

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по  
астрономии  
2023-2024 гг.**

**11 класс**

**Ключи и критерии**

**Задача №1.1**

Расставьте объекты в порядке увеличения линейных размеров:

А. Пульсар Б. Луна В. Солнце Г. Церера

**Ответ:** АГБВ

Характерные размеры каждого из представленных объектов: пульсар — 20 км, Луна — 3 500 км, Церера 950 км, Солнце — 1 400 000 км.

**Критерии:** 2 балла за верный ответ. 1 балл за ответ ГАБВ. В остальных случаях 0.

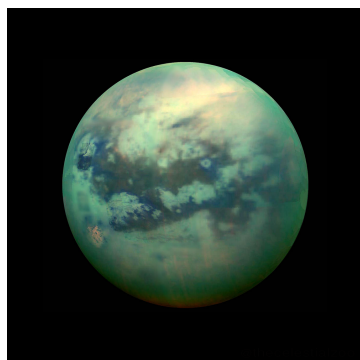
**Максимальный балл — 2**

**Задача №1.2**

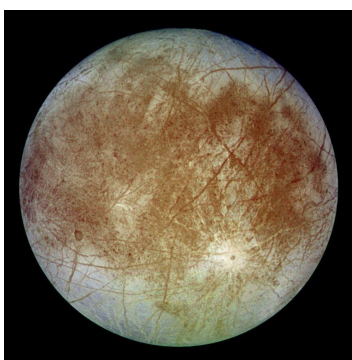
Расставьте соотнесите фото с названием объекта

А. Дно сковороды Б. Европа В. Титан Г. Меркурий

1)



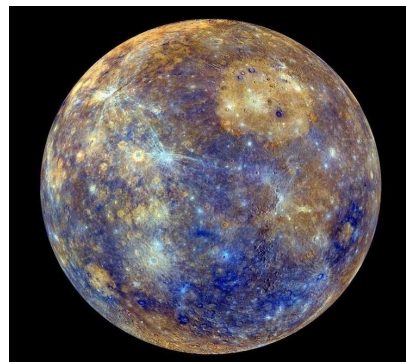
2)



3)



4)



**Ответ:** ВБАГ

**Критерии:** 2 балла за полностью правильный ответ. В остальных случаях 0.

**Максимальный балл — 2**

### Задача №1.3

Соотнесите астрономическую величину с возможным значением

	Светимость Бетельгейзе	Расстояние до Альфа Центавра	Диаметр Андромеды	Плотность потока энергии от Веги
значение				

А.  $1,6 \cdot 10^8 \text{ Вт/м}^2$

Б.  $3,7 \cdot 10^{23} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{Гц)}$

В. 67 кпк

Г. 4 св. года

**Ответ:** АГВБ

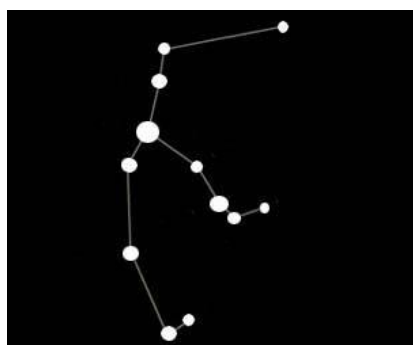
Данные ответы определяются с помощью размерностей.

**Критерии:** 2 балла за полностью правильный ответ. В остальных случаях 0.

**Максимальный балл — 2**

### Задача №1.4

Какое созвездие представлено на картинке?



**Ответ:** Персей

**Критерии:** 2 балла за полностью правильный ответ. В остальных случаях 0.

**Максимальный балл — 2**

**Задача №1.5**

Выберите период обращения спутника, радиус орбиты которого в два раза меньше, чем у геостационарного

А. 8 часов 28 минут Б. 11 часов 58 минут В. 4 часа 3 минуты Г. 23 часа 56 минут

**Ответ:** А

Период обращения геостационарного спутника — 23 часа 56 минут. По 3 закону Кеплера радиус его орбиты получается равным 42 200 км. Уменьшая радиус в два раза и подставив обратно в 3 закон Кеплера, получим период 8 часов 30 минут.

