

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ**  
**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ**  
**2024–2025 УЧЕБНЫЙ ГОД**  
**ОТВЕТЫ**

<b>10 КЛАСС</b>	
№ задания	Максимальный балл
1.	10
2.	10
3.	10
4.	10
5.	10
Итого:	50 баллов

**ПОДРОБНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАНИЙ**

**10 класс**

*Общие указания:* за правильное понимание участником олимпиады сути предоставленного вопроса и выбор пути решения выставляется не менее 5–7 баллов. При отсутствии понимания ситуации и логической связанности решения оценка не может превышать 2–3 балла даже при формально правильном ответе. С другой стороны, арифметические ошибки, приводящие к неверному ответу, не должны быть основанием для снижения оценки более чем на 1–2 балла. Жюри вправе вводить собственные критерии оценивания работ, не противоречащие общим рекомендациям по проверке.

**1. Альтаир и Денеб**

*Задание*

Две известные звезды, входящие в астеризм «Летне-осенний треугольник», имеют следующие характеристики: Альтаир – видимая звездная величина  $m = +0,93^m$ , абсолютная звездная величина  $M = +2,21^m$ ; Денеб –  $m = +1,33^m$  и  $M = -6,93^m$ , соответственно. К каким созвездиям относятся эти звезды? Какая из них дальше от нас и почему?

*Решение*

Это две главные звезды (альфы) созвездий Орла и Лебеда (Альтаир =  $\alpha$  Орла, Денеб =  $\alpha$  Лебеда).

Видимые звездные величины этих звезд примерно одинаковые (около первой звездной величины), но их абсолютные звездные величины (видимый блеск, пересчитанный на стандартное расстояние в 10 парсек), характеризующие их светимости (полные энергии, излучаемые в единицу времени), существенно разные. У Денеба абсолютная звездная величина отрицательная, поэтому мощность его излучения намного больше, чем у Альтаира, имеющего положительную абсолютную звездную величину. И если на небе мы видим их примерно одинакового блеска, то Денеб находится намного дальше Альтаира.

*Примечание:* знание того, что абсолютная звездная величина  $M$  – это видимый блеск звезды, пересчитанный на стандартное расстояние в 10 парсек, позволяет сразу же определить, что Альтаир находится даже ближе, чем 10 парсек, а Денеб – гораздо дальше. Прямое вычисление расстояний по формуле  $M = m + 5 - 5 \lg r$  тоже возможно, но качественное понимание в данном случае более важно (экономит время).

*Ответ:* это «главные» звезды созвездий Орла и Лебеда (Альтаир =  $\alpha$  Орла, Денеб =  $\alpha$  Лебеда). Дальше от нас Денеб.

*Критерии оценивания*

Правильное указание созвездий Орла и Лебеда – по 2 балла за каждое.

Знание понятия «абсолютная звездная величина» – 2 балла.

Обоснование того, что светимость Денеба во много раз больше светимости Альтаира, основанное на сравнении их абсолютных звездных величин – 2 балла.

Правильный вывод о том, что гораздо более «мощная» звезда с Земли видна примерно такого же блеска, как более слабая, именно потому, что она находится намного дальше – 2 балла.

*Примечание:* в случае использования участником в этой части решения формулы, связывающей абсолютную звездную величину с видимой звездной величиной и расстоянием, верные вычисления и вывод, что Денеб находится намного дальше Альтаира, оцениваются как предыдущие два критерия в сумме, т.е. в 4 балла.

## 2. Взойдет или не взойдет?

### Задание

Любитель астрономии в Красноярске (географическая широта  $\varphi = +56^\circ$  с.ш., географическая долгота  $\lambda = 93^\circ$  в.д.) наблюдает восход звезды с экваториальными координатами: прямое восхождение  $\alpha = 21$  ч 25 мин, склонение  $\delta = +10^\circ$  в 21 час 25 минут по местному времени. Сможет ли он увидеть в эту же ночь звезду с координатами  $\alpha = 23$  ч 25 мин,  $\delta = -40^\circ$ ? Почему?

