

Путь к звёздам

Сборник задач

для подготовки к олимпиаде
по астрономии для 7–8 классов



ВВОДНАЯ ЗАДАЧА С ВИДЕО РЕШЕНИЕМ

Разбор задачи на период обращения

Условие задачи:

Во сколько раз период обращения Луны вокруг Земли больше периода обращения Фобоса вокруг Марса. Известно, что орбитальная скорость Фобоса составляет примерно 2,14 км/с, а орбитальная скорость Фобоса Луны 1,023 км/с. Радиус орбиты Фобоса составляет около 9 235,6 км от центра Марса до Луны, чья средняя орбита находится на расстоянии -384 400 км от центра Земли)

Решение:

1. Найдём период обращения Фобоса вокруг Марса.

Период обращения (Т) связан с орбитальной скоростью (v) и радиусом орбиты (r) формулой:

Для Фобоса:

- $V_{\text{Фобоса}} = 2,14 \text{ км/с}$
- $r_{\text{Фобоса}} = 9235,6 \text{ км}$

$$T_{\text{Фобоса}} = 27115,65 \text{ секунд}$$

Переведём это в часы для удобства сравнения:

$$T_{\text{Фобоса}}$$

2. Найдём период обращения Луны вокруг Земли.

Для Луны:

- $V_{\text{Луны}} = 1,023 \text{ км/с}$
- $R_{\text{Луны}} = 384400 \text{ км}$

$$T_{\text{Луны}} = 2360869,99 \text{ секунд}$$

Переведём это в дни для удобства сравнения:

$$T_{\text{Луны}}$$

3. Найдём, во сколько раз период обращения Луны больше периода обращения Фобоса.

Для этого разделим период обращения Луны на период обращения Фобоса

Важно использовать одинаковые единицы измерения

Давайте переведем период Луны в часы:

$T_{\text{Луны}}$

Теперь найдём отношение:

87,08

Ответ: Период обращения Луны вокруг Земли примерно в 87,1 раз больше периода обращения Фобоса вокруг Марса.

Видео пример решения задачи:

<https://rutube.ru/video/private/94bdf0ad197a5df7bcf189366bf50037/?p=QYQbCTPWleYIGUEW1uapKA>

ПАРАГРАФ 1 «СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА»

Солнечная система — это удивительная и сложная гравитационно связанная система. В её центре находится звезда, которую мы называем Солнцем. Вокруг неё по орбитам движутся восемь больших планет, их многочисленные спутники, а также карликовые планеты, астероиды, кометы и бесчисленное множество мелких тел. Это наш космический дом, расположенный на окраине галактики Млечный Путь.

Формирование Солнечной системы началось около 4,6 миллиарда лет назад. Оно произошло из гигантского межзвёздного молекулярного облака, состоящего из газа и пыли. Под воздействием гравитации облако начало сжиматься и вращаться, образуя протопланетный диск. В центре диска формировалось Солнце, а из остального материала постепенно конденсировались планеты и другие объекты.

Солнце — это жёлтый карлик, составляющий более 99,8% всей массы Солнечной системы. Его гравитация удерживает все остальные тела на их орбитах. Внутри Солнца происходит термоядерный синтез, превращающий водород в гелий. Этот процесс выделяет огромное количество энергии, которая достигает Земли в виде света и тепла. Солнечная энергия является источником жизни на нашей планете.

Ближайшие к Солнцу четыре планеты называются внутренними или земными планетами. Они относительно невелики, состоят в основном из горных пород и металлов.

Меркурий — самая маленькая и ближайшая к Солнцу планета. У него практически отсутствует атмосфера, что приводит к экстремальным перепадам температур: от +430°C днём до -180°C ночью. Его поверхность усеяна кратерами, напоминающими Луну.

Венера — вторая планета от Солнца, сравнимая по размеру с Землёй. Она известна своей чрезвычайно плотной атмосферой, состоящей в основном из углекислого газа. Парниковый эффект на Венере настолько силен, что её поверхность является самой горячей в Солнечной системе, достигая +462°C.

Земля — третья планета от Солнца и единственная известная нам обитаемая планета. Её уникальное положение и наличие жидкой воды позволили развиваться жизни. Атмосфера Земли, богатая азотом и кислородом, защищает нас от вредного излучения. У Земли есть один естественный спутник — Луна, играющая важную роль в стабилизации её оси вращения.

Марс — четвёртая планета, часто называемая "Красной планетой" из-за оксида железа на её поверхности. У Марса тонкая атмосфера, и есть многочисленные свидетельства существования жидкой воды в прошлом. На его поверхности работают марсоходы, исследующие потенциал для поддержания жизни. У Марса два небольших спутника: Фобос и Деймос.

