

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по
астрономии**

2025-2026 уч. год

10 класс

Возможные решения

1. Пусть вдоль экватора Земли проложена железная дорога. Два поезда выехали с одинаковой скоростью на запад и восток из пункта А в момент захода Солнца. Пассажиры какого из поездов раньше встретят рассвет?

Решение.

Солнце восходит на востоке, а заходит на западе. Граница дня и ночи (“терминатор”) непрерывно перемещается с востока на запад (за указание этого факта – 4 балла). Поезд, направляющийся на восток, движется навстречу терминатору, поэтому для него восход наступит раньше (4 балла).

Максимум за задачу – 8 баллов.

2. Комета Галлея обращается вокруг Солнца за 76 лет, а планета Нептун за 165 лет. Кто из них более удален от Солнца в точке афелия своей орбиты?

Решение.

Орбита кометы сильно вытянута, поэтому в афелии она находится на расстоянии около a_k от Солнца, а планета на расстоянии a_n (а - большая полуось орбиты). (2 балла) Значит отношение расстояний в афелии, найдём из Третьего закона Кеплера:

$$\frac{2a_k}{a_n} = 2 \left(\frac{T_k}{T_n} \right)^{2/3} = 2 \left(\frac{76}{165} \right)^{2/3} = 1,2 \text{ (4 балла)}$$

Комета Галлея в афелии удаляется за орбиту Нептуна. (2 балла)

Максимум за задачу – 8 баллов.

3. Спектральные наблюдения показывают, что лучевая скорость Регула (α Льва) относительно Земли изменяется от $V_1 = -27$ км/с до $V_2 = 33$ км/с с периодом в один год (знак минус у лучевой скорости означает приближение). Учитывая, что эта звезда находится на эклиптике, и что расстояние от Земли до Солнца составляет $1,5 \cdot 10^{11}$ м, вычислить постоянную тяготения. Орбиту считать круговой, а массой Земли по сравнению с массой Солнца ($M_C = 2 \cdot 10^{30}$ кг) пренебречь.

Решение.

Очевидно, что указанное изменение лучевой скорости есть следствие орбитального движения Земли. Если звезда движется по отношению к Солнцу с лучевой скоростью V_r , а скорость движения Земли по орбите V , то при приближении Земли к звезде их относительная скорость будет

$$V_1 = V_r - V$$

А через полгода Земля уже удаляется от звезды и скорость составит

$$V_2 = V_r + V$$

Отсюда получим

$$V = \frac{V_2 - V_1}{2}$$

Значит орбитальная скорость Земли $V = (33 - (-27))/2 = 30$ км/с. (4 балла)

Для кругового движения Земли вокруг Солнца ее центростремительное ускорение равно гравитационному:

$$\frac{V^2}{a} = \frac{GM_C}{a^2}$$

Отсюда постоянная тяготения

$$G = \frac{aV^2}{M_C} = 6,7 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2} \quad (4 \text{ балла})$$

Максимум за задачу – 8 баллов.

4. Каковы угловой диаметр и звездная величина Солнца для наблюдателя на Плуtone и во сколько раз освещение этой планеты Солнцем отличается от освещения Земли полной Луной? Исходные данные: угловой диаметр Солнца для наблюдателя на Земле 32', расстояние Плутона от Солнца 40 а.е., видимая звездная величина Солнца $m_C = -26,7$ и Луны $m_L = -12,6$.

Решение.

Ввиду малости углов угловой диаметр Солнца определим как $32'/40 = 48''$. Диск Солнца не будет различим невооруженным глазом. Пусть E_C - освещенность, создаваемая Солнцем на Земле, и E_{PL} - освещенность, создаваемая Солнцем на Плуtone, тогда $E_C / E_{PL} = 40^2 = 1600$. (2 балла)

С другой стороны,

$$\frac{E_C}{E_{PL}} = 2,512^{(m_{pl}-m_C)}$$

где m_{pl} - звездная величина Солнца, наблюдаемого с Плутона. Тогда для m_{pl} имеем уравнение:

$$2,512^{(m_{pl}+26,7)} = 1600$$

Отсюда, логарифмируя, получаем $m_{pl} = -18,6$. (4 балла)

Разность блеска Солнца на Плуtone и полной Луны на Земле составляет

$$m_C - m_{PL} = 6 \text{ звездных величин}$$

Значит разность освещенностей составит $2,512^6 \sim 250$ раз в пользу Солнца на Плуtone. Значит Солнце освещает поверхность Плутона как 250 полных Лун освещают поверхность Земли. (2 балла)

Максимум за задачу – 8 баллов.

5. Оцените с точки зрения астрономии куплет из песни Ю.Кима:

А на Луне, на Луне на голубом валуне

Лунные люди смотрят, глаз не сводят,

Как над Луной, над Луной шар голубой, шар земной

Очень красиво всходит и заходит.

