

Первый (отборочный) этап академического соревнования

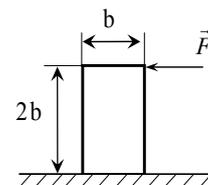
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика»,

Осень 2015 г.

Вариант № 2

ЗАДАЧА 1.

Первую половину времени тело движется со скоростью $v_1 = 40 \text{ м/с}$ под углом $\alpha_1 = 30^\circ$ к координатной оси x , а вторую половину времени – под углом $\alpha_2 = 75^\circ$ к тому же направлению со скоростью $v_2 = 20 \text{ м/с}$. Найдите модуль средней скорости движения тела $|\vec{v}_{CP}|$.

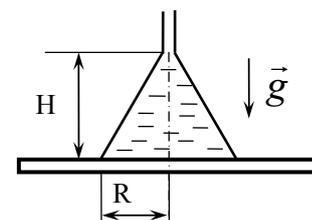


ЗАДАЧА 2.

Какую минимальную горизонтальную силу F нужно приложить к однородному прямоугольному параллелепипеду массой $m = 6 \text{ кг}$ с основанием в форме квадрата со стороной b и высотой $h = 2b$, чтобы его опрокинуть? При каком коэффициенте трения μ между параллелепипедом и столом это возможно?

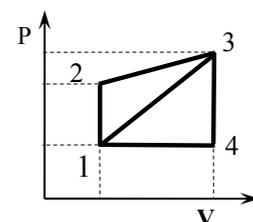
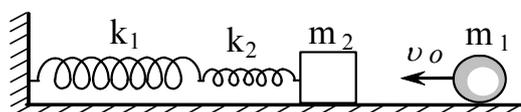
ЗАДАЧА 3.

Тонкостенная коническая воронка массы m плотно лежит на горизонтальном столе. Через отверстие в тонкой трубке в воронку наливают жидкость плотности ρ . Когда жидкость заполнит всю коническую полость воронки, она приподнимает воронку и начинает вытекать из под неё. Определите высоту конической части H , если радиус основания конуса равен R .



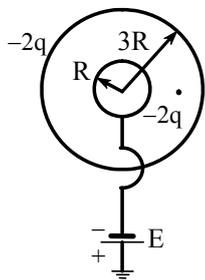
ЗАДАЧА 4.

На гладкой горизонтальной поверхности расположен неподвижный брусок массы $m_2 = 2m$, соединённый с двумя пружинами, как показано на рисунке. Коэффициенты упругости пружин $k_1 = 2k$ и $k_2 = k$. По плоскости движется шарик массы $m_1 = 2m$ и сталкивается с бруском. Скорость шарика v_0 перед ударом направлена вдоль оси пружины. Считая удар абсолютно упругим, определите максимальную энергию упругой деформации пружины k_2 после удара. Силами трения и массами пружин пренебречь.



ЗАДАЧА 5.

На $P - V$ диаграмме изображены 2 цикла тепловой машины, рабочим телом которой является идеальный газ. Определите коэффициент полезного действия цикла 1-2-3-4-1, если КПД цикла 1-2-3-1 равен $\eta_1 = 8,0 \%$, а цикла 1-3-4-1, $\eta_2 = 9,0 \%$,



ЗАДАЧА 6.

В системе, состоящей из двух концентрических проводящих сфер радиусами R и $3R$, внутренняя сфера соединена с землей через источник ЭДС, равной E . Заряд внешней сферы равен $-2q$. На расстоянии $2R$ от центра системы находится точечный заряд $-2q$. Зная величины q , E , R , определите заряд внутренней сферы. Потенциал земли принять равным нулю.

ЗАДАЧА 7.

Горизонтальная платформа совершает гармонические колебания в вертикальном направлении вместе с лежащим на ней грузом. Силы, с которыми груз давит на платформу в крайних нижнем и верхнем положениях, отличаются в $n = 3$ раза. Найдите циклическую частоту колебаний, если их амплитуда равна $A = 5$ см. Принять $g = 10$ м/с².

ЗАДАЧА 8.

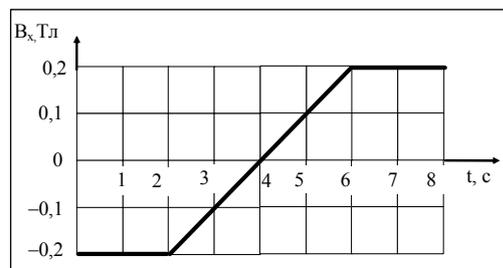
Смешали $V_1 = 1$ м³ воздуха с относительной влажностью $\alpha_1 = 30\%$ и $V_2 = 2$ м³ воздуха с относительной влажностью $\alpha_2 = 20\%$. Обе порции влажного воздуха были взяты при одинаковой температуре. Смесь занимает объем $V = 3$ м³. Определите относительную влажность α получившейся смеси.

ЗАДАЧА 9.

К источнику тока с ЭДС $E = 12$ В подключен реостат, сопротивление которого можно изменять в пределах от 1 Ом до 10 Ом. Максимальная мощность, выделяемая на реостате, $P = 30$ Вт. Чему равно внутреннее сопротивление r источника тока ?

ЗАДАЧА 10.

Тонкое проволочное кольцо площади $S = 100$ см², имеющее сопротивление $R = 0,01$ Ом, помещено в однородное магнитное поле. Изменение проекции вектора магнитной индукции этого поля (B_x) на ось x , перпендикулярную плоскости кольца, от времени представлено на графике. Какое количество теплоты выделится в кольце за интервал времени от $t = 0$ до $t = 8$ с ? Индуктивностью кольца пренебречь.



Первый (отборочный) этап академического соревнования

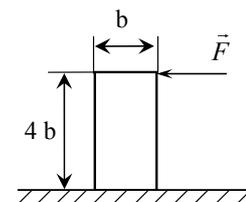
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика»,

Осень 2015 г.

Вариант № 3

ЗАДАЧА 1.

Третью часть всего времени движения тело движется со скоростью $v_1 = 10$ м/с вдоль координатной оси x , оставшееся время движения – под углом $\alpha = 30^\circ$ к той же оси со скоростью $v_2 = 15$ м/с. Найдите модуль средней скорости движения тела $|\bar{v}_{CP}|$.

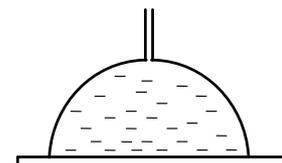


ЗАДАЧА 2.

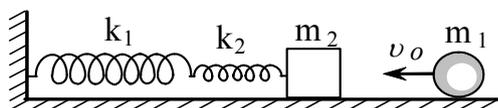
Какую минимальную горизонтальную силу F нужно приложить к однородному прямоугольному параллелепипеду массой $m = 8$ кг с основанием в форме квадрата со стороной b и высотой $h = 4b$, чтобы его опрокинуть? При каком коэффициенте трения μ между параллелепипедом и столом это возможно?

ЗАДАЧА 3.

Тонкостенная полусферическая воронка плотно лежит на горизонтальном столе. Через отверстие в тонкой трубке в воронку наливают жидкость плотности ρ . Когда жидкость заполнит всю сферическую полость воронки, она приподнимает воронку и начинает вытекать из под неё. Определите массу воронки, если радиус её сферической части равен R .



ЗАДАЧА 4.

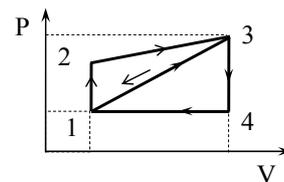


На гладкой горизонтальной поверхности расположен неподвижный брусок массы $m_2 = 4m$, соединённый с двумя пружинами, как показано на рисунке.

