

**Задания муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии 2019/2020 учебный год.**

**Время выполнения 3 часа.**

**10 класс**

**Ответы и критерии оценивания**

**Задание 1**

Чему равен звездный период обращения Венеры вокруг Солнца, если её верхние соединения с Солнцем повторяются через 1,6 года?

**Решение.**

Угловая скорость Земли (угол, описываемый ею за сутки) составляет  $\frac{360^\circ}{T_\oplus}$ , угловая

скорость Венеры  $\frac{360^\circ}{T}$ , где  $T_\oplus$  - земной год,  $T$  – звездный период обращения

планеты. Следовательно, за сутки Венера обгонит Землю на  $\frac{360^\circ}{T} - \frac{360^\circ}{T_\oplus}$ .  $S$  -

синодический период Венеры (минимальное время между двумя одинаковыми конфигурациями), Венера обгонит Землю на  $360^\circ$ , т.е.

$$\left(\frac{360^\circ}{T} - \frac{360^\circ}{T_\oplus}\right) \cdot S = 360^\circ, \text{ или } \frac{1}{S} = \frac{1}{T} - \frac{1}{T_\oplus} \Rightarrow T = \frac{T_\oplus \cdot S}{T_\oplus + S} \approx 0,62 \text{ года}$$

*Максимум за задание – 8 баллов.*

**Задание 2**

В некотором пункте звезда Вега ( $\alpha=18^{\text{h}}37^{\text{m}}$ ,  $\delta=+38^\circ47'$ ) проходит точно через зенит. Какую звезду чаще можно видеть из этого пункта: Антарес ( $\alpha=16^{\text{h}}29^{\text{m}}$ ,  $\delta=-26^\circ26'$ ) или Сириус ( $\alpha=6^{\text{h}}45^{\text{m}}$ ,  $\delta=-16^\circ43'$ )?

**Решение.**

Широта этого пункта  $38^\circ47'$  (северная). В ответе должно быть пояснение этого факта в виде рисунка или формул.

Поскольку Сириус на небесной сфере расположен севернее, чем Антарес (ближе к небесному экватору), то он проводит над горизонтом больше времени. Кроме того, Сириус – зимняя звезда, а Антарес летняя, и наблюдать Сириус удаётся дольше еще и потому, что зимой весь его суточный путь надо горизонтом приходится на тёмное время суток.

Максимальная оценка за задачу – **8 баллов**. Если ответ дан без объяснения, то оценка не может превышать двух баллов.

**Задание 3**

Два космических аппарата будущего стартуют с Земли со скоростями относительно Солнца 1000 км/с и 10000 км/с соответственно. Первый летит к экзопланете Проксима Центавра b (параллакс  $\pi=768,7$  миллисекунды дуги), а второй – к планетной системе вокруг звезды TRAPPIST-1 (расстояние 39,50 световых лет). По прилёту оба корабля сразу же отправят некоторые данные на Землю с помощью радиосвязи. Данные от какого корабля придут раньше и на сколько? Ответ представьте в годах. Временем полёта внутри планетных систем и

относительным движением звёзд пренебречь.

**Решение:**

Найдём время полёта до каждой звезды.

1) Проксима Центавра b

$$\text{Расстояние } r = \frac{1}{\pi} = 1,3 \text{ пк} = 4,015 \cdot 10^{16} \text{ м}$$

$$\text{Время } \tau = \frac{r}{v} = 4,015 \cdot 10^{10} \text{ сек} = 1272,3 \text{ года}$$

2) Звезда TRAPPIST-1

$$\text{Расстояние } r = 39,5 \times 24 \times 3600 \times 365,25 \times 3 \cdot 10^8 \text{ м} = 3,74 \cdot 10^{17} \text{ м}$$

$$\text{Время } \tau = \frac{r}{v} = 1185 \text{ лет}$$

$$\text{(это же время можно найти проще: } \tau = 39,5 \times \frac{300000 \text{ км/с}}{10000 \text{ км/с}} = 1185 \text{ лет)}$$

Учтём, что данные, отправленные с аппаратов, будут лететь до получателя на Земле разное время.

$$t_1 = 1272,3 + 1,3 \times 3,26 = 1276,5 \text{ года (3,26 – число световых лет в 1 парсеке; можно найти расстояние в световых годах и иначе, например, } 1272,3 \cdot 1000 / 300000)$$

$$t_2 = 1185 + 39,5 = 1224,5 \text{ года}$$

3) Разница времени будет равна

$$\Delta t = 1276,5 - 1224,5 = \text{на } 52 \text{ года.}$$

**Ответ:** Данные от второго корабля придут быстрее на 52 года.

*Критерии оценивания обратите внимание, для разных классов критерии отличаются, как и условия этой задачи).*

Основное, что должно быть показано в решении данной задачи, это умение работать с расстояниями, заданными разными способами, умение переводить из одних единиц измерений в другие, понимание конечности скорости распространения сигнала и учёт этого в решении.

За вычисление времени полёта до каждой из звёзд (любым способом, но ответ должен совпасть с приведённым выше с учётом возможного округления на разных этапах – допускается отличие во времени прилёта кораблей  $\pm 10$  лет) **по 2 балла**. При наличии арифметической ошибки эти **баллы не выставляются**. Однако, если верно записаны формулы (например, вычисления расстояния по параллаксу), то может быть выставлено по **1 баллу** за звезду.

За учёт времени распространения сигнала от звезды до Земли явно или косвенно, т.е. без указания, почему появилось дополнительное слагаемое, по **1 баллу** за звезду (выставляется и при наличии арифметической ошибки в предыдущей и в этой части решения, т.е. тут важно понимания самого факта, что это время надо учесть).

