

Олимпиада по астрономии. Муниципальный этап  
9 класс

**Задание 1.** (3.6. Общие сведения о глазе и оптических приборах)

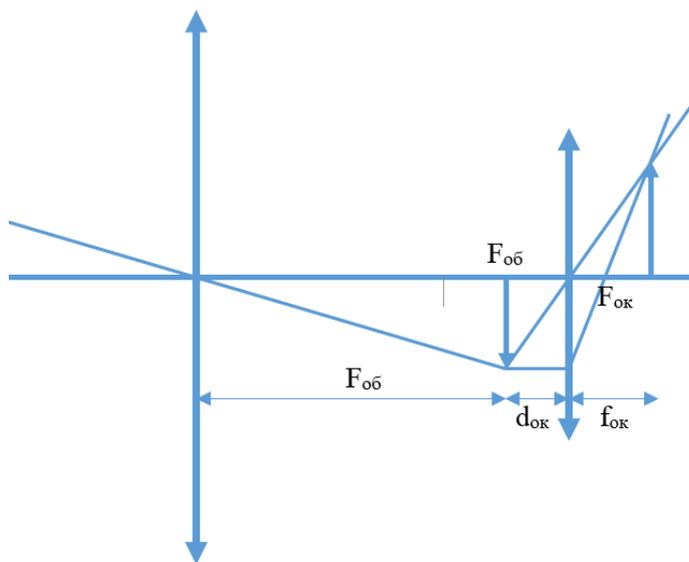
Какое должно быть расстояние между объективом и окуляром телескопа с фокусными расстояниями 1 м и 4 см соответственно, чтобы изображение проецировалось на расстояние 20 см от окуляра?

**Решение.**

1) (3 балла – верно сделан чертёж оптической системы)

Для построения промежуточного изображения удаленных предметов в зрительных трубах достаточно использовать лишь луч, проходящий через оптический центр объектива, учитывая, что положение в этом случае всегда известно - практически оно лежит в его фокальной плоскости.

Промежуточное изображение, даваемое объективом, можно рассматривать как предмет для окуляра, поскольку от этого изображения, лучи идут на вторую линзу расходящимся пучком, как если бы они выходили из действительного источника.



2) (3 балла – верно использована формула линзы)

Если изображение проецируется на экран, отстоящий от линзы окуляра на расстоянии  $f_{ок}$ , окуляр нужно отодвинуть от объектива настолько, чтобы изображение от линзы объектива находилось от линзы окуляра на расстоянии  $d_{ок}$ , удовлетворяющем уравнению линзы

$$\frac{1}{F_{ок}} = \frac{1}{d_{ок}} + \frac{1}{f_{ок}} .$$

3) (2 балла – верно проведены расчёты)

Отсюда  $d_{ок} = \frac{f_{ок} F_{ок}}{f_{ок} - F_{ок}} = \frac{20 \cdot 4}{20 - 4} = 5$  см. Тогда расстояние между

объективом и окуляром должно составить  $F_{об} + d_{ок} = 5 + 100 = 105$  см.

### Задание 2. (4.5. Шкала звездных величин)

Оценить среднее количество сверхновых, которые можно было бы зафиксировать с Земли, если среднее абсолютная звездная величина сверхновой в пике блеска составляет  $-18^m$ , а в каждой галактике сверхновая в среднем вспыхивает в среднем раз в 100 лет. Средняя плотность галактик в пространстве 1 на  $10\text{Мпк}^3$ . Для простоты считать, что в средняя видимая звездная величина таких звезд  $15^m$ . Сравнить с реальным количеством сверхновых, которые удаётся зафиксировать в год (около 400), и объяснить, почему удаётся найти намного меньше сверхновых.

#### Решение.

1) (3 балла – определена область, на которой можно наблюдать сверхновые)

Для начала следует определить расстояния до фиксируемых сверхновых по формуле  $\lg(r) = 0.2(m + 5 - M) = 0.2(15 + 5 + 18) = 7.6$

То есть наблюдения охватывают область с радиусом  $r = 10^{7.6} \approx 40 \text{ Мпк}$ .

Объём области составляет  $4\pi r^3 / 3 \approx 270000 \text{ Мпк}^3$ .

