

**АСТРОНОМИЯ
9 КЛАСС**

Материалы для членов жюри (ключи, критерии оценивания)

Время выполнения заданий 120 минут

Максимальная оценка – 48 баллов.

Оценивание заданий проводится по обобщенной шкале:

0 баллов – решение отсутствует, абсолютно некорректно, или в нем допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;

1 балл – правильно угадан бинарный ответ («да» - «нет») без обоснования;

1-2 балла – попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания;

2-3 балла – правильно угадан сложный ответ без обоснования или с неверным обоснованием;

3-6 баллов – задание частично решено;

5-7 баллов – задание решено полностью с некоторыми недочетами;

8- задание решено полностью;

Выставление премиальных баллов сверх максимальной оценки за задание не допускается.

Задание №1 (8 баллов). Папа Пети длительное время находился в экспедиции вблизи Северного полюса Земли и, вернувшись, много рассказывал о том, как они жили во время полярной ночи. У Пети возникли вопросы. Когда начинается и заканчивается полярная ночь вблизи Северного полюса Земли? Где в это время находится Солнце? Помогите Пете в этом разобраться.

Примечание: пренебречь влиянием рефракции и видимым угловым размером солнечного диска.

Возможное решение. Для данной задачи, при указанных в примечании упрощениях, существенными являются две точки эклиптики - точки весеннего и осеннего равноденствий.

1. После прохождения точки осеннего равноденствия Солнце переходит в южное небесное полушарие и для наблюдателя на Северном полюсе Земли становится невидимым, т.е. заходит (опускается ниже горизонта). Это случается 22 или 23 сентября (в разные годы). После этой даты начинается полярная ночь.

2. Обратное явление происходит 19 или 20 марта, Солнце проходит точку весеннего равноденствия, перемещается в северное полушарие небесной сферы. Для наблюдателя на Северном полюсе Солнце восходит (поднимается выше горизонта), полярная ночь заканчивается и начинается полярный день.

Т.о. полярная ночь на Северном полюсе Земли начинается 22-23 сентября и заканчивается 19-20 марта. Солнце в течение полярной ночи находится под (ниже) горизонтом.

АСТРОНОМИЯ
9 КЛАСС

Примечание. В решении данной задачи допустимы иные значения дат в диапазоне от 19 до 23 марта (сентября), главное указать связь с явлением и датой равноденствия.

Тематика: § 1.2. Земля, ее свойства и движение. § 3.1. Географические координаты. § 4.5. Видимое движение Солнца и эклиптические координаты.

Классы: 7-11

Задание №2 (8 баллов). Определите среднее расстояние от кометы Галлея до Солнца (в а.е.), если считать, что она делает один оборот вокруг Солнца за 76 лет.

Возможное решение:

Воспользуемся 3 законом Кеплера:

$$T_3^2/T^2 = a_3^3/a^3$$

$$a^3 = a_3^3 T^2 / T_3^2 \quad a_3 = 1 \text{ а.е.} \quad T_3 = 1 \text{ год}$$

$$a^3 = 1^3 \cdot T^2 / 1^2$$

$$a = (76^2)^{1/3} = 18 \text{ а.е.}$$

Тематика: § 2.1. Солнце и планеты. § 5.1. Кинематика планет в Солнечной системе (приближение круговых орбит). § 5.2. Малые тела Солнечной системы (приближение круговых орбит). **Классы:** 8-11

Задание № 3 (8 баллов).

Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о планетах земной группы Солнечной системы.

Параметры	Планеты			
	Меркурий	Венера	Земля	Марс
Среднее расстояние до Солнца (а. е.)	0,4	0,7	1,0	1,5
Радиус (в радиусах Земли)	0,38	0,95	1	0,53
Масса (в массах Земли)	0,055	0,815	1	0,108
Период вращения вокруг оси	59 сут.	243 сут.	24 ч	24,6 ч
Период обращения вокруг Солнца	88 сут.	225 сут.	365 сут.	687 сут.
Эксцентриситет орбиты	0,206	0,007	0,017	0,093
Количество спутников	0	0	1	2

Опровергните или подтвердите следующее утверждение: Ускорение свободного падения на Марсе равно $3,8 \text{ м/с}^2$ (на Земле ускорение свободного падения считать 10 м/с^2).

Возможное решение. Ускорение свободного падения на планете можно рассчитать по формуле:

$$g = G \cdot \frac{M}{R^2}, \text{ где } G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2 \text{ — гравитационная постоянная,}$$

M — масса планеты, R — её радиус.

$$\frac{g_M}{g_3} = \frac{M_M}{M_3} \cdot \frac{R_3^2}{R_M^2} = \frac{0,108}{0,53^2} = 0,38.$$

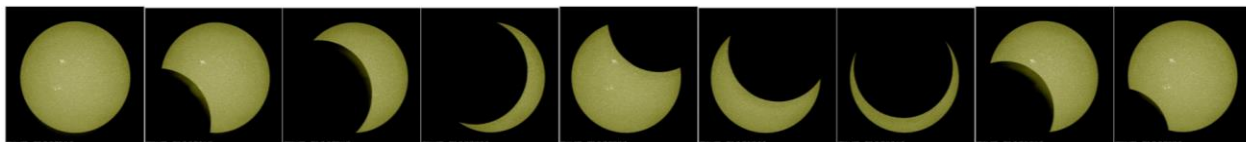
АСТРОНОМИЯ
9 КЛАСС

Следовательно ускорение свободного падения на Марсе равно $0.38 \cdot 10 = 3,8 \text{ м/с}^2$.
Утверждение верное.