**Критерии:** 2 балла за полностью правильный ответ. В остальных случаях 0.

**Максимальный балл — 2**

**Задача №2**

Рассмотрим искусственный спутник на круговой экваториальной орбите с высотой 10 000 км, который вращается в том же направлении, что и Земля.

- Какой период обращения у спутника?
- С какой частотой данный спутник будет появляться в зените для наблюдателя на экваторе?
- Через какое время после наблюдения в зените спутник окажется на высоте 45° (для экваториального наблюдателя)?

**Решение:**

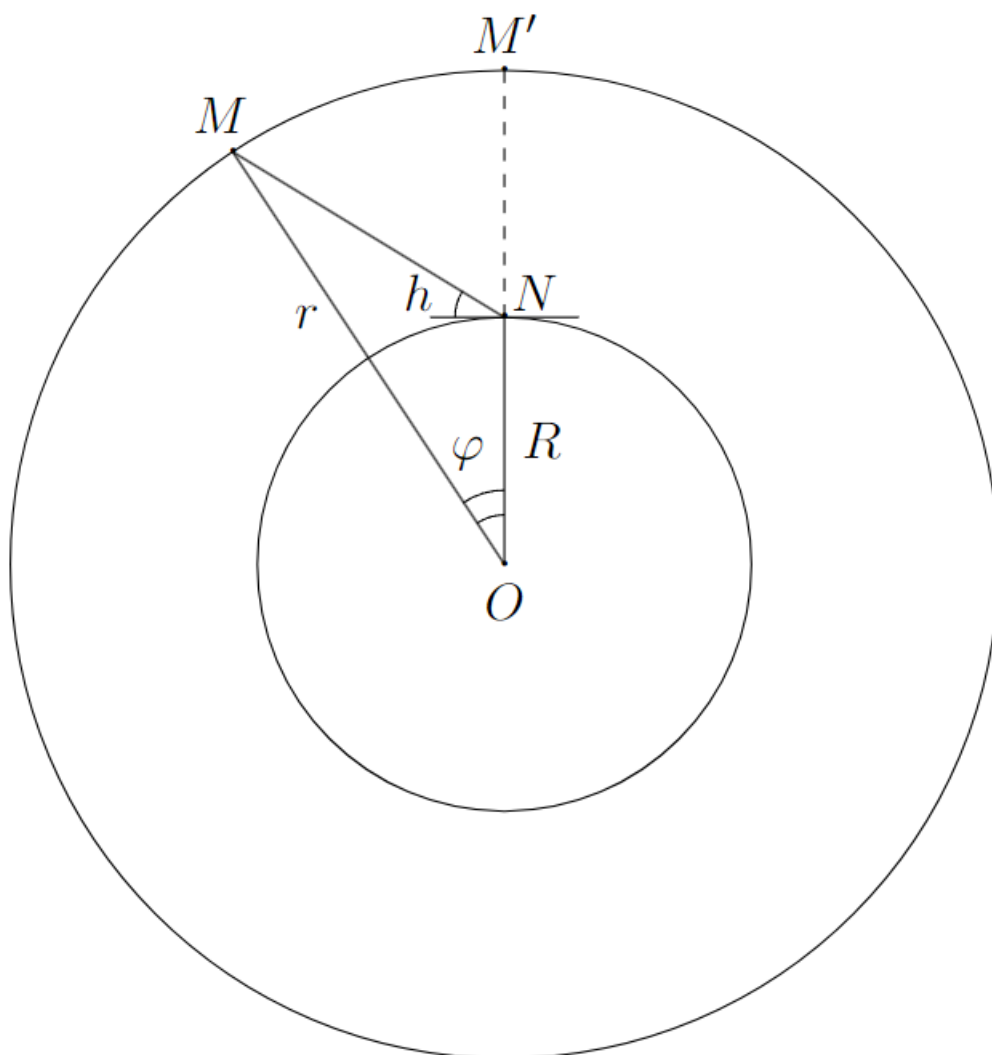
1) По 3 закону Кеплера определим период обращения спутника

$$T = 2\pi\sqrt{(r^3/GM)} = 9950 \text{ с} = \mathbf{2\text{ч } 46 \text{ мин}}$$

