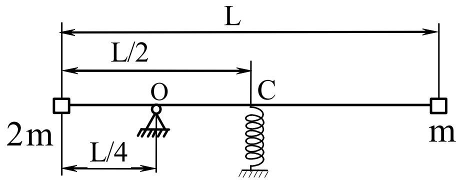
Второй (заключительный) этап научно-образовательного соревнования

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

Весна, 2016 г.

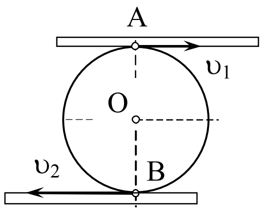
Вариант № 4.

З А Д А Ч А 1



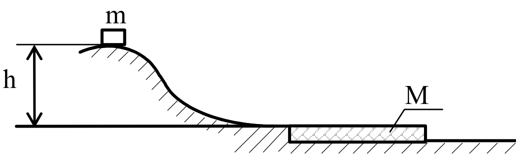
Однородный стержень длины L и массы m шарнирно закреплён в точке O, отстоящей на L/4 от конца стержня. Середина стержня точка C прикреплена к пружине. На концах стержня закреплены два маленьких груза массами 2m и m, как показано на рисунке. Найдите силу упругости, возникающую в пружине в положении равновесия стержня, когда он неподвижен и расположен горизонтально. Массой пружины и силами трения пренебречь.

З А Д А Ч А 2



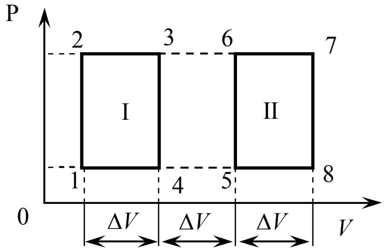
Две параллельные рейки движутся со скоростями $\upsilon_1 = 4\ м/с$ и $\upsilon_2 = 6\ м/с$ относительно земли. Между рейками зажат диск, катящийся по рейкам без скольжения. Найдите скорость центра O диска относительно земли.

З А Д А Ч А 3.



Небольшая шайба массы m = 2 кг без начальной скорости соскальзывает с гладкой горки высотой h =1,2 м и попадает на доску массы M = 4 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 $\mu_0 = 0{,}1\frac{1}{м}$, а x – расстояние шайбы от левого края доски.

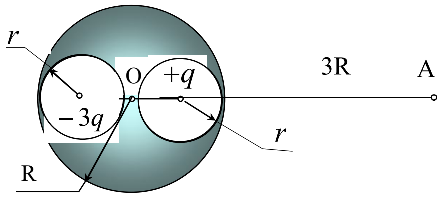
З А Д А Ч А 4



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 η_2 II цикла, если отношение коэффициентов полезного действия I и II циклов $\alpha = \frac{\eta_1}{\eta_2} = 1{,}46$.

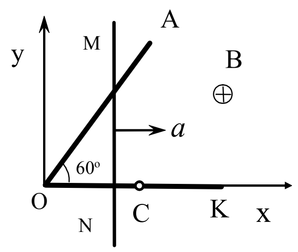
З А Д А Ч А 5.

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 О шара. В центре одной полости поместили заряд отрицательный заряд $-3q$, а затем в центре другой - положительный заряд $+q$. Найдите модуль и направление вектора напряжённости $\vec{E}$ электростатического поля в точке А, находящейся на расстоянии $3R$ от центра О шара на линии, соединяющей центры полостей.



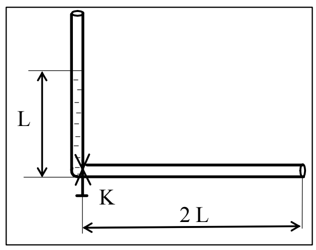
З А Д А Ч А 6

Проводник АОК, согнутый под углом 60^o, расположен в плоскости ху, как показано на рисунке, в постоянном однородном магнитном поле индукции В, перпендикулярной плоскости ху. По проводнику из начала координат О перемещают поступательно вдоль оси х с постоянным ускорением a и без начальной скорости перемычку MN, параллельную оси у. Найдите ЭДС индукции в образовавшемся контуре при значении координаты перемычки х = С.



