

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии
Муниципальный этап

10-й класс

Время выполнения – 3 астрономических часа.

1. 12 апреля 2018 года был четверг, а в 2017 году – среда, как и в день полёта Юрия Гагарина. Через сколько лет 12 апреля снова совпадёт со средой? А какой день недели будет в знаменательные 100 и 200-летние годовщины полёта первого космонавта?

Возможное решение

1. 2018, 2019 годы – не високосные, то есть состоят из 365 дней. Остаток от деления 365 на 7 равен 1. То есть в не високосные годы день недели смещается на один. В 2018 году 12 апреля будет четверг, в 2019 – пятница.

2020 год – високосный, и остаток деления количества дней в году равен двум, то есть день недели сместится на два. 12 апреля 2020 года – воскресенье.

Таким образом, в следующий раз 12 апреля был в среду через 6 лет, в 2023 году (4 балла за правильные рассуждения и ответ).

2. 100-летняя годовщина – 2061 г., между 2017 и 2061 годами 44 года, из которых 11 високосных и 33 не високосных, то есть смещение в днях недели составит $11 * 2 + 33 = 55$ дней недели, остаток от деления на 7 равен 6, то есть днём недели будет день, предшествующий среде, то есть вторник (2 балла за правильные рассуждения и ответ).

3. 200-летняя годовщина – 2161 г., между 2017 и 2161 годами 144 года, но 2100 год не является високосным, так как в григорианском календаре года, делящиеся на 100, но не делящиеся на 400, не являются високосными. То есть високосных лет за это время будет не 36, а 35, а не високосных – 109. Смещение дня недели с 2017 г. равно $35 * 2 + 109 = 179$. Остаток от деления на 7 равен 4. Ответ: день недели воскресенье (2 балла за правильные рассуждения и ответ).

2. Поезд движется со скоростью 60 км/ч на запад вдоль параллели 60° с. ш. Какую продолжительность светлого времени суток зафиксирует пассажир этого поезда 21 марта? Рефракцией пренебречь. Радиус Земли 6400 км.

Возможное решение

Скорость суточного движения Земли направлена с запада на восток и равна

$$v_0 = \frac{2\pi R \cos \varphi}{T_0}.$$

Здесь R – радиус Земли, T_0 – период её вращения вокруг своей оси (2 балла).

На широте 60° эта скорость составляет 837 км/ч. Движение пассажира поезда вокруг оси Земли будет происходить на 60 км/ч медленнее, и его скорость v составит 777 км/ч, что увеличит продолжительность солнечных

$$T = \frac{2\pi R \cos \varphi}{v},$$

суток до v то есть до 25,9 часов (4 балла).

В день весеннего равноденствия световой день будет длиться ровно половину солнечных суток (если не учитывать рефракцию), то есть для пассажира поезда он составит 13 часов (2 балла).

3. Масса некоторой планеты в 4,5 раза больше массы Земли, а её радиус в 2 раза больше, чем радиус Земли. На сколько процентов первая космическая скорость для этой планеты больше, чем для Земли?

Возможное решение

Указание проверяющим: формулу для первой космической скорости можно использовать без вывода.

Запишем второй закон Ньютона $F_{тяг} = ma_n$, где по закону всемирного

тяготения $F_{тяг} = G \frac{mM_n}{R_n^2}$, где m – масса тела, M_n – масса планеты, R_n – радиус планеты.

Заменим $F_{тяг}$ во втором законе Ньютона по закону всемирного тяготения, $G \frac{mM_n}{R_n^2} = ma_n$, после сокращения получаем формулу для расчёта модуля ускорения свободного падения на поверхности планеты

$$a_n = G \frac{M_n}{R_n^2} \quad (2 \text{ балла}).$$

Т. к. тело и вокруг планеты движется по окружности, то его ускорение является центростремительным и может быть найдено по формуле $a_u = \frac{v^2}{R}$.

Подставляя это в формулу (2) получаем $\frac{v_n^2}{R_n} = G \frac{M_n}{R_n^2}$, откуда $v_n = \sqrt{G \frac{M_n}{R_n}}$ (2 балла).

Т. к. нам не заданы масса планеты и её радиус, то необходимо сравнить первую космическую скорость для планеты V_n с первой космической скоростью V_3 для Земли.