### Решение

По определению системы экваториальных координат на широте  $\varphi = +56^\circ$  в зените (высота  $90^\circ$ ) видны звезды с таким же склонением  $\delta = +56^\circ$  ( $\delta = \varphi$ ). А это значит, что на горизонте из Красноярска можно увидеть звезды только до склонения  $56^\circ - 90^\circ = -34^\circ$ .

По условию задачи склонение второй звезды  $\delta = -40^\circ$ , поэтому она является невосходящей для Красноярска и увидеть ее в Красноярске невозможно никогда.

Географическая долгота и прямое восхождение для решения этой задачи не требуется.

*Примечание:* участники могут, используя формулу для высоты светила в кульминации, вывести условие для невосходящих светил. Для того, чтобы звезда была невосходящей, ее склонение должно быть таким, чтобы высота звезды в момент верхней кульминации была меньше нуля. Так как высота светила в верхней кульминации равна:

$$h_{max} = \delta + (90^\circ - \varphi), \text{ то } \delta + (90^\circ - \varphi) < 0 \text{ или } \delta < -(90^\circ - \varphi) < -(90^\circ - 56^\circ) < -34^\circ.$$

Также участники могут вычислить высоту звезды в верхней кульминации, которая будет отрицательная, и из этого сделать вывод, что она не видна в Красноярске (см. решение задания 2 в 7–8 или 9 классах).

*Ответ:* нет, так как вторая звезда является невосходящей для Красноярска.

### Критерии оценивания

Вывод условия невосходящих светил (путем общих рассуждений, как показано в первой части решения, или используя формулу для высоты светила в верхней кульминации) или использование готовой формулы или вычисление отрицательной высоты звезды в верхней кульминации – до 8 баллов.

Окончательный верный вывод – 2 балла.

## 3. НЛО или метеозонд?

### Задание

Один школьник утверждал, что видел в небе прямо над головой шарообразный НЛО с угловым диаметром вдвое меньше лунного, который двигался, смещаясь каждую секунду на свой видимый диаметр. Учитель, которому он рассказал про НЛО, предположил, что этот объект являлся сферическим метеозондом, который на больших высотах может раздуваться до 50 метров. Определите, на какой тогда высоте находился этот зонд и с какой скоростью он двигался. Как называется точка на небесной сфере, вблизи которой школьник заметил объект?

### Решение

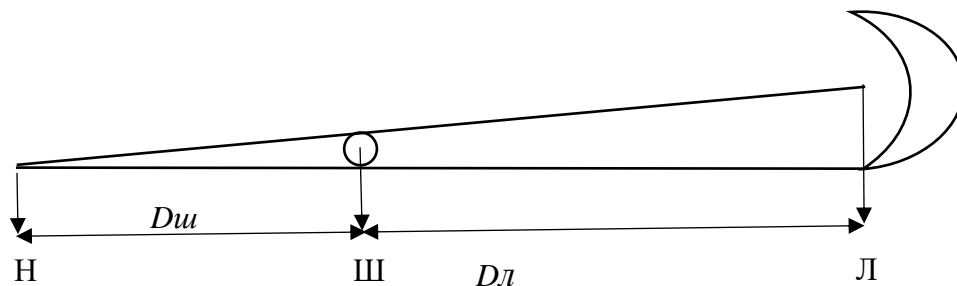


Рис. 1.

На Рис. 1 схематически обозначены наблюдатель (Н), шар (Ш) и Луна (Л) без соблюдения масштабов. Получившиеся треугольники подобные. Очевидно, что размер шара  $d_{ш}$  во столько же раз меньше

размера (радиуса) Луны  $R_l$ , во сколько расстояние от наблюдателя до шара  $D_{ш}$  меньше расстояния до Луны  $D_l$ . Запишем это в виде:  $d_{ш}/R_l = D_{ш}/D_l$ . Откуда расстояние до шара  $D_{ш} = d_{ш}/R_l \cdot D_l$ .

