

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников  
по астрономии  
2021-2022 учебный год  
9 класс**

**Максимальный балл – 48 баллов**

**Задача №1. «Далекie миры».** (Максимальный балл – 8 баллов)

HD 69830 d — экзопланета, открытая в 2006 году вращается вокруг оранжевого карлика HD 69830 в созвездии Корма и, потенциально, находится в обитаемой зоне. По данным наблюдений её период обращения составляет 197 дней, а расстояние до родительской звезды 94,5 млн км. По предложенным данным определите массу родительской звезды.

*Автор: Гусев Андрей Владиславович*

**Возможное решение:**

Период обращения планеты:  $T = \frac{2\pi r}{v}$ , где  $r$  – радиус орбиты,  $v$  – скорость движения.

Запишем второй закон Ньютона для планеты:

$$G \frac{mM}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

где  $m$  – масса планеты,  $M$  – масса звезды.

В результате получаем:

$$M = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2} = 1,7 \cdot 10^{30} \text{ кг}$$

**Схема оценивания:**

№	Этап решения	Балл
1	Формула для расчета периода обращения планеты	2
2	Запись закона всемирного тяготения	2
3	Запись второго закона Ньютона	2
4	Нахождение массы звезды	2
	<b>Итого:</b>	<b>8</b>

**Задача №2. «Наблюдение далеких объектов».** (Максимальный балл – 8 баллов)

В архиве фотографий, сделанных телескопом «Хаббл», были обнаружены две фотографии одной и той же планетарной туманности, сделанные с интервалом 5 лет. Оказалось, что за это время угловой диаметр туманности увеличился на  $0'',05$ . Измерения показали, что скорость удаления краев туманности от ее центра составляет 50 км/с. Оцените, на каком расстоянии находится наблюдаемая туманность.

*Автор: Фокин Андрей Владимирович*

**Возможное решение:**

Угловой диаметр планетарной туманности увеличивается на  $0'',01$  за один год. Увеличение линейного диаметра планетарной туманности за это же время равно:

$$\Delta D = 2 \cdot V \cdot t,$$

где  $V$  – скорость удаления края туманности от ее центра,  $t = 3,2 \cdot 10^7$  с (1 год), 2 – учитывает тот факт, что размер планетарной туманности увеличивается за счет движения в обе стороны от центра.

Угловой размер туманности  $\beta$  и расстояние до нее  $r$  нужно сравнить с угловым размером какого-либо объекта с известными: угловым размером, линейным размером и расстояние до объекта. Например, таким объектом может быть Солнце. Угловой размер Солнца составляет  $\alpha = 0,5^\circ = 1800''$ , линейный диаметр Солнца равен  $D = 1,4 \cdot 10^6$  км, расстояние до Солнца  $R = 1,5 \cdot 10^8$  км.

Угловой размер объекта определяется как отношение линейного размера объекта к расстоянию до него:

$$\alpha = \frac{D}{R}$$
$$\beta = \frac{\Delta D}{r}$$

Найдем отношение и выразим искомое расстояние  $r$ :

$$r = \frac{\alpha \cdot R \cdot \Delta D}{D \cdot \beta}$$

Подставляя числовые данные, получим  $r = 6,2 \cdot 10^{16}$  км.

**Схема оценивания:**

№	Этап решения	Балл
1	Связь углового размера, линейного размера и расстояния до объекта (в любом виде: формула, словесное описание отношения и т.п.)	2
2	Нахождение изменение линейного размера планетарной туманности	2
3	Выбор объекта для сравнения (Солнце, Луна и т.п.)	2
4	Нахождение искомой величины	2
	<b>Итого:</b>	<b>8</b>

**Задача №3. «Небесные гости».** (Максимальный балл – 8 баллов)

С именем Эдмунда Галлея связан коренной перелом в представлениях о кометах. Галлей рассчитал и опубликовал в 1705 году орбиты 24 комет и обратил внимание на сходство параметров орбит у нескольких из них, наблюдавшихся в XVI—XVII веках, с параметрами кометы 1682 года. В таблице представлены некоторые элементы орбиты комет 1531, 1607 и 1682 гг., полученные Галлеем. По приведенным данным определите: период обращения кометы, эксцентриситет и малую полуось ее орбиты.

