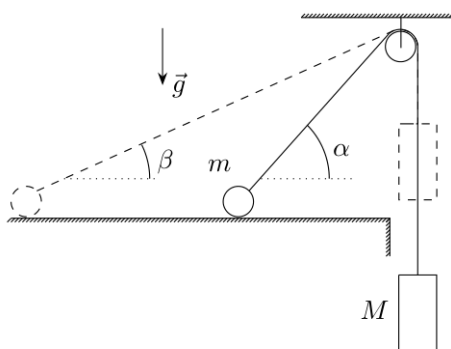


## ВсОШ, 2022/23, заключительный этап, 9 класс, теоретический тур

Всероссийская олимпиада школьников по физике **Условия**

### Задача 1 Отрыв

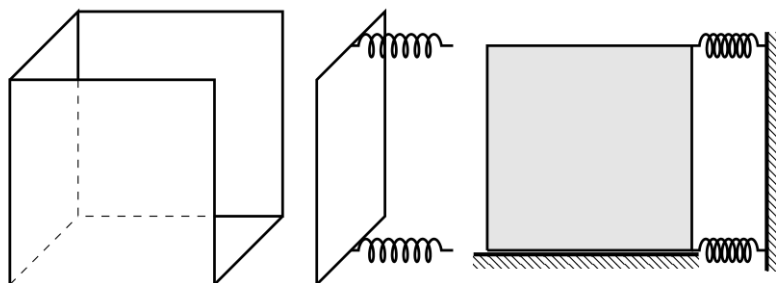
На гладкую горизонтальную поверхность положили маленький шарик массой  $m$ . К нему прикрепили легкую нерастяжимую нить, переброшенную через легкий блок пренебрежимо малого радиуса, на другом конце которой подвесили груз массой  $M$  (см. рис.). Систему отпустили из состояния покоя (изображенного на рисунке пунктирной линией). В некоторый момент времени, когда нить наклонена к горизонту под углом  $\alpha$ , шарик отрывается от поверхности, а ускорение груза в этот момент времени равно нулю. Трение в оси блока отсутствует.



1. Найдите отношение  $m/M$ .
2. Найдите  $\sin \beta$  угла нити к горизонту в начальный момент времени.

### Задача 2 Аквариум на пружинах

У кубического тонкостенного аквариума ( $a \times a \times a$ ) разбилась боковая стенка. Новую стенку ( $a \times a$ ) решили прижать пружинными фиксаторами. Первую пружину жесткостью  $2k$  закрепили у середины верхнего ребра новой стенки, а вторую пружину жесткостью  $k$  — у середины нижнего ребра. После этого аквариум придвинули к вертикальной стене (см. рис.).



Все поверхности в местах контакта новой стенки с аквариумом плоские и гладкие. Новая стенка жесткая, полностью перекрывает прилегающие боковые стенки и дно, и параллельна плоскости стены. Сила трения в месте контакта стенки со столом пренебрежимо мала. Длины пружин в недеформированном состоянии одинаковы.

1. Каким должно быть минимальное сжатие пружин, чтобы аквариум можно было наполнить водой плотностью  $\rho$  до краёв?

Во время заполнения аквариум считать неподвижным, а вода не просачивается в местах контакта стенки с аквариумом.

2. Каким станет минимальное сжатие пружин, если их поменять местами?

Ускорение свободного падения  $g$  считать известным.

### Задача 3 Холодильник

В тонкостенном цилиндрическом сосуде внутреннего радиуса  $R$  под поршнем находится столб воды высотой  $h_1$  при температуре  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ . Поршень и дно цилиндра теплоизолированные. Мощность тепловых потерь через боковые стенки пропорциональна площади контакта и разности температур содержимого сосуда и окружающей среды  $N = \alpha \cdot S \Delta t$ , где  $\alpha$  известная константа. Цилиндр вертикально ставят в холодильник, начальная температура в котором равна  $t_1 < 0^\circ\text{C}$ . Далее температуру в холодильнике изменяют так, что поршень цилиндра перемещается с постоянной скоростью. Лёд, образующийся в цилиндре, не мешает свободному движению поршня. Более того, лёд не всплывает над поверхностью воды, а упирается в поршень, будучи полностью погружённым в воду, время от времени отрываясь от стенок сосуда. Удельная теплота плавления льда  $\lambda$ , плотности воды  $\rho_v$ , плотность льда  $\rho_l$ .

