

**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии**

9 класс, 2020/2021 учебный год  
Длительность 3 часа. Максимум 48 баллов.



**1. Лунный свет (8 баллов).**

В какой четверти Луна лучше освещает Землю – в первой или третьей и почему?

**Решение:**

Правая часть видимой нам поверхности Луны, где меньше морей (4 балла), отражает свет лучше, чем левая – это видно с первого взгляда. Поэтому в первой четверти, когда освещена правая часть Луны (4 балла), она освещает Землю лучше, чем в третьей.

**2. Сутки на Меркурии (8 баллов).**

Год на Меркурии длится 88 земных суток, а период обращения вокруг своей оси составляет 58,7 суток (направления вращения совпадают). Найдите продолжительность солнечных суток на Меркурии.

**Решение:**

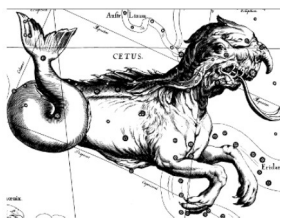
Поскольку направления вращения совпадают, число суток (с продолжительностью  $S$ ) в году  $T_0$  ровно на 1 меньше, чем число оборотов планеты вокруг своей оси (период  $T$ ), т.е.  $T_0 / S = T_0 / T - 1$  (4 балла). Отсюда  $S = T_0 T / (T_0 - T) = 176$  суток (3 балла). Заметим, что это в точности два периода обращения Меркурия вокруг Солнца и три – вокруг своей оси (1 балл).

**3. Центр масс Солнечной системы (8 баллов).**

Определите, внутри или вне Солнца находится центр масс Солнечной системы, пренебрегая массами всех планет, кроме Юпитера. Масса Солнца в 1050 раз больше массы Юпитера. Диаметр Солнца в 108 раз меньше расстояния от Земли до Солнца, а расстояние от Юпитера до Солнца составляет 5,2 а.е.

**Решение:**

Если мы пренебрегаем всеми планетами, кроме Юпитера, то центр масс Солнечной системы – это центр масс системы Юпитер-Солнце (2 балла), который находится от



**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии**

9 класс, 2020/2021 учебный год  
Длительность 3 часа. Максимум 48 баллов.



центра Солнца на расстоянии  $L = ml / (M + m)$  (2 балла)  $= 4,95 \cdot 10^{-3}$  а.е.  $= 740000$  км (2 балла). Радиус Солнца составляет чуть меньше 700000 км (1 балл). Поэтому, в рамках сделанных в условии допущений, центр масс Солнечной системы находится вне Солнца (1 балл), хотя и близко к его поверхности.

#### 4. Аль-Бируни (8 баллов)

Средневековый персидский мыслитель Абу Райхан Бируни в конце X века смог рассчитать скорость суточного вращения поверхности Земли на экваторе (как – не будем раскрывать его секретов в этой задаче). Результат у него получился не в современных единицах, а 3778 локтей за 4 секунды часа. Зная, что длина локтя равна 49,43 см, определите, на сколько результат Аль-Бируни отличается от современных данных. Все необходимые для решения константы можно найти в справочных материалах.

#### Решение:

Для начала необходимо перевести результат Аль-Бируни в современные единицы измерения:

$$\frac{3778 \cdot 49,43}{4} \left( \frac{\text{см}}{\text{с}} \right) \approx 46687 \text{ (см/с)} \approx 466,9 \text{ (м/с)}. \quad (2 \text{ балла})$$

Земля делает один оборот вокруг своей оси за 23 часа 56 минут 04 секунды (см. справочные данные). Это  $T = 86164$  секунды.