Расстояние и размеры Луны можно взять из выданных с заданием, разрешенных к использованию, справочных данных (Приложение 1 к заданиям):  $D_l = 384400$  км и  $R_l = 1738$  км. Получим  $D_{ш} = 0,05$  км /  $1738$  км  $\cdot$   $384400$  км  $\approx 11$  км. Это достаточно высоко (выше, чем летают большинство самолетов), так что шар действительно мог раздуться на такой высоте до размеров около 50 метров. А раз он ежесекундно смещался на свой видимый диаметр, то его скорость была около 50 м/с. Это есть скорость ветра на этих высотах, за счет которого двигался зонд (величина тоже вполне реалистичная, т.к. даже вблизи поверхности Земли наблюдаются ветры 30 м/с и более). Таким образом, можно утверждать, что это, действительно, был научный метеозонд, а не НЛО.

И, последнее, точка небесной сферы, которая находится «прямо над головой» называется зенит.

*Примечание:* зная угловой размер Луны, равный примерно  $0,5^\circ$ , участники также могут решить эту задачу тригонометрическим способом.

*Ответ:* метеозонд находился на высоте около 11 км и двигался он за счет ветра со скоростью около 50 м/с; название точки – зенит.

*Критерии оценивания*

Использование подобных треугольников или тригонометрических выражений для решения задачи – 4 балла.

Верное вычисление высоты метеозонда – 2 балла.

Верное вычисление скорости метеозонда – 2 балла.

Указание верного названия точки небесной сферы – 2 балла.

#### 4. Пропущенные радиоимпульсы

*Задание*

Далекий точечный радиоисточник расположен на эклиптике и излучает 100 импульсов в секунду. Причем в своей узкой полосе излучения его сигнал превосходит по мощности аналогичное излучение Солнца. Оцените сколько радиоимпульсов этого источника будет пропущено при его наблюдениях с Земли в течение года, если видимый диаметр Солнца составляет  $30'$ ? С чем может быть связана основная неточность этой оценки?

*Решение*

Поскольку радиосигнал источника превосходит радиоизлучение Солнца, то мы можем наблюдать его весь год, за исключением времени, когда он находится за солнечным диском и не виден ни в каких диапазонах электромагнитных волн.

За год (звездный, равный 365,26 суток) Земля совершает полный оборот вокруг Солнца, т.е. видимое положение Солнца на небесной сфере смещается на  $360^\circ$ . Из этого можно получить среднесуточное смещение центра солнечного диска по небесной сфере:  $360^\circ/365,26$  сут  $= 0,986^\circ/\text{сут} \approx 59'/\text{сут}$ . Тогда смещение на полный видимый диаметр диска Солнца произойдет за  $30'/59' \cdot (24 \text{ ч} \cdot 60 \text{ мин} / 1 \text{ ч}) \approx 730$  мин. При частоте источника 100 импульсов в секунду или 6000 импульсов в минуту получаем, что будет пропущено  $730 \text{ мин} \cdot 6000 \text{ имп./мин} = 4\,380$  млн имп.  $\approx 4$  миллиона импульсов.

Основной погрешностью при получении данного значения будет то, что использовалась средняя скорость перемещения Солнца по эклиптике. На самом деле она немного меняется за счет эллиптичности орбиты Земли (максимальна в перигелии и минимальна в афелии).

*Примечание:* за точное значение календарного года принимается значение тропического года, равное 365,24 суток (эту величину, а также продолжительность звездного года, можно взять из Приложения 1 к заданиям). Звездный год на 20 мин 24 с больше, чем тропический из-за медленного движения точки весеннего равноденствия навстречу Солнцу, вызванного прецессией земной оси, однако эта погрешность значительно меньше, чем основная погрешность.

*Ответ:* будет пропущено более 4 миллионов радиоимпульсов. Основная неточность оценки связана с использованием средней скорости перемещения Солнца по эклиптике (она меняется вследствие эллиптичности земной орбиты).

*Критерии оценивания*

Вывод о том, что источник можно наблюдать круглый год, за исключением времени покрытия его Солнцем – 2 балла.

Верное вычисление средней скорости перемещения Солнца по эклиптике (или знание ее значения) – 2 балла.

