

Всероссийская олимпиада по астрономии

2017/2018 учебный год

Муниципальный этап

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

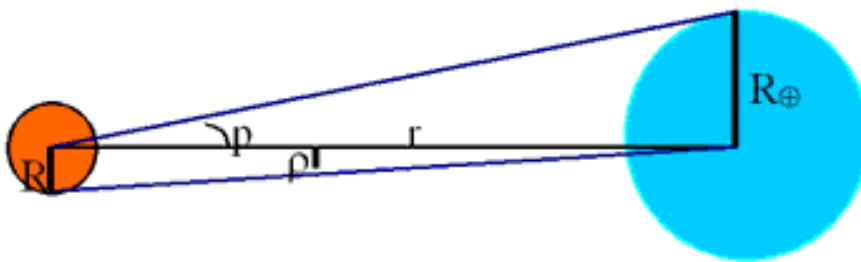
9 класс

1. Один из первых каталогов звезд – Альмагест (вероятно, как и первый, о котором сохранились сведения – каталог Гиппарха) создан при использовании эклиптической системы координат, в которой основной плоскостью является плоскость эклиптики. Почему исторически эта система была удобнее для использования, чем экваториальная, в которой, в основном, работают современные астрономы?

Решение: см. задачу 1 для 7-8 класса.

2. Какие видимые размеры имеет Солнце при наблюдениях с Сатурна? Правда ли, что с Сатурна Солнце выглядит просто яркой звездой? Разрешающая способность человеческого глаза около 1'. Необходимые параметры указаны в справочных данных.

Решение: Иллюстрацией к решению задачи является прямоугольный треугольник, в котором угол ρ - угловой радиус Солнца, а противолежащий ему катет R – линейный радиус Солнца. Решаем по формуле, связывающей линейный и угловой радиусы объекта Солнечной системы через расстояние до него (фактически через определение параллакса) (4 балла):



$$R = r \cdot \sin \rho,$$

$$R = \frac{\rho}{p} R_{\oplus};$$

$$R = \frac{\rho''}{206265''} \cdot r.$$

Таким образом, $\rho = 206265 R/r = 206265 \cdot 6.96 \cdot 10^5 / (9.5 \cdot 1.496 \cdot 10^8) = 101'' = 1.7'$

Ответ: $\rho = 1.7'$. Солнце с Сатурна будет наблюдаться в виде небольшого диска.

(2 балла вычисления, 2 балла сравнение с разрешающей способностью глаза и вывод).

2-й вариант решения: Видимый размер Солнца с Земли 30', а большая полуось орбиты Сатурна равна 9.5 а.е. То есть Сатурн в среднем находится в 9.5 раз дальше от Солнца и угол под которым мы видим Солнце тоже будет в 9.5 раз меньше. Видимый угловой размер Солнца с Сатурна будет $30'/9.5 = 3.15'$, что вполне различимо глазом.

Оценка 8 баллов ставится за любой верный и полный вариант решения.

1. Спутник Земли выведен на эллиптическую орбиту эксцентриситетом 0.5 и с высотой перигея 1000 км. Вычислите период его обращения.

Решение: Высота перигея равна 1000 км, радиус Земли 6370 км (требуется знать хотя бы приблизительно (3 балла)), перигейное расстояние 16370 км. Большая полуось орбиты $a = 16370 \text{ км} * 2 = 32740 \text{ км}$ (2 балла). По третьему закону Кеплера, пренебрегая массой спутника получим:

$$T = ((a^3 \cdot 4\pi^2) / G \cdot M_{\text{З}})^{1/2} = 16.4 \text{ часа (3 балла закон Кеплера и вычисления)}.$$

Примечание: за вычисления в общем виде, без указания численного значения радиуса Земли, ставится до 6 баллов.

2. Нижнее соединение Венеры произошло 25 марта 2017г. Определите момент ее верхнего соединения. Насколько дольше будет идти радиосигнал от Земли к Венере при изменении ее положения (от нижнего до верхнего соединения)? Все выкладки пояснить рисунком. Необходимые параметры указаны в справочных данных.

Решение. Сидерический период $T_s = (a^3)^{0.5}$; $T_s = 0.61 \text{ г}$ (2 балла)

Согласно синодическому уравнению $1/s = 1/T_B - 1/T_3$ и $S = 1.56 \text{ г}$ (2 балла)

В верхнем соединении планета окажется через $0.5 S = 0.78 \text{ г} = 285 \text{ дн}$. То есть через 9.5 месяцев. Приблизительно это будет 10 (11) января 2018г. (2 балла)

Расстояние до Венеры к этому моменту увеличится на $l = 2 * 0.72 = 1.44 \text{ а.е.}$, следовательно, радиосигнал будет идти от Земли к Венере дольше на $l/c = 720 \text{ с} = 12 \text{ минут}$ (2 балла при наличии рисунка).