2) (3 балла – определено количество сверхновых)

На эту область приходится примерно 27000 галактик. Так как в галактике сверхновая в среднем вспыхивает 1 раз в сто лет, то ожидаемое количество наблюдаемых сверхновых составляет примерно 2700.

3) (2 балла – сделано замечание о том, почему их наблюдается меньше)

Межзвёздное поглощение света, несовершенство и фиксированная направленность в глубь Вселенной телескопов значительно уменьшает число реально обнаруженных сверхновых.

### Задание 3. (3.4. Солнечная система)

В 2005 году была открыта карликовая планета Эрида, которая всего лишь в два раза меньше Плутона. На настоящий момент её афелий оценивается в 97.6 а.е., а период обращения относительно Солнца составляет 558 лет. Чему равен перигелий планеты.

#### Решение.

1) (2 балла – записан третий закон Кеплера)

Согласно третьему закону Кеплера  $\frac{a_1}{a_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{2/3}$ .

2) (4 балла – в третьем законе Кеплера взяты параметры Земли (не обязательно, можно Марс, Юпитер и т.д.) и верно рассчитана большая полуось)

Период обращения Земли вокруг Солнца равен 1 году, Земля движется относительно Солнца практически по окружности, то есть большая полуось орбиты Земли близка к 1 а.е. Тогда большая полуось Эриды равна  $a = 558^{2/3} \approx 67.8 \text{ а.е.}$

3) (2 балла – верно получен ответ)

Максимальное удаление от Солнца:  $2a - r_{\min} = 37.9$  а.е.

Для расчёта скоростей можно приближённо считать, что скорость ракеты в перигелии равна второй космической скорости.

**Задание 4.** (4.2. Движение Земли и эклиптические координаты)

Период обращения станции МКС составляет в среднем приблизительно 1,5 часа. Какое максимальное количество раз в новогоднюю ночь космонавты на МКС пролетят над областями Земли, где в этот момент наступает Новый год? Сколько возможностей такого пролёта, в зависимости от начального положения МКС? Считать, что часовые пояса на Земле распространены равномерно.

**Решение.**

1) (4 балла – проведены рассуждения и указано максимальное число раз)

Если часовые пояса на Земле считать равномерно распределёнными, то размер одного часового пояса будет  $360/24=15$  градусов. Для того, чтобы космонавты могли отметить Новый год с жителями Земли, они должны оказаться в их часовом поясе в 0 часов по местному времени. Если станция окажется над каким-то часовым поясом в момент наступления Нового года – в полночь, то в следующий раз станция будет пролетать над часовым поясом, где Новый год уже прошёл, так как время пролёта станции 1,5 часа, а полночь «двигается» со «скоростью» 1 часовой пояс за час. То есть, для того, чтобы отметить Новый год во второй раз на МКС, надо сделать 2 оборота вокруг Земли – за это время пройдёт 3 часа. Значит, в идеальном случае космонавты на МКС могут праздновать Новый год каждые 2 оборота, то есть каждые 3 часа. Максимальное количество –  $24/3=8$  раз.

2) (2 балла – найден первый способ)

Необходимо определить, в каких случаях может реализовать максимальное количество пролётов над часовым поясом, где наступает Новый год. Если космонавты будут совершать первый пролёт над нулевым часовым поясом, то максимально количество раз будет достигнуто: 0 часового пояса – через три часа в третьем – 6–9–12–15–18–21 поясах.

3) (2 балла – найдены ещё два способа)

Ещё две последовательности: 1-4-7-10-13-16-19-22 и 2-5-8-11-14-17-20-23.

**Задание 5.** (4.8. Двойные и переменные звезды)

Что такое тесная двойная звёздная система? Какие тесные двойные звёзды являются затменными и какими законами определяется их взаимное движение? Отобразить графически возможные варианты изменения кривой блеска в условных единицах для тесной двойной системы, состоящей из двух совершенно одинаковых звёзд, в зависимости от их взаимного расположения и времени. Отметить, какие физические характеристики звёзд влияют на кривую блеска.