Аналогично предыдущим рассуждениям на поверхности Земли

$$G \frac{mM_3}{R_3^2} = ma_3, \quad \frac{v_3^2}{R_3} = G \frac{M_3}{R_3^2} \quad \text{и} \quad v_3 = \sqrt{G \frac{M_3}{R_3}}$$

$$\frac{v_n - v_3}{v_3} 100\% = \frac{\sqrt{G \frac{M_n}{R_n}} - \sqrt{G \frac{M_3}{R_3}}}{\sqrt{G \frac{M_3}{R_3}}}$$

Заменим, согласно условию задачи, $M_n = 4,5M_3$ и $R_n = 2R_3$

$$\frac{v_n - v_3}{v_3} 100\% = \frac{\sqrt{G \frac{4,5M_3}{2R_3}} - \sqrt{G \frac{M_3}{R_3}}}{\sqrt{G \frac{M_3}{R_3}}}$$

После сокращения получаем:

$$\frac{v_n - v_3}{v_3} 100\% = \frac{\sqrt{\frac{4,5}{2}} - 1}{1} 100\% = 50\%$$

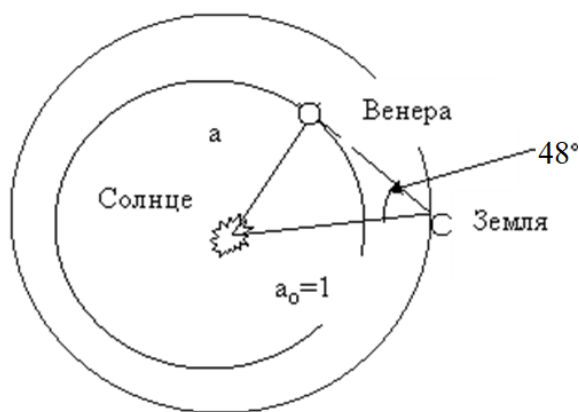
(4 балла.)

Ответ: 50 %.

4. Наибольшее удаление Венеры от Солнца составляет 48° . Нарисуйте взаимное расположение Венеры, Земли и Солнца в момент наибольшего удаления Венеры от Солнца (элонгация). Определите для этой конфигурации расстояние между Венерой и Землёй в километрах. Через какое время повторяются одноимённые элонгации (восточные или западные) Венеры? Большая полуось орбиты Венеры равна 108 млн км, Земли – 150 млн км. Сидерический период обращения Венеры равен $T = 0,615$ года.

Возможное решение

1. Верно выполнен рисунок (2 балла).



2. Из рисунка видно, что в прямоугольном треугольнике расстояние от Венеры до Земли равно длине катета, тогда по теореме Пифагора $\sqrt{150^2 - 108^2} = 104$ млн км (2 балла).

3. Конфигурации планет повторяются через синодический период S , который находится из уравнения синодического движения $1/S = 1/T - 1/T_3$. Из этой формулы следует, что синодический период Венеры равен $S = T \cdot T_3 / (T_3 - T) = 0,615/0,385 = 1,597$ г = 583 суток = 1 г 7 мес. 8 дн. (4 балла).

5. Горизонтальный параллакс у Солнца $8,8''$, а годичный параллакс звезды $0,44''$. Во сколько раз эта звезда дальше Солнца? Радиус Земли 6400 км.

Возможное решение

Для горизонтального параллакса Солнца базисом является экваториальный радиус Земли 6400 км, а при измерении параллакса звёзд базисом является среднее расстояние от Земли до Солнца 1 а.е. = 150 млн км (3 балла).

Первый базис меньше второго примерно в 23 500 раз, а так как параллакс Солнца в 20 раз больше параллакса звезды, то расстояние до звезды в $20 \cdot 23\,500 = 470\,000$ раз больше расстояния от Земли до Солнца (5 баллов).

Другой способ решения: расстояние до звезды равно $1 / 0,44'' = 2,3$ пк (парсек) = $2,3 \cdot 206\,265 = 470\,000$ а.е.

6. Короткопериодическая комета 8P/Туттля имеет орбиту с большой полуосью 5,70 а.е. и эксцентриситетом 0,82. Определите минимальное и максимальное расстояние кометы до Солнца. Может ли эта комета заходить внутрь орбиты Земли?

Возможное решение

Минимальное расстояние $a \cdot (1 - e) = 5,70 \cdot (1 - 0,82) \approx 1,03$ а.е. (3 балла).

Максимальное расстояние $a \cdot (1 + e) = 5,70 \cdot (1 + 0,82) \approx 10,4$ а.е. (3 балла).

И ответ на последний вопрос задачи: нет, комета не попадает внутрь орбиты Земли, т. к. перигелий орбиты кометы > 1 а.е.

Муниципальным предметно-методическим комиссиям рекомендуется оценивать выполнение заданий следующим образом:

- 0 баллов – решение отсутствует, или абсолютно некорректно, или в нём допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;
- 1 балл – правильно угаданный 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 недочётами;
- 8 баллов – полностью решённая задача.

Максимальный балл – 48 баллов.