

# ВТОРАЯ ВИКТОРИНА ЮНЫХ ФИЗИКОВ ОТДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК РАН

## Ответы

Вопросы см. на стр. 30

### Вопрос 1 (5–7 классы)

Это такой оригинальный противовес. Они наполнили бутылку водой, привязали к телескопу, а потом сливали воду, пока телескоп не выровнялся.

Вследствие вращения Земли вокруг своей оси при наблюдении небесных тел в телескоп происходит их смещение, что затрудняет наблюдение. Эта проблема становится критически важной в случае, если телескоп оборудован фоторегистрирующими устройствами – камерами с фоточувствительными элементами (фотопленки, фотопластинки, ПЗС-/КМОП-матрицы).

Действительно, для регистрации изображений объектов с малой яркостью требуется весьма большая экспозиция (время накопления), и в этом случае простое накопление сигнала с большой выдержкой приведет к регистрации звездных треков – «траекторий» движения небесных тел за время регистрации.

Кроме того, механическая ориентировка телескопа на определенный участок неба в ручном режиме также требует определенных навыков.

Для удобства значительная часть телескопов, даже непрофессиональных, оборудуется специальным противовесом для облегчения механического наведения.

Правильный подбор массы противовеса, место его крепления к направляющему кронштейну (оси) существенно облегчает работу с телескопом.

В качестве оригинального противовеса на телескопе в Университете Южной Африки в Претории предложили использовать бутылку с водой. Наблюдатель наполняет бутылку водой, привязывает ее к телескопу, а потом сливает воду до тех пор, пока телескоп не выровняется.

Кстати говоря, существуют различные варианты монтировки телескопов (например экваториальная монтировка [https://ru.wikipedia.org/wiki/Экваториальная\\_монтировка](https://ru.wikipedia.org/wiki/Экваториальная_монтировка)), которые требуют тщательного подбора противовесов.



### Вопрос 2 (8–9 классы)

В традиционной формулировке эта задача звучит следующим образом: «С какой скоростью должна вращаться Земля, чтобы человек, находящийся на экваторе, находился в невесомости». Если сутки на планете считать как время одного оборота вокруг своей оси, то скорость будет определять время полного оборота. При невесомости на экваторе центростремительное ускорение будет равно ускорению свободного падения, что позволит определить скорость вращения планеты. Зная скорость вращения, определим время полного оборота – сутки.

Таким образом, на экваторе  $ma = mg - N$ , где  $N$  – это вес космонавта на экваторе. Так как  $N = 0$ , то  $ma = mg$ ,  $a = g$ .

С другой стороны:  $a = \omega^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$ .

Откуда  $T$  – время одного оборота, период, равный  $T = 2\pi\sqrt{R/a} = 2\pi\sqrt{R/g}$ .

Радиус Земли примерно  $6371 \text{ км} = 6.371 \times 10^6 \text{ м}$ .

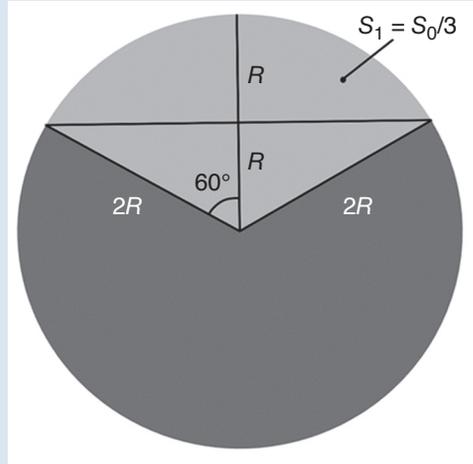
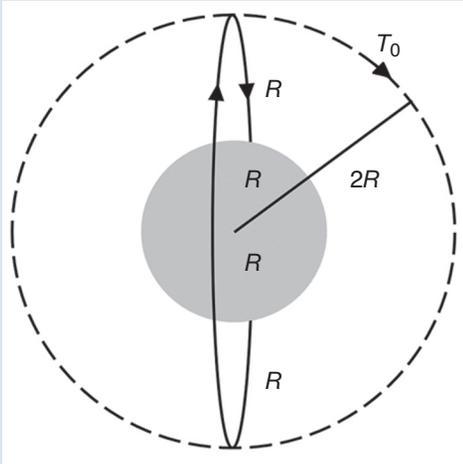
$$T = 2 \times 3.14 \times \sqrt{6.371 \times 10^6 / 9.8} = 5012 \text{ с} = 83.5 \text{ минут} = 1.4 \text{ часа}$$

Радиус Земли примерно  $6371 \text{ км} = 6.371 \times 10^6 \text{ м}$ .

