

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

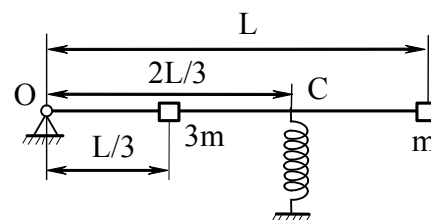
**Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика»**

**Весна, 2016 г.**

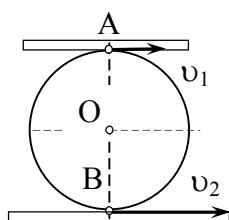
**Вариант № 2.**

**ЗАДАЧА 1.**

Однородный стержень длины  $L$  и массы  $m$  шарнирно закреплён в точке  $O$ . В точке  $C$ , отстоящей на  $2L/3$  от оси  $O$ , стержень опирается на пружину. На стержне закреплены два маленьких груза, массы которых  $3m$  и  $m$ , а их положения показаны на рисунке. Найдите силу упругости, возникающую в пружине в положении равновесия стержня, когда он неподвижен и расположен горизонтально. Массой пружины и силами трения пренебречь.



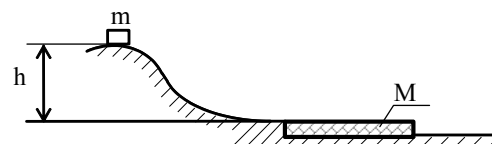
**ЗАДАЧА 2.**



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

**ЗАДАЧА 3.**

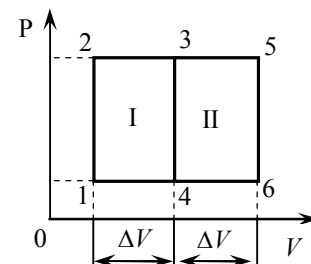
Небольшая шайба массы  $m = 1 \text{ кг}$  без начальной скорости соскальзывает с гладкой горки высотой  $h = 0,6 \text{ м}$  и попадает на доску массы  $M = 5 \text{ кг}$ , лежащую у основания



горки на гладкой горизонтальной плоскости. Вследствие рения 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.

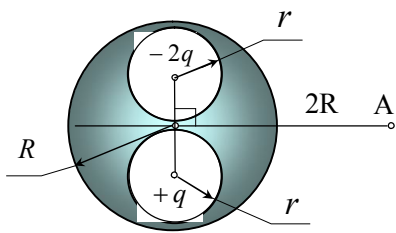
**ЗАДАЧА 4**

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 отношение коэффициентов



полезного действия I и II циклов  $\alpha = \frac{\eta_1}{\eta_2} = 1,23$ .

**ЗАДАЧА 5.**

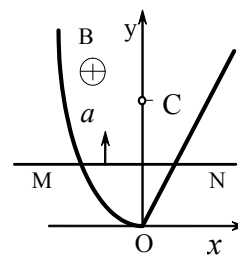


Внутри незаряженного металлического шара радиусом  $R$  имеются две сферические полости радиусами  $r < 0,5 \cdot R$ , расположенные таким образом, что их поверхности почти соприкасаются в центре шара. В центре одной полости поместили отрицательный заряд  $-2q$ , а затем в центре другой – положительный заряд  $+q$ . 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.

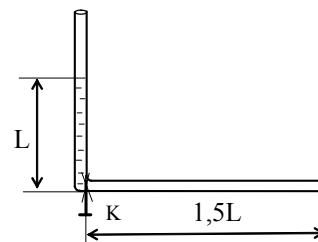
### ЗАДАЧА 6.

Проводник, состоящий из прямолинейного участка ( $y = bx$ ) и ветви параболы ( $y = kx^2$ ), расположен в плоскости  $x y$  в постоянном однородном магнитном поле индукции  $B$ , перпендикулярной плоскости  $x y$ . Из точки  $O$  вдоль оси  $y$  перемещают поступательно, с постоянным ускорением  $a$  и без начальной скорости перемычку  $MN$ , расположенную параллельно оси  $x$ . Найдите ЭДС индукции в образовавшемся контуре при значении координаты перемычки  $y = C$ .