Верное вычисление времени смещения солнечного диска на его полный видимый диаметр – 2 балла.

Верное вычисление количества пропущенных импульсов – 2 балла.

Правильное определение основной погрешности – 2 балла.

## 5. Раз в три года

### Задание

С каким периодом должна обращаться по круговой орбите вокруг Солнца планета, чтобы ее последовательные конфигурации с Землей происходили каждые 3 года? На каком среднем расстоянии от Солнца будет находиться планета, противостояния которой происходят раз в 3 года?

### Решение

Промежуток времени между двумя последовательными повторяющимися конфигурациями планеты в астрономии называют синодическим периодом  $S$ . Если одна из планет, с периодом обращения относительно звезд  $T_1$ , движется быстрее (с большей угловой скоростью), то через время  $S$  она обгонит вторую, с периодом обращения относительно звезд  $T_2$ , ровно на полный оборот ( $360^\circ$ ):

$$\left( \frac{360^\circ}{T_1} - \frac{360^\circ}{T_2} \right) \cdot S = 360^\circ, \text{ или } \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} = \frac{1}{S}.$$

Обозначим сидерический период обращения Земли (звездный год) как  $T_\oplus$ . Предположим, что искомая планета внешняя (ее орбита расположена за земной) и движется медленнее Земли, совершая полный оборот за время  $T$  (ее звездный или сидерический период). Тогда  $\frac{1}{T_\oplus} - \frac{1}{T} = \frac{1}{S}$  или  $\frac{1}{T} = \frac{1}{T_\oplus} - \frac{1}{S}$ . Выразив сидерический период планеты, получим:  $T = \frac{S \cdot T_\oplus}{S - T_\oplus} = \frac{3 \cdot 1}{3 - 1} = \frac{3}{2}$  или 1,5 года.

Для внутренней планеты (ее орбита расположена внутри земной):  $\frac{1}{T} - \frac{1}{T_\oplus} = \frac{1}{S}$  или  $\frac{1}{T} = \frac{1}{S} + \frac{1}{T_\oplus}$ . Тогда  $T = \frac{S \cdot T_\oplus}{S + T_\oplus} = \frac{3 \cdot 1}{3 + 1} = \frac{3}{4}$  или 0,75 года.

Итак, таких планет с повторяющимися конфигурациями может быть две: с сидерическими периодами 0,75 и 1,5 года. Но в противостояниях может быть видна только внешняя, т.е. та, у которой период  $T = 1,5$  года.

Теперь найдем ее расстояние от Солнца из упрощенного III закона Кеплера  $T^2 = a^3$ , где  $T$  – звездный период обращения в годах, и  $a$  – большая полуось (радиус) орбиты планеты в а.е. Откуда  $a = \sqrt[3]{T^2} = \sqrt[3]{1,5^2} = 1,31$  а.е.

*Ответ:* таких планет может быть две: с сидерическими (звездными) периодами обращения 0,75 и 1,5 года, но противостояния будут наблюдаться только у второй, при этом ее среднее расстояние от Солнца составляет 1,31 а.е.

### Критерии оценивания

Верное определение звездного периода для внешней планеты – 2 балла.

Верное определение звездного периода для внутренней планеты – 2 балла.

Приведение к общему знаменателю при вычислении звездных периодов – 2 балла.

Выбор внешней планеты для вычисления среднего расстояния с объяснением – 2 балла.

Верное вычисление среднего расстояния внешней планеты от Солнца – 2 балла.

### Задания подготовили:

председатель предметно-методической комиссии регионального этапа всероссийской олимпиады школьников в Красноярском крае по астрономии, кандидат технических наук, доцент С.В. Бутаков;

председатель жюри регионального этапа всероссийской олимпиады школьников в Красноярском крае по астрономии, член Российской Ассоциации учителей астрономии, заслуженный педагог Красноярского края **С.Е. Гурьянов**.

С замечаниями, пожеланиями, предложениями и вопросами можно обращаться по адресу: [butakov@kspu.ru](mailto:butakov@kspu.ru) или по тел. 8-904-897-97-60.