2) Экваториальный наблюдатель находится на Земле, которая вращается вокруг своей оси с периодом  $T_0 = 23\text{ч } 56\text{мин}$  в ту же сторону, что и спутник. Относительный (синодический период) обращения спутника будет равен

$$S = (1/T - 1/T_0)^{-1} = 11250 \text{ с} = \mathbf{3\text{ч } 7\text{мин}}$$

3) Нарисуем положение спутника в зените (M') и на высоте h (M) для наблюдателя N.



Запишем теорему синусов для треугольника MNO:

$$\frac{\sin(N)}{r} = \frac{\sin(M)}{R} = \frac{\sin(90^\circ + h)}{r} = \frac{\sin(90^\circ - h - \varphi)}{R} = \frac{\cos(h)}{r} = \frac{\sin(h - \varphi)}{R}$$

Получим  $h - \varphi = 26.8^\circ$ ,  $\varphi = 45^\circ - 26.8^\circ = 18.2^\circ$ .

4) За искомое время  $t$  спутник пройдет угол  $\varphi$ . Запишем:

$$t = \frac{\varphi}{360^\circ} S = 570 \text{ с} \approx \mathbf{10 \text{ мин}}$$

**Критерии:**

1. Третий закон Кеплера — 2 балла + ответ — 2 балла
2. Формула для синодического периода — 1 балл + ответ — 1 балл

3. Верный рисунок — 1 балл + правильное значение угла  $\varphi$  — 2 балла + правильный ответ для времени — 1 балл

**Максимальный балл — 10**

### Задача №3

На небе наблюдаются две звезды с одинаковой звездной величиной 4m. Они имеют одинаковые линейные размеры (5 радиусов Солнца), но первая звезда находится в два раза дальше второй. Какая звезда горячее и во сколько раз? Межзвездным поглощением пренебречь.

**Решение:**

1) Запишем светимость звезды через закон Стефана-Больцмана.

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \sim R^2 T^4$$

2) Т.к. звездные величины звезд равны, то (пренебрегая поглощением, по условию) равны их освещенности:

$$E_1 = E_2 = \frac{L_1}{r_1^2} = \frac{L_2}{r_2^2} = \frac{R_1^2 T_1^4}{r_1^2} = \frac{R_2^2 T_2^4}{r_2^2}$$

3) По условию  $R_1 = R_2$  (линейные размеры звезд совпадают). Далее несложно получить отношение температур:

$$\frac{T_1}{T_2} = \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} = 1.41$$

**Критерии:**

- 1) Закон Стефана-Больцмана или аналог — 3 балла
- 2) Определение освещенности — 2 балла + равенство  $E$  — 1 балл
- 3) Итоговое выражение + ответ: 1+1 балл

**Максимальный балл — 8**

### Задача №4

Определите высоту верхней кульминации Юпитера в Махачкале ( $\varphi = 43^\circ$ ) 21 июня, если он находится в противостоянии. Орбиту Юпитера считать круговой и лежащей в плоскости эклиптики.

**Решение:**

21 июня Солнце находится в точке летнего солнцестояния ( $\alpha = 6h$ ,  $\delta = 23.5^\circ$ ). По условию орбита Юпитера совпадает с эклипкой, поэтому в момент противостояния (планета находится в противоположной точке неба относительно Солнца) Юпитер находится в точке зимнего солнцестояния ( $\alpha = 18h$ ,  $\delta = -23.5^\circ$ ).