1. Определите в какую сторону и с какой скоростью  $v$  перемещается поршень.
2. Найдите в течение какого промежутка времени  $\tau_{\max}$  продолжается такое движение.
3. Установите зависимость температуры  $t$  в холодильнике от времени  $\tau$  в промежутке времени  $[0, \tau_{\max}]$ . Выразите её через  $h_1, t_0, t_1, v, \tau$ .
4. Найдите температуру в момент времени  $\tau_{\max}$ . Выразите через  $t_0, t_1, \rho_v, \rho_l$ .

### Задача 4 Постоянный ток

В упрощённой модели источник постоянного тока состоит из соединённых последовательно идеального источника постоянного напряжения  $U_0$  и резистора с сопротивлением  $r$  (см. рис. 1). При подключении источника постоянного тока в цепь, содержащую резисторы с сопротивлением  $R \ll r$ , можно считать, что сила тока  $I_0 \approx U_0/r$ .

Электрическая цепь представляет собой проволочную сетку, которая состоит из звеньев одинакового сопротивления  $R$ . Три звена заменены на одинаковые источники постоянного тока  $I_0$  (см. рис. 2).

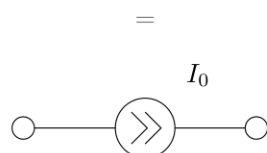
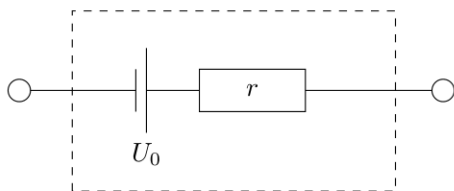


Рис. 1

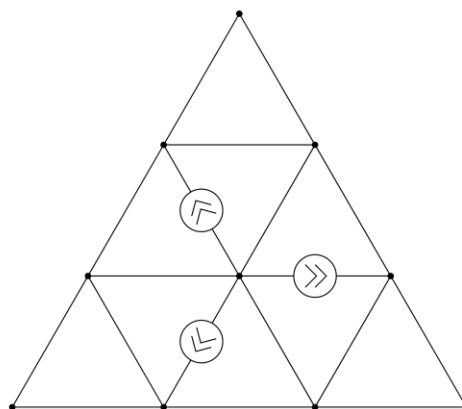
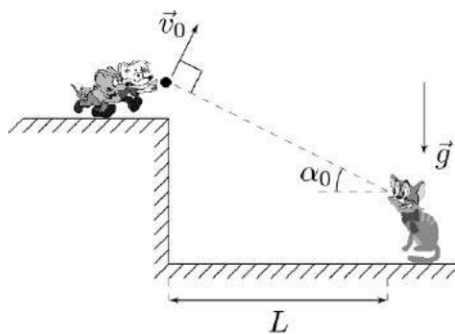


Рис. 2

Найдите, через какие звенья цепи течёт минимальный ток, и чему равна его сила  $I_{\min}$ . Ответ выразите только через  $I_0$ .

### Задача 5 Угловая высота камня

Кот Леопольд стоит на горизонтальной поверхности земли на некотором расстоянии  $L$  от вертикального обрыва скалы. С края обрыва мыши бросают камень таким образом, что вектор начальной скорости камня  $\vec{v}_0$ , модуль которой равен  $v_0 = 10$  м/с, направлен перпендикулярно лучу зрения Леопольда.



Угол между горизонтом и лучом зрения Леопольда, направленным на камень, в момент броска был равен  $\alpha_0 = 25^\circ$ , а через некоторое время  $t_1$  после броска камня достиг максимального значения, равного  $\alpha_1 = 38^\circ$ .

Леопольд и траектория броска находятся в одной вертикальной плоскости, ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.

1. Чему равно время  $t_1$ ?
2. На каком расстоянии  $L$  от скалы находился Леопольд?