Коэффициенты упругости пружин $k_1 = 3k$ и $k_2 = k$. По плоскости движется шарик массы $m_1 = 2m$ и сталкивается с бруском. Скорость шарика v_0 перед ударом направлена вдоль оси пружины. Считая удар абсолютно упругим, определите максимальную энергию упругой деформации пружины k_1 после удара. Силами трения и массами пружин пренебречь.

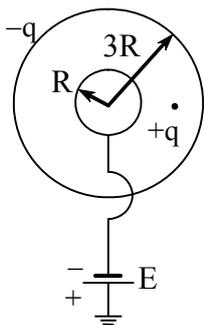
ЗАДАЧА 5.

На $P - V$ диаграмме изображены 2 цикла тепловой машины, рабочим телом которой является идеальный газ. Определите коэффициент полезного действия цикла 1-2-3-4-1, если КПД цикла 1-2-3-1 равен $\eta_1 = 15\%$, а цикла 1-3-4-1, $\eta_2 = 10\%$.



ЗАДАЧА 6.

В системе, состоящей из двух concentric проводящих сфер радиусами R и $3R$, внутренняя сфера соединена с землей через источник ЭДС, равной E . Заряд внешней сферы равен $-q$. На расстоянии $2R$ от центра системы находится точечный заряд $+q$. Зная величины q , E , R , определите заряд внутренней сферы. Потенциал земли принять равным нулю.



ЗАДАЧА 7.

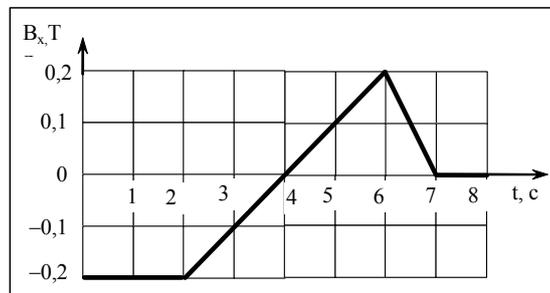
Горизонтальная платформа совершает гармонические колебания в вертикальном направлении вместе с лежащим на ней грузом. Силы, с которыми груз давит на платформу в крайних нижнем и верхнем положениях, отличаются в $n = 4$ раза. Найдите циклическую частоту колебаний, если их амплитуда составляет $A = 6$ см. Принять $g = 10$ м/с².

ЗАДАЧА 8.

Смешали $V_1 = 2$ м³ воздуха с относительной влажностью $\alpha_1 = 30\%$ и $V_2 = 3$ м³ воздуха с относительной влажностью $\alpha_2 = 40\%$. Обе порции влажного воздуха были взяты при одинаковой температуре. Смесь занимает объем $V = 5$ м³. Определите относительную влажность α получившейся смеси.

ЗАДАЧА 9.

К источнику тока с ЭДС $E = 12$ В и внутренним сопротивлением $r = 2$ Ом подключен реостат, сопротивление которого можно изменять в пределах от 1 Ом до 20 Ом. Найдите силу тока в цепи, при которой на реостате выделяется максимальная мощность?



ЗАДАЧА 10.

Тонкое проволочное кольцо площади $S = 100$ см², имеющее сопротивление $R = 0,01$ Ом, помещено в однородное магнитное поле. Изменение проекции вектора магнитной индукции этого поля (B_x) на ось x , перпендикулярную плоскости кольца, от времени представлено на графике. Какое количество теплоты выделится в кольце за интервал времени от $t = 0$ до $t = 8$ с? Индуктивностью кольца пренебречь.

Первый (отборочный) этап академического соревнования

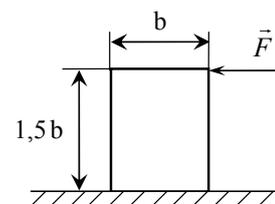
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика»,

Осень 2015 г.

Вариант № 4

ЗАДАЧА 1.

Четвёртую часть всего времени движения тело движется со скоростью $v_1 = 25 \text{ м/с}$ вдоль координатной оси x , оставшееся время движения – под углом $\alpha = 60^\circ$ к той же оси со скоростью $v_2 = 15 \text{ м/с}$. Найдите модуль средней скорости движения тела $|\bar{v}_{CP}|$.

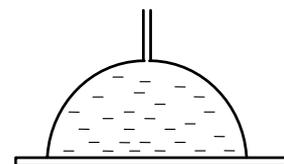


ЗАДАЧА 2.

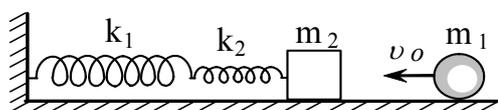
Какую минимальную горизонтальную силу F нужно приложить к однородному прямоугольному параллелепипеду массой $m = 3 \text{ кг}$ с основанием в форме квадрата со стороной b и высотой $h = 1,5 b$, чтобы его опрокинуть? При каком коэффициенте трения μ между параллелепипедом и столом это возможно?

ЗАДАЧА 3.

Тонкостенная полусферическая воронка массы m плотно лежит на горизонтальном столе. Через отверстие в тонкой трубке в воронку наливают жидкость. Когда жидкость заполнит всю сферическую полость воронки, она приподнимает воронку и начинает вытекать из под неё. Определите плотность ρ жидкости, если радиус её сферической части равен R .

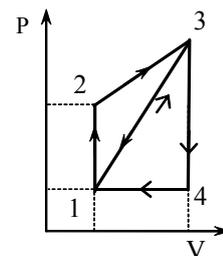


ЗАДАЧА 4.



На гладкой горизонтальной поверхности расположен неподвижный брусок массы $m_2 = 4m$, соединённый с двумя пружинами, как показано на рисунке. Коэффициенты упругости

пружины $k_1 = 3k$ и $k_2 = k$. По плоскости движется шарик массы $m_1 = 2m$ и сталкивается с бруском. Скорость шарика v_0 перед ударом направлена вдоль оси пружины. Считая удар абсолютно упругим, определите максимальную энергию упругой деформации пружины k_1 после удара. Силами трения и массами пружин пренебречь.

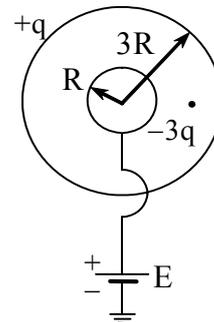


ЗАДАЧА 5.

На $P - V$ диаграмме изображены 2 цикла тепловой машины, рабочим телом которой является идеальный газ. Определите коэффициент полезного действия цикла 1-2-3-4-1, если КПД цикла 1-2-3-1 равен $\eta_1 = 9\%$, а цикла 1-3-4-1, $\eta_2 = 7\%$,

ЗАДАЧА 6.

В системе, состоящей из двух concentric проводящих сфер радиусами R и $3R$, внутренняя сфера соединена с землей через источник ЭДС, равной E . Заряд внешней сферы равен $+q$. На расстоянии $2R$ от центра системы находится точечный заряд $-3q$. Зная величины q , E , R , определите заряд внутренней сферы. Потенциал земли принять равным нулю.



ЗАДАЧА 7.

Горизонтальная платформа совершает гармонические колебания в вертикальном направлении вместе с лежащим на ней грузом. Силы, с которыми груз давит на платформу в крайних нижнем и верхнем положениях, отличаются в $n = 2$ раза. Найдите амплитуду колебаний A , если их частота равна $1,1$ Гц. Принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.

ЗАДАЧА 8.

