногда при этом можно наблюдать и остальную часть Луны, которая светится тусклым сероватым свечением, так называемым пепельным светом. Это явление объясняется тем, что лунный серп освещается непосредственно Солнцем, а остальная часть её поверхности - рассеянным солнечным светом, отражённым Землей. Ещё в течение нескольких дней можно видеть, как серп Луны увеличивается по ширине, и его угловое расстояние от Солнца возрастает. Спустя 7 суток после новолуния становится видна правая половина лунного диска - наступает фаза первой четверти. Далее фаза увеличивается, и через 14—15 суток после новолуния Луна приходит в противостояние с Солнцем. Её фаза становится полной -- наступает *полнолуние*. Солнечные лучи освещают всё лунное полушарие, обращённое к Земле. В этой фазе Луна видна над горизонтом в течение всей ночи: она восходит при заходе Солнца, проходит через южную сторону неба, и заходит за горизонт в момент восхода Солнца. После полнолуния Луна начинает постепенно приближаться к Солнцу. Сначала на правом крае лунного диска появляется небольшой ущерб в форме серпа, который в течение нескольких дней увеличивается в размерах. Спустя неделю после полнолуния наступает фаза третьей или последней четверти.

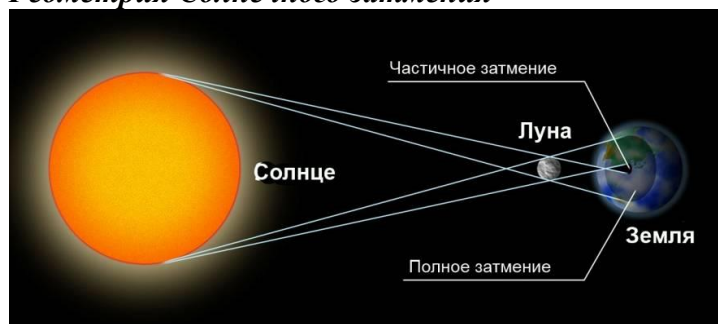
*Солнечное затмение* наступает, если в момент новолуния Луна пересекает плоскость эклиптики и может длиться до 7,5 минут. Полные солнечные затмения можно наблюдать только в тех областях Земли, по которым проходит полоса тени Луны. Диаметр тени не превышает 270 км, поэтому полное затмение Солнца видно лишь на малом участке земной поверхности. Если видимый угловой диаметр Луны оказывается немного меньше или равен солнечному, то затмение Солнца приобретает кольцеобразную форму. Ещё древние астрономы заметили, что затмения повторяются через промежуток времени в прежнем порядке, но смещаются по датам года. Этот промежуток они называли САРОС (в переводе с египетского «повторение»). В течение каждого сароса происходит 70

затмений: 42 солнечных и 28 лунных. Однако лунные затмения наблюдаются чаще, чем солнечные, т.к. лунные видны со всего ночного полушария Земли. Полное солнечное затмение в данной точке земной поверхности видно раз в 200 лет.

## Движение системы Земля-Луна



## Геометрия Солнечного затмения



Солнца, Земля и Луна отбрасывают в противоположную от него сторону тени. Периодически во время новолуния может наступить ситуация, когда тень Луны попадет на Землю, и тогда в данной части нашей планеты произойдет солнечное затмение — Луна заслонит Солнце. В полнолуние, наоборот, Луна может попасть в тень Земли, что вызовет потемнение яркого диска Луны. В этом случае говорят о лунном затмении.

Если бы плоскость орбиты, по которой Луна движется вокруг Земли, совпадала с плоскостью орбиты, по которой Земля обращается вокруг Солнца, то ежемесячно в момент новолуния происходило бы солнечное затмение, а в момент полнолуния — лунное. Этого не случается потому, что плоскость лунной орбиты наклонена к плоскости орбиты Земли под углом около  $5^\circ$ .

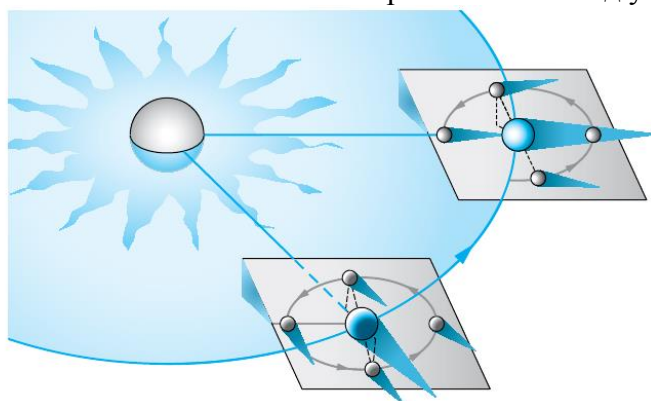


Рис. 1. Периодичность затмений Солнца и Луны

В каких же случаях затмения Солнца и Луны могут произойти?