Между орбитами Марса и Юпитера находится пояс астероидов. Это область, где вращаются миллионы каменных тел различных размеров, от мелких камешков до карликовой планеты Цереры.

За поясом астероидов расположены четыре гигантские планеты, известные как внешние или газовые гиганты. Они намного крупнее земных планет и состоят преимущественно из газов (водорода и гелия) или льдов. Каждая из них обладает обширными системами колец и многочисленными спутниками.

Юпитер — самая большая планета Солнечной системы, её масса превышает массу всех остальных планет вместе взятых. Он знаменит своим Большим Красным Пятном — гигантским антициклоном, бушующим уже сотни лет. У Юпитера мощное магнитное поле и множество спутников, включая четыре Галилеевых луны: Ио, Европу, Ганимед и Каллисто.

Сатурн — вторая по величине планета, наиболее известная своей потрясающей системой колец. Эти кольца состоят из миллиардов частиц льда и камней, отражающих солнечный свет. Сатурн имеет очень низкую плотность, настолько, что мог бы плавать в воде. Его крупнейший спутник, Титан, обладает плотной атмосферой и метановыми озёрами на поверхности.

Уран — ледяной гигант, отличающийся тем, что вращается "лежа на боку". Его ось вращения наклонена почти на 98 градусов относительно плоскости орбиты. У Урана также есть система колец, хотя и менее заметная, чем у Сатурна, а также множество ледяных спутников.

Нептун — самый далёкий из газовых гигантов, синяя планета с очень сильными ветрами. Его атмосфера содержит метан, который придает ему характерный синий цвет. На Нептуне наблюдались гигантские штормы, подобные Большому Красному Пятну Юпитера. Его крупнейший спутник, Тритон, является одним из самых холодных объектов в Солнечной системе и движется по ретроградной орбите.

За орбитой Нептуна простирается Пояс Койпера — огромная область ледяных тел. Здесь находится множество карликовых планет, включая Плутон, Эриду и Макемаке. Эта область является источником короткопериодических комет.

На самых далёких границах Солнечной системы, на расстоянии тысяч астрономических единиц, находится Облако Оорта. Считается, что это сферическая оболочка из триллионов ледяных объектов. Облако Оорта является источником долгопериодических комет, которые могут залетать во внутреннюю часть системы.

Кроме крупных тел, Солнечная система наполнена множеством комет, метеороидов и межпланетной пыли. Эти объекты постоянно взаимодействуют друг с другом и с планетами, иногда приводя к впечатляющим явлениям, таким как метеорные дожди. Изучение нашей Солнечной системы помогает нам понять процессы

формирования звёзд и планет во всей Вселенной. Постоянные исследования с помощью телескопов и космических аппаратов продолжают раскрывать её многочисленные тайны и уникальные особенности.

Формулы и константы

Закон всемирного тяготения:

, где G – гравитационная постоянная, r – радиус

Вывод из третьего закона Кеплера:

, где G – гравитационная постоянная, T – период обращения

Закон Хаббла:

Светимость звезды: (где R - радиус звезды, T - температура, σ - постоянная Стефана-Больцмана)

Время жизни звезды на главной последовательности: $t \sim$, (где M - масса звезды в массах Солнца)

Масса Солнца: 1.989×10^{30} кг

Радиус Солнца: 6.957×10^8 м

Астрономическая единица (а.е.): 1.496×10^8 км

Парсек: 3.086×10^{16} м

Задачи по теме «Солнечная система»

Условие задачи:

1. Диаметр Марса составляет 6779 км. Выразите этот диаметр в милях. (1 км = 0,621371 мили). Ответ округлите до целого числа.

Решение: ь

Ответ: 4212

Условие задачи:

2. Представьте, что Земля — это мяч диаметром 30 см. Каким будет диаметр Юпитера в этом масштабе, если диаметр Юпитера в 11 раз больше диаметра Земли? Выразите ответ в сантиметрах и метрах.

Решение: если $D_{\text{Земли}} = 30$ см, то $D_{\text{Юпитера}} = 30 \times 11$

Ответ: 3.3 м

Условие задачи:

3. Во сколько раз объем Сатурна больше объема Земли, если радиус Сатурна в 9,45 раза больше радиуса Земли?

