

**Решения к заданиям муниципального этапа
Всероссийской олимпиады школьников по физике
2017-18 учебный год
9 класс**

Решение каждой задачи оценивается целым числом баллов от 0 до 10. Жюри Олимпиады оценивает записи, приведенные **только** в чистовике. Черновики не проверяются.

Не допускается снятие баллов за «плохой почерк», за решение задачи нерациональным способом, не в общем виде, или способом, не совпадающим с предложенным методической комиссией. **Правильный ответ, приведенный без обоснования или полученный из неправильных рассуждений, не учитывается.**

Проверка работ осуществляется Жюри Олимпиады согласно стандартной методике оценивания решений:

| Баллы | Правильность (ошибочность) решения |
|-------|--|
| 10 | Полное верное решение |
| 8 | Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение. |
| 5-6 | Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические). |
| 5 | Найдено решение одного из двух возможных случаев. |
| 2-3 | Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение. |
| 0-1 | Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении). |
| 0 | Решение неверное, или отсутствует. |

Все пометки в работе участника члены жюри делают только красными чернилами. Баллы за промежуточные выкладки ставятся около соответствующих мест в работе (это исключает пропуск отдельных пунктов из критериев оценок). Итоговая оценка за задачу ставится в конце решения. Кроме того, член жюри заносит ее в таблицу на первой странице работы и ставит свою подпись под оценкой.

В случае неверного решения необходимо находить и отмечать ошибку, которая к нему привела. Это позволит точнее оценить правильную часть решения и сэкономит время в случае апелляции.

Задача 1. Сосуды, частично заполненные ртутью, над которой находится воздух, сообщаются трубками. Левый верхний сосуд и верхняя трубка открыты в атмосферу. (см. рис. 1) Ртуть по трубкам не перетекает. Найдите давление воздуха в точке А, ответ выразите в мм рт. ст. Определите высоту L столба ртути в верхней трубке. Высота $h = 5$ см. Атмосферное давление $p_0 = 760$ мм рт. ст.

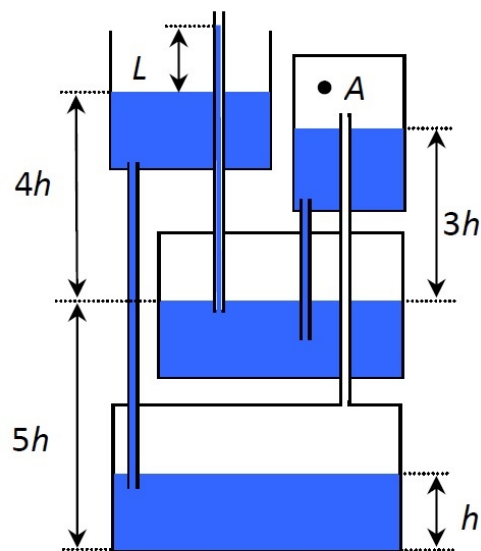


Рис. 1

Возможное решение. Так как жидкость в системе находится в равновесии, можно связать друг с другом гидростатические давления на разных глубинах. Давление воздуха в нижнем сосуде равно давлению на поверхности граничащей

с ним ртути $p_1 = p_0 + 8\rho gh = 1160$ мм. рт. ст. (здесь ρ – плотность ртути). Такое же давление воздуха и в правом верхнем сосуде (то есть в точке А).

На поверхности жидкости в среднем сосуде давление равно:

$p_2 = p_0 + 11\rho gh$, но иначе его можно выразить через высоту L следующим образом: $p_2 = p_0 + \rho g(L + 4h)$. Отсюда:

$$L = 7h = 35 \text{ см}$$

Задача 2. По длинной прямой однородной палочке слева направо со скоростью u ползёт маленькая улитка и катит перед собой лёгкий маленький шарик. Масса улитки m , а палочки M . Концы палочки опираются на две вертикальные пружины, расстояние между которыми L . Жёсткость левой пружины k , а правой $2k$. Длины пружин в недеформированном состоянии одинаковы, а их нижние концы закреплены на одном горизонтальном уровне. В начальный момент улитка находится на левом крае палочки, над левой пружиной (рис. 2). Определите, спустя какое время от начала движения улитки шарик начнёт скатываться по палочке в сторону правой пружины. Можно считать, что жёсткости пружин настолько велики, что угол наклона палочки всегда достаточно мал.