3. Вычислите максимальную высоту Солнца над горизонтом в Казани в день проведения олимпиады (20 ноября склонение Солнца $\delta = -19^\circ 44'$).

Решение: см. задачу 5 для 7-8 класса.

4. Блеск Солнца $m_1 = -26.6^m$, а блеск ярчайшей звезды неба (Сириуса) $m_2 = -1.6^m$. Как далеко надо удалиться от Земли, чтобы Солнце стало сравнимо по яркости с ярчайшими звездами?

Решение: Солнце должно стать на $-1.6 - (-26.6) = 25^m$, т.е. в 10^{10} раз менее ярким (каждые 100 раз перепада яркости дают 5^m разницы звездных величин) (4 балла), т.е. удалиться от него надо (согласно закону обратных квадратов) в $(10^{10})^{1/2} = (10^5)$ раз дальше, чем мы сейчас, т.е. на 10^5 а.е. (4 балла).

10 класс

1. На какой наибольшей высоте над горизонтом может находиться полная Луна для наблюдателя на земном экваторе? В какое время суток (с точностью до часа) это возможно и почему?

Решение: На экваторе верхнюю кульминацию в зените (т.е. вообще на максимально возможной высоте $h=90^\circ$) проходят объекты с $\delta=0$, что вполне возможно и для Луны. (**ответ – на высоте 90° или в зените – 4 балла с аргументацией**). При этом учтя, что Луна полная, разность эклиптических долгот Луны и Солнца составляет 180° (**2 балла**) и в момент верхней кульминации Луны Солнце находится в нижней. Это соответствует моменту местной полночи. (**2 балла, причем должно присутствовать определение «местной» или «местной истинной» полночи, без этого 1 балл**).

2. 6 сентября 2017 г. в 12 ч по всемирному времени на Солнце произошла вспышка, в результате которой, а 8 сентября в полночь по московскому времени началась вызванная ею очень сильная магнитная буря. Вычислите, с какой скоростью двигалось в сторону Земли вещество, выброшенное с поверхности Солнца. Движение вещества считать прямолинейным и равномерным.

Решение: $t_1 = 12$ ч UT 6 сентября, $t_2 = 0$ ч по Москве 8 сентября = 21 ч UT 7 сентября (**4 балла**). Поэтому $\Delta t = t_2 - t_1 = 33$ ч = 118800 сек (**2 балла**). Зная $1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^8$ км, получим скорость потока от вспышки: $v = r/\Delta t = 1259$ км/сек (**2 балла**).

3. Спутник Земли выведен на эллиптическую орбиту эксцентриситетом 0.5 и с высотой перигея 1000 км. Вычислите период его обращения.

Решение: см. задачу 3 для 9 класса.

4. Нижнее соединение Венеры произошло 25 марта 2017г. Определите момент ее верхнего соединения. Насколько дольше будет идти радиосигнал от Земли к Венере при изменении ее положения (от нижнего до верхнего соединения)? Все выкладки пояснить рисунком.

Решение: см. задачу 4 для 9 класса.

5. Вычислите максимальную высоту Солнца над горизонтом в Казани в день проведения олимпиады (20 ноября склонение Солнца $\delta = -19^\circ 44'$).

Решение: см. задачу 5 для 7-8 класса.

6. Блеск Солнца $m_1 = -26.6^m$, а блеск ярчайшей звезды неба (Сириуса) $m_2 = -1.6^m$. Как далеко надо удалиться от Земли, чтобы Солнце стало сравнимо по яркости с ярчайшими звездами? Будет ли эта точка находиться еще в Солнечной системе?

Решение: Солнце должно стать на $-1.6 - (-26.6) = 25^m$, т.е. в 10^{10} раз менее ярким (каждые 100 раз перепада яркости дают 5^m разницы звездных величин) (3 балла), т.е. удалиться от него надо (согласно закону обратных квадратов) в $(10^{10})^{1/2} = (10^5)$ раз дальше, чем мы сейчас, т.е. на 10^5 а.е. или примерно 0.5 пк (3 балла). Ответ на вопрос, будет ли еще эта точка лежать в СС, зависит от того, как определить ее границы. Если как область гелиопаузы (где давление магнитного поля Солнца сравнивается с магнитным давлением Галактики), расположенную на расстоянии около 130 а.е. от Солнца, то, безусловно, искомая точка находится далеко за пределами СС. Если же определять гравитационную границу СС (как области, где притяжение Солнца доминирует), то она находится на характерном расстоянии 0.3-0.5 пк от Солнца (вычисляется исходя из расстояния до ближайших звезд) и искомая в задаче точка находится вблизи этой границы вне ее. (За любое из указанных объяснений ставится 2 балла, если сказано, что точка примерно совпадает с границей СС по второму определению – также 2 балла).