Зная склонение объекта и широту места наблюдения, нетрудно найти высоту верхней кульминации (тут она будет к югу от зенита, т.к.  $\varphi > \delta$ )

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta = 23.5^\circ$$

### Критерии:

- 1) Вывод о дате — 3 балла
- 2) Вывод о местоположении на орбите — 2 балла + склонение — 1 балл
- 3) Формула для верхней кульминации — 1 балл + ответ — 1 балла

*Комментарий: данную задачу можно сделать графическим методом, в случае верных рассуждений задача оценивается полным баллом.*

**Максимальный балл — 8**

### Задача №5

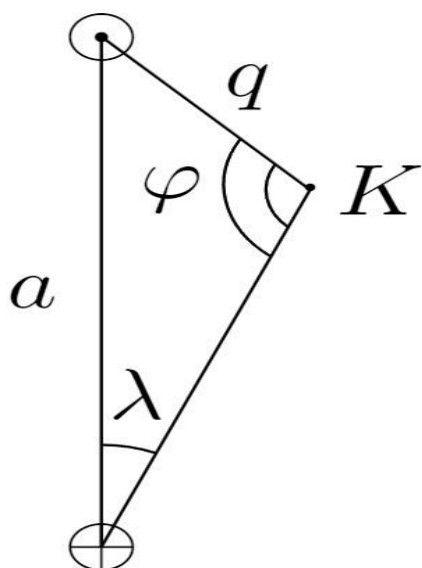
На фото представлена комета C/2014 Q1 вблизи перигелия своей орбиты (0.315 а.е.), который она проходила в июле 2015 года.



- Определите угол комета-Солнце-Земля, если элонгация кометы (угол комета-Земля-Солнце) в момент прохождения перицентра равна  $18,4^\circ$ .
- Определите расстояние между кометой и Землей в этот момент.
- Используя фото, определите угловой размер кометы.
- Определите линейные размеры главного хвоста кометы.

**Решение:**

- 1) Нарисуем конфигурацию кометы в момент наблюдения



Знаками Солнца и Земли обозначены Солнце и Земля соответственно, К — комета, а — радиус орбиты Земли, q — перигелийное расстояние кометы.

- 2) Запишем теорему синусов:

$$\sin(\lambda)/q = \sin(\varphi)/a \Rightarrow \sin(\varphi) \simeq 1$$

$$\varphi = 90^\circ$$

- 3) Полученный треугольник — прямоугольный, поэтому угол комета-Солнце-Земля составит 71,6 градусов.

- 4) Далее используем теорему Пифагора:

$$d = \sqrt{a^2 - q^2} = 0.95 \text{ а.е.}$$

- 5) Известно, что угловой диаметр Луны составляет  $0.5^\circ$ . Измерив линейкой угловой масштаб ( $^\circ/\text{см}$ ) фотографии, получим, что линейные размеры хвоста примерно в 3 раза больше, чем у Луны. Получается угловой размер хвоста в небе Земли составляет примерно  $1.5^\circ$  (тут возможна небольшая погрешность, т.к. участник сам определяет границу хвоста кометы)

- 6)  $1.5^\circ$  — малый угол, поэтому линейные размеры хвоста можно оценить как  $d = \alpha x = 3.7 \text{ млн км}$

**Критерии:**

- 1) Теорема синусов — 2 балла + правильный угол комета-Солнце-Земля — 1 балл
- 2) Теорема Пифагора — 1 балл + верное расстояние до кометы — 1 балл
- 3) Указан верный угловой размер Луны — 2 балла + выражен угловой размер хвоста кометы — 2 балла
- 4) Формула линейного размера кометы через малый угол — 1 балл + верное расстояние — 2 балла

**Максимальный балл — 12**

**Максимальный балл за олимпиаду — 48**