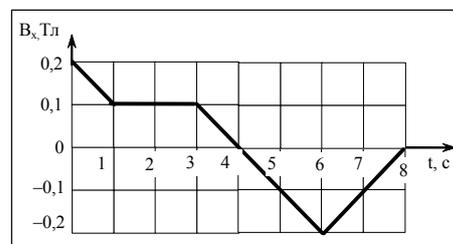
Смешали $V_1 = 3 \text{ м}^3$ воздуха с относительной влажностью $\alpha_1 = 50\%$ и $V_2 = 2 \text{ м}^3$ воздуха с относительной влажностью $\alpha_2 = 30\%$. Обе порции влажного воздуха были взяты при одинаковой температуре. Смесь занимает объем $V = 5 \text{ м}^3$. Определите относительную влажность α получившейся смеси.

ЗАДАЧА 9.

К источнику тока с внутренним сопротивлением $r = 4 \text{ Ом}$ подключен реостат, сопротивление которого можно изменять в пределах от 1 Ом до 10 Ом . Максимальная мощность, выделяемая на реостате, $P = 49 \text{ Вт}$. Чему равна ЭДС источника тока?

ЗАДАЧА 10.

Тонкое проволочное кольцо площади $S = 100 \text{ см}^2$, имеющее сопротивление $R = 0,01 \text{ Ом}$, помещено в однородное магнитное поле. Изменение проекции вектора магнитной индукции этого поля (B_x) на ось x , перпендикулярную плоскости кольца, от времени представлено на графике. Какое количество теплоты выделится в кольце за интервал времени от $t = 0$ до $t = 8 \text{ с}$? Индуктивностью кольца пренебречь



Первый (отборочный) этап академического соревнования

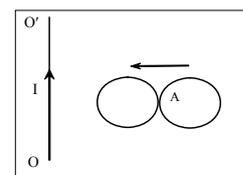
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика»,

Осень 2015 г.

Вариант № 6

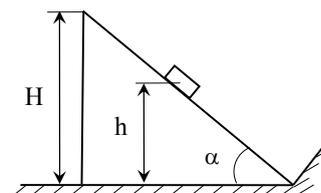
ЗАДАЧА 1.

Тело совершает два последовательных, одинаковых по длине перемещения со скоростями $v_1 = 40 \text{ м/с}$ под углом $\alpha_1 = 30^\circ$ к координатной оси x , и под углом $\alpha_2 = 75^\circ$ к тому же направлению со скоростью $v_2 = 20 \text{ м/с}$. 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 приближается к проводнику. Ответ поясните.



ЗАДАЧА 3.

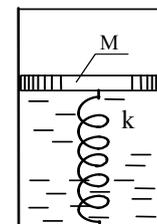
С наклонной плоскости, образующей угол $\alpha = 45^\circ$ с горизонтом, с высоты $H = 2 \text{ м}$ соскальзывает небольшая шайба. В конце спуска, у основания наклонной плоскости, шайба испытывает абсолютно упругое соударение со стенкой и поднимается вверх по наклонной плоскости на высоту $h = 1,2 \text{ м}$. Найдите коэффициент трения μ между шайбой и наклонной плоскостью.

ЗАДАЧА 4.

Небольшая шайба массы $m = 10,0 \text{ г}$ начинает скользить, если её положить на шероховатую поверхность полусферы на высоте $h_1 = 70 \text{ см}$ от горизонтального основания полусферы. Продолжая соскальзывать, шайба отрывается от полусферы на высоте $h_2 = 30 \text{ см}$. Найдите работу сил трения, действующих на шайбу при её соскальзывании.

ЗАДАЧА 5.

Замкнутый, вертикально расположенный цилиндрический сосуд сечением $S = 20 \text{ см}^2$, разделён поршнем массы $M = 1 \text{ кг}$ 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 нижним основанием цилиндра пружиной жесткости $k = 30$



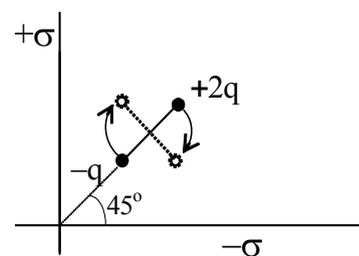
Н/м. Вначале пружина не деформирована. Определите массу m пара под поршнем при нагревании воды до температуры $t = 100^\circ\text{C}$. Трением, массой пружины и её объёмом пренебречь.

ЗАДАЧА 6.

В сосуде объёмом $V = 10$ л находится смесь кислорода и углекислого газа (CO_2). Температура смеси $t = 27^\circ\text{C}$, давление $P = 3 \cdot 10^5$ Па, масса $m = 40$ г. Найдите массу каждого из газов.

ЗАДАЧА 7.

Одноатомный идеальный газ участвует в процессе, для которого внутренняя энергия U газа пропорциональна квадрату его давления $U = \alpha \cdot P^2$, где α - постоянная. Найдите количество теплоты Q , полученное газом в таком процессе, если известна работа A , совершенная газом в этом процессе.

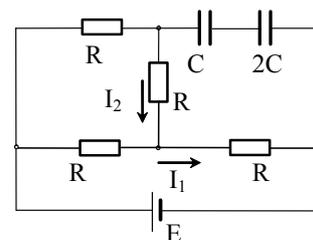


ЗАДАЧА 8.

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 равны $+\sigma$ и $-\sigma$. Какую работу совершат силы поля при повороте стержня с зарядами вокруг середины стержня на 90° по часовой стрелке в плоскости рисунка?

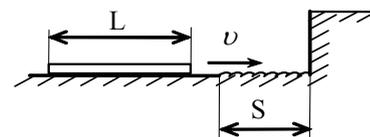
ЗАДАЧА 9.

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



ЗАДАЧА 10.

По гладкой горизонтальной плоскости скользит со скоростью $v = 1$ м/с тонкий однородный брусок длины $L = 1,2$ м. Брусок наезжает на шероховатый участок плоскости с коэффициентом трения $\mu = 0,12$ и, пройдя расстояние $S = 0,5$ м, ударяется о вертикальную стенку. Определите время движения τ бруска по шероховатой поверхности S до вертикальной стенки. Принять ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



Первый (отборочный) этап академического соревнования

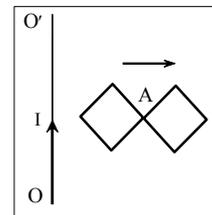
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика»,

Осень 2015 г.

Вариант № 7

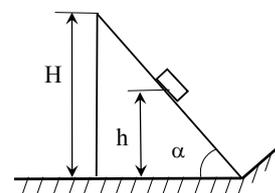
ЗАДАЧА 1.

Тело движется со скоростью $v_1 = 10$ м/с вдоль координатной оси x , а затем под углом $\alpha = 30^\circ$ к той же оси со скоростью $v_2 = 15$ м/с. Перемещение на втором участке в три раза больше, чем на первом. Найдите модуль средней скорости движения тела $|\bar{v}_{CP}|$.



ЗАДАЧА 2.

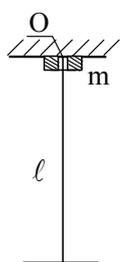
Проводящий контур, имеющий форму восьмерки, перемещается поступательно в магнитном поле тока, текущего по прямолинейному длинному проводнику. Покажите на рисунке направление результирующей силы Ампера, действующей на контур, если контур удаляется от проводника. Электрический контакт в месте пересечения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



ЗАДАЧА 3.

С наклонной плоскости, образующей угол $\alpha = 60^\circ$ с горизонтом с высоты $H = 1$ 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 $h = 0,6$ м. Найдите коэффициент трения μ между шайбой и наклонной плоскостью.