Решение: , $R_{\text{Сатурна}} = 9.45 \times R_{\text{Земли}}$

х

=

Ответ: в 846 раз

Условие задачи:

4. Земля совершает один оборот вокруг Солнца за 365,25 дня. Среднее расстояние от Земли до Солнца (1 астрономическая единица, а.е.) составляет 149,6 миллиона километров. Вычислите среднюю орбитальную скорость Земли в километрах в час (км/ч). Для начала

вычислите длину орбиты (считайте её круговой).

Решение:

Время (T) = 365.25 дней

Радиус орбиты (R) = 149.6 миллиона км = 149,600,000 км

Вычислим длину орбиты (окружность):

$L = 2\pi R = 2 \times 3.1415926535 \times 149,600,000 \text{ км} \approx 940,336,666 \text{ км}$

Теперь переведем время в часы: T = 365.25 дней $\times$ 24 = 8766 часов

Вычислим среднюю орбитальную скорость:

$v = ; v \approx 107,271 \text{ км/ч}$

Ответ: 107,271

Условие задачи:

5. Радиус Венеры составляет 6051 км, а масса - $4,87 \times 10^{24}$ кг.

Вычислите среднюю плотность Венеры в кг/м³.

Решение:

Переведем радиус в метры: = 6051 км $\times$ 1000 м/км = 6,051,000 м

Вычислим объем Венеры:

$= \times 3.14 \times \approx 9.279 \times$

Вычислим среднюю плотность:

$\rho = ; \rho = (4.87 \times \text{кг}): (9.279 \times) \approx 5248 \text{ кг}$

Ответ: 5248

Условие задачи:

6. Радиус Юпитера составляет 69911 км, а масса - $1,90 \times 10^{27}$ кг. Вычислите среднюю плотность Юпитера. Сравните плотность Юпитера с плотностью Земли (масса Земли $5,97 \times 10^{24}$ кг, радиус Земли 6371 км) и объясните разницу.

Решение:

Вычислим среднюю плотность Земли:

$= \times 3.14 \times \approx 1.083 \times$

Плотность Земли ():

$= (5.97 \times \text{кг}): (1.083 \times) \approx 5512 \text{ кг/м}^3$

Вычислим среднюю плотность Юпитера:

$= \pi \times 3.14 \times (69,911,000 \text{ м})^3 \approx 1.431 \times 10^{12} \text{ м}^3$

Плотность Юпитера () = $(1.90 \times 10^{27} \text{ кг}): (1.431 \times 10^{12} \text{ м}^3) \approx 1328 \text{ кг/м}^3$

Сравнение плотностей: Плотность Земли ($\approx 5512 \text{ кг/м}^3$) значительно выше плотности Юпитера ($\approx 1328 \text{ кг/м}^3$). Земля примерно в 4.15 раза плотнее Юпитера.

() Дополнительный вопрос: Почему Юпитер имеет такую низкую плотность, несмотря на свою огромную массу?

Ответ: Юпитер имеет огромную массу благодаря своему колоссальному объему. Он настолько велик, что его масса превышает массу всех остальных планет Солнечной системы вместе взятых. Однако, эта огромная масса распределена по очень большому объему, и при этом он в основном состоит из самых легких химических элементов — водорода

и гелия. Даже если эти газы сжаты до очень высокой плотности в центре планеты, они все равно намного легче, чем материалы, из которых состоят каменные планеты.

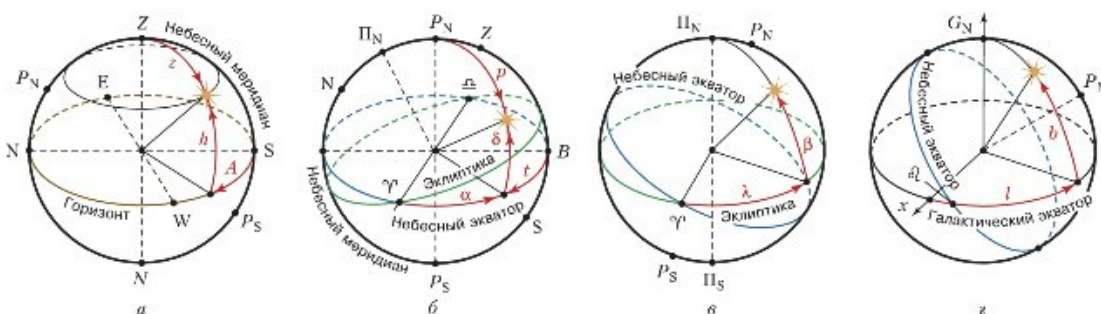
ПАРАГРАФ 2 «ЗВЁЗДНОЕ НЕБО»

Звёздное небо — это совокупность светил, видимых ночью на небесном своде, в основном звёзд. Представьте себе гигантский прозрачный шар с Землёй в центре, на который проецируются все светила. Звёзды распределены в трёхмерном пространстве, чтобы оценить количество объектов в заданной области, нужно вычислить объём V этого шара.