11 класс

1. Звезда на расстоянии 8 пк показывает смещение линии водорода в спектре относительно лабораторной длины волны $\lambda_0 = 486.1$ нм на 0.1 нм в красную сторону. Найдите лучевую скорость звезды.

Решение: лучевая скорость – проекция пространственной скорости звезды на луч зрения, причем принято считать движение от наблюдателя положительным (3 балла).

Согласно эффекту Доплера (3 балла)

$$(\lambda_n - \lambda_0) / \lambda_0 = Vr/c, \text{ где } c - \text{ скорость света,}$$

$$\text{откуда } Vr = c \cdot (\lambda_n - \lambda_0) / \lambda_0 = 300000 \text{ км/с } (486.2 - 486.1) / 486.1 \approx 61.7 \text{ км/с.}$$

(вычисления и указание на движение звезды от наблюдателя – 2 балла).

2. 6 сентября 2017 г. в 12 ч по всемирному времени на Солнце произошла вспышка, в результате которой, а 8 сентября в полночь по московскому времени началась вызванная ею очень сильная магнитная буря. Вычислите, с какой скоростью двигалось в сторону Земли вещество, выброшенное с поверхности Солнца. Движение вещества считать прямолинейным и равномерным.

Решение: см. задачу 2 для 10 класса.

3. Спутник Земли выведен на эллиптическую орбиту эксцентриситетом 0.5 и с высотой в перигее 1000 км. Вычислите период его обращения.

Решение: см. задачу 3 для 9 класса.

4. Нижнее соединение Венеры произошло 25 марта 2017г. Определите момент ее верхнего соединения. Насколько дольше будет идти радиосигнал от Земли к Венере при изменении ее положения (от нижнего до верхнего соединения)? Все выкладки пояснить рисунком.

Решение: см. задачу 4 для 9 класса.

5. Сколько раз в год Солнце кульминирует в Казани на высоте 40° , в какие сезоны это происходит?

Решение: В Северном полушарии Солнце проходит верхнюю кульминацию к югу от зенита (2 балла за любой аргументированный выбор формулы $h_{\text{вк}}$ – например, что для указанного случая $\delta < \varphi$), поэтому верхней кульминации в Казани на высоте 40° соответствует склонение Солнца $\delta = h - 90 + \varphi$, $\delta = 40 - 90 + 55^\circ 47' = 05^\circ 47'$ (2 балла). Это возможно дважды в год (2 балла), примерно через две недели после весеннего равноденствия и за две недели до осеннего. Т.е. это примерно 7-9 апреля и 8-9 сентября (2 балла за указание сезонов – середина весны или точнее, начало осени или точнее).

6. Блеск Солнца $m_1 = -26.6^m$, а блеск ярчайшей звезды неба (Сириуса) $m_2 = -1.6^m$. Как далеко надо удалиться от Земли, чтобы Солнце стало сравнимо по яркости с ярчайшими звездами? Будет ли эта точка находиться еще в Солнечной системе?

Решение: см. задачу 6 для 10 класса.

Справочные данные:

Продолжительность тропического года $T = 365.2422$ суток; 1 а.е. = $1.496 \cdot 10^8$ км; большие полуоси орбит планет – 0.38, 0.72, 1, 1.52, 5.2, 9.5, 19.2, 30 а.е. для Меркурия, Венеры, Земли, Марса, Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна соответственно; наклонение земного экватора к плоскости эклиптики $\varepsilon = 23^\circ 26'$; угол наклоения плоскости орбиты Луны к эклиптике – $5^\circ 09'$; широта Казани – $55^\circ 47'$; угловой размер Солнца - $32'$, радиус Солнца – $6.96 \cdot 10^5$ км; угол рефракции в горизонте - $35'$.

Задания разработаны на кафедре астрономии и космической геодезии Казанского федерального университета, со всеми вопросами обращаться к Жучкову Роману Яковлевичу, e-mail: gilgalen@yandex.ru тел. +7 (843) 2927797