Экваториальный радиус Земли 6378,14 км, поэтому длина земного экватора:

$$L = 2\pi R \quad (2 \text{ балла})$$

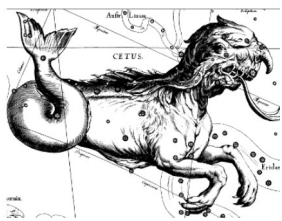
$$L \approx 40054,72 \text{ км.}$$

Тогда скорость суточного вращения точки на экваторе равна:

$$v = L/T \quad (2 \text{ балла})$$

$$v \approx 0,4649 \text{ км/с} = 464,9 \text{ м/с.}$$

Отличие значения персидского мыслителя от современного результата совсем невелико, всего 2 м/с. (2 балла)



Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии

9 класс, 2020/2021 учебный год  
Длительность 3 часа. Максимум 48 баллов.



Весьма точный расчет для X века!

*Примечание: участник может решать задачу в общем виде, не проводя промежуточных вычислений. Поэтому указанные выше баллы ставятся именно за верные формулы, а не за полученные численные результаты для  $L$  и  $v$ . Если участник не пользуется справочными данными и принимает период осевого вращения земли равным 24 часа, а радиус Земли равным 6400 км, но в остальном его ход решения верен, то за задачу следует выставить 6 баллов из 8 возможных. Численный ответ при этом не будет отличаться существенным образом (1,7 м/с при точных вычислениях).*

**5. Земля как Луна. (8 баллов).** На какое расстояние нужно отдалиться от Земли, чтобы её видимый угловой размер стал равен размеру лунного диска на земном небе? Выразите ответ в километрах и в диаметрах Земли. Средний радиус Земли считать равным 6371 км.  
*Примечание: Для решения задачи Вам, возможно, понадобятся Справочные данные – попросите их у организаторов!*

**Решение:**

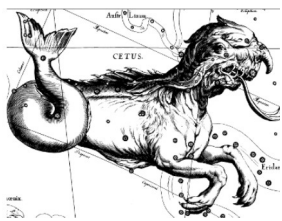
Если считать углы в задаче малыми, а это вполне уместное допущение, то угол, под которым наблюдается объект, обратно пропорционален расстоянию до него.

В справочных материалах необходимо найти радиус Луны и расстояние от Земли до Луны:

$$R_L = 1738 \text{ км}, L = 384\,400 \text{ км}.$$

Радиус Земли в  $6371/1738 = 3,67$  раза больше радиуса Луны, следовательно, угловой размер Земли будет равен лунному на расстоянии, в 3,67 раз большем расстояния от Земли до Луны, а это  $384\,400 \cdot 3,67 = 1,41$  млн км или  $1\,410\,000 / (2 \cdot 6371) \sim 111$  земных диаметров.

*За верное сравнение размеров Земли и Луны ставится 2 балла, 4 балла за правильное выражение итогового расстояния в км и ещё 2 балла ставится за правильный ответ, выраженный в диаметрах Земли. Если школьник перепутал радиус и диаметр, оценка снижается на 1 балл. Максимум за задачу 8 баллов.*



Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии

9 класс, 2020/2021 учебный год  
Длительность 3 часа. Максимум 48 баллов.

