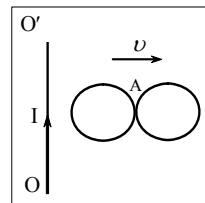


**Первый (отборочный) этап академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по образовательному предмету «физика»,
осень 2015 г.
Вариант №5**

ЗАДАЧА 1.

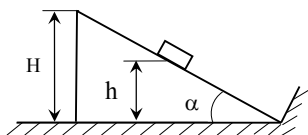
Тело совершает два последовательных, одинаковых по длине перемещения со скоростями $v_1 = 20 \text{ м/с}$ под углом $\alpha_1 = 60^\circ$ к координатной оси x , и со скоростью $v_2 = 40 \text{ м/с}$ под углом $\alpha_2 = 120^\circ$ к тому же направлению. Найдите модуль средней скорости движения тела $|\vec{v}_{CP}|$.



ЗАДАЧА 2.

Проводящий контур, имеющий форму восьмерки, перемещается поступательно в магнитном поле тока, текущего по прямолинейному длинному проводнику. Покажите на рисунке направление результирующей силы Ампера, действующей на контур, если контур удаляется от проводника. Электрический контакт в месте пересечения проводников (в точке А) отсутствует. Ответ поясните.

ЗАДАЧА 3.

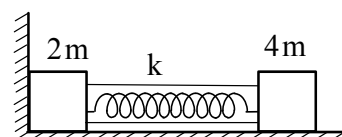


С наклонной плоскости, образующей угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом с высоты $H = 4 \text{ м}$, соскальзывает небольшая шайба. В конце спуска, у основания наклонной плоскости, шайба испытывает абсолютно упругое соударение со стенкой и поднимается вверх по наклонной плоскости на высоту $h =$

$2,4 \text{ м}$. Найдите коэффициент трения μ между шайбой и наклонной плоскостью.

ЗАДАЧА 4.

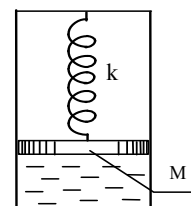
Два бруска, массы которых 2 м и 4 м , соединены пружиной жёсткости k . Левый брусок упирается в стенку. Пружина сжата на величину Δx при помощи двух нитей, которые в некоторый момент пережигают.



Определите скорость центра масс брусков при их дальнейшем движении после пережигания нитей. Силами трения и массой пружины пренебречь

ЗАДАЧА 5

Замкнутый, вертикально расположенный цилиндрический сосуд сечением $S = 20 \text{ см}^2$, разделён поршнем массы $M = 5 \text{ кг}$ на две части. Нижняя часть цилиндра под поршнем целиком заполнена водой при начальной температуре $t_0 = 0^\circ \text{C}$, над поршнем – вакуум. Поршень связан с верхним основанием цилиндра пружиной



жесткости $k = 15 \text{ Н/м}$. Вначале пружина не деформирована. Определите массу m пара под поршнем при нагревании воды до температуры $t = 100^\circ \text{C}$. Трением и массой пружины пренебречь.

ЗАДАЧА 6.

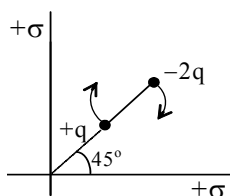
В озеро, имеющее среднюю глубину $h = 10 \text{ м}$ и площадь поверхности $S = 20 \text{ км}^2$, бросили кристаллик поваренной соли массой $m = 0,01 \text{ г}$. Сколько молекул этой соли оказалось бы в напёрстке воды объёмом $V = 2 \text{ см}^3$, зачерпнутой из озера, если полагать, что соль, растворившись, равномерно распределилась во всём объёме воды ?

ЗАДАЧА 7.

Одноатомный идеальный газ участвует в процессе, для которого внутренняя энергия газа пропорциональна квадрату его объема $U = \alpha V^2$, где α – постоянная. Найдите работу A , совершенную газом в таком процессе, если известно количество теплоты Q , сообщенное при этом газу.

