

## 9 класс

### 1. Условие.

Марсиане, выйдя из своих подпочвенных убежищ, запустили свой первый искусственный спутник Марса (сокращенно ИСМ). ИСМ вышел на круговую орбиту с высотой  $h = 400$  км.

Определить, во сколько раз быстрее или медленнее ИСМ облетит поверхность своей планеты по сравнению со спутником Земли, который облетает Землю за 94 минуты. Масса Марса  $M = 6.4 \cdot 10^{23}$  кг, радиус Марса  $r_M = 3400$  км.

### 1. Решение.

На основании второго закона Ньютона имеем

$$F = ma = G \frac{Mm}{R^2}, \text{ где}$$

$m$  - масса объекта, искусственного спутника,

$M$  - масса планеты,

$R$  - радиус орбиты спутника.

При движении по окружности со скоростью  $V$  ускорение тела  $a$  по модулю равно центростремительному ускорению  $a = V^2 / R$ .

$$R = r + h$$

Отсюда  $V = \sqrt{\frac{GM}{r+h}}$

Для периода обращения получим  $T = \frac{2\pi R}{V} = \frac{2\pi(r+h)^{3/2}}{(GM)^{1/2}}$

$$T = \frac{6.28 \cdot (38 \cdot 10^5)^{3/2}}{(6.67 \cdot 10^{-11} \cdot 6.4 \cdot 10^{23})^{1/2}} \approx \frac{380^{3/2} \cdot 10^6}{10^6} = 7408 \text{ (сек)} \approx 123 \text{ (мин)}$$

$$\frac{123}{94} = 1.3 \text{ (раз)}$$

Ответ: ИСМ облетит поверхность Марса в 1.3 раза медленнее, по сравнению со спутником Земли, летая на той же высоте над поверхностью.

**1. Система оценивания.** Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 8. Запись закона всемирного тяготения оценивается в 2 балла, вывод формулы линейной скорости – 2 балла, определение периода – 2 балла, формулировка ответа – 2 балла.

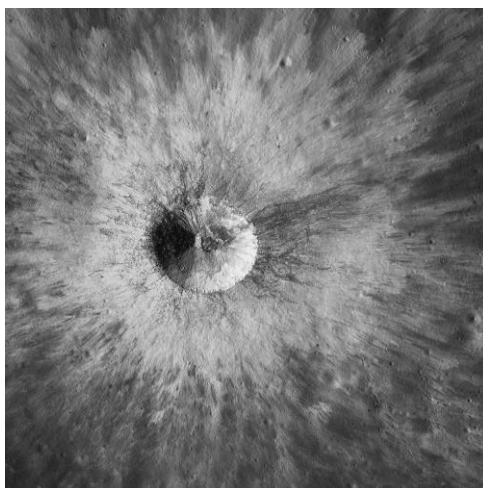
## **2. Условие.**

Недалеко от высадившегося на Луне астронавта в почву врезался метеорит. Какие звуковые и визуальные явления мог заметить астронавт?

## **2. Решение.**

На Луне нет воздуха, звуковые явления отсутствуют.

Сам полет метеорита не мог быть замечен, так как скорость летящего метеороида достигает нескольких десятков километров в секунду (скорость пули, например, всего 800 метров в секунду). При ударе о поверхность выделилась кинетическая энергия в виде тепловой вспышки, на месте образовался кратер с круглым насыпным бортиком. Форма и строение кратера зависят от толщины поверхностного пылевого слоя, структуры залегающего подпочвенного слоя и прочности самого метеорита. Астронавт мог почувствовать через скафандр некие колебания почвы.



*Рис. Фотография одного из лунных кратеров.*

**2. Система оценивания.** Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 8. Указание, что на Луне отсутствуют звуковые явления оценивается в 2 балла, объяснение причины этого – еще 2 балла. Указание на образование кратера – 2 балла. Возможность почувствовать колебания почвы при достаточном размере метеорита – 2 балла.

