

## Ключи к заданиям 9 класса

1. **Условие:** На орбите вокруг Солнца был обнаружен неизвестный объект. Сначала был определен радиус его круговой орбиты – 2 а. е. А после того, как был вычислен период его обращения (он оказался равным ровно 3 годам), объектом заинтересовались все астрономы. Как думаете, почему?

**Решение:** Зная радиус орбиты (большую полуось), вычислим период обращения объекта вокруг Солнца. По третьему закону Кеплера  $T^2 = a^3$  (3 балла). Отсюда  $T$  должен быть 2,83 года (2 балла). Довольно заметное отличие орбиты от Кеплеровой может быть обусловлено какими-то аномальными причинами (воздействие на объект сил неизвестного происхождения). Одна из возможных – маневрирование объекта. Объяснение причин от 1 до 3 баллов.

**Ответ:** Потому что эти данные не соответствуют третьему закону Кеплера. Можно предположить воздействие аномальных причин.

### **Критерии оценивания:**

**1 этап (3 балл):** знание формулы третьего закона Кеплера  $T^2 = a^3$ ;

**2 этап (2 балла):** правильное вычисление периода обращения;

**3 этап (3 балла):** предложены гипотезы, объясняющие неправильное движение объекта – от 1 до 3 баллов в зависимости от полноты ответа. Могут рассматриваться силы давления света, гравитационное воздействие невидимых объектов, искусственное происхождение и др.

2. **Условие:** Экзопланета (Глизе 667 Cc) имеет массу в 4,4 раза больше земной, а радиус в 1,76 раз больше земного. Чему равна первая космическая скорость на планете?

**Решение:** По формуле первой космической скорости:

$$v_I = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R}} \text{ (3 балла)}$$

Выразим через первую космическую скорость для Земли:

$$v_I = \sqrt{G \cdot \frac{4,4 \cdot M_{\odot}}{1,76 \cdot R_{\odot}}} = \sqrt{2,5} \cdot v_{I\odot} \text{ (2 балла)}$$

Откуда:

$v_I = 1,6 \cdot 8 = 12,8$  км/с (2 балла за вычисление и 1 балл за знание первой космической скорости для Земли)

**Ответ:** Первая космическая скорость на (Глизе 667 Cc) равна 12,8 км/с

**Критерии оценивания:**

**1 этап (3 балл):** знание формулы первой космической скорости;

**2 этап (2 балла):** правильное выражение первой космической скорости для Земли;

**3 этап (3 балла):** 2 балла за верное вычисление и 1 балл за знание первой космической скорости для Земли.

3. **Условие:** Оцените величину атмосферного давления у поверхности Венеры, если известно, что масса атмосферы Венеры в 94 раза больше массы атмосферы Земли.

**Решение:** Атмосферное давление у поверхности планеты считаем по формуле:

$$p = \rho_{\text{ат}} \cdot g \cdot h, \quad (2 \text{ балла})$$

где  $\rho_{\text{ат}}$  - плотность атмосферы,  $h$  – толщина слоя атмосферы,  $g$  – ускорение свободного падения на поверхности. Поскольку толщина атмосферы много меньше радиуса планеты зависимостью ускорения свободного падения от высоты пренебрежем. Плотность атмосферы выразим через массу атмосферы  $m$  из формулы:

$$m = \rho_{\text{ат}} \cdot 4\pi \cdot R^2 \cdot h, \quad (1 \text{ балл})$$

Откуда

$$\rho_{\text{ат}} = \frac{m}{4\pi \cdot R^2 \cdot h} \quad (1 \text{ балл})$$

$R$  – радиус планеты. Ускорение свободного падения:

$$g = \frac{G \cdot M}{R^2} \quad (1 \text{ балл})$$

И для атмосферного давления получаем:

$$p = \frac{m \cdot G \cdot M}{4\pi \cdot R^4} \quad (1 \text{ балл})$$

где  $M$  – масса планеты.

Заметим, что  $M/R^3$  пропорционально плотности планеты, так что

$$p \approx \frac{m \cdot G \cdot \rho_{\text{Венеры}}}{R} \quad (2 \text{ балла})$$

И поскольку плотности планет земной группы практически одинаковы, а радиусы Земли и Венеры почти равны, получаем, что отношение атмосферных давлений на Венере и на Земле равно отношению масс атмосфер. Таким образом, атмосферное давление у поверхности Венеры равно 94 бар (94 МПа)

**Ответ:** Атмосферное давление на поверхности Венеры в 94 раза больше земного.

**Критерии оценивания:**

**1 этап (2 балла):** Формула давления через высоту и плотность,

**2 этап (4 балла):** 4 последующие формулы по 1 баллу каждая

**3 этап (2 балла):** догадка, что  $M/R^3 \sim \rho_{\text{Венеры}}$  (1 балл), отношение давлений равно отношению масс (1 балл).