За вычисление разности времён для обоих случаев и формулировку ответа в годах с корректным числом значащих цифр + **2 балла** (ставятся только при отсутствии ошибок на предыдущих этапах).

*Максимум за задание – 8 баллов.*

#### Задание 4

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца (в а.е.)	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения	Первая космическая скорость, км/с
Меркурий	0,39	4879	0,6'	3,01
Венера	0,72	12 104	177°22'	7,33
Земля	1,00	12 756	23°27'	7,91
Марс	1,52	6794	25°11'	3,55
Юпитер	5,20	142 984	3°08'	42,1
Сатурн	9,58	120 536	26°44'	25,1
Уран	19,19	51 118	97°46'	15,1
Нептун	30,02	49 528	28°19'	16,8

Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, сделав пояснения и вычисления (где это необходимо) всех утверждений.

- 1) На Марсе не может наблюдаться смена времен года.
- 2) Ускорение свободного падения на Нептуне составляет около  $11,4 \frac{M}{c^2}$ .
- 3) Объём Марса в 3 раза меньше объёма Венеры.
- 4) Вторая космическая скорость для Меркурия составляет примерно  $1,2 \frac{M}{c}$ .
- 5) Орбита Венеры находится на расстоянии примерно 108 млн км от Солнца.

#### Решение

1) Неверно, смена времен года на Марсе наблюдается, т.к. наклон оси вращения Марса почти такой же, как у Земли (**1 балл**).

2) Верно.  $\varphi_1 = \sqrt{gR} = \sqrt{g \frac{d}{2}} \Rightarrow g = \frac{2 \cdot \varphi_1^2}{d} \approx 11,4 \frac{M}{c^2}$  (**2 балла**)

3) Неверно.  $V = \frac{4}{3} \pi R^3$ , т.е.  $V \sim R^3 \sim d^3 \Rightarrow \frac{V_B}{V_M} = \left( \frac{d_B}{d_M} \right)^3 = 1,78^3 \neq 3$  (**2 балла**).

4) Неверно. Вторая космическая скорость не может быть меньше первой:

$\varphi_2 = \varphi_1 \cdot \sqrt{2} \approx 4,3 \frac{M}{c}$  (**2 балла**).

5) Верно. Венера находится на расстоянии 0,72 а.е. от Солнца. Учитывая, что 1 а.е. составляет 150 млн км, получаем расстояние:  $0,72 \cdot 150$  млн км = 108 млн км. (**1 балл**)  
Максимум за задание – **8 баллов**.

#### Задание 5

Во сколько раз нужно было бы увеличить скорость вращения Земли вокруг своей оси, чтобы тела на экваторе весили вдвое меньше, чем на полюсе? Считайте, что форма Земли не изменилась бы.

Тела на экваторе участвуют в суточном вращении Земли, при этом их центростремительное ускорение

$$a = \omega^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \text{ направлено к центру Земли и вес тела равен } m(g-a).$$

Здесь  $\omega$  и  $T$  - угловая скорость и период суточного вращения Земли.

$$\text{Согласно условию } a = \frac{g}{2}, \text{ откуда } T = 2\pi \sqrt{\frac{2R}{g}}.$$

Подставив числовые значения, получим  $T=2\text{ч}$ .

Таким образом, чтобы тела на экваторе весили вдвое меньше, чем на полюсе, скорость вращения Земли необходимо увеличить в 12 раз.

(Заметим, что на самом деле форма столь быстро вращающейся планеты была бы сильно сплюснута у полюсов).

*Максимум за задание – 8 баллов.*

### **Задание 6**

С какой средней скоростью движется граница день/ночь по поверхности Луны ( $R=1738$  км) в районе её экватора? Ответ выразите в км/ч и округлите до целого. Для справки: синодический период обращения Луны (период смены лунных фаз) примерно равен 29,5 суток, сидерический период обращения (период осевого вращения Луны) примерно равен 27,3 суток.

### **Решение**

Длина экватора Луны  $L=2\pi R \approx 1738 \cdot 3,14 = 10920,2$  км (**2 балла**).

Для решения задачи необходимо использовать величину синодического периода обращения, т.к. за движение границы день/ночь по поверхности Луны отвечает не только вращение Луны вокруг своей оси, но и положение Солнца относительно Луны, которое меняется вследствие движения Земли по своей орбите. Период смены лунных фаз  $P \approx 29,5$  сут. = 708 ч (**2 балла** – если нет объяснения, почему использован именно этот период; **4 балла** – если есть верное объяснение; за использование сидерического периода **1 балл**).

Значит, скорость будет  $v = \frac{L}{P} = \frac{10920,2 \text{ км}}{708 \text{ ч}} \approx 15 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$  (**2 балла**; этот балл ставится за

вычисление скорости, в том числе и при использовании значения 27,3 – ответ при этом будет  $16,7 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$ ).

*Примечание:* решение может быть сделано «в одну строку». Оценка при этом не снижается. За ответ без решения оценка **1 балл**.

*Максимум за задание – 8 баллов*

## **Общие рекомендации членам жюри по оцениванию работ участников олимпиады**

1. Жюри олимпиады оценивает записи, приведенные только в чистовике. Черновики не проверяются.
2. Не допускается снятие баллов за «плохой почерк», за решение задачи нерациональным способом, не в общем виде, или способом, не совпадающим с предложенным методической комиссией.
3. Правильный ответ, приведенный без основания или полученный из неправильных рассуждений, не учитывается.
4. Решение каждой задачи оценивается целым числом баллов. От нуля до максимального за задание.