Элементы орбит комет 1531, 1607 и 1682 гг., полученные Галлеем

Прохождение перигелия	Наклонение	Долгота узла	Долгота перигелия	Перигелий, а. е.
26.08.1531	162°18'	50°48'	301°36'	0,58
27.10.1607	162°58'	50°21'	302°16'	0,58
15.09.1682	162°24'	49°25'	301°39'	0,57

Автор: Ловчиков Дмитрий Владимирович

**Возможное решение:**

Используя таблицу, определим период обращения кометы – 75 лет. Запишем III закон Кеплера

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

где  $T_1$  – период обращения Земли вокруг Солнца,  $T_2$  – период обращения кометы вокруг Солнца,  $a_1$  – большая полуось орбиты Земли,  $a_2$  – большая полуось орбиты кометы.

Подставляем известные данные и находим большую полуось орбиты кометы – 17,8 а.е.

Запишем выражение для нахождения перигелийного расстояния:

$$r_p = (1-e) \cdot a,$$

где  $e$  – эксцентриситет,  $a$  – большая полуось. Выразим эксцентриситет и подставляя результаты расчета и табличные данные, определим эксцентриситет – 0,967.

По определению эксцентриситет равен:

$$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$$

где  $b$  – малая полуось. Подставляя данные, полученные ранее, определим  $b = 1,2$  а.е.

**Схема оценивания:**

№	Этап решения	Балл
1	Определение периода обращения кометы	1
2	Запись III закона Кеплера	1
3	Формула расчета перигелийного расстояния + численное значение эксцентриситета	2 + 1
4	Формула – определение эксцентриситета + численное значение малой полуоси	2 + 1
	<b>Итого:</b>	<b>8</b>

**Задача №4. «Наблюдаем Луну».** (Максимальный балл – 8 баллов)

Как изменится на фотографии вид полной Луны, если закрыть правую половину объектива телескопа? Почему при рассматривании в один и тот же телескоп Луны ее яркость по мере все большего и большего увеличения все более и более ослабевает?

*Автор: Фокин Андрей Владимирович*

**Возможное решение:**

Изображение Луны в телескопе не изменится, лишь вдвое уменьшится его яркость. Это связано с тем, что в формировании изображения участвуют все лучи, попавшие в объектив телескопа. Так как, перекрывается половина объективна, то вдвое уменьшается и количество энергии, поступающее к наблюдателю от объекта.

Количество света, попавшее в телескоп не изменяется, т.к. не изменяется диаметр объектива. При увеличении это количество света приходится на все большую площадь изображения, вследствие чего его яркость уменьшается.

**Схема оценивания:**

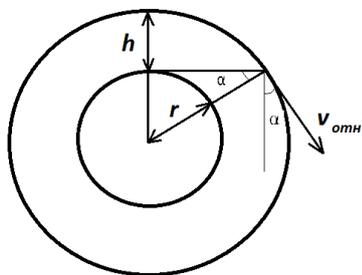
№	Этап решения	Балл
1	В формировании изображения участвует весь свет, попавший в объектив телескопа	2
2	Уменьшение количества света ведет к уменьшению яркости изображения	2
3	Количество света, попавшего в телескоп, остается постоянным при любом увеличении телескопа	2
4	При увеличении растет площадь изображения и уменьшается энергия, приходящая к наблюдателю от каждого участка изображения	2
	<b>Итого:</b>	<b>8</b>

**Задача №5 «Вокруг Земли...».** (Максимальный балл – 8 баллов)

Спутник движется в обратном направлении по круговой экваториальной орбите на высоте 5000 км. Определите видимую угловую скорость спутника в тот момент, когда он находится на горизонте для наблюдателя на экваторе Земли.