Решение.

Поскольку Луна всегда обращена к Земле одной стороной, то на большей части ее видимого полушария Земля видна постоянно и никогда не заходит (а на обратной стороне Луны – не восходит). (2 балла) Однако в узкой области вдоль границы видимой и обратной стороны Луны Земля испытывает восходы и заходы из-за небольших покачиваний (либраций) Луны относительно направления на Землю, связанных с некруговой формой лунной орбиты и наклоном ее оси вращения к орбитальной плоскости. (2 балла) Поэтому строки Юлия Кима верны только для наблюдателей, находящихся в этой узкой области лунного шара. (4 балла)

Максимум за задачу – 8 баллов.

6. Как далеко должны быть расположены на Земле два места с тем, чтобы в любой день года в любой час Солнце хотя бы в одном из них было над горизонтом или на горизонте? Каковы координаты второй точки, если первая — Новокузнецк ($53^{\circ}45'$ с.ш., $87^{\circ}10'$ в.д.)?

Решение.

$$\varphi_1 = 53^{\circ}45', \lambda_1 = 87^{\circ}10'. \varphi_2 = ? \lambda_2 = ?$$

1. Солнце всегда освещает половину Земли. На этой, освещенной, половине Солнце в любой точке находится над горизонтом. А на линии — большой окружности, разделяющей освещенную и неосвещенную части, Солнце находится на горизонте. Таким образом, точки с заданными свойствами лежат на концах любого диаметра Земли. (4 балла)

$$2. \varphi_2 = -\varphi_1 = -53^{\circ}45' \text{ (с.ш.)} = 53^{\circ}45' \text{ (ю.ш.)} \quad (2 \text{ балла})$$

$$\lambda_2 = \lambda_1 + 180^{\circ} = 87^{\circ}10' + 180^{\circ} = 267^{\circ}10' \text{ (в.д.)} = 360^{\circ} - 267^{\circ}10' = 92^{\circ}50' \text{ (з.д.)} \quad (2 \text{ балла})$$

Максимум за задачу – 8 баллов

7. Существует предположение, что периодичность активности Солнца связана с приливным воздействием на него планет. Наибольшее приливное влияние Солнце испытывает со стороны Юпитера и Венеры. Определите, через какой промежуток времени на солнечной поверхности повторяются приливы максимальной высоты. Близок ли этот промежуток времени к продолжительности цикла солнечной активности? (орбитальный период Венеры 0,62 года, орбитальный период Юпитера 11,86 года)

Решение.

Учитывая, что приливное влияние планеты возбуждает на Солнце два диаметрально противоположных "горба", можно заключить, что максимальная высота приливов бывает в те моменты, когда обе планеты и Солнце располагаются на одной прямой (тогда "горбы" складываются друг с другом). Период (Т) между этими моментами есть время между противостоянием и соединением Венеры и Юпитера. (2 балла) Найдем его, используя уравнение синодического движения:

$$\frac{1}{2T} = \frac{1}{T_B} - \frac{1}{T_{Ю}}$$

где T_B - орбитальный период Венеры (0,62 года) и $T_{Ю}$ - орбитальный период Юпитера (11,86 года). (2 балла) Тогда $T = 0,33$ земного года или 4 земных месяца. (2 балла) Ясно, что 11-летний и (более фундаментальный) 22-летний циклы солнечной активности нельзя объяснить приливным влиянием планет на Солнце. (2 балла)

Максимум за задачу – 8 баллов

8. Как расположены относительно горизонта точки весеннего и осеннего равноденствий во время кульминаций полюсов эклиптики?

Решение.

Северный полюс эклиптики имеет экваториальные координаты $\alpha=18^h$, $\delta=+66.5^\circ$, координаты южного полюса эклиптики: $\alpha=6^h$, $\delta=-66.5^\circ$. Во время

верхней кульминации северного полюса эклиптики и нижней кульминации южного полюса эклиптики звездное время составляет 18 часов. Точка весеннего равноденствия, имеющая координаты $\alpha=0^h$, $\delta=0^\circ$, в этот момент восходит в точке востока, а точка осеннего равноденствия, имеющая координаты $\alpha=12^h$, $\delta=0^\circ$, заходит в точке запада. (2 балла) Во время верхней кульминации южного полюса эклиптики и нижней кульминации северного полюса эклиптики звездное время составляет 6 часов, точка весеннего равноденствия совпадает с точкой запада, точка осеннего равноденствия – с точкой востока. (2 балла) Эти выводы в равной степени относятся ко всем широтам на Земле, кроме точек полюсов, где понятия кульминации, звездного времени и точек запада и востока теряют смысл, из чего вытекает, что синодический период планеты А при наблюдении с планеты В составляет $S/2$. (4 балла)

Максимум за задачу – 8 баллов