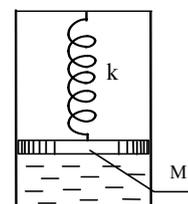
ЗАДАЧА 4.



Гладкая упругая нить длины ℓ и жёсткости k подвешена одним концом к точке O . На нижнем конце имеется невесомый упор. Из точки O начала падать небольшая муфта массы m . Пренебрегая массой шнура, найдите максимальное растяжение нити $\Delta\ell$.

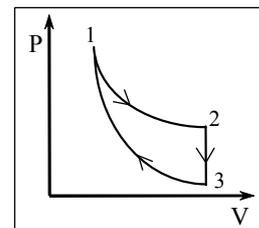
ЗАДАЧА 5

Замкнутый, вертикально расположенный цилиндрический сосуд сечением $S = 20$ см², разделён поршнем на две части. Нижняя часть цилиндра под поршнем целиком заполнена водой при начальной температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$, над поршнем – вакуум.



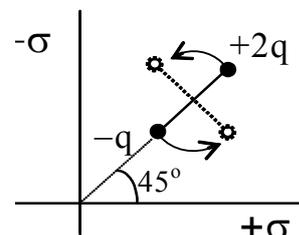
Поршень связан с верхним основанием цилиндра пружиной жесткости $k = 15 \text{ Н/м}$. Вначале пружина не деформирована. При нагревании воды до температуры $t = 100^\circ \text{C}$ под поршнем образовался пар массы $11,7 \text{ г}$. Определите массу M поршня. Трением и массой пружины пренебречь.

ЗАДАЧА 6. В атмосферном воздухе на долю азота приходится 76% массы, а на долю кислорода -24% (если пренебречь ничтожными примесями других газов). Считая атмосферное давление равным P , найдите парциальные давления азота и кислорода.



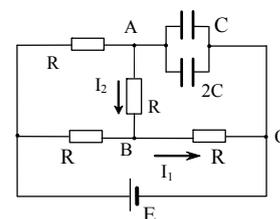
ЗАДАЧА 7.

КПД тепловой машины, рабочим телом которой является одноатомный идеальный газ, работающей по циклу, состоящему из изотермы 1-2, изохоры 2-3 и адиабаты 3-1, равен η , а разность максимальной и минимальной температур газа в цикле равна ΔT . Найдите работу, совершенную одним моль одноатомного идеального газа в изотермическом процессе.



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 равны $+\sigma$ и $-\sigma$. Какую работу совершат силы поля при повороте стержня с зарядами вокруг середины стержня на 90° против часовой стрелки в плоскости рисунка?

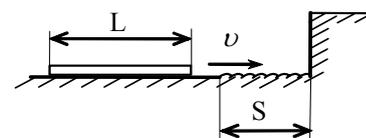


ЗАДАЧА 9.

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

ЗАДАЧА 10.

По гладкой горизонтальной плоскости скользит со скоростью $v = 0,7 \text{ м/с}$ тонкий однородный брусок длины $L = 1,4 \text{ м}$. Брусок наезжает на шероховатый участок плоскости с коэффициентом трения $\mu = 0,14$ и, пройдя расстояние $S = 0,35 \text{ м}$, ударяется о вертикальную стенку.



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

Первый (отборочный) этап академического соревнования

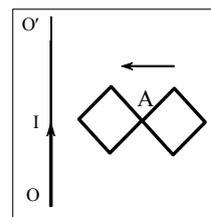
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика»,

Осень 2015 г.

Вариант № 8

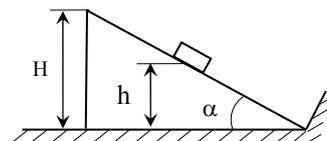
ЗАДАЧА 1.

Тело движется со скоростью $v_1 = 25 \text{ м/с}$ вдоль координатной оси x , а затем под углом $\alpha = 60^\circ$ к той же оси со скоростью $v_2 = 15 \text{ м/с}$. Перемещение на втором участке в два раза больше, чем на первом. Найдите модуль средней скорости движения тела $|\vec{v}_{CP}|$.



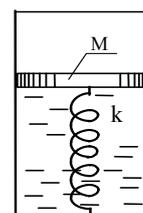
ЗАДАЧА 2.

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 приближается к проводнику. 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 $H = 3 \text{ м}$, 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 $h = 1 \text{ м}$. Найдите коэффициент трения μ между шайбой и наклонной плоскостью.



ЗАДАЧА 4.

Небольшой шарик массы $m = 50 \text{ г}$ прикреплен к концу упругой нити, жесткость которой $k = 63 \text{ Н/м}$. Нить с шариком отвели в горизонтальное положение, не деформируя нити, и осторожно отпустили. Когда нить проходила вертикальное положение, её длина L оказалась равной $1,5 \text{ м}$, а скорость шарика $v = 3 \text{ м/с}$. Найдите силу натяжения нити в этом положении.

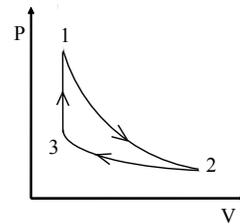
ЗАДАЧА 5

Замкнутый, вертикально расположенный цилиндрический сосуд сечением $S = 20 \text{ см}^2$, разделён поршнем 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 нижним основанием цилиндра пружиной жесткости $k = 30 \text{ Н/м}$. Вначале пружина не

деформирована. При нагревании воды до температуры $t = 100^\circ \text{C}$ под поршнем образовался пар массы 7,4 г. Определите массу M поршня. Трением, массой пружины и её объёмом пренебречь.

ЗАДАЧА 6.

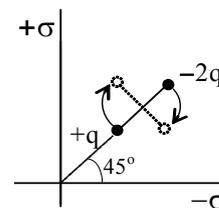
При взрыве атомной бомбы ($M = 1$ кг плутония ^{242}Pu) получается одна радиоактивная частица на каждый атом плутония. Предполагая, что ветры равномерно перемешивают эти частицы во всей атмосфере, подсчитайте число радиоактивных частиц, попадающих в объём $V = 1 \text{ дм}^3$ воздуха у поверхности Земли. Радиус Земли принять равным $R = 6 \cdot 10^6 \text{ м}$.



ЗАДАЧА 7. Найдите КПД тепловой машины, работающей с ν моль одноатомного идеального газа по циклу, состоящему из адиабатного расширения 1–2, изотермического сжатия 2-3 и изохорического процесса 3–1. Работа, совершенная над газом в изотермическом процессе, равна A . Разность максимальной и минимальной температур газа в цикле равна ΔT .

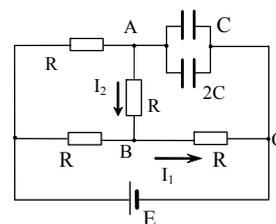
ЗАДАЧА 8.

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 равны $+\sigma$ и $-\sigma$. Какую работу совершат силы поля при повороте стержня с зарядами вокруг середины стержня на 90° по часовой стрелке в плоскости рисунка ?



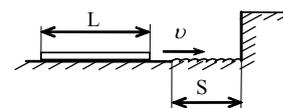
ЗАДАЧА 9.

Конденсаторы ёмкостей 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.

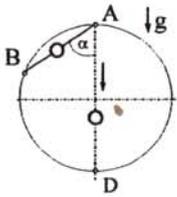


ЗАДАЧА 10.

По гладкой горизонтальной плоскости скользит со скоростью $v = 1,0 \text{ м/с}$ тонкий однородный брусок длины $L = 1,5 \text{ м}$. Брусок наезжает на шероховатый участок плоскости с коэффициентом трения $\mu = 0,15$ и, пройдя расстояние $S = 0,5 \text{ м}$, ударяется о вертикальную стенку. Определите время движения τ бруска по шероховатой поверхности S до вертикальной стенки. Принять ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.



