

, 2013

10

8

-3,5

1

Суборбитальным называется такой полёт, при котором тело достигает космического пространства — то есть высоты выше 100 километров — но, при этом, не выходит на орбиту. Какую минимальную скорость должно иметь у поверхности Земли тело для суборбитального полёта? Сопротивлением воздуха пренебречь

1 балл	Решение неверно. Участник не понимает связь между скоростью и высотой подъёма
2 балла	
3 балла	
4 балла	Участник верно понял физический смысл задачи, но допустил ошибку в формулах при решении
5 баллов	
6 баллов	Участник правильно решил задачу считая g постоянным, но не обосновал, почему так можно делать
7 баллов	
8 баллов	Задача решена верно, получен правильный ответ

Решение:

Примечание: решение с переменным ускорением свободного падения не является ошибкой

Так как 100 километров значительно меньше радиуса Земли (6370км), мы можем считать что ускорение свободного падения не меняется. При этом минимальная скорость будет если тело просто взлетает вертикально вверх. Тогда, по закону сохранения энергии

$$\frac{mv^2}{2} = mgh$$

$$v^2 = 2gh$$



6 баллов	
7 баллов	Участник верно рассчитал географическую широту местности, на которой спутник может наблюдаться
8 баллов	Задача решена полностью верно, получен правильный ответ

#### Решение

Высота геостационарного спутника над поверхностью Земли такова, что период его обращения совпадает со скоростью вращения Земли, то есть приняв его расстояние до центра Земли за  $R$ , массу спутника за  $m$ , массу Земли за  $M_3$  получим

$$m\omega^2 R = G \frac{m}{R^2}$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{G}{\omega^2}}$$

но ускорение свободного падения  $g = \frac{GM_3}{R_3^2}$ , то

$$R = \sqrt[3]{\frac{gR_3^2}{\omega^2}} = \sqrt[3]{\frac{gR_3^2 T^2}{(2\pi)^2}} = \sqrt[3]{\frac{9,81 * 6370000^2 * 24 * 3600}{(2 * 3,14)^2}} \approx 42000000\text{м} = 42000\text{км}$$

Отсюда географическая широта местности, на которой это ещё возможно составит  $\alpha = (6370/42000) \approx 81^\circ$ ,  
 $40000 * 9^\circ / 360^\circ \approx 1000$

: 1000

4

Согласно современным измерениям Луна удаляется от Земли со средней скоростью 3,8 сантиметра в год. Минимальное расстояние до Луны сейчас составляет 363295 километров, максимальное 405503, радиус Луны равен 1737 километров. Земной перигелий равен примерно 147100000 километра, апогей 15210000, экваториальный (самый большой) радиус Солнца равен 696000 километров. Через сколько времени на Земле станет невозможно наблюдать полные солнечные затмения?

1 балл	Задача решена полностью неверно. Ответ неверен на несколько порядков
2 балла	
3 балла	
4 балла	Участник правильно понял механизм происходящих процессов
5 баллов	
6 баллов	Участник решил задачу используя апогей или среднее расстояние вместо перигея
7 баллов	
8 баллов	Задача решена полностью верно, получен правильный ответ

### Решение

Полные солнечные затмения станут невозможно наблюдать когда видимый угловой размер Луны станет меньше чем максимальный видимый угловой размер Солнца. Угловой размер Солнца равен  $2 * \alpha$  ( $696000/147100000$ )  $\approx 0,54^\circ$ . Луна будет иметь такой же видимый размер на расстоянии  $1737 * \alpha$  ( $0,54^\circ/2$ ) = 368600 километров. Минимальное расстояние до Луны станет таким через  $(368600 - 363925) * 1000/0,03 \approx 1,56 * 10^8$  лет

: 156

5

**У некоторой звезда верхняя кульминация находится в зените, а нижняя — на линии горизонта. На какой географической широте такое может быть?**

1 балл	Задача решена полностью неверно. Ответ неверен на несколько порядков
2 балла	
3 балла	
4 балла	Участник правильно понял механизм происходящих процессов
5 баллов	
6 баллов	Участник нашёл правильную цифру, но не указал, что это может быть как южная, так и северная широта
7 баллов	
8 баллов	Задача решена полностью верно, получен правильный ответ

### Решение

Так как звезда в ходе суточного движения по небу описывает круг вокруг небесного полюса, то полюс расположен на высоте  $(90^\circ + 0^\circ)/2 = 45^\circ$ . Следовательно, географическая широта местности составляет  $45^\circ$ . Установить, являются ли эти  $45^\circ$  градусами северной или южной широты по приведённым данным невозможно

Ответ:  $45^\circ$  северной широты или  $45^\circ$  южной широты

6

**Некая планета совершает один оборот вокруг звезды за 300 земных суток, а вокруг своей оси за 200 земных суток, причём вращение ретроградное, то есть идёт в обратную сторону. Сколько солнечных суток в году на этой планете? Во сколько раз солнечные сутки на этой планете длиннее, чем на Земле?**

1 балл	Задача решена полностью неверно. Ответ неверен на несколько порядков
2 балла	
3 балла	
4 балла	Участник не понял разницу между солнечными и звёздными сутками
5 баллов	
6 баллов	Участник не верно учёл направление вращения
7 баллов	

8 баллов	Задача решена полностью верно, получен правильный ответ
----------	---

### Решение

В случае ретроградного движения количество звёздных дней за год на планете на 1 меньше количества солнечных (Так как минус один оборот набирается из-за орбитального движения). Так как за свой год эта планета совершает 1,5 оборота вокруг своей оси, то в её году буде  $1,5+1=2,5$  суток. То есть продолжительность солнечных суток на ней составит  $300/2,5=120$  земных суток

Ответ: 2,5 суток, в 120 раз

**Максимальное количество баллов – 48 баллов**