

**Задания муниципального этапа  
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии  
2020 – 2021 учебный год  
11 класс**

**время выполнения 180 минут  
максимальный балл- 48**

**Задача 1. Земля остановилась.**

Земля неожиданно остановилась на своей орбите и начала падать на Солнце. Сколько продлится падение и с какой скоростью Земля ударит Солнце?

**Решение:** падение по радиус-вектору к Солнцу с расстояния  $R$  можно представить, как движение по предельно сжатому эллипсу с большой полуосью  $a=R/2$ . (2 балла) Время падения  $t$  равно половине орбитального периода  $P$  на этой орбите. (2 балла) Значение  $P$  легко определить из 3-го закона Кеплера путём сравнения с движением Земли

$$\left(\frac{P}{1\text{год}}\right)^2 = \left(\frac{0,5R}{R}\right)^3$$

$$P = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{2}} \text{ года, а } t = P/2 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{5}{2}} = 65 \text{ суток} \quad (2 \text{ балла})$$

Скорость падения издалека на поверхность небесного тела равна второй космической скорости на этой поверхности

$$v = \sqrt{\frac{2GM_c}{R_c}} = 618 \text{ км/с} \quad (2 \text{ балла})$$

**Максимальный балл- 8 баллов**

**Задача 2. Земля и Марс**

Вильям Гершель в 1783 году писал:

«Сходство между Марсом и Землёй, быть может, наибольшее сравнительно со всеми другими членами Солнечной системы».

Придерживаются ли такого же взгляда современные астрономы?

**Решение.** Некоторые динамические параметры- диаметр, масса и, как результат, ускорение свободного падения на поверхности- у Земли значительно ближе к аналогичным параметрам Венеры, чем Марса. (2 балла) Однако период суточного вращения, наклонение оси вращения к плоскости орбиты и, следовательно, явления смены времён года у Земли практически такие же, как у Марса. (2 балла) Этому способствует относительное сходство их атмосфер: высокая прозрачность и близость средних температур. Поэтому современные астрономы, как и В.Гершель, считают, что условия на поверхности Земли ближе всего к условиям на Марсе. (2 балла) Прежде всего это касается возможности существования воды в трёх фазах- твёрдой, жидкой и газообразной. В то время как на поверхности Венеры жизнь исключена, на Марсе она возможна. (2 балла)

**Максимальный балл- 8 баллов**

### Задача 3. Догнать время.

С какой скоростью и в каком направлении должен лететь самолёт в районе экватора, чтобы местное солнечное время для пассажиров самолёта остановилось?

**Решение:** Самолёт должен лететь на запад (2 балла) со скоростью вращения Земли (2 балла):  $v = \frac{40000 \text{ км}}{24 \text{ часа}} = 1667 \frac{\text{км}}{\text{ч}} = 463 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Эта скорость (1,5 скорости звука) вполне доступна для некоторых современных самолётов. (4 балла)

**Максимальный балл- 8 баллов**

### Задача 4. «Гайя» смотрит на Солнце.

Астрономический спутник GAIA измеряет положение звёзд с точностью  $0,00002''$ . На каком расстоянии от Солнечной системы он мог бы заметить годовые смещения Солнца, вызванные обращением Юпитера вокруг него?

**Решение:** радиус орбиты Юпитера 5,2 а.е., а его масса в 1000 раз меньше солнечной, значит, полный размах колебаний Солнца относительно их общего с Юпитером центра масс составляет  $10,4 \text{ а.е.}/1000$ . (4 балла) Отрезок в 1 а.е. с расстояния 1пк виден под углом в  $1''$  (по определению парсека). Значит, отрезок в  $(10,4/1000)\text{а.е.}$  под углом  $0,00002''$  будет виден с расстояния  $(10,4/1000)/0,00002=520 \text{ пк.}$  (4 балла)

### Задача 5. От Солнца до Земли.

Для объяснения того, сколь велико расстояние от Земли до Солнца, поэт Гебель в своей «Сокровищнице» (Литцман, 1959, с 17) воспользовался таким примером:

«Артиллерист, находясь на Солнце, направляет орудийный снаряд как раз на тебя. Ты в испуге убегаешь. Но не волнуйся: тебе нечего спешить, ты имеешь ещё много времени, чтобы избежать снаряда».

Определите, за какое время снаряд, пущенный с поверхности Солнца со скоростью 5000 км/ч, преодолет путь до Земли.

**Решение:** двигаясь с постоянной начальной скоростью, снаряд пролетел бы это расстояние за  $150\,000\,000 \text{ км}/5000 \text{ км/ч} = 30\,000 \text{ ч} = 1250 \text{ дн} = 3,4 \text{ года.}$  (4 балла) Учитывая, что вторая космическая скорость на поверхности Солнца равна  $\sqrt{\frac{2GM}{R}} = 618 \text{ км/с}$ , а скорость снаряда  $5000 \text{ км/ч} = 1,4 \text{ км/с}$ , ясно, что снаряд не покинет Солнце. (4 балла)

**Максимальный балл- 8 баллов**

### Задача 6. Вифлеемская звезда.

Соединения Сатурна и Юпитера в древности именовались великими. Вычислите средний период  $P$  их наступления.

**Решение:** Синодический период планет  $S_x$  выражается через сидерические периоды планет  $T_x$  и Земли  $T_3$ :

$$\frac{1}{S_x} = \frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_x}. \quad (1) \quad (2 \text{ балла})$$

Средний промежуток времени между великими соединениями  $P$  связан с синодическими периодами планет соотношением:

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{S_c} - \frac{1}{S_{ю}} \quad (2) \quad (2 \text{ балла})$$

В формуле (2), на основании формулы (1), можем заменить синодические периоды на сидерические:

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{T_{ю}} - \frac{1}{T_c} \quad (2 \text{ балла})$$

$$\frac{1}{P} = \frac{1}{11,862} - \frac{1}{29,458}$$

$$P \approx 19,86 \text{ лет} \quad (2 \text{ балла})$$

**Максимальный балл- 8 баллов**