Направление оси вращения Земли в пространстве остаётся при движении нашей планеты вокруг Солнца неизменным. Мало меняется в течение года и положение плоскости лунной орбиты. Как это повлияет на возможность наступления затмений? За три месяца Земля пройдёт четверть своего пути вокруг Солнца и займёт положение, показанное в правой части рисунка 1. Теперь плоскость лунной орбиты будет расположена так, что линия её пересечения с плоскостью земной орбиты направлена

на Солнце. Поэтому Луна будет пересекать плоскость орбиты Земли (или находиться близ неё) в новолуние и полнолуние. Двигаясь по небу, Луна приходит в ту точку эклиптики, где в этот момент находится Солнце, и загроаживает его от нас.

В том случае, если Солнце целиком закрыто Луной, затмение называется **полным**. Если же случится так, что она закроет лишь часть Солнца, то затмение будет **частным**. Из-за небольшого изменения расстояний до Солнца и Луны может сложиться ситуация, что центры их видимых дисков на небе совпадают, но видимые размеры Луны окажутся чуть меньше, и она не закроет Солнце целиком, оставив от него яркое тонкое кольцо. Такое затмение называется **кольцеобразным**.

Когда Луна пересекает эклиптику в точке, диаметрально противоположной Солнцу, она сама полностью или частично скрывается в тени Земли. Лунные затмения, как и солнечные, могут быть полными или частными, но не могут быть кольцеобразными. Условия, благоприятные для наступления затмений, сохраняются примерно на протяжении месяца. За это время произойдёт либо одно солнечное затмение, либо одно солнечное и одно лунное, либо два солнечных и одно лунное затмение. Следующее необходимое для наступления затмений расположение лунной орбиты повторится снова лишь спустя примерно полгода (177—178 суток), когда Земля пройдёт половину своего пути вокруг Солнца. В течение года на Земле обычно происходит два-три солнечных затмения и одно-два лунных. Максимальное число затмений за год — семь.

Лунные затмения хотя и происходят на Земле реже солнечных, но из каждой отдельной её точки видны чаще. Причина этого в том, что Луна, попавшая при затмении в земную тень, видна на всём полушарии Земли, где она в это время находится над горизонтом. Погружаясь в земную тень, Луна приобретает красноватую окраску различных оттенков. Цвет зависит от состояния земной атмосферы, которая, преломляя лучи Солнца и рассеивая их, всё же пропускает красные лучи внутрь конуса тени. Несколько часов затрачивает Луна, чтобы пересечь тень Земли. Полная фаза затмения может длиться более полутора часов.

### **Посмотрите видеофрагменты:**

**Видеофрагмент «Солнечные и лунные затмения»**

<https://cloud.mail.ru/public/5ejM/PBGeZQwWC>

**Видеофрагмент «Луна»**

<https://cloud.mail.ru/public/5ejM/PBGeZQwWC>

**Видеофрагмент «Рельеф Луны»**

<https://cloud.mail.ru/public/5ejM/PBGeZQwWC>

### **Задание 2.**

**Выполните онлайн-тест «Луна. Солнечные и лунные затмения».**

Для выполнения тестового задания **используйте материалы занятия 4.**

Перейдите по ссылке, не торопитесь, подумайте. После выполнения онлайн-теста результаты придут автоматически преподавателю. Тест входного контроля можно выполнить **только один раз**. Ссылка на онлайн-тест <https://forms.gle/2vYpQxbn6DfiwTC56>

Желаем успеха!

Литература:

1. Воронцов-Вельяминов, Б.А. *Астрономия. Базовый уровень. 11 класс: учебник* / Б. А. Воронцов-Вельяминов, Е.К. Страут. –М.: Дрофа, 2018.

Электронный ресурс:

2. Чаругин, В.М. *Астрономия. 10-11 классы: базовый уровень* / В.М. Чаругин. – М.: Просвещение, 2018, с.8-14.

Материал по теме можно найти в электронном учебнике, перейдя по ссылке <https://cloud.mail.ru/public/GVTu/BknfgxyS3>  
Изучите с. 24-27.