

11 класс

Задача 1. Первый этап. Запись третьего закона Кеплера для длин a_1 , a_2 больших полуосей орбит и периодов T_1 , T_2 первого и второго спутников:

$$a_2^3/a_1^3 = T_2^2/T_1^2$$

Оценка – 2 балла.

Второй этап. Запись длины a_1 большой полуоси орбиты и первого спутника через радиус Земли R :

$$a_1 = 2R.$$

Оценка – 1 балл.

Третий этап. Запись соотношения для длины a_2 большой полуоси орбиты второго спутника:

$$a_2 = 2R \cdot 2^2 = 8R.$$

Оценка – 2 балла.

Четвёртый этап. Запись соотношения для длины большой оси орбиты второго спутника:

$$2a_2 = 16R.$$

Оценка – 1 балл.

Пятый этап. Запись соотношения для наибольшей высоты h полёта второго спутника:

$$h = 16R - 4R = 12R$$

Оценка – 2 балла.

Задача 2. Первый этап. Коллапс происходит в результате достаточно быстрого сжатия звезды собственным гравитационным полем (**2 балла**). В результате возникает чёрная дыра с очень малыми размерами (**2 балла**).

Второй этап. Параметры орбиты Земли не изменятся (**2 балла**), если при коллапсе Солнца не потеряет своё вещество, то есть, сохранится его первоначальная масса (**2 балла**), и не возникнут гравитационные волны значительной интенсивности (**2 балла**).

Задача 3. Первый этап. Описание верхней кульминации Луны как момента пересечения центром лунного диска небесного меридиана места наблюдения при наименьшем зенитном расстоянии, то есть момент пересечения той части небесного меридиана, на которой находится точка юга (**1 балл**).

Второй этап. Синодический период обращения Луны вокруг Земли составляет примерно 29,5 дней, а сидерический период обращения относительно звёзд равен 27,3 дня. (**2 балла**).

Третий этап. При этом относительно земного наблюдателя Луна непрерывно перемещается по видимой части небосвода с запада на восток (**1 балл**).

Четвёртый этап. При этом Земля вращается относительно звёзд за приблизительно 23 часа 56 минут, а Луна, движется на запад медленнее. Она проходит на восток за сутки 13,2 угловых градуса, а Земля затрачивает 4 минуты, чтобы повернуться на 1 градус относительно своей оси вращения. Таким образом Земле нужно всего 53 минуты, чтобы пройти эти лишние лунные 13,2°:

$$4 \text{ мин} \cdot 13,2 \approx 53 \text{ мин.}$$

Это означает, что в среднем Луна проходит полный оборот по небу относительно наблюдателя за 24 часа 49 минут или на 53 минуты дольше, чем звезды. Следовательно, в течение суток нельзя наблюдать две последовательные кульминации Луны (**4 балла**).

Задача 4. Первый этап. По определению увеличение блеска на одну звёздную величину означает уменьшению светового потока в 2,512 раз (**1 балл**).

Второй этап. Пусть I есть яркость одной звезды третьей величины 3^m , тогда по условиям задачи результирующие яркости будут связаны соотношениями:

$$I_3 = 5I, \quad I_2 = 3 \cdot 2,512I = 7,536I, \quad I_1 = 2,512 \cdot 2,512I = 6,310I.$$

Оценка за каждое правильное значение по – 2 балла.

Третий этап. Из полученных значений следует, что ярче светят три звезды второй величины (**1 балл**).

Задача 5. Первый этап. Запись обобщённого третьего закона Кеплера для радиуса r орбиты и периода T обращения спутника и массы планеты M (**3 балла**):

$$a_2^3/(MT^2) = G/(4\pi^2),$$

где G – гравитационная постоянная.

Второй этап. Для орбитальной скорости можно записать соотношение (**2 балла**):

$$v = 2\pi a/T.$$

Третий этап. Закон Кеплера и выражение для скорости дают следующую формулу (**2 балла**):

$$v^3 T / (2\pi^2) = GM,$$

Четвёртый этап. Из этой формулы и условия одинаковых скоростей спутников следует, что масса втрое выше у той планеты, у которой период обращения спутника больше (**1 балл**).

Задача 6. *Первый этап.* При затмении видимая яркость Луны уменьшается в несколько тысяч раз (**1 балл**).

Второй этап. Площадь объектива превышает площадь зрачка глаза примерно 69,4 раза. Поэтому идеальный телескоп направляет в глаз во столько же раз больше света по сравнению с обычным визуальным наблюдением (**1 балл**).

Третий этап. Однако увеличение в 20 крат приводит к тому, что площадь изображения Луны на сетчатке больше в 400 раз, тогда как собираемость света увеличилась всего лишь в 69,4 раза. Поэтому освещённость сетчатки уменьшилась: $400/69,4 \approx 5,76$, то есть почти в 6 раз. (**4 балла**).

Четвёртый этап. Поскольку яркость Луны весьма мала, то при наблюдении через телескоп освещённость сетчатки оказывается практически на грани цветового восприятия глаза, то есть цвет через телескоп воспринимается хуже (**1 балл**).

Пятый этап. Необычность наблюдаемого эффекта обусловлена во-первых, конечными размерами Луны, а во-вторых, разными условиями наблюдений: невооружённым глазом видна вся Луна, а в телескоп – часть Луны (**1 балл**).