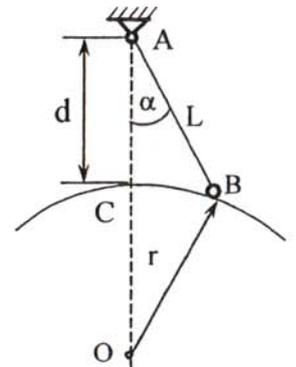
ЗАДАЧА 1.



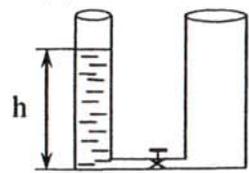
Из верхней точки окружности A одновременно начинают двигаться две одинаковые бусинки. Одна бусинка падает вдоль диаметра AD , другая скользит по абсолютно гладкой спице AB , вписанной в окружность, составляющей угол $\alpha = 60^\circ$ с вертикалью AD , как показано на рисунке. Найдите отношение времени, за которое одна бусинка достигнет точки D , ко времени, за которое другая бусинка достигнет точки B .

ЗАДАЧА 2.

Материальная точка массы m подвешена к неподвижной точке A посредством нити AB и опирается на поверхность гладкой сферы радиуса r . Расстояние от точки A до поверхности сферы $AC = d$; длина нити AB равна L . Центр сферы O расположен на одной вертикали с точкой подвеса A . Определите натяжение T нити. Массой нити и силами трения пренебречь.



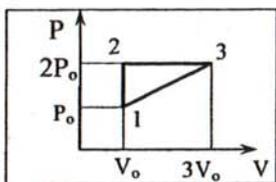
ЗАДАЧА 3.



Два цилиндрических сосуда, имеющих площади оснований S и $2S$, соединены снизу тонкой трубкой с краном. Первоначально сосуд с площадью сечения S заполнен до высоты h жидкостью, масса которой равна m . Какое количество тепла выделится после открытия крана и перехода системы в положение равновесия?

ЗАДАЧА 4.

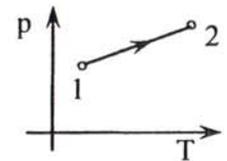
График изменения состояния идеального газа в координатах $p - T$ представляет собой прямую 1–2. Как изменялся объём газа в этом процессе?



Ответ обосновать.

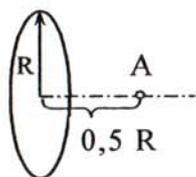
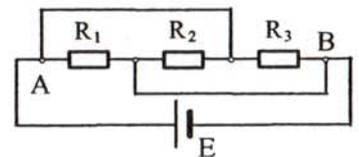
ЗАДАЧА 5.

На $P - V$ диаграмме изображен цикл 1-2-3, проводимый с одноатомным идеальным газом. Определите коэффициент полезного действия этого цикла



ЗАДАЧА 6.

В электрической цепи, изображённой на рисунке, ЭДС источника тока $E = 6$ В. Сопротивления резисторов $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 2$ Ом, $R_3 = 3$ Ом. Пренебрегая внутренним сопротивлением источника тока, определите его мощность N .



ЗАДАЧА 7.

По кольцу радиуса R равномерно распределён заряд q . Определите потенциал ϕ в точке A , находящейся на оси, перпендикулярной плоскости кольца, и отстоящей от центра кольца на расстоянии $h = 0,5 R$.

ЗАДАЧА 8.

Электрон, ускоренный разностью потенциалов $U = 1000$ В, влетает в однородное магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны направлению его движения. Индукция магнитного поля равна $B = 1,19 \cdot 10^{-3}$ Тл. Найдите радиус кривизны траектории электрона.

ЗАДАЧА 9.

Небольшая шайба массы m без начальной скорости соскальзывает с гладкой горки высотой $h = 5$ м и попадает на доску массы $M = 3m$, лежащую у основания горки на гладкой горизонтальной плоскости, как показано на рисунке. Вследствие трения между шайбой и доской шайба останавливается, не достигнув края доски. Определите время скольжения шайбы вдоль доски, если коэффициент трения между шайбой и доской $\mu = 0,3$. Принять ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

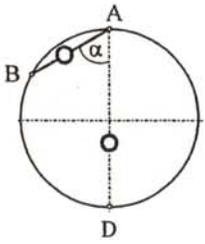


ЗАДАЧА 10.

Две частицы, имеющие массу m и заряд q каждая, летят из бесконечности навстречу друг другу со скоростями $v_1 = 2v$ и $v_2 = 3v$. Определите без учета гравитационного взаимодействия минимальное расстояние r , на которое эти частицы могут сблизиться.

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА № 10

ЗАДАЧА 1. (8 баллов)



Ответ: $\frac{t_1}{t_2} = 1$

Пусть диаметр окружности равен d , т.е. путь, пройденный первой бусинкой $d = \frac{gt^2}{2}$, тогда время свободного падения бусинки до точки D $t_1 = \sqrt{\frac{2d}{g}}$.

Перемещение второй бусинки $AB = d \cos \alpha$, а её ускорение $a = g \cos \alpha$, следовательно, время её движения до точки B $t_2 = \sqrt{\frac{2AB}{a}} = \sqrt{\frac{2d \cos \alpha}{g \cos \alpha}} = \sqrt{\frac{2d}{g}}$; $t_1 = t_2$. Вывод:

бусинки одновременно достигают точек B и D, т.е. $\frac{t_1}{t_2} = 1$.

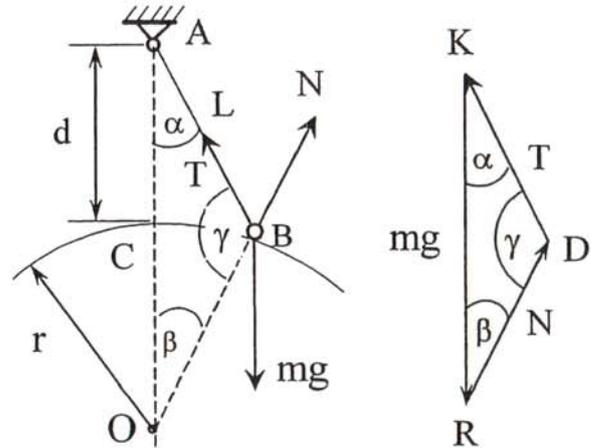
ЗАДАЧА 2. (8 баллов)

Ответ: $T = \frac{L}{d+r} mg$.

Условие равновесия точки: $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{T} = 0$

Из рисунка видно, что треугольники ABO и KDR подобны. Из подобия треугольников следует:

$$\frac{T}{mg} = \frac{L}{d+r}, \text{ откуда, } T = \frac{L}{d+r} mg$$



ЗАДАЧА 3. (10 баллов)

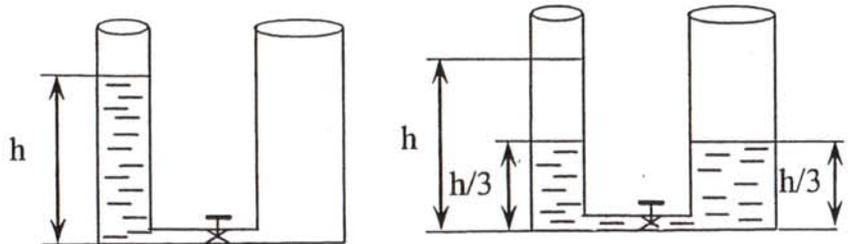
Ответ: $Q = \frac{mgh}{3}$.