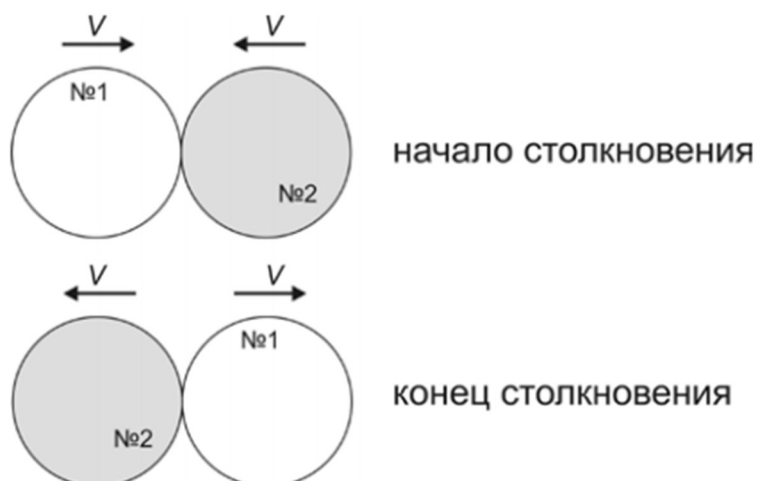


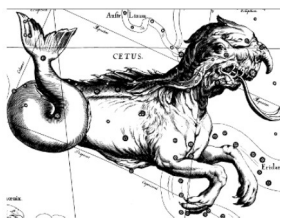
**6. Столкновение. (8 баллов).** Однажды в далекой-далекой галактике произошло редкое событие – два одинаковых шаровых звёздных скопления, движущихся вокруг центра этой галактики по одной орбите навстречу друг другу, столкнулись. Радиус каждого скопления  $R = 10$  световых лет, скорость движения по орбите каждого скопления в момент столкновения  $V = 300$  км/с, а столкновение центральное (т. е. центр одного скопления пройдёт через центр другого скопления). Определите, сколько лет будет длиться такое столкновение.

**Решение:**

Надо понимать, что звёздное скопление – это не сплошное тело: звёзды в нём расположены чрезвычайно редко (характерные расстояния между ними в миллионы раз превышают размеры звезды). Поэтому при столкновении скоплений столкновения звёзд наблюдаться не будут – скопления просто пройдут друг сквозь друга.

Решать задачу можно двумя способами. Можно поместить наблюдателя в центр одного из скоплений, а можно рассматривать ситуацию с точки зрения стороннего наблюдателя, например, расположенного в центре галактики. В первом случае скорость движения набегающего скопления относительно наблюдателя будет равна  $2V$ , а путь, который набегающее скопление должно пройти от начала до конца столкновения, будет равен  $4R$ . Во втором случае можно нарисовать рисунок, на котором изображено столкновение, как оно видно стороннему наблюдателю:





Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии

9 класс, 2020/2021 учебный год  
Длительность 3 часа. Максимум 48 баллов.



В этом случае видно, что скопление №2 от начала столкновения до его окончания проходит путь  $2R$ , двигаясь со скоростью  $V$  (аналогично для скопления №1). И в первом, и во втором случае длительность столкновения, конечно, получится одинаковой:  $T = 4R/2V = 2R/V$ . Получить из этой формулы численный ответ можно двумя способами – подставив все данные, выраженные в единицах СИ, либо, обратив внимание, что расстояние  $2R$  свет проходит за 20 лет, двигаясь со скоростью 300 тыс. км/с. Для второго пути сразу получается ответ, что при скорости движения в 300 км/с время, затраченное на пересечение диаметра скопления, будет в 1000 раз больше, т. е. 20000 лет.

Для первого способа выразим радиус скопления в единицах СИ:  $R = 10$  световых лет  $= 10 \cdot 300000 \text{ км/с} \cdot 1000 \cdot (3600 \cdot 24 \cdot 365,25 \text{ с}) \approx 9,47 \cdot 10^{16} \text{ м}$ . Тогда  $T = 2 \cdot 9,47 \cdot 10^{16} / 3 \cdot 10^5 = 6,31 \cdot 10^{11} \text{ с} \approx 20000 \text{ лет}$ .

**Ответ: 20000 лет**

*Критерии оценивания:*

*За верное понимание картины происходящего (т. е. того, как расположены скопления в начале и конце столкновения, и какой путь они должны пройти) +2 балла. Это может быть указано явно с подробным описанием, а может проявиться в верном использовании формул (т. е. использования величины  $V$  для пути  $2R$  или  $2V$  для пути  $4R$ ).*

*Верная запись выражения для длительности (явная запись или следующая из решения и ответа) оценивается в 3 балла.*

*Получение ответа в 20000 лет ( $\pm 500$ ) оценивается в 3 балла (при решении задачи с использованием единиц измерения времени, отличных от года, за верный ответ в этих единицах (например, в секундах –  $6,3 \cdot 10^{11} \text{ с}$ ) ставится +2 балла и за правильный перевод к годам ещё +1 балл).*

*Использование радиуса вместо диаметра (с ответом в 2 раза меньше требуемого) снижает оценку на 2 балла.*

*Максимум за задачу 8 баллов.*