

Районный этап всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии  
в 2024/2025 учебном году в Санкт-Петербурге

---

*10 класс*

---

1. В одном известном школьном учебнике астрономии написано, что в начале января угловой диаметр Солнца максимален и составляет около  $32^{\circ}5'$ . Считая, что при этом Солнце находится на расстоянии 1 а.е. от Земли, оцените радиус (в километрах), который имело бы такое Солнце.
2. На небе Земли некоторый астероид на круговой орбите, лежащей в плоскости эклиптики, отходит от Солнца на угловое расстояние, не превышающее  $70^{\circ}$ . Определите период обращения этого астероида вокруг Солнца.
3.  $\alpha$  Центавра имеет лучевую скорость, равную  $-22$  км/с, ее собственное движение  $3''.6$ /год. Расстояние до звезды от Солнца сейчас составляет 1.3 пк. Определите, на какое минимальное расстояние в будущем приблизится  $\alpha$  Центавра к Солнечной системе.
4. Некоторое шаровое скопление состоит из звёзд, похожих на Солнце. Масса скопления составляет  $2 \cdot 10^{36}$  кг. Определите расстояние до скопления, если его видимая звёздная величина равна  $5^m$ .
5. Двойная звезда GQ Мухи имеет орбитальный период 1.4 часа и большую полуось  $0.0027$  а.е. Масса одного компонента составляет 10% массы Солнца. Определите массу второго компонента.

**Районный этап всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии  
в 2024/2025 учебном году в Санкт-Петербурге**

---

*10 класс, критерии оценивания*

---

1. В одном известном школьном учебнике астрономии написано, что в начале января угловой диаметр Солнца максимален и составляет около  $32^{\circ}5'$ . Считая, что при этом Солнце находится на расстоянии 1 а.е. от Земли, оцените радиус (в километрах), который имело бы такое Солнце.

**Решение:**

Можно заметить, что в учебнике опечатка — градусы перепутаны с минутами (а минуты с секундами). Тем самым угловые размеры Солнца завышены в 60 раз, а это означает, что и радиус такого Солнца должен быть в 60 раз больше настоящего. Тогда он равен примерно  $7 \cdot 10^5 \times 60 \approx 4 \cdot 10^7$  км.

Другой возможный вариант: учесть, что отношение радиуса Солнца к расстоянию до него равно тангенсу половины углового размера Солнца. Тогда

$$R = 1.5 \cdot 10^8 \text{ км} \cdot \operatorname{tg} 16^{\circ} \approx 4 \cdot 10^7 \text{ км}.$$

**Комментарии к оцениванию:**

Знание правильного углового размера Солнца или расстояния от Земли до Солнца — 3 балла. Вычисление результата — 5 баллов (если результат получен не в километрах, за этот этап выставляется максимум 3 балла).

2. На небе Земли некоторый астероид на круговой орбите, лежащей в плоскости эклиптики, отходит от Солнца на угловое расстояние, не превышающее  $70^{\circ}$ . Определите период обращения этого астероида вокруг Солнца.

**Решение:**

Поскольку астероид удаляется от Солнца не более, чем на  $70^{\circ}$ , он находится на внутренней орбите, то есть он ближе к Солнцу, чем Земля. В момент максимальной элонгации (когда угловое расстояние между Солнцем и астероидом максимально) луч зрения наблюдателя проходит по касательной к орбите астероида, поэтому можно написать соотношение

$$\sin \varphi = \frac{a}{a_{\oplus}} \quad a = a_{\oplus} \sin \varphi = a_{\oplus} \sin 70^{\circ} = 0.94 \text{ а.е.},$$

где  $a$  — радиус орбиты астероида,  $a_{\oplus}$  — радиус орбиты Земли, равный 1 а.е.

Период обращения вычислим из III закона Кеплера в системе единиц «год — а.е.»:

$$T^2 = a^3, \quad T = \sqrt{0.94^3} = 0.91 \text{ года}.$$

**Комментарии к оцениванию:**

Вычисление максимальной элонгации — 4 балла. Вычисление периода — 4 балла.

3.  $\alpha$  Центавра имеет лучевую скорость, равную  $-22$  км/с, ее собственное движение  $3''.6$ /год. Расстояние до звезды от Солнца сейчас составляет 1.3 пк. Определите, на какое минимальное расстояние в будущем приблизится  $\alpha$  Центавра к Солнечной системе.