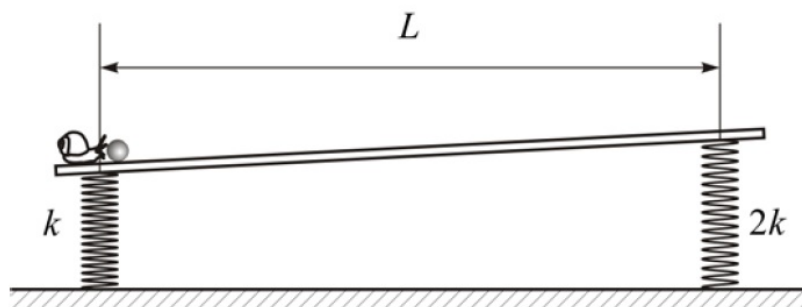


Рис. 2

Возможное решение. Рассмотрим момент времени, когда улитка находится на расстоянии x от начального положения. Пусть в данный момент сила упругости левой пружины равна F_1 , а сила упругости правой пружины равна F_2 (рис. 2а). Тогда сжатие левой пружины равно $\Delta x_1 = \frac{F_1}{k}$

А сжатие правой пружины равно: $\Delta x_2 = \frac{F_2}{2k}$

Сумма сил, действующих на палочку, должна быть равна нулю:

$$F_1 + F_2 = (m + M)g$$

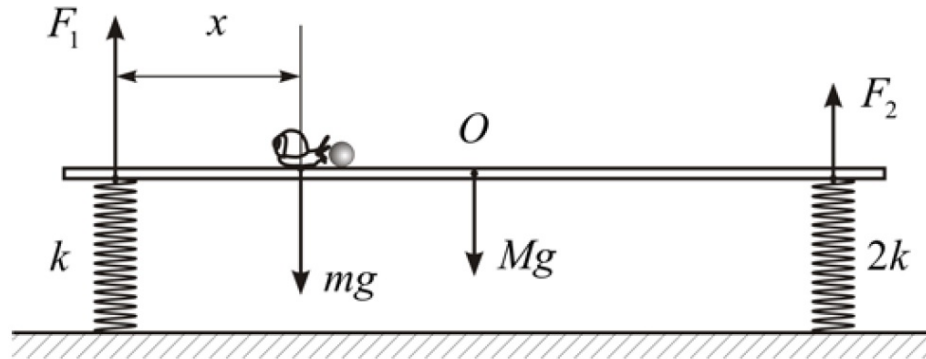


Рис 2а

Запишем уравнение моментов относительно оси O , проходящей через центр масс палочки перпендикулярно плоскости рисунка:

$$F_1 \frac{L}{2} = mg \left(\frac{L}{2} - x \right) + F_2 \frac{L}{2}$$

Как видно из этого уравнения, в начале движения (при небольших x) $F_1 > F_2$, а значит, и $\Delta x_1 > \Delta x_2$, то есть левый конец палочки находится ниже, чем правый. При таком положении палочки шарик стремится скатиться влево, но ему мешает улитка. Но как только правый край станет хоть немного ниже левого, шарик скатится. В критический момент, когда сжатия пружин равны, а палочка горизонтальна: $\Delta x_1 = \Delta x_2 \Rightarrow F_1 = 2F_2$

$F_1 + F_2 = 3F_1 = (m + M)g$, откуда:

$$F_1 = \frac{(m + M)g}{3}$$

Подставив полученное выражение в уравнение моментов, получим:

$$\frac{(m + M)g}{3} \cdot \frac{L}{2} = mg \left(\frac{L}{2} - x \right) + 2 \cdot \frac{(m + M)g}{3} \cdot \frac{L}{2}$$

Откуда:

$$x = \frac{L}{2} + \left(\frac{m+M}{g} \right) \frac{L}{6} = \left(4 + \frac{M}{m} \right) \frac{L}{6}$$

Значит, шарик начнёт скатываться спустя время

$$t = \frac{x}{u} = \left(4 + \frac{M}{m} \right) \frac{L}{6u}$$

Задача 3. В калориметр с водой и льдом погрузили проволоку сопротивлением $R = 800$ Ом и стали пропускать ток силой $I = 1$ А. На графике приведена зависимость температуры T в калориметре от времени t . Определите начальную массу льда m_1 и начальную массу воды в жидком состоянии m_2 . Удельная теплота плавления льда $\lambda = 336$ кДж/кг, удельная теплоёмкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°С).