### **3. Условие.**

Жителей одной из экзопланет звезды  $\mu$  Кота постигла катастрофа. У звезды-красного гиганта с температурой поверхности  $4300\text{ K}$ , в центре ядра прекратилась стадия ядерного горения водорода и началось горение гелия. Этот процесс запустил сброс оболочки звезды – планетарную туманность, масса которой около  $0.2$  массы звезды. В результате обнажилось уплотнившееся ядро звезды — белый карлик, его температура  $11800\text{ K}$ . По транзитам экзопланеты по диску звезды установили, что период ее обращения вокруг звезды увеличился с 240 до 450 суток, а радиус белого карлика стал в 15 раз меньше первоначального размера звезды.

Удалось ли экзопланетянам пережить случившееся?

Во сколько раз изменилась звездная постоянная (поток энергии на единицу площади) на поверхности экзопланеты?

### **3. Решение.**

Найдем, как изменилась орбита экзопланеты в результате потери звездой своей массы.

Из третьего закона Кеплера

$$\left(\frac{a_0}{a_1}\right)^3 = \frac{T_0^2(M_0 + m)}{T_1^2(M_1 + m)} = \frac{240^2}{450^2 \cdot 0.8} = \frac{57600}{162000} \approx 0.36, \text{ отсюда}$$

$$\frac{a_0}{a_1} \approx 0.71, \text{ то есть радиус орбиты экзопланеты увеличился в } \frac{a_1}{a_0} \approx 1.4 \text{ раза.}$$

(в расчетах пренебрегли массой экзопланеты по сравнению с массой звезды).

Найдем изменение интенсивности светового потока.

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4, \quad \frac{L_1}{L_2} = \frac{R_0^2 \cdot T_0^4}{R_1^2 \cdot T_1^4} = \frac{15^2 \cdot 4300^4}{11800^4} \approx 4$$

Светимость уменьшилась в четыре раза.

Так как орбита экзопланеты увеличилась в 1.4 раза, то этот фактор привел к тому, что поток излучения, достигающего поверхности планеты, уменьшился обратно пропорционально квадрату расстояния - в два раза. Учтем уменьшение светимости в четыре раза. Отсюда общее уменьшение количества энергии, поступающей на экзопланету в восемь раз.

Если живые организмы и выживут, то им придется испытывать сильный стресс.

**3. Система оценивания.** Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 8. Нахождение изменения большой полуоси планеты оценивается в 2 балла, нахождение уменьшения светимости – еще 2 балла. Нахождение изменения потока излучения, достигающего поверхности планеты – 2 балла. Нахождение общего уменьшения количества энергии, поступающей на экзопланету – 2 балла.

#### 4. Условие.

С антенны радиотелескопа в Аресибо (государство Пуэрто-Рико,  $18^{\circ}21'$  с.ш.,  $66^{\circ}45'$  з.д.) в 1974 году землянами было послано сообщение в направлении шарового скопления М 13 (прямое восхождение  $16ч 42м$ , склонение  $+36^{\circ}28'$ ).

Его антенна выполнена в карстовой выемке в виде параболической чаши диаметром 300 метров, ось которой направлена вертикально вверх. Подвешенный на тросах приемник сфокусированного излучения может перемещаться, охватывая область на расстоянии 20 градусов от зенита.

Возможно ли было направить послание обитателям в Туманности Андромеда (прямое восхождение  $0ч 43м$ , склонение  $+41^{\circ}16'$ )?

#### 4. Решение.

При вращении Земли через точку зенита радиотелескопа проходят объекты, имеющие склонение, равное широте места наблюдения, т.е. со склонением  $18^{\circ}21'$ . Смещение приемника на 20 градусов в ту или другую сторону от зенита позволяет охватывать полосу небесной сферы со склонениями от  $-1^{\circ}39'$  до  $+38^{\circ}21'$ . Координаты Туманности Андромеды не входят в эту полосу, направить послание ее обитателям невозможно. Координаты М13 входят в эту полосу, направить послание ее обитателям можно.