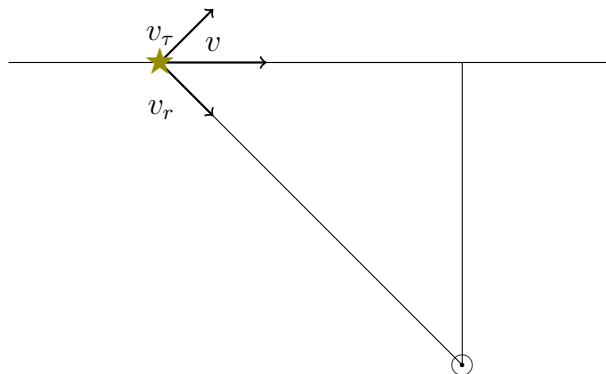
**Решение:**

Вычислим тангенциальную скорость звезды:

$$v_{\tau} = \mu r = 3.6 \cdot 1.3 \cdot 4.74 \approx 22 \text{ км/с},$$

тут  $\mu$  — собственное движение в угловых секундах в год,  $r$  — расстояние в парсеках, 4.74 — пересчетный коэффициент, позволяющий перевести скорость из а.е./год (в этих единицах она получится при использовании указанных ранее единиц собственного движения и расстояния) в км/с.

Обнаруживаем, что лучевая и тангенциальная скорости звезды по модулю совпадают, а это означает, что звезда движется под углом  $45^\circ$  к лучу зрения.



Тогда минимальное расстояние — это длина стороны квадрата, диагональ которого равна современному расстоянию. Тем самым оно будет равно современному, деленному на  $\sqrt{2}$ , и окажется равным  $1.3/\sqrt{2} \approx 0.92$  пк.

#### Комментарии к оцениванию:

Вычисление тангенциальной скорости звезды в каких-либо единицах — 3 балла. Перевод ее в км/с (или лучевой скорости в а.е./год, что также возможно) — 2 балла. Вычисление или формулировка из геометрических соображений итогового ответа — 3 балла (достаточно получить ответ с одной значащей цифрой).

4. Некоторое шаровое скопление состоит из звёзд, похожих на Солнце. Масса скопления составляет  $2 \cdot 10^{36}$  кг. Определите расстояние до скопления, если его видимая звёздная величина равна  $5^m$ .

#### Решение:

Масса Солнца  $\mathcal{M}_{\odot} = 2 \cdot 10^{30}$  кг, и поскольку звезды скопления похожи на Солнце (в том числе и по массе), то скопление состоит из  $10^6$  звезд.

Абсолютная звёздная величина Солнца  $M_{\odot} = 5^m$ . Известно, что изменение звездной величины на  $5^m$  соответствует изменению светимости в 100 раз. Соответственно, изменение в  $10^6$  раз соответствует изменению на  $15^m$ . Отсюда мы получаем, что абсолютная звёздная величина скопления  $M = -10^m$ .

Известно, что  $M = m + 5 - 5 \lg r$ , где  $m$  — видимая звёздная величина скопления, а  $r$  — расстояние до него в парсеках. Отсюда получаем, что  $-10 = 5 + 5 - 5 \lg r$  и  $\lg r = 4$ , т.е. расстояние до скопления  $r = 10^4$  пк.

#### Комментарии к оцениванию:

Знание или оценка из каких-либо соображений (например, по величине 1 а.е. и продолжительности года) массы Солнца — 2 балла. Определение числа звезд в скоплении — 1 балл. Знание абсолютной звездной величины Солнца — 1 балл. Вычисление абсолютной звездной величины скопления — 2 балла. Определение расстояния до скопления — 2 балла.

5. Двойная звезда GQ Мухи имеет орбитальный период 1.4 часа и большую полуось 0.0027 а.е. Масса одного компонента составляет 10% массы Солнца. Определите массу второго компонента.

**Решение:**

Запишем третий закон Кеплера в системе единиц «а.е. — год — масса Солнца»:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{1}{\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2} \Rightarrow \mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2 = \frac{a^3}{T^2} = \frac{0.0027^3}{(1.4/24/365)^2} = 0.77\mathfrak{M}_\odot.$$

Тогда масса второго компонента составит  $0.77\mathfrak{M}_\odot - 0.10\mathfrak{M}_\odot = 0.67\mathfrak{M}_\odot$ .

**Комментарии к оцениванию:**

Правильная запись обобщенного III закона Кеплера в любых единицах — 3 балла. Вычисление суммы масс компонент — 4 балла (разумные попытки сделать то же самое с переводом величин в систему СИ, не приведшие к численно правильной сумме масс — 1 балл). Итоговый правильный ответ — 1 балл.