Для радиуса $V_{\text{шара}}$:

Системы координат

Важнейшие точки этой сферы — Северный полюс мира, находящийся сегодня рядом с Полярной звездой, и небесный экватор, проекция земного экватора. Положение любого объекта на этой сфере можно задать двумя координатами — прямо как широту и долготу на Земле. В астрономии используются разные системы:



Горизонтальная система: определяет положение светила относительно наблюдателя. Азимут (A) — угол от точки севера вдоль горизонта ($0^\circ - 360^\circ$). Высота (h) — угол над горизонтом ($0^\circ - 90^\circ$). Эта система проста для наблюдений, но зависит от места и времени.

Экваториальная система: универсальный «паспорт» звезды. Склонение (δ) — аналог широты, угол от небесного экватора к полюсам (от -90° до $+90^\circ$). Прямое восхождение (α) — аналог долготы, угол от точки весеннего равноденствия вдоль экватора. Его измеряют не в градусах, а в часах, минутах и секундах времени ($24\text{ч} = 360^\circ$). Именно эти координаты зафиксированы в звёздных каталогах.

Для перехода между системами используются формулы сферической тригонометрии. Ключевое понятие — кульминация,

момент прохождения светила через небесный меридиан. В верхней кульминации светило достигает наибольшей высоты над горизонтом. Высота светила в кульминации напрямую зависит от склонения и широты наблюдателя: $h_{\max} = 90^\circ - |\varphi - \delta|$ (для светила, кульминирующего к югу от зенита).

Созвездия

Созвездия – это не просто случайные скопления звезд, а скорее исторически сложившиеся, узнаваемые узоры на ночном небе, которые человечество использовало на протяжении тысячелетий. Издавна люди, глядя на бескрайний купол, соединяли яркие точки света воображаемыми линиями, создавая образы мифологических героев, животных или предметов. Эти "картинки" в небе служили разнообразным целям, от навигации и ориентирования во времени до сельского хозяйства и религиозных верований.

Важно понимать, что звезды в пределах одного созвездия не имеют физической связи и могут находиться на совершенно разных расстояниях от Земли. То, что мы видим их рядом, – это лишь оптическая иллюзия, зависящая от нашей точки обзора в Солнечной системе. Например, звезды Большой Медведицы, кажущиеся нам расположенными в одной плоскости, на самом деле разнесены в пространстве на многие световые годы.

Подвижная карта звёздного неба

Подвижная карта звёздного неба, известная также как плансфера, является одним из старейших и наиболее эффективных инструментов для изучения и навигации по ночному небу. Это механическое приспособление, состоящее из двух вращающихся дисков, позволяет моделировать видимое движение звёзд на любой заданный момент времени.

Основное предназначение плансферы – помочь любителям астрономии быстро и легко определить, какие созвездия и яркие звезды будут видны над горизонтом в определённую ночь. Прежде всего, подвижная карта – это простой и доступный способ узнать, что происходит на небе без использования электроники, что особенно ценно в походах или при длительных наблюдениях вдали от цивилизации.

На нижнем, основном диске карты изображены звезды, созвездия и линии небесных координат, расположенные вокруг полюса мира. Верхний диск имеет вырез, контур которого соответствует линии

горизонта для конкретной географической широты, для которой изготовлена данная плансфера. Этот верхний диск снабжён шкалой времени, а нижний – шкалой дат. Чтобы определить, какие звезды видны в определённый момент, нужно совместить текущую дату на нижнем диске с текущим временем на верхнем. В результате в "окне" верхнего диска отобразится точная конфигурация звёздного неба, которая будет видна в данный момент над горизонтом. Для правильной ориентации на реальном небе необходимо повернуть плансферу так, чтобы указанные на ней стороны света (например, "Север" или "Юг") совпадали с реальными. После такой настройки можно легко найти известные созвездия, планеты (если их положение нарисовано или помечено) и отдельные яркие звезды. Вращая верхний диск, вы можете проследить, как меняется положение звёзд на небе в течение ночи или в разное время года, что помогает понять суточное и годовое движение Земли.