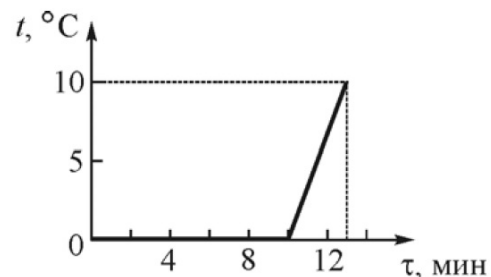


Рис. 3

Возможное решение.

Как следует из графика, за время $\tau_1 = 10$ мин. = 600 с в калориметре плавится лед, а еще за время $\tau_2 = 3$ мин. = 180 с вся вода нагревается от 0 °С до 10 °С, на $\Delta t = 10$ °С. На первом этапе получено количество теплоты λm_1 , на втором этапе – количество теплоты $c(m_1 + m_2)\Delta t$. Поскольку мощность электронагревателя составляет I^2R , составим уравнения: $I^2R\tau_1 = \lambda m_1$ и $I^2R\tau_2 = c(m_1 + m_2)\Delta t$. Следовательно, $m_1 = I^2R\tau_1/\lambda \approx 1,43$ кг и $m_2 = I^2R\tau_2/(c\Delta t) - m_1 \approx 2$ кг.

Ответ: начальная масса льда $m_1 = I^2R\tau_1/\lambda \approx 1,43$ кг, начальная масса воды $m_2 = I^2R\tau_2/(c\Delta t) - m_1 \approx 2$ кг.

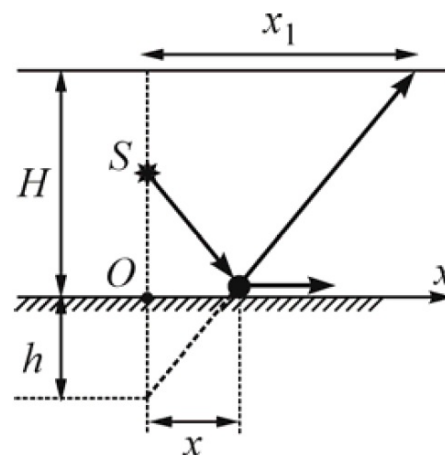
Задача 4. Под настольной лампой, находящейся на высоте $h = 1$ м над поверхностью стола, по столу проложены прямые рельсы (проходящие строго под лампой). По ним со скоростью $v = 1$ м/с катится маленькая тележка с лежащим на ней горизонтально зеркальцем. С какой скоростью u бежит светлое пятнышко по потолку? Высота потолка над поверхностью стола $H = 2$ м.

Возможное решение.

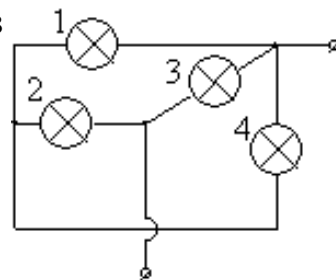
Изобразим ход лучей на рисунке. Координата светлого пятна x_1 связана с координатой тележки x соотношением подобия $x_1 : x = (H + h) : h$. Принимая в качестве начала отсчета времени момент прохождения тележки под лампой, запишем зависимость координаты x тележки от времени t : в силу равномерности движения эта зависимость имеет вид $x = vt$. Отсюда:

$$x_1 = \frac{H + h}{h} vt$$

Следовательно, скорость пятна $u = \frac{x_1}{t} = \frac{H+h}{h} v = 3$ м/с



Задача 5. Схема, изображенная на рисунке, собрана из одинаковых лампочек и подключена к источнику напряжения. Расположите лампочки в порядке возрастания яркости.

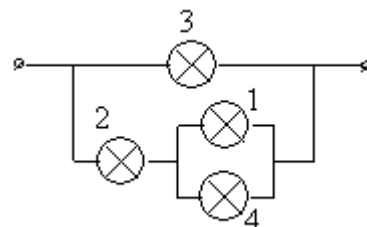


Краткое решение.

Начертим схему, эквивалентную данной в условии.

Лампочка 3 горит ярче остальных, поскольку напряжение на ней равно напряжению источника.

Лампочки 1 и 4 горят одинаково ярко, так как напряжение на них одинаково. Лампочка 2 горит ярче лампочки 1, поскольку через лампочку 2 течет вдвое больший ток.



Ответ: №1 и №4; №2; №3.