

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

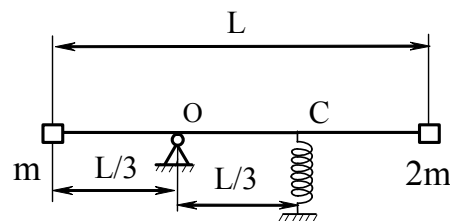
**Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика»**

**Весна, 2016 г.**

**Вариант № 3.**

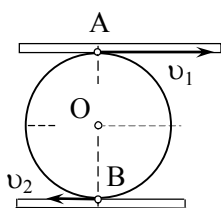
**ЗАДАЧА 1**

Однородный стержень длины  $L$  и массы  $m$  шарнирно закреплён в точке  $O$ . В точке  $C$ , отстоящей на  $L/3$  от оси  $O$ , стержень опирается на пружину. На концах стержня закреплены два маленьких груза массы  $m$  и  $2m$ , положения которых 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.



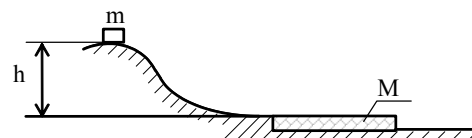
**ЗАДАЧА 2.**

Две параллельные рейки движутся со скоростями  $v_1 = 6 \text{ м/с}$  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.



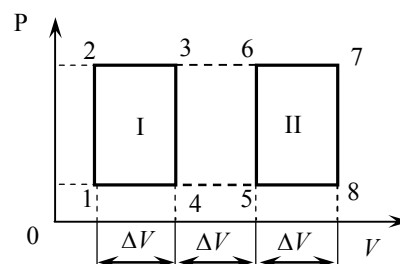
**ЗАДАЧА 3**

Небольшая шайба массы  $m = 2 \text{ кг}$  без начальной скорости соскальзывает с гладкой горки высотой  $h = 1,6 \text{ м}$  и попадает на доску массы  $M = 2 \text{ кг}$ , 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.

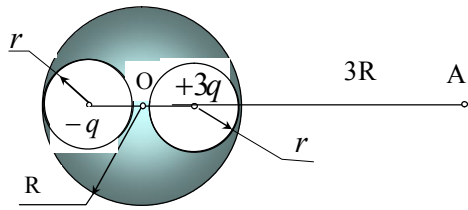


**ЗАДАЧА 4**

В тепловой машине в качестве рабочего тела используется один моль идеального одноатомного газа. На рисунке представлены циклы 1-2-3-4-1 и 5-6-7-8-5, совершаемые этим газом. Найдите коэффициент полезного действия  $\eta_2$  II цикла, если коэффициент полезного действия I цикла  $\eta_1 = 0,15$ .



### ЗАДАЧА 5.

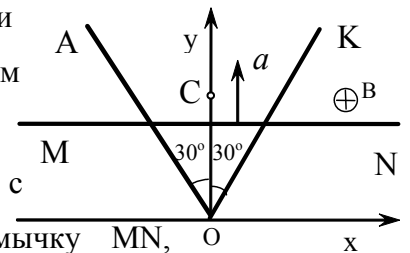


Внутри незаряженного металлического шара радиусом  $R$  имеются две сферические полости радиусами  $r < 0,5R$ , расположенные таким образом, что их поверхности почти соприкасаются в центре  $O$  шара. В центре одной полости поместили отрицательный заряд  $-q$ , а затем в центре другой – положительный заряд  $+3q$ .

Найдите модуль и направление вектора напряжённости  $\vec{E}$  электростатического поля в точке  $A$ , находящейся на расстоянии, равном  $3R$  от центра  $O$  шара на линии, соединяющей центры полостей.

