

**Муниципальный этап
всероссийской олимпиады школьников
по астрономии
2020/21 учебный год
10 класс**

Задание № 1

Как известно, Солнце движется вокруг центра Галактики со скоростью около 250 км/с , и в настоящий момент это движение происходит в направлении созвездия Цефея. Почему же во многих книгах написано, что апекс движения Солнца находится в созвездии Геркулеса?

Решение

В движении вокруг центра Галактики участвуют как Солнце, так и все окрестные звезды, однако величины и направления их скоростей немного отличаются. Апекс в созвездии Геркулеса есть направление скорости Солнца относительно группы ближайших звезд, также обращающихся вокруг центра Галактики. Величина этой скорости составляет около 20 км/с .

Критерии оценивания

Решение отсутствует, абсолютно некорректно, или в нём допущена грубая астрономическая или физическая ошибка.....0 баллов
Попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания.....1 балл
Правильно угадан ответ без обоснования2 балла
Правильно угадан ответ с неверным обоснованием.....3 балла
Задание решено полностью с некоторыми недочетами.....6 баллов
Задание решено полностью.....8 баллов

Максимум за задачу 8 баллов.

Задание № 2

Планеты с какими массами и большими полуосями орбит легче открыть около далеких звезд методом измерения лучевых скоростей звезд? методом измерения положений звезд?

Решение

В обоих случаях в основе метода лежит гравитационное воздействие планеты на звезду, вызывающее движение самой звезды. Поэтому открываются прежде всего массивные планеты, сравнимые или превосходящие по массе Юпитер. А вот расстояние планеты от звезды будет различаться для двух методов.

Скорость звезды при фиксированных массах увеличивается для близких планет так же, как и сами планеты движутся быстрее, если их орбиты располагаются вблизи звезды. Поэтому методом лучевых скоростей (основным на сегодняшний день) открываются в основном близкие к звезде планеты.

Смещение звезды на небе будет большим для дальних планет, так как в этом случае центр масс системы будет располагаться дальше от центра звезды. Необходимо отметить, что поиск планет данным методом предполагает длительные наблюдения, которые должны охватить период обращения планеты вокруг звезды.

Критерии оценивания

Решение отсутствует, абсолютно некорректно, или в нём допущена грубая астрономическая или физическая ошибка.....0 баллов
Попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания.....1 балл
Правильно угадан ответ без обоснования2 балла
Правильно угадан ответ с неверным обоснованием.....3 балла
Задание решено полностью с некоторыми недочетами.....6 баллов
Задание решено полностью.....8 баллов

Максимум за задачу 8 баллов.

Задание № 3

Объясните, почему каким бы ни было увеличение телескопа, мы не можем увидеть в его окуляр диски далеких звезд.

Решение

Минимальный угловой размер объекта, заметного в телескоп, (его разрешающая сила) *определяется размером объектива и свойствами земной атмосферы*, через которую проходит свет звезды.

Волновая природа света приводит к тому, что даже совершенно точечный источник будет виден в телескоп как *диск, окружённый системой*

колец. Размер этого диска тем меньше, чем больше диаметр объектива телескопа, но даже для крупных телескопов он составляет порядка 0,1 угловой секунды. Кроме этого, изображение размывается земной атмосферой, и размеры “дисков дрожания” звезд редко бывают меньше одной угловой секунды. Истинные угловые диаметры далеких звезд значительно меньше, и мы не можем увидеть их в телескоп, какое увеличение мы бы ни использовали.

Критерии оценивания

Решение отсутствует, абсолютно некорректно, или в нём допущена грубая астрономическая или физическая ошибка.....0 баллов
Попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания.....1 балл
Правильно угадан ответ без обоснования2 балла
Правильно угадан ответ с неверным обоснованием.....3 балла
Задание решено полностью с некоторыми недочетами.....6 баллов
Задание решено полностью.....8 баллов

Максимум за задачу 8 баллов.

Задание № 4

По каким орбитам будут двигаться искусственные небесные тела, запущенные с горизонтальной скоростью 9,5 км/с на высоте 200 км над поверхностью Земли, Марса и Юпитера?

Массы Марса и Юпитера составляют 0,107 и 318 масс Земли, а их радиусы – 0,53 и 11,2 радиуса Земли.

Решение

Значения первой и второй космической скорости на высоте h над поверхностью планеты выражаются формулами:

$$v_1 = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}, \quad (1)$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2GM}{R+h}}. \quad (2)$$

Здесь M и R – масса и радиус планеты. Подставляя численные значения, получаем значения для Земли: 7,8 км/с и 11,0 км/с,

для Марса – 3,4 км/с и 4,9 км/с,

для Юпитера – 42,0 км/с и 59,5 км/с.