*Примечание.* Ответ может варьироваться из-за использования в задаче приближенных значений, например,  $g = 9.8 \text{ м/с}^2$ , или радиуса Земли  $= 6.4 \times 10^6 \text{ м}$  или  $= 6 \times 10^6 \text{ м}$ , что учитывается как верно решенная задача.

### Вопрос 3 (10–11 классы)

Согласно первому закону Кеплера, камень будет двигаться по эллиптической орбите (вырожденной в линию). Из соображений симметрии орбита будет представлять собой линию, проходящую через центр Земли (если пробурить сквозной канал), и иметь вторую поворотную точку симметрично относительно центра Земли,



т. е. тоже на расстоянии  $2R$  от центра. Фокус такого вырожденного эллипса будет находиться в центре Земли, а большая полуось составит  $a_1 = 2R$ . Период обращения по такой вырожденной орбите будет определяться только большой полуосью  $\left(\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}\right)$ , т. е. совпадать с периодом обращения спутника, движущегося по

круговой орбите с радиусом  $2R$ . Этот период легко определить, зная, что  $R = 6371$  км, гравитационный параметр  $GM = 398\,600$  км<sup>3</sup>/с<sup>2</sup>.

$$\text{Итак, } T_0 = \frac{2\pi R}{v}, \quad v = \sqrt{\frac{GM}{R}}. \quad \text{Итого: } T_0 = 14\,300 \text{ с (примерно 4 часа).}$$

Осталось воспользоваться вторым законом Кеплера о равенстве секториальных скоростей. Отношение времени прохождения сектора  $T_1$  к полному периоду  $T_0$  равно отношению площади соответствующего сектора к полной площади эллипса. С вырожденным эллипсом работать неудобно, поэтому пользуемся тем, что при преобразовании подобия пропорции сохраняются, сохраняется и отношение площадей. Проще решать эту задачу на примере круговой орбиты.

Итак,

$$T_1 / T_0 = S_1 / S_0$$

$$S_0 = \pi(2R)^2$$

$$S_1 = 1/3\pi(2R)^2$$

Отсюда следует, что  $T_1 = T_0 / 3$  или 4700 с.

#### **Вопрос 4 (10–11 классы)**

Темная материя – не самый удачный термин, поскольку, когда его слышишь, представляешь себе что-то тяжелое и черное, вроде большого черного «Мерседеса». На самом деле темная материя невидимая, она не только не излучает свет (за что названа темной), но и не поглощает (то есть она прозрачная). Хотя она напрямую не видна, мы знаем из астрономических наблюдений, что темной материи во Вселенной в 3 раза больше, чем обычного вещества, – гравитационное притяжение темной материи действует на обычные, видимые объекты. Никак больше темная материя с обычной не взаимодействует, во всяком случае заметным образом, поэтому обычные тела могут спокойно путешествовать сквозь даже плотные скопления темной материи. Что именно представляет собой это вещество – пока неизвестно, и на этот счет есть много интересных теорий.

Можно выписать уравнения, а можно просто сообразить, что гравитационное взаимодействие такое же, как кулоновское, поэтому это то же, что и движение заряда внутри равномерно заряженного шара. Задача известная, сила направлена к центру и, когда корабль находится на расстоянии  $r$  от центра, определяется притяжением части шара радиуса  $r$ . Масса внутри части шара пропорциональна  $r^3$ , а сила  $1/r^2$ , в итоге сила пропорциональна  $r$  – это аналог закона Гука, то есть корабль будет болтаться внутри, как будто на пружинке, продвигаясь вперед.

*Примечание.* Это уже решает задачу, но при желании можно изучить разные подробности (центральное или нецентральное соударение, движение не только внутри шара, но и вне его, когда вылетит, и т.д.).

*Окончание см. в ЗиВ, 2022, № 3*