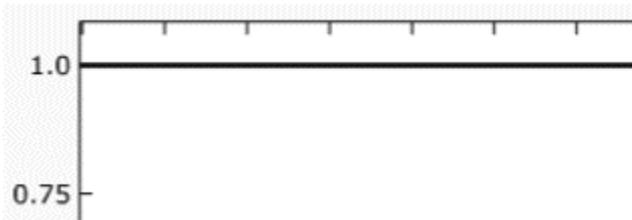
**Решение.**

1) (3 балла – даны определения)

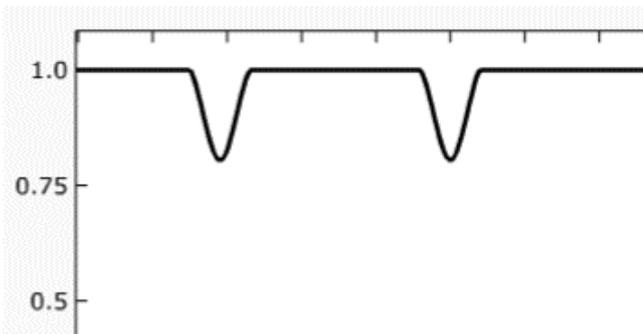
Тесная двойная звезда — система из двух гравитационно связанных звёзд, обращающихся по замкнутым орбитам вокруг общего центра масс. Орбитальная плоскость затменных звёзд наклонена к лучу зрения под очень маленьким углом. В такой системе звёзды будут периодически затмевать друг друга, то есть блеск пары будет меняться. Движение таких звёзд в общем случае определяется законами Кеплера – звёзды двигаются вокруг общего центра масс.

2) (3 балла – по баллу за каждый случай)

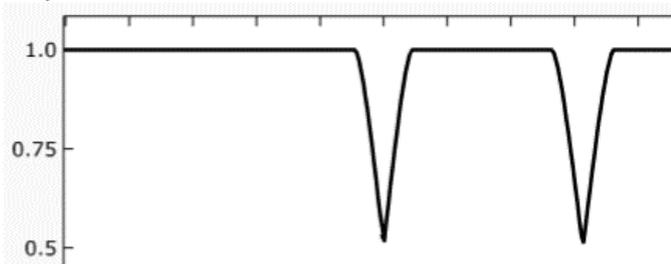
Не затменные звёзды – график блеска от времени представляет собой прямую линию.



Затменные звёзды – не полное покрытие – блеск изменяется, но не максимально.



Затменные звёзды – полное покрытие – блеск уменьшается на половину



3) (2 балла – отмечены основные характеристики звёзд)

На блеск затменных пар звёзд влияют – размеры и температура звёзд.

**Задание 6. (3.5. Система Земля-Луна)**

С поверхности Луны в полнолуние со скоростью 70 км/с запущена ракета с направлением точно в центр Земли. Чему равен угол движения ракеты по отношению к центру Земли в начале полёта? Достигнет ли ракета Земли?

**Решение.**

1) (3 балла – определён угол полёта ракеты)

Средняя скорость движения Луны относительно Земли равна

$$\frac{2\pi R_{\text{луна}}}{T_{\text{луна}}} \approx 1 \text{ км/с.}$$

Так как по условию задачи ракета запущена

перпендикулярно к движению Луны (Луна находится в полнолунии), то угол движения ракеты по отношению к центру Земли определится выражением

$$tg(\alpha) \approx \frac{1_{\text{км/с}}}{70_{\text{км/с}}} \approx 0,014$$

(может быть нарисован прямоугольный треугольник

для векторов скоростей в решении). Так как значение тангенса мало, то и

$$tg(\alpha) \approx \alpha \approx 0,014 \text{ рад} \approx 0,8^\circ.$$

2) (2 балла – определён угловой радиус Земли с поверхности Луны)

$$2tg(\beta) \approx \frac{6350}{384400} \approx 0,0165 \text{ рад} \approx 1^\circ$$

3) (3 балла – сделан вывод о движении ракеты)

Угол  $0,8^\circ$  меньше углового радиуса  $1^\circ$ , то есть ракета будет двигаться по направлению к Земле. Земля и Луна находятся во взаимном движении, поэтому движение Земли не повлияет на движение ракеты относительно себя. Кроме того, притяжение Земли приблизит траекторию движения ракеты к Земле. Если ракета не сгорит в атмосфере, то она достигнет поверхности Земли.