Скорость $9,5 \text{ км/с}$ для Земли попадает в интервал между первой и второй космической, и аппарат будет двигаться по эллипсу, точка запуска будет перигеем орбиты.

Гравитация Марса не сможет удержать искусственное тело, и оно удалится по гиперболе. А вот мощное притяжение Юпитера приведет к падению тела вскоре после запуска.

Критерии оценивания

| | |
|--|---------|
| Правильно записана формула (1)..... | 1 балл |
| Правильно записана формула (2)..... | 2 балла |
| Правильно вычислены первая и вторая космические скорости..... | 3 балла |
| Правильно сделан вывод о движении искусственного тела вблизи Земли, Марса и Юпитера..... | 1 балл |
| Представлен правильный ответ..... | 1 балл |

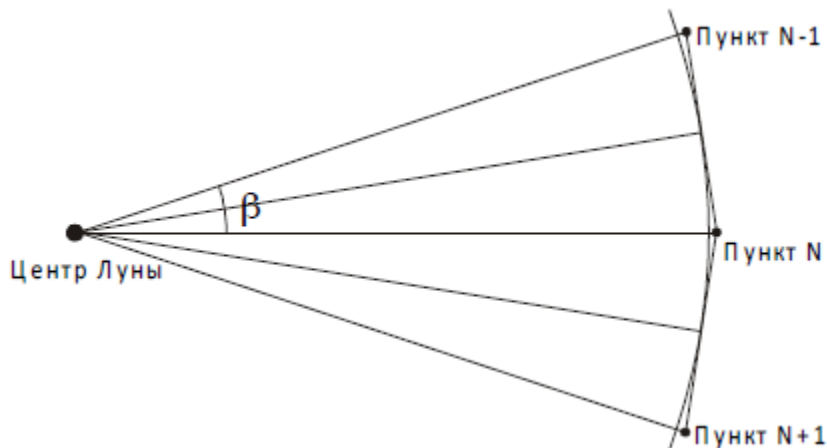
Максимум за задачу 8 баллов.

Задание № 5

Для поддержания регулярной связи друг с другом и с Землей вокруг экватора Луны было решено построить цепочку из 60 высотных пунктов радиосвязи. При этом было необходимо, чтобы из каждого пункта были видны два соседних. Определите минимальную высоту пунктов связи. Радиус Луны равен 1738 км .

Решение

На рисунке показана предельная ситуация, при которой все пункты располагаются вдоль экватора Луны равномерно, и с одного пункта будут видны два соседних пункта прямо на лунном горизонте.



Угол β с вершиной в центре Луны между направлениями на два соседних пункта равен 6° , так как число пунктов равно 60 и они покрывают всю

окружность экватора. Минимальная высота пунктов связи над поверхностью Луны составляет

$$h = \frac{R}{\cos(\beta/2)} - R = 2.4 \text{ км.} \quad (1)$$

Здесь R – радиус Луны (1738 км).

Критерии оценивания

| | |
|---------------------------------------|---------|
| Правильно сделан рисунок..... | 3 балла |
| Правильно вычислен угол β | 1 балл |
| Правильно записана формула (1)..... | 3 балла |
| Представлен правильный ответ..... | 1 балл |

Максимум за задачу 8 баллов.

Задание № 6

Массивное шаровое скопление имеет радиус 60 пк и состоит из 60 миллионов звезд, похожих на Солнце. Одна из звёзд движется на краю скопления со скоростью 60 км/с. Покинет ли эта звезда скопление?

Решение

Выражая радиус R и массу M шарового скопления в системных единицах, получим соответственно $1.8 \cdot 10^{18}$ м и $1.2 \cdot 10^{38}$ кг. Для объекта, находящегося на краю этого сферически-симметричного скопления, вторая космическая скорость составит

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = 9.4 \cdot 10^4 \text{ м/с}$$

или 94 км/с.

Звезда со скоростью 60 км/с не сможет покинуть шаровое скопление.

Критерии оценивания

| | |
|---|----------|
| Попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания..... | 1 балл |
| Правильно угадан ответ без обоснования..... | 2 балла |
| Правильно угадан ответ с неверным обоснованием..... | 3 балла |
| Задание решено частично..... | 4 балла |
| Задание решено полностью с некоторыми недочетами..... | 6 баллов |
| Задание решено полностью..... | 8 баллов |

Максимум за задачу 8 баллов.

Всего за работу 48 баллов