

**Задания муниципального этапа
Всероссийской олимпиады школьников по астрономии
2024 – 2025 учебный год
11 класс**

**время выполнения 180 минут
максимальный балл- 48**

Задача 1. Галактики столкнулись.

Две галактики, похожие на нашу, столкнулись со скоростью 1000 км/с. Оцените, сколько их звёзд при этом столкнётся друг с другом.

Решение: представим галактику как плоскую мишень радиусом R , содержащую N звёзд. Средняя поверхностная плотность числа звёзд в ней составляет $\frac{N}{\pi R^2}$. **(2 балла)** Все звёзды будем считать одинаковыми, имеющими радиус r . Поскольку скорость сближения галактик (1000 км/с) существенно больше второй космической скорости на поверхности звёзд (типичная звезда, как Солнце- 620 км/с), слаб будет эффект гравитационной фокусировки, т.е. сближения траекторий звёзд под действием взаимного тяготения можно не учитывать. **(2 балла)** Поэтому будем считать их траектории прямыми, а фактом столкновения- пролёт на взаимном расстоянии менее $2r$ между их центрами. Следовательно вероятность для одной звезды, пролетающей сквозь галактику, испытывать столкновение составит $\frac{4\pi r^2 N}{\pi R^2}$. **(2 балла)** А для оценки полного числа столкновений нужно умножить эту вероятность на количество звёзд в галактике. Получим $\frac{4\pi r^2 N^2}{\pi R^2} = 4N^2 \left(\frac{r}{R}\right)^2$. **(2 балла)**

Подставим типичные для нашей Галактики значения: $N=10^{11}$, $R=10$ кпк, $r=R_{\odot}$. В результате получим вероятность столкновения хотя бы одной пары звёзд равной 0,2. Мы можем сказать, что при столкновении галактик в большинстве случаев не происходит ни одного столкновения их звёзд. **(2 балла)**

Максимальный балл- 8 баллов

Задача 2. Время остановилось.

Самолёт взлетел и, взяв курс на запад, двигался строго по параллели со скоростью 850 км/ч. Прибыв в аэропорт назначения, пассажиры обнаружили, что время вылета и время прилёта по солнечным часам оказалось одинаковым. На какой географической широте проходил полёт?

Решение. Самолёт должен лететь на запад со скоростью вращения Земли: $v=40\,000$ км/24 часа= 463 м/с. **(2 балла)**

Если указана скорость 463 м/с без вычислений- **1 балл.**

Выразим длину параллели l через длину экватора L и географическую широту φ : $l=L\cos\varphi$. **(2 балла)**

Выражение для широты: $\cos\varphi=\frac{850\cdot 1000\text{м}}{3600\text{с}\cdot 463\text{ м/с}}\approx 0,51$

Отсюда $\varphi = \arccos(0,51) = 59,3^\circ$ (4 балла)

Максимальный балл- 8 баллов

Задача 3. Движение Альтаира.

Звезда Альтаир, удалена от Солнца на 18 световых лет, движется перпендикулярно лучу зрения со скоростью 15,75 км/с. На сколько угловых секунд (А) переместится она за 100 лет для земного наблюдателя на фоне очень далёких объектов, например квазаров?

Решение. В году $3,156 \cdot 10^7$ секунд, а в столетии $3,156 \cdot 10^9$ секунд. За это время звезда пройдёт $15,75 \cdot 3,156 \cdot 10^9 = 49,707 \cdot 10^9$ км = $49,707 \cdot 10^9 / 150 \cdot 10^6 = 331,38$ а.е. (4 балла) По определению парсека, 1 а.е. с расстояния 1 парсек видна под углом в $1''$, а расстояние 331,38 видно под углом:

18 св. лет = 5,52 пк,

$$\frac{331,38 \text{ а.е.}}{5,52 \text{ пк}} = 60'' \text{ (4 балла)}$$

Максимальный балл- 8 баллов

Задача 4. Марсоход.

Марсоход управляется операторами с Земли, демонстрируя им телепанораму до расстояния 50 м от себя. Какова при этом должна быть безопасная скорость марсохода?

Решение: расстояние между Землёй и Марсом изменяется от 0,5 а.е в противостоянии до 2,5 а.е в соединении. (2 балла) К тому, же после получения изображения, оператор должен отправить команду управления, поэтому время задержки реакции марсохода удваивается, доводя эффективное расстояние до 1-5 а.е. (2 балла) Как известно, солнечный свет (а значит, и радиоволна) проходит расстояние в 1 а.е. за 500 секунд, значит, после появления препятствия на расстоянии 50 м от марсохода управляющая команда с Земли придёт к нему через 500-2500 секунд. (2 балла) Наихудший вариант — это 2500 секунд, следовательно скорость аппарата при этой конфигурации Марса и Земли не должна превышать $50\text{м}/2500\text{с} = 0,02 \text{ м/с} = 2\text{см/с}$. В эпоху противостояний её можно повышать до 10 см/с. (2 балла)

Максимальный балл- 8 баллов

Задача 5. Противостояния Марса.

Один из самых наилучших моментов при наблюдениях Марса это момент его противостояния. Последний раз Великое противостояние Марса произошло 28

августа 2003 года. Когда можно будет наблюдать следующее Величайшее противостояние Марса?

Решение: Противостояние Марса - астрономическое определение, указывающее минимальное расстояние между Марсом и Землей. Так как Марс и Земля движутся по своим орбитам, имеющим различные размеры и параметры, противостояния Марса повторяются строго в определенных точках его орбиты и орбиты Земли. На сегодняшний день точно известно, что противостояния Марса повторяются с интервалом в 2 года и 50 дней. **(2 балла)** В момент противостояний Марса его видимый угловой размер составляет $13''$ – $14''$, а звездная величина оказывается примерно равной $-1,2^m$. **(2 балла)** В тот момент, когда противостояние Марса происходит в точке его орбиты, максимально приближенной к Земле, происходят "Великие противостояния Марса". Такие противостояния происходят через каждые 15 - 17 лет. **(2 балла)** Во время Великих противостояний Марса видимый размер планеты достигает $25''$. В моменты Великих противостояний, когда расстояние между Марсом и землей сокращается до минимально возможного, происходят "Величайшие противостояния"! Величайшие противостояния Марса повторяются через каждые **79 лет**. Следующие Величайшее противостояние Марса произойдет в 2082 году. Расстояние между Землей и Марсом, как и в 2003 году, будет минимально возможным и составит 0,373 а.е. **(2 балла)**

Максимальный балл- 8 баллов

Задача 6. Свеча на Луне.

С расстояния 1 км обычная восковая свеча выглядит как звезда $8,25^m$. Сможет ли космический телескоп «Хаббл», движущийся по орбите высотой 570 км над поверхностью Земли, заметить свечу, зажжённую ночью на земной поверхности. А на Луне? («Хаббл» при съёмке с короткой экспозицией фиксирует точечные источники с минимальным блеском 26^m , а при длительном накоплении света- до 30^m .)

Решение: на расстоянии 570 км блеск свечи ослабнет на $5 \cdot \lg 570 = 13,8^m$. **(2 балла)** Следовательно, свеча на земле (ночью!) будет с орбиты «Хаббла» видна как звезда $13,8^m + 8,25^m \approx 22^m$. Поэтому «Хаббл» легко заметит её. **(2 балла)** А на Луне (расстояние 384000 км) свеча будет иметь блеск: $5 \cdot \lg 384000 = 28,9^m$, **(2 балла)** $28,9^m + 13,8^m \approx 42^m$. Что делает её неразличимой даже для «Хаббла». **(2 балла)**

Максимальный балл- 8 баллов