

**Второй (заключительный) этап научно-образовательного соревнования**

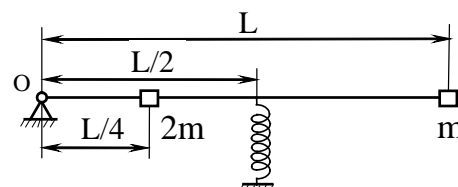
**Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика»**

**Весна, 2016 г.**

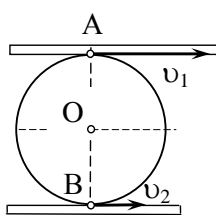
**Вариант № 1.**

**ЗАДАЧА 1.**

Однородный стержень длины  $L$  и массы  $m$  шарнирно закреплён в точке  $O$ . Середина стержня опирается на пружину. На стержне закреплены два маленьких груза массы  $2m$  и  $m$ , положения которых показаны на рисунке. Найдите силу упругости, возникающую в пружине в положении равновесия стержня, если в этом положении стержень расположен горизонтально. Массой пружины и силами трения пренебречь.



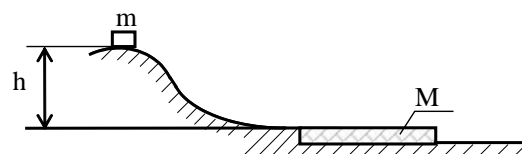
**ЗАДАЧА 2.**



Две параллельные рейки движутся со скоростями  $v_1 = 6 \text{ м/с}$  и  $v_2 = 4 \text{ м/с}$  относительно земли. Между рейками зажат диск, катящийся по рейкам без скольжения. Найдите скорость центра  $O$  диска относительно земли.

**ЗАДАЧА 3.**

Небольшая шайба массы  $m = 1 \text{ кг}$  без начальной скорости соскальзывает с гладкой горки высотой  $h = 1 \text{ м}$  и попадает на доску массы  $M = 4 \text{ кг}$ , лежащую у основания горки на гладкой горизонтальной плоскости. Вследствие трения между шайбой и доской шайба тормозится и, начиная с некоторого момента, движется вместе с доской как единое целое. Найдите путь  $S$ , пройденный шайбой по доске до остановки, если коэффициент трения между шайбой и доской

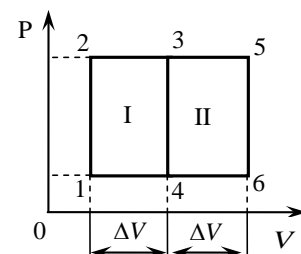


равен  $\mu = \mu_0 \cdot x$ , где  $\mu_0 = 0,1 \frac{1}{\text{м}}$ , а  $x$  – расстояние шайбы от левого края

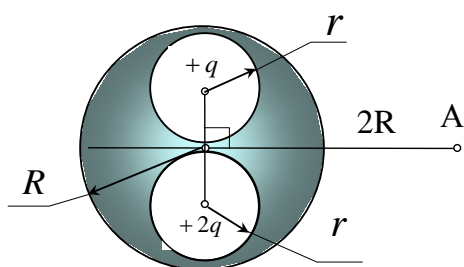
доски.

**ЗАДАЧА 4**

В тепловой машине в качестве рабочего тела используется один моль идеального одноатомного газа. На рисунке представлены циклы 1-2-3-4-1 и 4-3-5-6-4, совершаемые этим газом. Найдите коэффициент полезного действия  $\eta_2$  II цикла, если коэффициент полезного действия I цикла  $\eta_1 = 0,15$ .



### ЗАДАЧА 5.

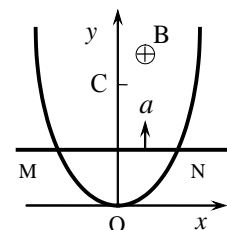


Внутри незаряженного металлического шара радиусом  $R$  имеются две сферические полости радиусами  $r < 0,5R$ , расположенные таким образом, что их поверхности почти соприкасаются в центре шара. В центре одной полости находится положительный заряд  $+q$ , а в центре другой – положительный заряд  $+2q$ . Найдите модуль и направление

вектора напряжённости  $\vec{E}$  электростатического поля в точке  $A$ , находящейся на расстоянии  $2R$  от центра шара на перпендикуляре к отрезку, соединяющему центры полостей.

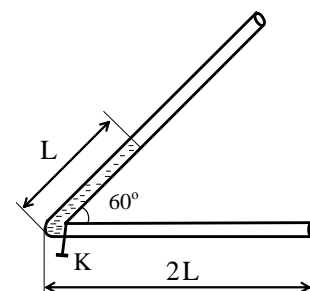
### ЗАДАЧА 6

Проводник, имеющий форму параболы  $y = kx^2$ , расположен в плоскости  $x$   $y$  в постоянном однородном магнитном поле индукции  $B$ , перпендикулярной плоскости  $x$   $y$ . По проводнику из начала координат  $O$  перемещают поступательно вдоль оси  $y$  с постоянным ускорением  $a$  и без начальной скорости перемычку  $MN$ , параллельную оси  $x$ . Найдите ЭДС индукции в образовавшемся контуре при значении координаты перемычки  $y = C$ .