Теплота Q равна убыли потенциальной энергии системы $Q = W_1 - W_2$.

После открытия крана высота

жидкости в обоих коленах будет одинаковой и равной $h_1 = \frac{h}{3}$, так как $Sh = Sh_1 + 2Sh_1$.

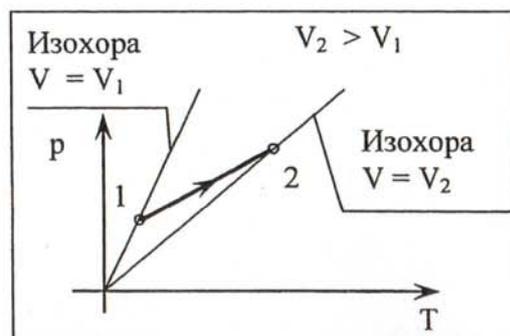
Тогда $W_1 = \frac{mgh}{2}$, $W_2 = \frac{mgh}{6}$, $Q = \frac{mgh}{3}$.



ЗАДАЧА 4. (10баллов)

Ответ: Объем увеличился.

$$pV = \nu RT, \text{ откуда } p = \frac{\nu R}{V} T.$$



ЗАДАЧА 10. (5 баллов)

Ответ: $\eta = \frac{A_{\text{полезн.}}}{Q} = 0,087 = 8,7\%$

Полезная работа газа в прямом цикле пропорциональна площади цикла на графике P-V.

$$A_{\text{полезн.}} = \frac{1}{2} \Delta P \cdot \Delta V = \frac{1}{2} P_0 \cdot 2V_0 = P_0 V_0; \quad P_0 V_0 = \nu R T_0$$

$$Q = Q_{12} + Q_{23} = \Delta U_{12} + Q_{23} = c_v \nu \Delta T_{12} + c_p \nu \Delta T_{23} = \\ = \frac{3}{2} \nu R (2T_0 - T_0) + \frac{5}{2} R \nu (6T_0 - 2T_0)$$

$$Q = \frac{3}{2} \nu R T_0 + 10 \nu R T_0 = 11,5 \nu R T_0$$

Следовательно,

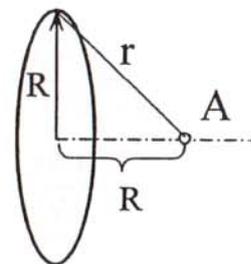
$$\eta = \frac{A_{\text{полезн.}}}{Q} = \frac{\nu R T_0}{11,5 \nu R T_0} = 0,087 = 8,7\%$$

ЗАДАЧА 6. (10 баллов)

Ответ: $\varphi = \frac{q \sqrt{2}}{8 \pi \epsilon_0 R}$

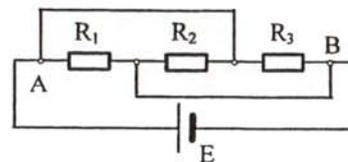
$$\varphi = k \frac{q}{r}; \quad r = R \sqrt{2}$$

$$\varphi = \frac{q}{4 \pi \epsilon_0 R \sqrt{2}} = \frac{q \sqrt{2}}{8 \pi \epsilon_0 R}$$



ЗАДАЧА 7. (10 баллов)

Ответ: $N = \frac{E^2}{R_{\Sigma}} = 66 \text{ Вт}$



Мощность источника тока $N = I \cdot E = \frac{E}{R_{\Sigma}} E = \frac{E^2}{R_{\Sigma}}$

Сопротивление участка АВ $R_{\Sigma} = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3}{1 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 2 \cdot 3} = \frac{6}{11} \text{ Ом}$

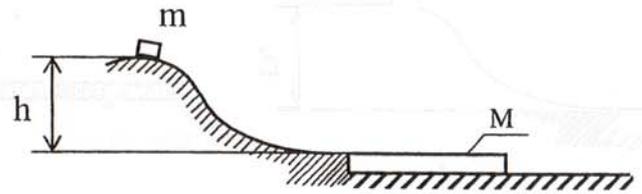
$$N = \frac{E^2}{R_{\Sigma}} = \frac{6^2 \cdot 11}{6} = 66 \text{ Вт}$$

ЗАДАЧА 8. (10 баллов)

Ответ: $R = \frac{m \nu}{e B} = \frac{\sqrt{2 e U m}}{e B} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2 U m}{e}} = 9 \cdot 10^{-2} \text{ м}$

ЗАДАЧА 9. (12 баллов)

Ответ: $\Delta t = \frac{M}{(m+M) \cdot \mu} \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2,5 \text{ с}$.



- 1) В соответствии с законом сохранения энергии

$$mgh = \frac{mv^2}{2},$$

откуда скорость шайбы в конце спуска с горки $v = \sqrt{2gh}$ (1)

- 2) Горизонтальная плоскость гладкая, поэтому в соответствии с законом сохранения импульса

$$mv = (m+M)u, \text{ откуда } u = \frac{m}{m+M}v \quad (2)$$

- 3) В процессе торможения шайбы, доска движется равноускоренно, следовательно,

$$u = a\Delta t \quad (3), \quad \text{где } a = \frac{F_{\text{тр}}}{M} = \frac{\mu mg}{M} \quad (4)$$

$$4) \Delta t = \frac{u}{a} = \frac{mv \cdot M}{(m+M) \cdot \mu mg} = \frac{M}{(m+M)\mu g} \sqrt{2gh} = \frac{M}{(m+M)\mu} \sqrt{\frac{2h}{g}}, \text{ откуда}$$

- 5) Подставив значения $M = 3\text{ м}$, $h = 5\text{ м}$; $\mu = 0,3$, получим

$$\Delta t = \frac{3m}{(m+3m) \cdot \mu} \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} = \frac{3m}{4m \cdot \mu} \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} = \frac{3}{4 \cdot 0,3} \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{10}} = 2,5 \text{ с}.$$

ЗАДАЧА 10. (12 баллов)

Ответ: $r = \frac{q^2}{\pi \epsilon_0 m \cdot 25 v^2}$.

Кинетическая энергия частиц на бесконечности равна потенциальной энергии их электростатического взаимодействия на минимальном расстоянии r плюс кинетической энергии этих частиц при движении со скоростью их центра масс.

$$\frac{m(v_1)^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} = \frac{q^2}{4\pi \epsilon_0 r} + \frac{2m}{2} v_c^2, \quad (1)$$

где v_c - скорость центра масс частиц $v_c = \frac{m v_1 - m v_2}{2m} = \frac{v_1 - v_2}{2}$.

Подставляя выражение для v_c в (1), получим:

$$\frac{m}{2}(v_1^2 + v_2^2) = \frac{q^2}{4\pi \epsilon_0 R} + \frac{2m}{2} \left(\frac{v_1 - v_2}{2} \right)^2 = \frac{q^2}{4\pi \epsilon_0 r} + \frac{m}{4}(v_1 - v_2)^2$$

После преобразований получим

$$\frac{m}{4}(v_1 + v_2)^2 = \frac{q^2}{4\pi \epsilon_0 r}, \text{ отсюда найдём } r = \frac{q^2}{\pi \epsilon_0 m (v_1 + v_2)^2}.$$

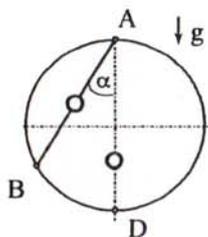
Подставляя значения скоростей $v_1 = 2v$ и $v_2 = 3v$, получим

$$r = \frac{q^2}{\pi \epsilon_0 m (2v + 3v)^2} = \frac{q^2}{\pi \epsilon_0 m \cdot 25 v^2}.$$

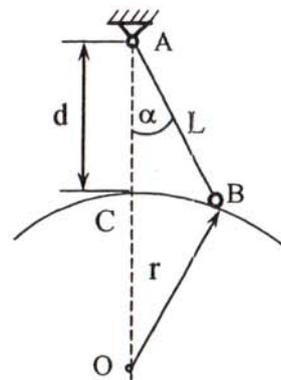
**Первый (отборочный) этап академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика»,
Осень 2015 г.**

Вариант № 11

ЗАДАЧА 1.



