

**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии**

8 класс, 2020/2021 учебный год

Длительность 2,5 часа.

Максимум 40 баллов.



### 1. В честь собаки (8 баллов)

Астероид Петрина (назван, между прочим, в честь собаки первооткрывателя) в афелии находится на расстоянии примерно 3,3 а.е. от Солнца. Сколько времени идет свет от Солнца до этого астероида? Все необходимые для решения константы можно найти в справочных материалах.

#### Решение:

Из справочных данных находим, что скорость света в вакууме  $v = 2,998 \cdot 10^8$  м/с, а 1 а.е. =  $1,496 \cdot 10^{11}$  м. (1 балл).

Переведем расстояние до астероида в метры:

$$L = 3,3 \text{ а.е.} = 3,3 \cdot 1,496 \cdot 10^{11} \approx 4,937 \cdot 10^{11} \text{ м. (3 балла).}$$

Тогда время движения:

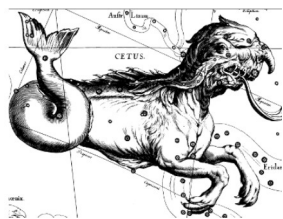
$$t = L/v = 1\,646,7 \text{ секунд} = 27,4 \text{ минуты (4 балла).}$$

**Примечание:** Ответ может быть дан в любых единицах - минуты, секунды или даже часы (в этом случае верный ответ примерно 0,46 часа). Верный ответ без объяснения оценивается в 1 балл.

### 2. 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:



Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии

8 класс, 2020/2021 учебный год

Длительность 2,5 часа.

Максимум 40 баллов.



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

$$\frac{3778 \cdot 49.43}{4} \left( \frac{\text{см}}{\text{с}} \right) \approx 46687 (\text{см/с}) \approx 466.9 (\text{м/с}).$$

(2 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:

$$L = 2\pi R \text{ (2 балла)}$$

$$L \approx 40054,72 \text{ км.}$$

Тогда скорость суточного вращения точки на экваторе равна:

$$v = L/T \text{ (2 балла)}$$

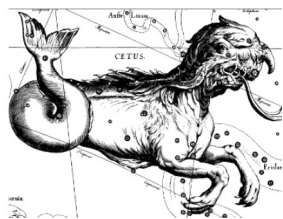
$$v \approx 0,4649 \text{ км/с} = 464,9 \text{ м/с.}$$

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

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).

**3. 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!



**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии**

8 класс, 2020/2021 учебный год

Длительность 2,5 часа.

Максимум 40 баллов.



**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:

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

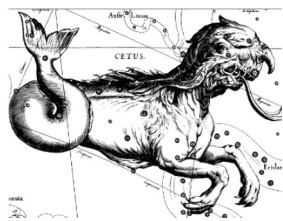
Радиус Земли в  $6371/1738 = 3,67$  раза больше радиуса Луны, следовательно, угловой размер Земли будет равен лунному на расстоянии, в 3,67 раз большем расстояния от Земли до Луны, а это  $384\,400 \cdot 3,67 = 1,41$  млн км или  $1\,410\,000 / (2 \cdot 6371) \sim 111$  земных диаметров.

*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.*

**4. 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 пройдет 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



**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии**

8 класс, 2020/2021 учебный год

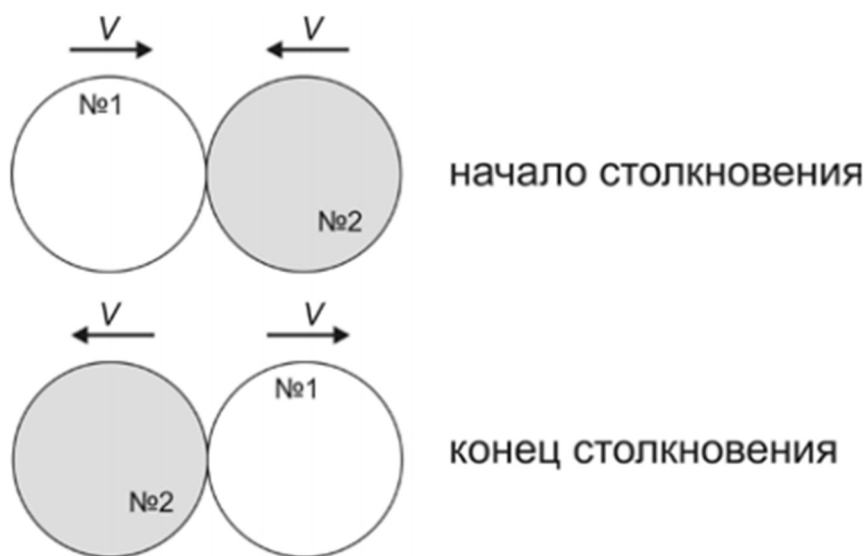
Длительность 2,5 часа.

Максимум 40 баллов.

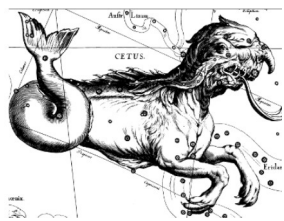


превышают размеры звезды). Поэтому при столкновении скоплений столкновения звёзд наблюдаться не будут – скопления просто пройдут друг сквозь друга.

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:



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.



Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии

8 класс, 2020/2021 учебный год

Длительность 2,5 часа.

Максимум 40 баллов.



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.*

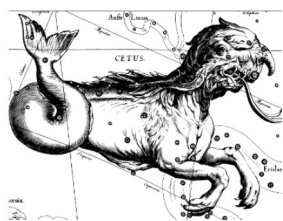
*Максимум за задачу 8 баллов.*

## 5. Древние греки (8 баллов)

Как далеко в прошлое могли «заглянуть» древние греки, любуясь звездным небом?

**Решение:**

Свет от далеких объектов идет довольно долго из-за конечности скорости света в  $300\,000 \text{ км/с}$  (1 балл). Значит, когда мы смотрим на звездное небо, мы видим то, что происходило в прошлом некоторое время назад (1 балл). Самый далекий объект, который могли наблюдать невооруженным глазом древние, у которых, как известно, еще не было телескопов – это туманность Андромеды (2 балла), расстояние до которой около  $2\,000\,000$



**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии**

8 класс, 2020/2021 учебный год

*Длительность 2,5 часа.*

*Максимум 40 баллов.*



---

световых лет (2 балла). Значит, заглянуть в прошлое древние греки могли аж на 2 миллиона лет назад (2 балла).