Карта также демонстрирует, как некоторые звезды никогда не заходят за горизонт (околополярные созвездия) или, наоборот, никогда не восходят. Использование плансферы – это отличный способ развить пространственное мышление и понимание основ астрономии. Она идеально подходит для начинающих астрономов, студентов, школьников и всех, кто хочет глубже погрузиться в мир звёзд. Важно помнить, что карта подходит только для той широты, для которой она была сделана, поскольку видимый горизонт меняется в зависимости от местоположения.

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите основные элементы небесной сферы, аналогичные земным экватору, полюсам и меридианам. Какую точку на небесной сфере мы принимаем за аналог Гринвичского меридиана на Земле?
2. Представьте, что вы наблюдаете яркую звезду прямо над южной точкой горизонта. Чему примерно равен её азимут (A) в горизонтальной системе? А если та же звезда через 6 часов будет находиться точно над западной точкой горизонта, как изменится её азимут и высота?
3. Звезда Сириус имеет экваториальные координаты: $\alpha \approx 6^h 45^m$, $\delta \approx -16^\circ 43'$. О чём говорят нам эти числа? В каком созвездии следует искать эту звезду – в околополярном (кружащемся вокруг Полярной) или в экваториальном? Обоснуйте, используя значение склонения.
4. Для наблюдателя в Санкт-Петербурге ($\varphi \approx 60^\circ$ с.ш.) звезда Денеб ($\delta \approx$

+45°) кульминирует к югу от зенита. Рассчитайте приближённую высоту Денеба в момент верхней кульминации. Может ли какая-нибудь звезда кульминировать в зените для этого наблюдателя? Если да, то при каком условии?

5. Почему для составления звёздных карт и каталогов используют экваториальные, а не горизонтальные координаты? Приведите не менее двух причин, исходя из свойств этих систем.

Ответы на вопросы для самопроверки:

1. Основные элементы:

Аналог земного экватора — небесный экватор.

Аналог земных полюсов — Северный и Южный полюса мира.

Аналог меридианов — небесные меридианы (круги, проходящие через полюса мира).

Аналог Гринвичского (нулевого) меридиана на небесной сфере — это небесный меридиан, проходящий через точку весеннего равноденствия. От этой точки ведётся отсчёт прямой восхождения (α).

2. Если звезда находится точно над южной точкой горизонта, то её азимут $A = 180^\circ$. Через 6 часов звезда, находящаяся над западом, будет иметь азимут $A \approx 270^\circ$. При этом её высота (h) уменьшится, так как она будет смещаться по своей суточной параллели от верхней кульминации (наибольшей высоты) к заходу за горизонт.

3. Прямое восхождение $\alpha \approx 6^{\text{ч}} 45^{\text{м}}$ означает, что данная звезда находится на условной «долготе» 6 часов 45 минут к востоку от точки весеннего равноденствия. Склонение $\delta \approx -16^\circ 43'$ означает, что звезда расположена южнее небесного экватора (так как склонение отрицательное). Так как её склонение не близко к $+90^\circ$ (полюсу), Сириус не является околополярной звездой. Его следует искать в экваториальной или южной области неба, в зависимости от широты наблюдателя.

4. Используем формулу из параграфа для светила, кульминирующего к югу от зенита:

$$h_{\text{max}} = 90^\circ - |\varphi - \delta|$$

Подставляем: $h_{\text{max}} = 90^\circ - |60^\circ - 45^\circ| = 90^\circ - 15^\circ = 75^\circ$. Звезда может

кульминировать в зените, если её склонение будет в точности равно широте места наблюдения: $\delta = \varphi$. Для Санкт-Петербурга ($\varphi \approx 60^\circ$) это была бы звезда со склонением $\delta \approx +60^\circ$.

- Причина 1 (главная): Независимость от времени и места. Горизонтальные координаты (азимут и высота) постоянно меняются из-за вращения Земли и различаются для разных точек наблюдения. Экваториальные координаты (склонение и прямое восхождение) зафиксированы в звёздных каталогах и почти не меняются для далёких звёзд, что позволяет однозначно идентифицировать объект.
- Причина 2: Удобство для расчётов. Прямое восхождение измеряется в единицах времени, что напрямую связано со звёздным временем и позволяет легко вычислять моменты кульминации светил. Горизонтальная система такой универсальной связи не имеет.

Задачи по теме «Звёздное небо»:

Условие задачи:

1. В созвездии отмечено 8 звёзд. Сколько различных отрезков можно провести между парами звёзд (между любыми двумя)?

Решение: Данную задачу можно решить несколькими способами. Мы предлагаем её решить через схематический рисунок. Чтобы решить задачу схематически, необходимо нарисовать 8 точек (звёзд) и проводить отрезки между ними таким образом, чтобы каждая отдельная точка имела по одному отрезку с остальными, и посчитать отрезки. Их количество должно быть 28.