**4. Система оценивания.** Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 8. Указание, что через точку зенита радиотелескопа проходят объекты, имеющие склонение, равное широте места наблюдения, оценивается в 3 балла, нахождение склонений полосы небесной сферы, охватываемой приемником – еще 3 балла. Выводы о возможности послания сообщения в Туманность Андромеды – 2 балла.

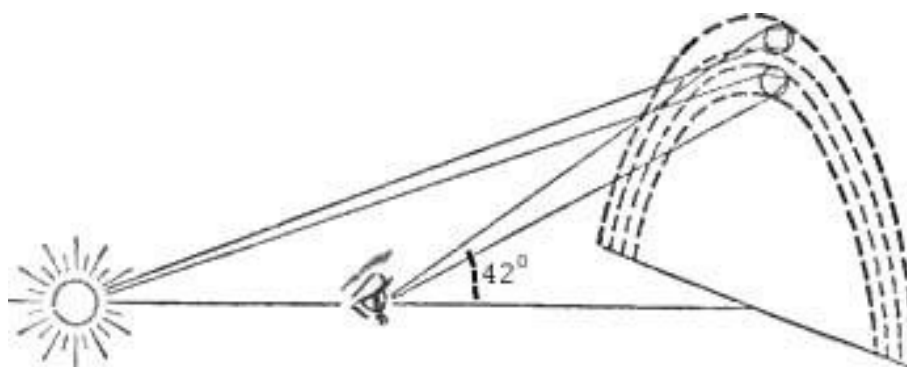
#### 5. Условие.

Летом, вблизи дня летнего солнцестояния, в вечернее время наблюдалась радуга. В какой части горизонта она была видна?

### 5. Решение.

Радуга может наблюдаться, когда человек находится между Солнцем и облаком дождевых капель.

Радуга происходит в результате многократного внутреннего отражения солнечного луча в капельках воды. Особенность этого процесса в сферической капле такова, что большая часть света выходит из капли назад под углом около 41 градуса к направлению падающего света. Поэтому радугу можно увидеть только в пределах дугообразной полосы неба, где угол Солнце — капля — наблюдатель составляет 40 - 42 градуса.



В день летнего солнцестояния по вечерам Солнце находится в северо-западной части горизонта (см. решение задачи 4 11 класса).

Следовательно, противоположная точка, центр дуги радуги, придется на точку юго-востока горизонта.

**5. Система оценивания.** Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 8. Указание, что радуга может наблюдаться, когда человек находится между Солнцем и облаком дождевых капель, оценивается в 2 балла. Указание, что большая часть света выходит из капли назад под углом

около 41 градуса к направлению падающего света – еще 3 балла. Выводы о том, что центр дуги радуги придется на точку юго-востока горизонта – 3 балла.

### **6. Условие.**

Наблюдатель видит, как Луна своим диском закрывает звезду.

Через сколько времени звезда выйдет из-за другого края диска?

Звездный период обращения Луны вокруг Земли 27.5 суток, а ее угловой диаметр считать равным  $d=0.5^{\circ}$ .

### **6. Решение.**

Скорость перемещения Луны относительно звезд составляет

$$V = \frac{360^{\circ}}{27.5 \cdot 24 \text{ час}} = 0.55^{\circ} / \text{ час}$$

Тогда время закрытия звезды Луной составит  $T = \frac{d}{V} = 0.91(\text{ час}) \approx 55 \text{ мин.}$

При диаметральной прохождении звезда через 55 минут выйдет из-за другого края диска.

**6. Система оценивания.** Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 8. Нахождение скорости перемещения Луны относительно звезд оценивается в 4 балла, нахождение времени закрытия звезды Луной – еще 4 балла.