З А Д А Ч А 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 2L. Силами трения и поверхностного натяжения пренебречь. При течении жидкость заполняет всё сечение трубки.



Решение варианта № 4

З А Д А Ч А 1. (8 баллов)

Ответ: $\boxed{T = 2mg}$.

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

З А Д А Ч А 2. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{\upsilon_0 = \left|\frac{\vec{\upsilon}_1 + \vec{\upsilon}_2}{2}\right| = 1 \ \ м/с}$.

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

1) В соответствии с законом сохранения энергии

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

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

З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{\eta_2=\frac{\alpha-1}{3\alpha}\cdot\approx 0{,}1}$.

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

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

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

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

$$T_7-T_5=T_3-T_1+\frac{2(P_2-P_1)\Delta V}{R}=(T_3-T_1)+\frac{2A_0}{R}.$$

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

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

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

$\eta_2=\dfrac{\eta_1}{1+\dfrac{2c_V}{R}\eta_1}$. Так как $\eta_1=\alpha\cdot\eta_2$, то $\eta_2=\dfrac{\alpha\cdot\eta_2}{1+\dfrac{2c_V}{R}\alpha\cdot\eta_2}$, откуда

$$\eta_2 = \frac{\alpha - 1}{\alpha} \cdot \frac{R}{2c_V} = \frac{\alpha - 1}{\alpha} \cdot \frac{R \cdot 2}{2 \cdot 3R} = \frac{1{,}46 - 1}{1{,}46 \cdot 3} \approx 0{,}1. \quad \eta_2 = \frac{\alpha - 1}{3\alpha} \cdot \approx 0{,}1.$$

З А Д А Ч А 5. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{E = -\dfrac{q}{18\pi\varepsilon_0 R^2}}$ Вектор $\vec{E}$ направлен к центру шара.

З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

Ответ: $\boxed{E_i = BC\sqrt{6aC}}$.

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

$$E_i = \frac{d\Phi}{dt} = \sqrt{3} \cdot Bx \cdot \frac{dx}{dt}.$$

При движении с постоянным ускорением скорость перемычки

$\dfrac{dx}{dt} = \sqrt{2ax}$, поэтому $E_i = \sqrt{3} \cdot Bx \cdot \sqrt{2ax}$. При x = C. $E_i = \sqrt{3} \cdot BC\sqrt{2aC} = BC\sqrt{6aC}$.

З А Д А Ч А 7. (12 баллов)

Ответ**:** $\boxed{\mathrm{t} = \sqrt{\dfrac{\mathrm{L}}{\mathrm{g}}} \cdot \left(\dfrac{\pi}{2} + 2\right)}$.

Так как сила, приводящая в движение жидкость, линейно зависит от координаты, то: $\boxed{\ddot{x} + \dfrac{g}{L}\mathrm{x} = 0}$ Итак, вытекание жидкости удовлетворяет уравнению гармонических колебаний с периодом: $\boxed{\mathrm{T} = 2\pi\sqrt{\dfrac{L}{g}}}$.

Время вытекания жидкости из наполненной вертикальной части трубки $\boxed{\mathrm{t}_1 = \dfrac{\mathrm{T}}{4} = \dfrac{\pi}{2}\sqrt{\dfrac{\mathrm{L}}{\mathrm{g}}}}$.

Время движения жидкости по горизонтальному участку трубки

$\boxed{\mathrm{t}_2 = \dfrac{2\mathrm{L}}{\sqrt{gL}}}$.

Вся жидкость вытекает из трубки через время $\boxed{\mathrm{t} = \mathrm{t}_1 + \mathrm{t}_2 = \sqrt{\dfrac{L}{g}}\left(\dfrac{\pi}{2} + 2\right)}$.

Окончательно $\boxed{t = \sqrt{\frac{L}{g}} \cdot \left(\frac{\pi}{2} + 2 \right)}$.