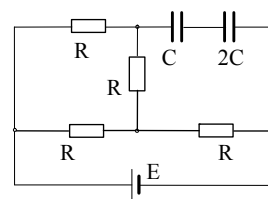
ЗАДАЧА 8.

На рисунке показаны два точечных заряда $-2q$ и $+q$ соединенные изолирующим стержнем длины L , находящиеся в электрическом поле, созданном двумя бесконечными взаимно перпендикулярными равномерно заряженными плоскостями. Поверхностные плотности зарядов плоскостей одинаковы и равны $+\sigma$. Какую работу совершат силы поля при повороте стержня с зарядами вокруг середины стержня на 180° в плоскости рисунка ?

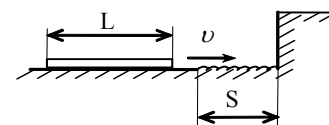


ЗАДАЧА 9.

Конденсаторы емкостей C и $2C$ и резисторы, сопротивления которых равны R , включены в электрическую цепь, как показано на рисунке. Найдите установившийся заряд на конденсаторе C , если ЭДС источника тока равна E , а его внутренним сопротивлением можно пренебречь.



ЗАДАЧА 10. По гладкой горизонтальной плоскости скользит со скоростью $v = 0,5 \text{ м/с}$ тонкий однородный брусок длины $L = 1 \text{ м}$. Брусок наезжает на шероховатый участок плоскости с коэффициентом трения $\mu = 0,1$ и, пройдя расстояние $S = 0,25 \text{ м}$, „ударяется“ о вертикальную стенку.



Определите время движения τ бруска по шероховатой поверхности S до вертикальной стенки. Принять ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

**Решения первого (отборочного) этапа академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по образовательному предмету «физика»,
осень 2015 г.
Вариант № 5**

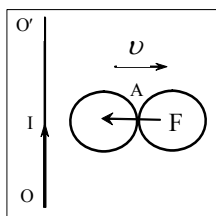
З А Д А Ч А 1. (8 баллов)

Ответ: .

$$|\vec{v}_{CP}| = \frac{40\sqrt{3}}{3} \text{ м/с.}$$

З А Д А Ч А 2. (8 баллов)

Ответ:



З А Д А Ч А 3. (10 баллов)

Ответ: $\mu = 0,14$.

По закону сохранения энергии приращение механической энергии шайбы равно работе сил трения на всём пути шайбы: $mgh - mgH = A_{TP}$ (1), где $A_{TP} = -F_{TP} \cdot S$. Путь S , пройденный

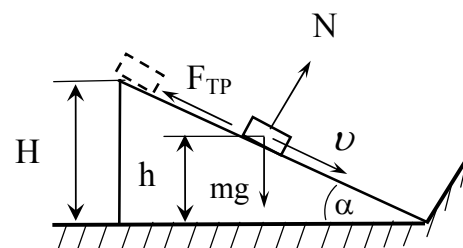
шайбой вдоль наклонной плоскости равен $S = \frac{H}{\sin \alpha} + \frac{h}{\sin \alpha}$. Сила

трения при скольжении $F_{TP} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$. С учётом указанных соотношений выражение (1) запишется:

$$mgh - mgH = -\mu mg \cos \alpha \left(\frac{H + h}{\sin \alpha} \right), \text{ откуда}$$

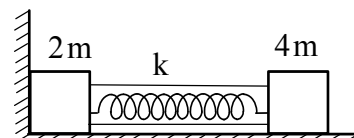
$$\mu = \frac{H - h}{H + h} \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{H - h}{H + h} \operatorname{tg} \alpha.$$

При $\alpha = 30^\circ$, $H = 4$ м; $h = 2,4$ м, $\mu = \frac{4 - 2,4}{4 + 2,4} \operatorname{tg} 30^\circ = \frac{1,6}{6,4} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,14$; $\mu = 0,14$.



З А Д А Ч А 4. (10 баллов)

Ответ: $v_C = \frac{\Delta x}{3} \sqrt{\frac{k}{m}}$.