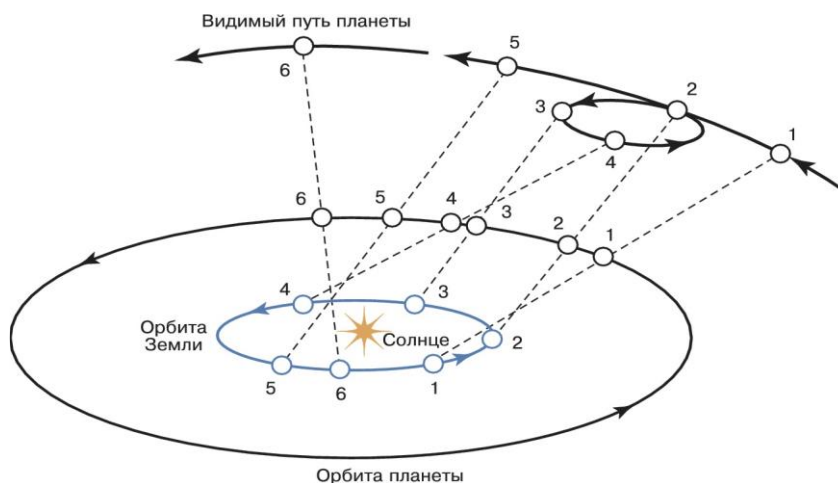
Тематика: § 6.1. Закон всемирного тяготения, движение по круговой орбите.

Смежные вопросы физики. Закон всемирного тяготения, законы Ньютона. Сила тяжести, вес тела. Величина ускорения свободного падения, центростремительного ускорения. Законы Ньютона. **Классы:** 9-11

Задание №4 (8 баллов). Солнечные затмения наблюдаются не только с поверхности Земли, но и на искусственных спутниках, которые исследуют активность Солнца. Ниже приведён последовательный ряд изображений, полученных орбитальной обсерваторией SDO (Solar Dynamics Observatory) 7 марта 2019 года. Объясните необычную траекторию движения Луны на этих снимках: сначала Луна движется слева направо, но вместо того, чтобы пересечь солнечный диск, она возвращается и движется в обратную сторону, затмение начинается и заканчивается с одной и той же стороны солнечного диска.



Возможное решение. Затмение наблюдается с аппарата, который движется вокруг Земли, как и Луна, из-за чего возникает характерное “блуждающее” или “попятное” движение Луны в поле зрения этого аппарата. Аналогичный эффект наблюдается для планет солнечной системы: находясь на Земле, мы видим как у других планет, которые, как и Земля, движутся вокруг Солнца, прямое движение сменяется на попятное и наоборот.



Тематика. § 2.1. Солнце и планеты. § 6.1. Закон всемирного тяготения, движение по круговой орбите. § 5.3. Движение Луны и спутников планет (приближение круговых орбит). **Классы** 9-11

**АСТРОНОМИЯ
9 КЛАСС**

Задание №5 (8 баллов). В декабре 2021 года на орбиту вокруг Земли был запущен телескоп Джеймс Уэбб (James Webb Space Telescope) с диаметром зеркала 6,5 м. В настоящее время он находится в точке Лагранжа L2 системы Земля-Солнце и уже отправляет первые полученные данные на Землю. Насколько более детальные снимки можно получать с помощью нового телескопа по сравнению с его “предшественником” — телескопом Хаббла (Hubble Space Telescope)? Аргументируйте на основании параметров этих телескопов. Диаметр зеркала телескопа Хаббла 2,4 м. Телескоп Хаббла принимает излучение в диапазоне от 90 до 2500 нм, телескоп Джеймса Уэбба принимает излучение в диапазоне от 600 до 28500 нм.

Возможное решение. Детализация снимков определяется разрешающей способностью телескопа, то есть угловым расстоянием α между двумя точками изображения, видимыми раздельно:

$$\alpha = \frac{1,22\lambda}{D} \text{ (рад)},$$

где λ — длина волны принимаемого излучения, D — диаметр зеркала. И чем больше угол α , тем хуже разрешающая способность, а значит и детализация изображения.