Автор: Гусев Андрей Владиславович

**Возможное решение:**



Второй закон Ньютона для спутника:

$$G \frac{mM}{(r+h)^2} = m \frac{v^2}{r+h}.$$

Скорость спутника:

$$v = \sqrt{\frac{GM}{r+h}} = \sqrt{\frac{6,7 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{11400 \cdot 10^3}} = 5,94 \cdot 10^3 \text{ м/с}.$$

Так как спутник движется в обратном направлении, то относительная скорость спутника:

$$v_{\text{отн}} = v + (r+h)\omega = v + (r+h) \frac{2\pi}{T} = 5,94 \cdot 10^3 + 11400 \cdot 10^3 \frac{2 \cdot 3,14}{24 \cdot 3600} = 6769 \text{ м/с}.$$

Искомая угловая скорость:

$$\omega = \frac{v_{\text{отн}} \cos \alpha}{(r+h) \cos \alpha} = \frac{v_{\text{отн}}}{(r+h)} = \frac{6769}{11400 \cdot 10^3} = 5,94 \cdot 10^{-4} \text{ рад/с}.$$

**Задача №6 «Хвостатые гости».** (Максимальный балл – 8 баллов)

В этой задаче Вам нужно ответить на несвязанных между собой вопросов.

А) На фотографии (рис. 1) изображена одна из известных комет XX века. Как называется эта комета? Как Вы можете заметить, у кометы наблюдается 2 хвоста. Благодаря чему такое возможно? Из чего состоит каждый из этих хвостов? (Максимальный балл – 4 балла)



(Рис. 1)

Б) А это изображение кометы Макнота (рис. 2), которая была видна в 2007 году и стала самой яркой за последние 40 лет. Чем можно объяснить такую необычную форму хвоста? (Максимальный балл – 4 балла)



Рис. 2

Автор: Ловчиков Дмитрий Владимирович

**Возможное решение:**

А) На рис. 1 запечатлена комета Хейла – Боппа. При приближении кометы к Солнцу с поверхности её ядра начинают сублимироваться летучие вещества с малой температурой

кипения, такие как вода, монооксид и диоксид углерода, метан, азот и, возможно, другие замёрзшие газы. Этот процесс приводит к образованию комы, которая может в поперечнике достигать 100 000 км. Испарение этого грязного льда высвобождает пылевые частицы, которые относятся газом от ядра. Действие солнечного излучения на кому приводит к образованию хвоста кометы. Но и здесь пыль и газ ведут себя по-разному. Ультрафиолетовое излучение солнца ионизирует часть молекул газов, и давление солнечного ветра, представляющего собой поток испускаемых Солнцем заряженных частиц, толкает ионы, вытягивая кому в длинный хвост, который может иметь протяжённость более чем 100 миллионов километров. Изменения в потоке солнечного ветра могут приводить к наблюдаемым быстрым изменениям вида хвоста и даже полному или частичному обрыву. Ионы разгоняются солнечным ветром до скоростей в десятки и сотни километров в секунду, много больших, чем скорость орбитального движения кометы. Поэтому их движение направлено почти точно в направлении от Солнца. На кометную пыль солнечный ветер почти не действует, её выталкивает из комы давление солнечного света. Пыль разгоняется светом гораздо слабее чем ионы солнечным ветром, поэтому её движение определяется начальной орбитальной скоростью движения и ускорением под действием давления света. Пыль отстаёт от ионного хвоста и формирует изогнутые в направлении орбиты.

Б) Хвосты кометы формируются равномерным потоком пыли с поверхности или являются результатом кратковременного выброса большого облака пыли. Фактически, мы видим траекторию, по которой комета обогнула Солнце. Это связано с периодическими выбросами огромного количества пыли кометой при ее приближении к Солнцу. Для восстановления траектории нужно провести линию по нижним точкам хвоста. Все что находится выше-свечение вещества, сдаваемого солнечным ветром.

**Схема оценивания:**

№	Этап решения	Балл
1А	Правильно указана комета	1
2А	Объяснено формирование газового и пылевого хвостов кометы	3
3Б	Объяснено формирование структуры хвоста	2
4Б	Объяснена форма хвоста	2
	<b>Итого:</b>	<b>8</b>