Ответ: 28

Условие задачи:

2. В звёздном скоплении средняя плотность — 0,01 звезды на кубический световой год. Сколько звёзд в шаре радиуса 10 световых лет?

Решение: из условия задачи $R = 10$ световых лет. ≈ 4188.79 , следовательно, количество $\approx 0.01 \cdot 4188.79 \approx 41.9 \approx 42$ звезды.

Ответ: 42 звезды.

Условие задачи:

3. В 2000 звёздной выборке 12% — красные гиганты. Сколько красных гигантов?

Решение: необходимо перевести 12%, для этого разделим проценты на 100: . Далее нужно умножить полученное число на 2000, таким образом, мы получем 240 гигантов.

Ответ: 240 гигантов.

Условие задачи:

4. Свет от Солнца до Земли идёт примерно 150 000 000 км. Скорость света $\approx 300\,000$ км/с. Сколько минут занимает путь света от Солнца до Земли?

Решение: для того, чтобы найти время, необходимо расстояние разделить на скорость:

Важно использовать одинаковые единицы измерения

Таким образом, .

Ответ: 8 минут

Условие задачи:

5. () В окрестности средней звёздной плотности 0,14 звезды/куб. парсек. Сколько звёзд внутри сферы радиуса 5 парсек?

Решение: Решение данной задачи требует нахождение объёма V :

Поскольку нам известен радиус R , возводим его в куб:

Следовательно, число звёзд . Поскольку нам нужно только целое, 0.3 мы отбрасываем, таким образом, внутри сферы 73 звезды.

Ответ: 73 звезды.

Задача повышенной сложности

() Чему равно угловое расстояние от центра Луны до Земли? Ответ дайте в градусах с округлением до десятых. Подсказка: Диаметр Луны равен 3500 км, расстояние до неё – 384000 км.

Решение: для начала проанализируем задачу, нам даны $D_{\text{Луны}}=3500$ км, расстояние можно принять за радиус R , тогда $R=384000$ км.

Далее необходимо перевести данное число в градусы, для получения углового расстояния:

Ответ: 0,5

ПАРАГРАФ 3 «ЗАТМЕНИЯ»

Основные типы солнечных и лунных затмений, условия их наступления
Затмения — астрономические явления, при которых небесное тело частично или полностью закрывает другой небесный объект.
Затмения спутников планет возникают вследствие падения на них тени планеты. На ряде планет наблюдаются полные затмения Солнца, вызываемые прохождением тени спутника по диску соответствующей планеты. На Земле такое затмение вызывает Луна, на Юпитере – Ио, Европа, Ганимед и Каллисто, на Сатурне – Титан, на Уране – любой

спутник (угловой размер даже малых спутников Урана превышает угловой размер видимого диска Солнца). На Марсе полных затмений Солнца не бывает, так как тени от Фобоса и Деймоса не достигают поверхности планеты.

Частичное экранирование Солнца Меркурием и Венерой называют прохождениями планеты по диску Солнца, а экранирование звезд или планет диском Луны – покрытием звезд или планет Луной.

Из перечисленных явлений для наблюдений с Земли невооруженным глазом доступны только лунные и солнечные затмения [1].

Солнечные затмения



Некоторые типы солнечных затмений:

- Полное — лунный диск закрыт Луной целиком. Чтобы это произошло, Солнце, Луна и Земля должны выстроиться в четкую прямую линию.
- Частное — солнечный диск закрыт Луной не полностью, спутник отбрасывает на Солнце полутень. При частном затмении Солнце может иметь форму полумесяца.
- Кольцеобразное — проявляется как «огненное кольцо», тонкий ореол света Солнца вокруг темной Луны. Это происходит, когда Луна максимально удаляется от Земли и проходит между ней и Солнцем.
- Гибридное — самое редкое, бывает раз в десятилетие. Выглядит как переход от кольцеобразного затмения к полному и обратно.