4. **Условие:** В будущем человечество решило отправить сигнал в планетную систему звезды Альфа Центавра, используя для этого мощный лазер, пучок излучения которого практически не расширяется. Под каким углом к направлению на звезду Альфа Центавра на небе нужно послать сигнал, чтобы он дошел до места назначения? Угловая скорость звезды Альфа Центавра равна  $3,7''/\text{год}$ , расстояние до нее —  $4,37$  световых года.

**Решение:** Так как до звезды  $4,37$  световых года, то на небе мы видим звезду там, где она находилась  $4,37$  года назад (2 балла). Сигнал до звезды также будет идти  $4,37$  года (2 балла), поэтому надо выяснить, на какой угол звезда Альфа Центавра переместится на небесной сфере за  $8,74$  года (2 балла). Собственное движение звезды — это угловая скорость ее движения по небесной сфере, поэтому перемещение за  $8,74$  года составит  $3,7''/\text{год} \cdot 8,74 \text{ года} = 32,3'' = 0,5'$  (2 балла).

**Ответ:** луч лазера должен быть смещен на  $32,3$  угловой секунды по направлению собственного движения звезды.

**Критерии оценивания:**

**1 этап (2 балл):** за понимание того, что прицеливаться нужно очень точно;

**2 этап (2 балла):** за понимание того, что сигнал до звезды идет  $4,37$  года;

**3 этап (2 балла):** за понимание того, что собственное движение нужно удвоить

**4 этап (2 балла):** за верный ответ, луч лазера должен быть смещен на  $32,3$  угловой секунды по направлению.

5. **Условие:** 5 октября 2022 года стартовал космический корабль Crew-5 Dragon, на котором в космос отправилась российская космонавтка Анна Кикина. Первая ступень ракеты-носителя Space-X работала 2 минуты 36 секунд, она разогнала корабль до скорости 7000 км/час. Затем 10 секунд ракета летела по инерции, пока шло отделение первой ступени, ее скорость снизилась до 6800 км/час. Вторая ступень проработала 6 минут и придала кораблю скорость 27000 км/час. Рассчитайте средние перегрузки (в единицах земной тяжести), которые испытывала Анна Кикина на каждом из двух этапов полета.

**Решение:** Во время работы первой ступени скорость корабля увеличилась от нуля до 7000 км/час = 1940 м/с (1 балл). Ускорение  $a_1 = 1940 / 156 \text{ сек}$  (3 балла) =  $12,4 \text{ м/с}^2 = 1,3 \text{ g}$  (1 балл) ( $g=9,8 \text{ м/с}^2$ ). За время работы второй ступени скорость увеличилась с 6800 до 27000 км/час, или на 5610 м/с (1 балл). Ускорение  $a_2 = 5610/363 = 15,45 \text{ м/с} = 1,6g$  (2 балла).

**Критерии оценивания:**

- 1 этап (2 балл): знание формулы для расчета ускорения;
- 2 этап (2 балла): правильный расчет каждого ускорения;
- 3 этап (4 балла): верное преобразование в единицы земной тяжести – по 1 баллу.

6. **Условие:** Максимальный угловой размер Юпитера  $50''(\beta)$ . Какое должно быть фокусное расстояние окуляра ( $f$ ), чтобы в телескоп с фокусным расстоянием объектива ( $F$ ) 10,8 м Юпитер был виден размером с Луну, угловой диаметр которой  $32'(\rho)$ ?

**Решение:** Находим кратность телескопа:

$$W = \frac{\rho}{\beta} = \frac{1920''}{50''} = 38,4x \text{ (4 балла)}$$

Отсюда фокусное расстояние окуляра должно быть:

$$f = \frac{F}{W} = \frac{1080}{38,4} = 28,1 \text{ см (4 балла)}$$

**Ответ:** фокусное расстояние окуляра должно быть 28,1 см

**Критерии оценивания:**

**1 этап (4 балл):** знание формул оценка за каждую отдельно 2 балла;

**2 этап (2 балла):** правильное вычисление по формулам 1 балл за каждое вычисление;

**3 этап (2 балла):** Верный перевод угловых секунд в угловые минуты.