### ЗАДАЧА 7.

Тонкая, открытая с обоих концов трубка, согнутая под углом  $\alpha = 60^\circ$  расположена в вертикальной плоскости. Верхнее колено трубки заполнено на длину  $L$  жидкостью, которая удерживается с помощью клапана  $K$ . Найдите, через какое время  $t$  после открытия клапана, вся жидкость вытечет из горизонтальной части трубки, длина которой равна  $2L$ . Силами трения и поверхностного натяжения пренебречь. При течении жидкость заполняет всё сечение трубки.



## Решение варианта № 1

### ЗАДАЧА 1. (8 баллов)

Ответ:  $T = 4mg$ .

Условие равновесия стержня:  $\sum M_0(F_i) = 0$

### ЗАДАЧА 2. (10 баллов)

Ответ: 
$$v_0 = \left| \frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2} \right| = 5 \text{ м/с}.$$

**З А Д А Ч А 3.** (10 баллов)

Ответ: 
$$S = \sqrt{\frac{2h}{\mu_0} \frac{M}{m+M}} = 4 \text{ м}.$$

1) В соответствии с законом сохранения энергии

$$\Delta W_{\text{мех}} = A_{\text{мп}}, \text{ где } \Delta W_{\text{мех}} = -mgh \left( \frac{M}{m+M} \right), \text{ а } A_{\text{тр}} = -\frac{1}{2} \mu_0 mg S^2,$$

Из последних двух равенств находим 
$$S = \sqrt{\frac{2h}{\mu_0} \frac{M}{m+M}} = 4 \text{ м}.$$

**З А Д А Ч А 4.** (10 баллов)

Ответ: 
$$\eta_2 = \frac{\eta_1}{1 + \frac{c_V}{R} \eta_1}.$$

Пусть за цикл 1-2-3-4 совершается работа  $A_0$ . Тогда

$$\eta_1 = \frac{A_0}{Q_{123}} = \frac{A_0}{\Delta U_{13} + A_{23}} = \frac{A_0}{c_V(T_3 - T_1) + A_{23}} \quad \eta_2 = \frac{A_0}{Q_{435}} = \frac{A_0}{\Delta U_{45} + A_{35}}$$

$$\Delta U_{45} = c_V(T_5 - T_4).$$

$$T_5 = T_3 + \frac{P_2 \Delta V}{R}; \quad T_4 = T_1 + \frac{P_1 \Delta V}{R}; \quad T_5 - T_4 = (T_3 - T_1) + \frac{A_0}{R}$$

$$\text{Тогда } \eta_2 = \frac{A_0}{c_V(T_3 - T_1) + \frac{c_V}{R} A_0 + A_{23}} = \frac{A_0}{Q_{123} + \frac{c_V}{R} A_0}.$$

Разделив числитель и знаменатель последнего выражения на  $Q_{123}$ , получим

$$\eta_2 = \frac{\eta_1}{1 + \frac{c_V}{R} \eta_1} = \frac{0,15}{1 + \frac{3 \cdot R}{2R} 0,15} = \frac{0,15}{1 + 0,225} \approx 0,12.$$

**З А Д А Ч А 5.** (10 баллов)

Ответ:  $E = \frac{3q}{16\pi\epsilon_0 \cdot R^2}$ . Вектор  $\vec{E}$  направлен от центра шара.

**З А Д А Ч А 6.** (10 баллов)

Ответ:  $E_i = 2BC\sqrt{2\frac{a}{k}}$ .

По закону электромагнитной индукции Фарадея модуль ЭДС индукции, возникающей в контуре,

$$E_i = \frac{d\phi}{dt} = 2B\sqrt{\frac{y}{k}} \cdot \frac{dy}{dt}$$

При движении с постоянным ускорением скорость переключки

$$\frac{dy}{dt} = \sqrt{2ay}, \text{ поэтому } E_i = 2By\sqrt{2\frac{a}{k}}. \text{ При } y = C \text{ } E_i = 2BC\sqrt{2\frac{a}{k}}.$$

**З А Д А Ч А 7.** (12 баллов.)

Ответ:  $t = \sqrt{\frac{2L}{g\sqrt{3}}} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2\right)$ .

Так как сила, приводящая в движение жидкость линейно зависит от координаты, то:

$\ddot{x} + \frac{g \sin \alpha}{L} x = 0$  И так, вытекание жидкости удовлетворяет уравнению гармонических

колебаний с периодом  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g \sin \alpha}}$ .

Время вытекания жидкости из наполненной наклонной части трубки  $t_1 = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{L}{g \sin \alpha}}$ .

Время движения жидкости по горизонтальному участку трубки ,

$$t_2 = \frac{2L}{\sqrt{gL \sin \alpha}}$$

Вся жидкость вытекает из трубки через время

$$t = t_1 + t_2 = \sqrt{\frac{2L}{g\sqrt{3}}} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2\right)$$