Полное



Кольцеобразное

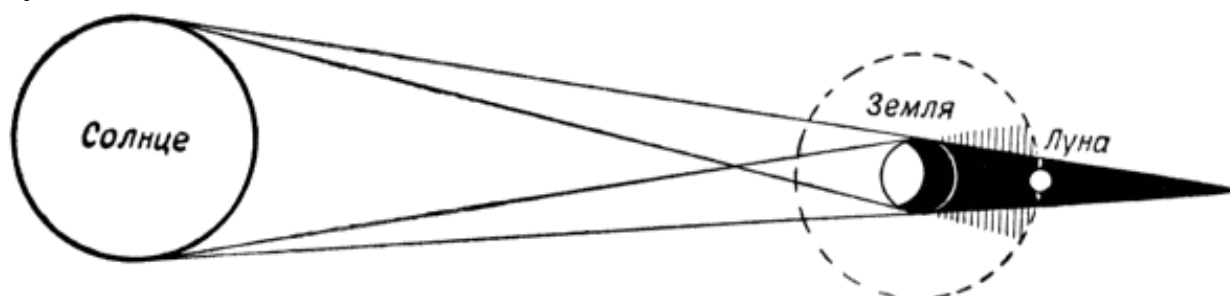


Частичное

Условия наступления: солнечные затмения возможны только во время новолуния, когда Луна обращена к Земле неосвещенной стороной.

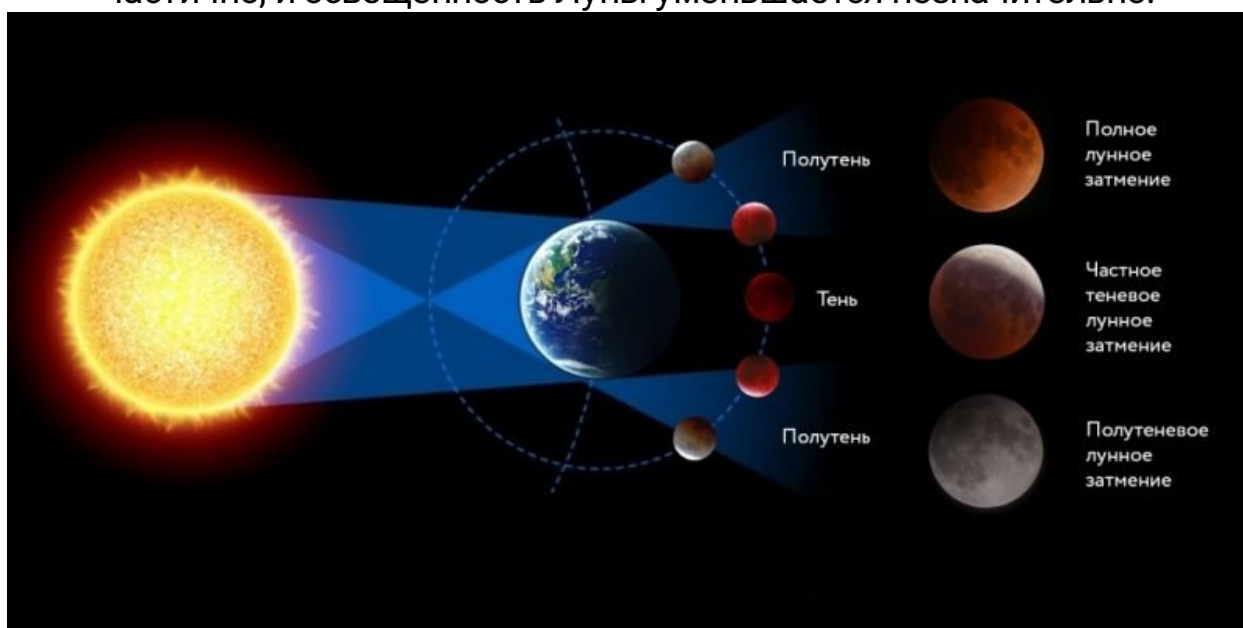
Затмения возможны, если новолуние происходит вблизи одного из двух лунных узлов (точек пересечения видимых орбит Луны и Солнца).

Лунные затмения



Некоторые типы лунных затмений:

- Полное — Луна полностью погружается в тень Земли. Даже в фазе полного затмения Луна остаётся видимой, приобретая характерный красноватый или оранжевый оттенок.
- Частное — только часть Луны входит в тень Земли (умбру). При этом на лунном диске появляется хорошо видимое тёмное пятно, которое постепенно перемещается из-за движения Луны по орбите.
- Полутеневое — Луна проходит только через полутень Земли (пенумбру). В этой области Земля закрывает Солнце лишь частично, и освещённость Луны уменьшается незначительно.



Условия наступления: для наступления затмения необходимо одновременное выполнение двух условий: полнолуние и нахождение Луны вблизи узлов её орбиты — точек пересечения лунной орбиты с плоскостью эклиптики (орбиты Земли). Наклон лунной орбиты относительно эклиптики составляет примерно 5 градусов, поэтому затмения происходят не каждое полнолуние.

Задача 1: Частота затмений.