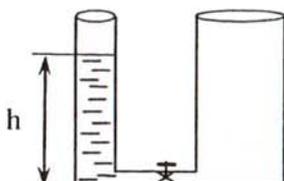
Из верхней точки окружности A одновременно начинают двигаться две одинаковые бусинки. Одна бусинка падает вдоль диаметра AD, другая скользит по абсолютно гладкой спице AB, вписанной в окружность, составляющей угол $\alpha = 30^\circ$ с вертикалью AD, как показано на рисунке. Найдите отношение времени, за которое одна бусинка достигнет точки D, ко времени, за которое другая бусинка достигнет точки B.



ЗАДАЧА 2.

Материальная точка массы m подвешена к неподвижной точке A посредством нити AB и опирается на поверхность гладкой сферы радиуса r . Расстояние от точки A до поверхности сферы $AC = d$; Центр сферы O расположен на одной вертикали с точкой подвеса A. Определите силу реакции N сферы в точке B. Массой нити и силами трения пренебречь.

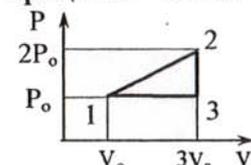
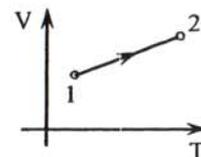
ЗАДАЧА 3.



Два цилиндрических сосуда, имеющих площади оснований S и $4S$, соединены снизу тонкой трубкой с краном. Первоначально сосуд с площадью сечения S заполнен до высоты h жидкостью, масса которой равна m . Какое количество тепла выделится после открытия крана и перехода системы в положение равновесия?

ЗАДАЧА 4.

График изменения состояния идеального газа в координатах $V - T$ представляет собой прямую 1-2. Как изменялось давление газа в этом процессе? Ответ обосновать.

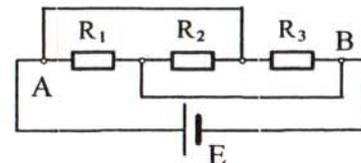


ЗАДАЧА 5.

На $P - V$ диаграмме изображен цикл 1-2-3-1, проводимый с одноатомным идеальным газом. Определите коэффициент полезного действия этого цикла.

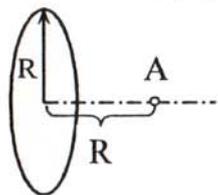
ЗАДАЧА 6.

В электрической цепи, изображенной на рисунке, ЭДС источника тока $E = 6$ В. Сопротивления резисторов $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 2$ Ом, $R_3 = 3$ Ом. Пренебрегая внутренним сопротивлением источника ЭДС, определите мощность тока N на участке AB.



ЗАДАЧА 7.

По кольцу радиуса R равномерно распределён заряд q . Определите потенциал ϕ в точке A, находящейся на оси, перпендикулярной плоскости кольца, и отстоящей от центра кольца на расстоянии $h = R$.



ЗАДАЧА 8.

Электрон влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно силовым линиям. Скорость электрона $v = 4 \cdot 10^7$ м/с. Индукция магнитного поля равна $B = 10^{-3}$ Тл. Чему равно ускорение электрона в магнитном поле?

ЗАДАЧА 9.

Небольшая шайба массы m без начальной скорости соскальзывает с гладкой горки высотой $h = 5$ м и попадает на доску массы $M = 4m$, лежащую у основания горки на гладкой горизонтальной плоскости, как показано на рисунке. Вследствие трения между шайбой и доской шайба останавливается, не достигнув края доски. Определите время скольжения шайбы вдоль доски, если коэффициент трения между шайбой и доской $\mu = 0,4$. Принять ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

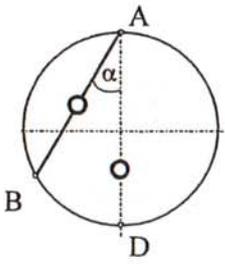


ЗАДАЧА 10.

Две частицы, имеющие массу m и заряд q каждая, летят из бесконечности навстречу друг другу со скоростями $v_1 = 3v$ и $v_2 = 5v$. Определите без учета гравитационного взаимодействия минимальное расстояние r , на которое эти частицы могут сблизиться.

РЕШЕНИЕ ВАРИАНТА № 11

ЗАДАЧА 1. (8 баллов)



Ответ: $\frac{t_1}{t_2} = 1.$

Пусть диаметр окружности равен d , то есть путь, пройденный первой бусинкой $d = \frac{gt^2}{2}$, тогда время свободного падения бусинки до точки D

$$t_1 = \sqrt{\frac{2d}{g}}$$

Перемещение второй бусинки $AB = d \cos \alpha$, а её ускорение

$a = g \cos \alpha$, следовательно, время её движения до точки B $t_2 = \sqrt{\frac{2AB}{a}} = \sqrt{\frac{2d \cos \alpha}{g \cos \alpha}} = \sqrt{\frac{2d}{g}}$.

$t_1 = t_2.$

Вывод: бусинки одновременно достигают точек B и D, то есть $\frac{t_1}{t_2} = 1.$

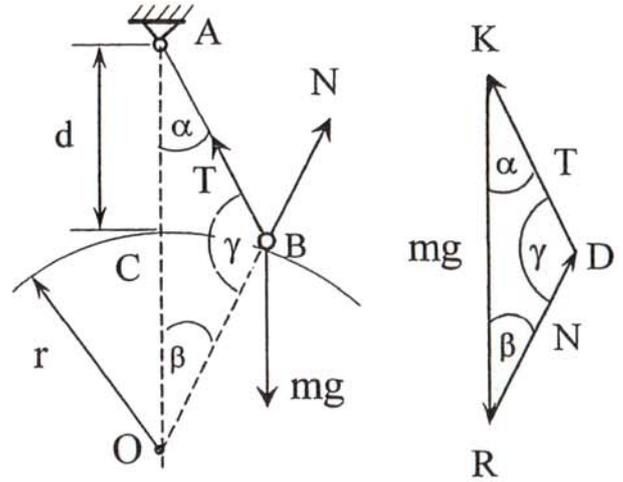
ЗАДАЧА 2. (8 баллов)

Ответ: $N = \frac{r}{d+r} mg$

Условие равновесия точки: $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{T} = 0$

Из рисунка видно, что треугольники ABO и KDR подобны. Из подобия треугольников следует:

$$\frac{N}{mg} = \frac{r}{d+r}, \text{ откуда, } N = \frac{r}{d+r} mg$$



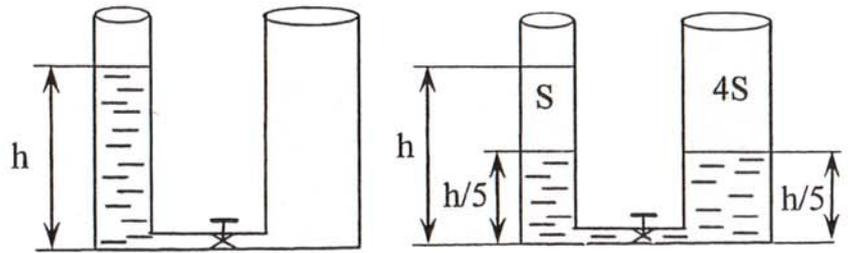
ЗАДАЧА 3. (10 баллов)

Ответ: $Q = \frac{2}{5} mgh.$

Теплота Q равна убыли потенциальной энергии системы

$$Q = W_1 - W_2.$$

После открытия крана высота



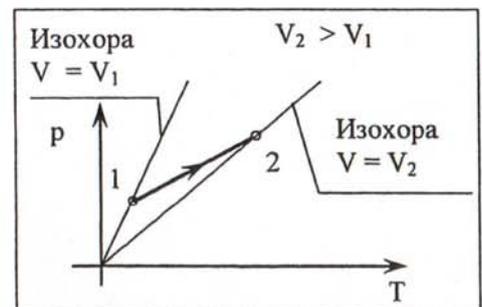
жидкости в обоих коленах будет одинаковой и равной $h_1 = \frac{h}{5}$, так как $Sh = Sh_1 + 4Sh_1$.