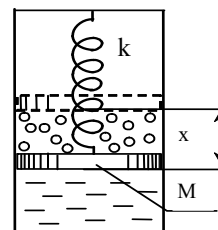


После пережигания нитей максимальная скорость бруска $4m$: $v = \Delta x \cdot \omega = \Delta x \sqrt{\frac{k}{4m}} = \frac{\Delta x}{2} \sqrt{\frac{k}{m}}$.

Скорость центра масс брусков $v_c = \frac{4m \cdot v}{2m + 4m} = \frac{4m \cdot \Delta x}{2m + 4m} \frac{1}{2} \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{\Delta x}{3} \sqrt{\frac{k}{m}}$.

З А Д А Ч А 5. (10 баллов)

Ответ: $m = 11,7 \text{ г}$.



При температуре 0°C давление насыщенных паров воды пренебрежимо мало, и в исходном состоянии системы поршень лежит на поверхности воды— его вес компенсирован реакцией опоры воды. При нагревании до 100°C часть воды испарится, пружина сожмётся под действием силы давления насыщенного пара, равной $p_H S$. Смещение поршня определяет величину деформации пружины x .

Запишем условие равновесия поршня в этом состоянии:

$$p_H S = Mg + kx, \text{ откуда } x = \frac{p_H S - Mg}{k}.$$

Определить массу пара можно, исходя из уравнения состояния идеального газа (уравнения

Клапейрона-Менделеева) $p_H S \cdot x = \frac{m}{\mu} RT$.

Учитывая, что давление насыщенного пара при температуре равно нормальному атмосферному давлению p_0 (условие кипения воды) и что абсолютная термодинамическая температура воды $T = t + 273$, получим

$$m = \frac{p_0 \mu S}{R(t + 273)} \frac{(p_0 S - Mg)}{k} = 11,7 \text{ г}.$$

З А Д А Ч А 6. (10 баллов)

Ответ: $N_1 = 10^6$.

Число молекул в кристаллите соли $N = \frac{m}{\mu} \cdot N_A$ (1)

Объём озера $V = S \cdot h$ (2)

Концентрация молекул соли в воде $n = \frac{N}{V}$; $\mu_{\text{NaCl}} = 0,058$;

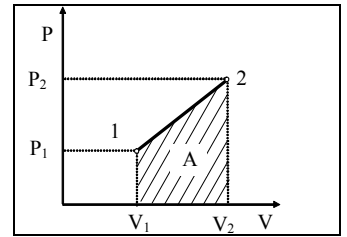
Число молекул соли в объёме воды в напёрстке

$$N_1 = nV_1 = \frac{1 \cdot 10^{-5} \cdot 6 \cdot 10^{23} \cdot 2 \cdot 10^{-6}}{0,058 \cdot 2 \cdot 10^8} \approx 10^6.$$

ЗАДАЧА 7. (10 баллов)

Ответ: $A = \frac{1}{4}Q$.

Внутренняя энергия одноатомного газа $U = \frac{3}{2} \nu RT$. Но $pV = \nu RT$.



Тогда, учитывая данную в условии задачи зависимость внутренней энергии газа от объема

($U = \alpha V^2$), запишем $U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} pV = \alpha V^2$. И

уравнение данного процесса перепишем в виде $p = \frac{2}{3} \alpha V$, то есть в заданном процессе давление

газа линейно зависит от его объема.

Работа, совершаемая газом при его расширении, равна площади под прямой, изображающей процесс на PV -диаграмме.

$$A = \frac{1}{2} (p_1 + p_2)(V_2 - V_1) = \frac{1}{3} \alpha (V_1 + V_2)(V_2 - V_1) = \frac{1}{3} \alpha (V_2^2 - V_1^2) \quad (1)$$

Изменение внутренней энергии $\Delta U = \alpha (V_2^2 - V_1^2)$.

$$Q = \Delta U + A = \alpha (V_2^2 - V_1^2) + \frac{1}{3} \alpha (V_2^2 - V_1^2) = \frac{4}{3} \alpha (V_2^2 - V_1^2). \quad (2)$$

Из (2) $\alpha (V_2^2 - V_1^2) = \frac{3}{4} Q$. Тогда, подставив в (1), получим $A = \frac{1}{4} Q$.