Условие задачи:

Луна обращается вокруг Земли примерно за месяц, и, следовательно, каждый месяц должна оказываться между Землей и Солнцем? Почему солнечные затмения не происходят каждый месяц?

Решение:

Солнечные затмения не происходят каждый месяц из-за наклона орбитальной плоскости Луны относительно орбитальной плоскости Земли (эклиптики). Плоскость лунной орбиты наклонена примерно на 5 градусов относительно плоскости эклиптики. Это означает, что в большинстве случаев Луна проходит либо «над» либо «под» линией, соединяющей Землю и Солнце, и не заслоняет Солнце для наблюдателя на Земле. Солнечные затмения происходят, когда Луна пересекает плоскость эклиптики вблизи новолуния.

Задача 2: Кто увидит солнечное затмение?

Условие задачи:

В 1897 году на территории Вятской губернии произошло полное солнечное затмение. Явление началось 7 августа 1887 года в 7 часов 39 минут и продолжалось 2 минуты 40 секунд. Все ли жители Вятской губернии могли наблюдать данное астрономическое явление, если согласно историческим сведениям, ее площадь составляла $170\,000\text{ км}^2$? Принять диаметр тени равным 200 км.

Решение:

Площадь тени можно определить как площадь круга:

Исходя из расчетов мы видим, что область тени меньше площади Вятской губернии, значит не все жители смогли наблюдать полное солнечное затмение.

Задача 3: Длительность полного солнечного затмения.

Условие задачи:

Известно, что максимальная продолжительность полного солнечного затмения составляет около 7 минут 30 секунд. Чем обусловлено ограничение максимальной продолжительности полных солнечных затмений?

Решение:

Ограничение связано с несколькими факторами:

- Относительная скорость Луны и Земли: Луна движется по своей

орбите вокруг Земли, а Земля вращается вокруг своей оси. Сочетание этих движений определяет, как быстро тень Луны перемещается по поверхности Земли.

- Размеры Луны и Солнца: Разница в угловых размерах Луны и Солнца (с точки зрения наблюдателя на Земле) влияет на продолжительность полного покрытия Солнца Луной.
- Расстояние между Землей, Луной и Солнцем: Эти расстояния меняются, так как орбиты не идеально круглые, что влияет на угловые размеры и относительную скорость.
- Геометрия затмения: Угол падения лунной тени на поверхность Земли также влияет на продолжительность затмения в конкретной точке. Наибольшая продолжительность наблюдается в точке, где тень Луны проходит перпендикулярно поверхности Земли.

Задача 4: Условия для кольцеобразного затмения.

Условие задачи:

Объясните, при каких условиях происходит кольцеобразное солнечное затмение.

Решение:

Кольцеобразное солнечное затмение происходит, когда Луна находится в апогее своей орбиты (самой дальней точке от Земли) и, следовательно, её угловой размер меньше, чем угловой размер Солнца. В этом случае, когда Луна проходит перед Солнцем, она не может полностью его закрыть. Вместо этого вокруг Луны остается видимым яркий «огненный круг» солнечной короны.

Дополнительные материалы по теме:

1. Затмения. Большая Российская энциклопедия.
[электронный ресурс]. URL: <https://old.bigenc.ru/physics/text/1989211>
2. Затмение: что это, определение, подготовка к ЕГЭ.
[электронный ресурс]. URL: <https://ru.ruwiki.ru/wiki/%D0%97%D0%B0%D1%82%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5>
- 3.

Источники подобных задач:

1. <https://zsfond.ru/wp-content/uploads/2024/01/zadaniya-resheniya-i-kriterii-oczenivaniya-7-8-klass.pdf>
2. <https://uspeh-cod46.ru/images/files/VsOSH/mynicipal/Astro/7-8.pdf>
3. <https://odarendeti73.ru/upload/docs/pages/municipal-stage/РЕШЕНИЯ%20МЭ%20ВсОШ%20по%20астрономии%202022-2023.pdf>
4. <http://sc7kor.org.ru/assets/files/documents/2025-2026/astronomiya.pdf>
5. <https://цпм.рф/материалы/видеоразборы-всosh-астрономия/>
6. <https://regionolymp.ru/wp-content/uploads/2022/01/Задания-школьного-этапа-по-астрономии-7-8-класс.pdf>
7. <https://uobrazyurga.kuz-edu.ru/files/uobrazyurga/doc/VserOLIMPIADA/2024-2025/Mun/задания%20и%20решения/Астрономия%20МЭ%20задания%2012.11.2024/Астрономия%20Задания%20МЭ%207-11%20класс.pd>