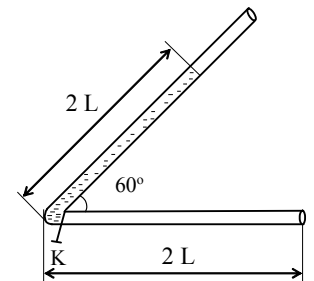
### ЗАДАЧА 6

Проводник  $AOK$ , согнутый под углом  $60^\circ$ , расположен в плоскости  $xy$ , как показано на рисунке, в постоянном однородном магнитном поле индукции  $B$ , перпендикулярной плоскости  $xy$ . 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  $60^\circ$  расположена в вертикальной плоскости. Верхнее колено трубки заполнено на длину  $2L$  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 вариант № 3

#### ЗАДАЧА 1. (8 баллов)

Ответ:  $T = 3,5 mg$ .

Условием равновесия стержня  $\sum M_0(F_i) = 0$ .

#### ЗАДАЧА 2. (10 баллов)

Ответ: 
$$v_0 = \left| \frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2} \right| = 1 \text{ м/с}.$$

**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: 
$$\eta_2 = \frac{\eta_1}{1+3\eta_1} \approx 0,1.$$

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

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

$$\eta_2 = \frac{A_0}{Q_{567}} = \frac{A_0}{\Delta U_{57} + A_{67}}. \quad (1)$$

$$T_7 = T_3 + \frac{P_2 \cdot 2\Delta V}{R}; \quad T_5 = T_1 + \frac{P_1 \cdot 2\Delta V}{R};$$

$$T_7 - T_5 = (T_3 - T_1) + \frac{2A_0}{R}.$$

Изменение внутренней энергии на интервале 5 – 6 - 7 равно

$$\Delta U_{57} = c_V(T_3 - T_1) + \frac{2c_V}{R} A_0$$

Тогда 
$$\eta_2 = \frac{A_0}{c_V(T_3 - T_1) + \frac{2c_V}{R} A_0 + A_{23}} = \frac{A_0}{Q_{123} + \frac{2c_V}{R} A_0}.$$

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

$$\eta_2 = \frac{\eta_1}{1 + \frac{2c_V}{R}\eta_1} = \frac{0,15}{1 + 2 \frac{3 \cdot R}{2R} 0,15} = \frac{0,15}{1 + 0,45} \approx 0,1. \quad \eta_2 = \frac{\eta_1}{1 + 3\eta_1} \approx 0,1.$$

**З А Д А Ч А 5.** (10 баллов)

Ответ:  $E = \frac{q}{18 \pi \epsilon_0 R^2}$ . Вектор  $\vec{E}$  направлен от центра шара.

**З А Д А Ч А 6.** (10 баллов)

Ответ:  $E_i = \frac{2}{3} BC \sqrt{6aC}$ .

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

$$E_i = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{2}{\sqrt{3}} By \cdot \frac{dy}{dt}.$$

При движении с постоянным ускорением скорость перемычки

$$\frac{dy}{dt} = \sqrt{2ay}, \text{ поэтому } E_i = \frac{2}{\sqrt{3}} By \sqrt{2ay} = \frac{2\sqrt{3}}{3} By \sqrt{2ay}.$$

$$\text{При } y = C \quad E_i = \frac{2\sqrt{3}}{3} BC \sqrt{2aC} = \frac{2}{3} BC \sqrt{6aC}.$$

**З А Д А Ч А 7.** (12 баллов)

Ответ:  $t = 2 \sqrt{\frac{L}{g \sqrt{3}}} \cdot \left( \frac{\pi}{2} + 1 \right)$ .

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

$$\ddot{x} + \frac{g \sin \alpha}{2L} x = 0.$$

Итак, вытекание жидкости удовлетворяет уравнению гармонических колебаний с периодом

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

Время вытекания жидкости из наполненной вертикальной части трубки

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

Время движения жидкости по горизонтальному участку трубки

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

Вся жидкость вытекает из трубки через время

$$t = t_1 + t_2 = 2 \sqrt{\frac{L}{g \sqrt{3}}} \cdot \left( \frac{\pi}{2} + 1 \right), \text{ Окончательно } t = 2 \sqrt{\frac{L}{g \sqrt{3}}} \cdot \left( \frac{\pi}{2} + 1 \right).$$