Для решения задачи знать указанную формулу не обязательно, важно лишь понимать, что разрешающая способность прямо пропорциональна длине волны принимаемого излучения и обратно пропорциональна диаметру зеркала, то есть справедливо следующее:

$$\alpha \sim \frac{\lambda}{D}.$$

Поскольку диаметры зеркал телескопов — величина неизменная, а диапазон принимаемого излучения широк, возможны два способа решения:

а) сравнить разрешающие способности телескопов для минимальной доступной каждому из них длины волны;

б) сравнить разрешающие способности для длины волны, которая доступна обоим телескопам, ведь тогда можно сравнивать изображения одних и тех же объектов при одних и тех же параметрах съёмки.

Оба решения считать правильными, но оценивать по-разному: способ а) — 6 баллов, способ б) — 8 баллов.

Для первого решения длины волн: 90 нм для Хаббла и 600 нм для Джеймса Уэбба. Для второго решения достаточно обозначить, что речь идёт о ближнем инфракрасном диапазоне 750-800 нм, точное значение не важно. Тогда:

$$\text{а) } \frac{\alpha_{JWST}}{\alpha_{HST}} = \frac{\lambda_{JWST} \times D_{HST}}{D_{JWST} \times \lambda_{HST}} = \frac{600 \times 2,4}{90 \times 6,5} \approx 2,5$$

$$\text{б) } \frac{\alpha_{JWST}}{\alpha_{HST}} = \frac{D_{HST}}{D_{JWST}} = \frac{2,4}{6,5} \approx \frac{1}{2,7}$$

То есть, если сравнивать “предельные” параметры телескопов, детализация телескопа Хаббла в 2,5 раза лучше, чем детализация телескопа Джеймса Уэбба.

АСТРОНОМИЯ
9 КЛАСС

Если же сравнивать детализацию при попытке получить одно и то же изображение (что, конечно, разумнее, поскольку имеет под собой физическое обоснование — мы сравниваем детализацию одних и тех же процессов, регистрируемых разными телескопами), тогда телескоп Джеймса Уэбба превосходит телескоп Хаббла в 2,7 раза.

Тематика. § 7.1. Схемы и принципы работы телескопов. **Классы 9-11**

Задание №6 (8 баллов). Как нужно изменить орбиту Венеры, чтобы солнечные приливы на этой планете по своей силе стали равными лунным приливам на Земле?

Возможное решение. Необходимо рассчитать приливные силы: $F = \frac{2GM}{r^3}$, где G — гравитационная постоянная, M — масса тела, которое является причиной действия этих сил, r — расстояние до центра этого тела. Знание формулы не является необходимым условием для решения задачи. Достаточно понимать, что приливные силы зависят от массы вызывающего их тела (Солнце, Луна) и уменьшаются по мере удаления от этого тела, причём не линейно, а в объёме, то есть будет достаточно использовать зависимость $F \sim \frac{M}{r^3}$. Теперь проводим сравнение лунных приливов на Земле $F_{ЛЗ}$ и солнечных приливов на Венере $F_{СВ}$, они должны быть равны:

$$\frac{F_{ЛЗ}}{F_{СВ}} = \frac{M_{Л} \times r_{СВ}^3}{M_{С} \times r_{ЛЗ}^3} = 1 \Rightarrow M_{Л} \times r_{СВ}^3 = M_{С} \times r_{ЛЗ}^3$$

$$r_{СВ}^3 = \sqrt[3]{\frac{M_{С}}{M_{Л}}} \times r_{ЛЗ}^3 = \sqrt[3]{\frac{2 \times 10^{30} \text{ кг}}{7 \times 10^{22} \text{ кг}}} \times 380000 \text{ км} \approx 0,77 \text{ а. е.}$$

Т.е. радиус орбиты Венеры нужно увеличить с 0,72 а.е. до 0,77 а.е., тогда солнечные приливы на ней будут той же силы, что и лунные приливы на Земле.

Возможен и другой ход решения. Если участник знает, что приливные силы Луны на Земле в два раза больше, чем приливные силы Солнца $2F_{СЗ} = F_{ЛЗ}$, тогда можно сравнить солнечные приливы на этих планетах: $2F_{СЗ} = F_{СВ}$.

$$\text{Имея в виду, что } F \sim \frac{1}{r^3}, \text{ запишем: } 2r_{СВ}^3 = r_{СЗ}^3 \Rightarrow r_{СВ} = \sqrt[3]{0,5} r_{СЗ} = \sqrt[3]{0,5} \text{ а. е.} \approx 0,79 \text{ а. е.}$$

Т.е. радиус орбиты Венеры нужно увеличить с 0,72 а.е. до 0,79 а.е., тогда солнечные приливы на ней будут той же силы, что и лунные приливы на Земле. Ответ несколько отличается, поскольку приливные силы со стороны Луны больше солнечных не ровно в 2 раза. Оба решения и ответа можно считать верными. Если участник нашёл другое аргументированное решение с близким ответом, это также не будет ошибкой и должно оцениваться максимальными баллами.

Тематика. § 2.1. Солнце и планеты. § 6.1. Закон всемирного тяготения, движение по круговой орбите. § 5.3. Движение Луны и спутников планет (приближение круговых орбит). **Классы 9-11**