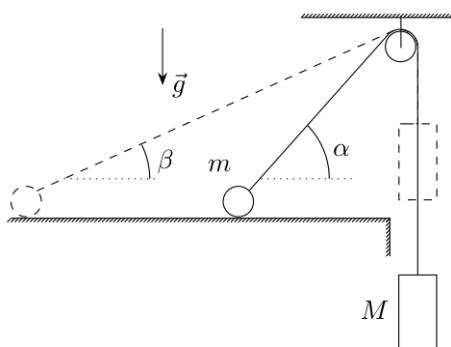


ВсОШ, 2022/23, заключительный этап, 9 класс, теоретический тур

Всероссийская олимпиада школьников по физике [Условия и ответы](#)

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 α , шарик отрывается от поверхности, а ускорение груза в этот момент времени равно нулю. Трение в оси блока отсутствует.



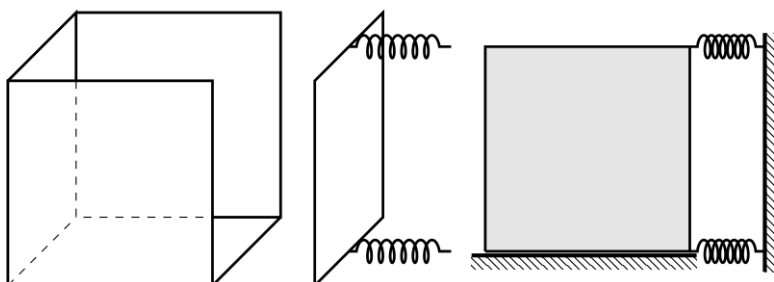
1. Найдите отношение m/M .
2. Найдите $\sin \beta$ угла нити к горизонту в начальный момент времени.

Ответ

$$1) m/M = \sin \alpha; \quad 2) \sin \beta = \frac{2 \sin^4 \alpha}{\sin \alpha + \sin^3 \alpha + \cos^4 \alpha}.$$

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 ρ 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.

Ответ

$$1) \Delta x_{\min} = \frac{\rho g a^3}{3k}; \quad 2) \Delta x_{\min} = \frac{\rho g a^3}{6k}.$$

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 α 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 λ , плотности воды $\rho_{\text{в}}$, плотность льда $\rho_{\text{л}}$.

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 τ в промежутке времени $[0, \tau_{\max}]$. Выразите её через h_1, t_0, t_1, v, τ .
4. Найдите температуру в момент времени $\tau_{\max}$. Выразите через $t_0, t_1, \rho_{\text{в}}, \rho_{\text{л}}$.

Ответ

$$1) \text{вверх}, v = \frac{2\alpha(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{л}})}{\lambda \rho_{\text{в}} \rho_{\text{л}} R} h_1 (t_0 - t_1); \quad 2) \tau_{\max} = \frac{\lambda \rho_{\text{в}} R}{2\alpha(t_0 - t_1)}; \quad 3) t = t_0 - (t_0 - t_1) \frac{h_1}{h_1 + v\tau}; \quad 4) t_{\text{к}} = t_0 - (t_0 - t_1) \frac{\rho_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}}.$$

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).

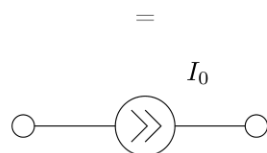
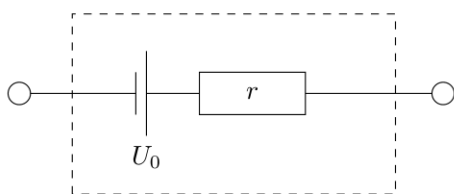


Рис. 1

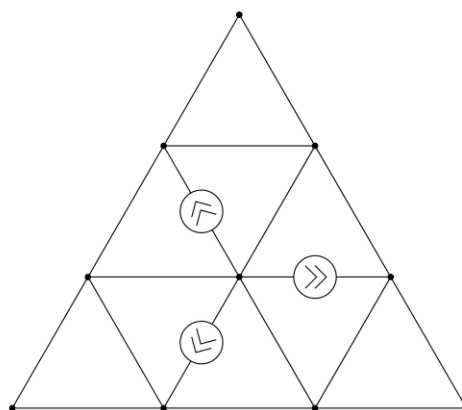


Рис. 2

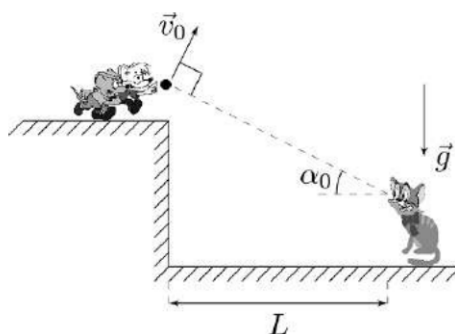
Найдите, через какие звенья цепи течёт минимальный ток, и чему равна его сила $I_{\min}$. Ответ выразите только через I_0 .

Ответ

$I_{\min} = I_0/5$; такой ток течёт через шесть звеньев у вершин большого треугольника — по два звена (стороны большого треугольника), сходящихся в каждой вершине A, B, C (рис. 3).

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/с².

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

Ответ

$$1) t_1 = \frac{v_0 \sin(\pi/2 + \alpha_1 - \alpha_0)}{g \sin(\pi/2 - \alpha_1)} \approx 1,24 \text{ с}; \quad 2) L = \frac{v_0 t_1 (\cos \alpha_0 + \operatorname{tg} \alpha_1 \sin \alpha_0) - g t_1^2 / 2}{\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_0} \approx 24,3 \text{ м.}$$

Источник: Всероссийская олимпиада школьников по физике, 2022/23, заключительный этап, 9 класс, теоретический тур — условия, решения. Задачи перенабраны на botay.pro, решения — по официальным.