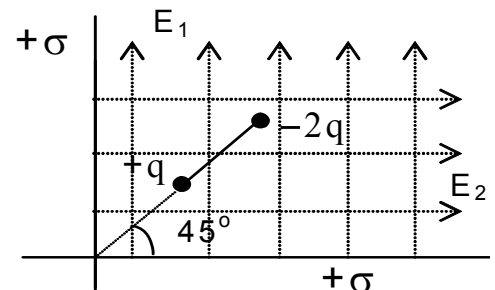
ЗАДАЧА 8. (10 баллов)

Ответ: $A = 3qEL = \frac{3}{2} \sqrt{2} \frac{q\sigma L}{\epsilon_0}$.

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2;$$

$$E = E_1 \sqrt{2} = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \sqrt{2}.$$

$$A = 3qEL = 3qL \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \sqrt{2} = \frac{3}{2} \sqrt{2} \frac{q\sigma L}{\epsilon_0}.$$



ЗАДАЧА 9. (12 баллов)

Ответ: $q = \frac{8}{15} EC$.

$$R_{\text{общ}} = \frac{2}{3}R + R = \frac{5}{3}R;$$

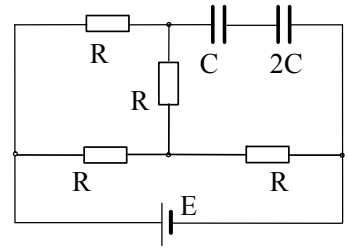
$$I_1 = \frac{E}{R_{\text{общ}}} = \frac{3E}{5R};$$

$$I_2 = \frac{1}{3}I_1 = \frac{E}{5R};$$

$$\varphi_A - \varphi_O = I_2 R + I_1 R = \frac{4}{5} E;$$

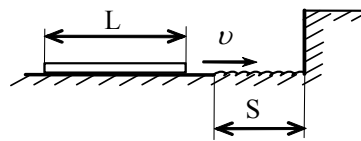
Емкость батареи конденсаторов $C_{\text{БАТ}} = \frac{2}{3} C$.

Следовательно, $q = C_{\text{БАТ}} (\varphi_A - \varphi_o) = \frac{8}{15} EC$.

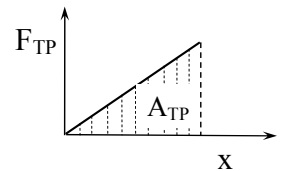


З А Д А Ч А 10. (12 баллов)

Ответ: $\tau = \frac{\pi}{6} \approx 0,52c$.



При движении по шероховатой поверхности на брусок действует переменная сила трения, величина которой равна $F_{\text{ТР}} = \mu \frac{mg}{L} x$, где x – длина части бруска, въехавшей на шероховатую поверхность.



В соответствии со вторым законом Ньютона уравнение движения бруска имеет вид:

$$ma_x = -\mu \frac{mg}{L} x \quad \text{или} \quad a_x + \frac{\mu \cdot g}{L} x = 0 \quad (1)$$

Движение бруска описывается уравнением колебательного движения с циклической частотой

$$\omega = \sqrt{\frac{\mu g}{L}} \quad \text{и амплитудой} \quad A = \frac{v}{\omega} = v \sqrt{\frac{L}{\mu g}}, \quad \text{то есть}$$

$$x = A \sin \omega t = v \sqrt{\frac{L}{\mu g}} \sin \left(\sqrt{\frac{\mu g}{L}} \cdot t \right) \quad (2)$$



Подставив числовые значения в уравнение (2), найдём τ .

$$0,25 = 0,5 \sqrt{\frac{1}{0,1 \cdot 10}} \sin \left(\sqrt{\frac{0,1 \cdot 10}{1}} \cdot \tau \right); \quad 0,25 = 0,5 \sin \tau; \quad \sin \tau = 0,5; \quad \tau = \frac{\pi}{6} \approx 0,52c.$$