### ЗАДАЧА 7.

Вертикальная часть тонкой открытой с обоих концов L-образной трубки заполнена на длину  $L$  жидкостью и удерживается с помощью клапана  $K$ . Найдите, через какое время  $t$  после открытия клапана, вся жидкость вытечет из горизонтальной части трубки, длина которой равна  $1,5 L$ . Силами трения и поверхностного натяжения пренебречь. При течении жидкость заполняет всё сечение трубки.



## Решение варианта № 2.

### ЗАДАЧА 1. (8 баллов)

Ответ:  $T = 3 \frac{3}{4} mg$ .

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

### ЗАДАЧА 2. (10 баллов)

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

### ЗАДАЧА 3. (10 баллов)

Ответ:  $S = \sqrt{\frac{2h}{\mu_0} \frac{M}{m+M}} = 3,2 \text{ м}.$

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  $S = \sqrt{\frac{2h}{\mu_0} \frac{M}{m+M}} = \sqrt{10} \approx 3,2 \text{ м}.$

**З А Д А Ч А 4.** (10 баллов)

Ответ:  $\eta_2 = \left( \frac{\alpha - 1}{\alpha} \right) \cdot \frac{R}{c_V} = 0,125.$

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

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

$$\Delta U_{45} = c_V(T_5 - T_4). \quad T_5 - T_4 = T_3 - T_1 + \frac{(P_2 - P_1)\Delta V}{R} = (T_3 - T_1) + \frac{A_0}{R}$$

Изменение внутренней энергии на интервале 4 – 3 - 5 равно

$$\Delta U_{45} = c_V(T_3 - T_1) + \frac{c_V}{R} A_0$$

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

$$\eta_2 = \frac{\eta_1}{1 + \frac{c_V}{R} \eta_1}. \text{ Так как } \alpha = \frac{\eta_1}{\eta_2}, \text{ то } \eta_2 = \frac{\alpha \cdot \eta_2}{1 + \frac{c_V}{R} \alpha \cdot \eta_2}. \text{ Откуда } \eta_2 = \left( \frac{\alpha - 1}{\alpha} \right) \cdot \frac{R}{c_V}.$$

Подставляя  $\alpha = 1,23$  и  $c_V = \frac{3}{2}R$ , получим  $\eta_2 = \frac{(1,23 - 1) R \cdot 2}{1,23 \cdot 3 \cdot R} = 0,125.$

**З А Д А Ч А 5.** (10 баллов)

Ответ:  $E = -\frac{q}{16\pi\epsilon_0 \cdot R^2}$ . Вектор  $\vec{E}$  направлен к центру шара.

**З А Д А Ч А 6.** (10 баллов)

Ответ:  $E_i = B\left(\sqrt{\frac{C}{k}} + \frac{C}{b}\right)\sqrt{2aC}$ .

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

$$E_i = \frac{d\Phi}{dt} = B\left(\sqrt{\frac{y}{k}} + \frac{y}{b}\right)\frac{dy}{dt}.$$

При движении с постоянным ускорением ( $a = \text{const}$ ) скорость перемычки

$$\frac{dy}{dt} = \sqrt{2ay}, \text{ поэтому } E_i = B\left(\sqrt{\frac{y}{k}} + \frac{y}{b}\right)\sqrt{2ay}. \text{ При } y = C \ E_i = B\left(\sqrt{\frac{C}{k}} + \frac{C}{b}\right)\sqrt{2aC}.$$

**З А Д А Ч А 7.** (12баллов)

Ответ:  $t = \sqrt{\frac{L}{g}} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 1,5\right)$ .

Так как сила, приводящая в движение жидкость, линейно зависит от координаты, то:  $\ddot{x} + \frac{g}{L}x = 0$

Итак, вытекание жидкости удовлетворяет уравнению гармонических колебаний с периодом

$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ . Время вытекания жидкости из наполненной вертикальной части трубки

$$t_1 = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{L}{g}}$$

Время движения жидкости по горизонтальному участку трубки

$$t_2 = \frac{1,5L}{\sqrt{gL}} = 1,5\sqrt{\frac{L}{g}}.$$

Вся жидкость вытекает из трубки через время

$$t = \sqrt{\frac{L}{g}} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 1,5\right).$$