Тогда $W_1 = \frac{mgh}{2}$, $W_2 = \frac{mgh}{10}$, $Q = \frac{mgh}{2} - \frac{mgh}{10} = \frac{2}{5} mgh.$

ЗАДАЧА 4. (10 баллов)

Ответ: Давление увеличивалось.

$pV = \nu RT$, откуда $p = \frac{\nu R}{V} T.$



ЗАДАЧА 5. (10 баллов)

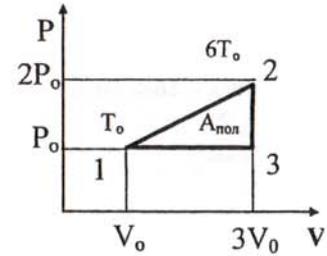
Ответ: $\eta = \frac{A_{\text{полезн}}}{Q} = 0,095 = 9,5\%$

Полезная работа газа в прямом цикле пропорциональна Площади цикла на графике P-V.

$$A_{\text{полезн}} = \frac{1}{2} \Delta P \cdot \Delta V = \frac{1}{2} (2P_0 - P_0) \cdot (3V_0 - V_0) = P_0 V_0 = \nu R T_0;$$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = c_\nu \nu (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} (P_0 + 2P_0)(3V_0 - V_0) = \\ = \frac{3}{2} R \nu (6T_0 - T_0) + \frac{1}{2} 6P_0 V_0 = \frac{15}{2} \nu R T_0 + 3\nu R T_0 = 10,5 \nu R T_0$$

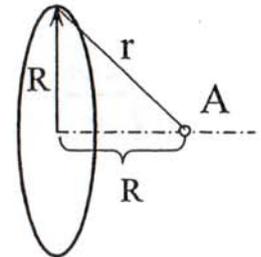
Следовательно $\eta = \frac{A_{\text{полезн}}}{Q} = \frac{\nu R T_0}{10,5 \nu R T_0} = 0,095 = 9,5\%$



ЗАДАЧА 6. (10 баллов)

Ответ: $\varphi = \frac{q \sqrt{2}}{8 \pi \epsilon_0 R}$

$\varphi = k \frac{q}{r}$; $r = R \sqrt{2}$ $\varphi = \frac{q}{4 \pi \epsilon_0 R \sqrt{2}} = \frac{q \sqrt{2}}{8 \pi \epsilon_0 R}$



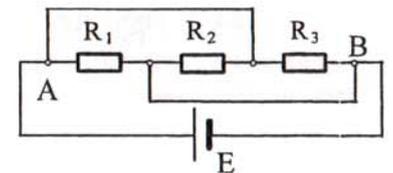
ЗАДАЧА 7. (10 баллов)

Ответ: $N = \frac{E^2}{R_\Sigma} = 66 \text{ Вт}$

Мощность тока на участке АВ $N = I \cdot U = I \cdot E = \frac{E}{R_\Sigma} E = \frac{E^2}{R_\Sigma}$

Сопротивление участка АВ $R_\Sigma = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 3}{1 \cdot 2 + 1 \cdot 3 + 2 \cdot 3} = \frac{6}{11} \text{ Ом}$

$N = \frac{E^2}{R_\Sigma} = \frac{6^2 \cdot 11}{6} = 66 \text{ Вт}$

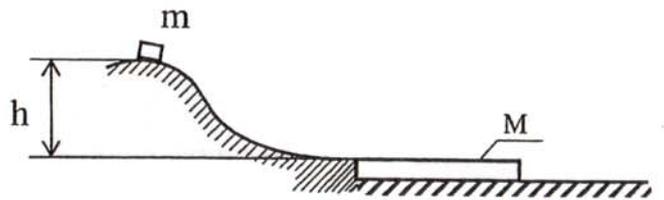


ЗАДАЧА 8. (10 баллов)

Ответ: $a = a_n = \frac{\nu e B}{m} = 7 \cdot 10^{15} \text{ м/с}^2$

ЗАДАЧА 9. (12 баллов)

Ответ: $\Delta t = \frac{M}{(m+M)\mu} \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2 \text{ с}$.



1) В соответствии с законом сохранения энергии

$$mgh = \frac{m v^2}{2},$$

откуда скорость шайбы в конце спуска с горки $v = \sqrt{2gh}$ (1)

2) Горизонтальная плоскость гладкая, поэтому в соответствии с законом сохранения импульса

$$m v = (m + M) u, \text{ откуда } u = \frac{m}{m + M} v \quad (2)$$

3) В процессе торможения шайбы, доска движется равноускоренно, следовательно,

$$u = a \Delta t \quad (3), \quad \text{где } a = \frac{F_{\text{тр}}}{M} = \frac{\mu m g}{M} \quad (4)$$

$$4) \Delta t = \frac{u}{a} = \frac{m v \cdot M}{(m + M) \cdot \mu m g} = \frac{M}{(m + M) \mu g} \sqrt{2gh} = \frac{M}{(m + M) \mu} \sqrt{\frac{2h}{g}}, \text{ откуда}$$

5) Подставив значения $M = 4m$, $h = 5 \text{ м}$; $\mu = 0,4$, получим

$$\Delta t = \frac{4m}{(m + 4m) \cdot \mu} \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} = \frac{4m}{5m \cdot \mu} \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g}} = \frac{4}{5 \cdot 0,4} \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{10}} = 2 \text{ с}.$$

ЗАДАЧА 10. (12 баллов)

Ответ: $r = \frac{q^2}{\pi \epsilon_0 m \cdot 64 v^2}$.

Кинетическая энергия частиц на бесконечности равна потенциальной энергии их электростатического взаимодействия на минимальном расстоянии r плюс кинетической энергии этих частиц при движении со скоростью их центра масс.

$$\frac{m(v_1)^2}{2} + \frac{m v_2^2}{2} = \frac{q^2}{4\pi \epsilon_0 r} + \frac{2m}{2} v_c^2, \quad (1)$$

где v_c - скорость центра масс частиц $v_c = \frac{m v_1 - m v_2}{2m} = \frac{v_1 - v_2}{2}$.

Подставляя выражение для v_c в (1), получим:

$$\frac{m}{2}(v_1^2 + v_2^2) = \frac{q^2}{4\pi \epsilon_0 r} + \frac{2m}{2} \left(\frac{v_1 - v_2}{2} \right)^2 = \frac{q^2}{4\pi \epsilon_0 r} + \frac{m}{4}(v_1 - v_2)^2$$

После преобразований получим

$$\frac{m}{4}(v_1 + v_2)^2 = \frac{q^2}{4\pi \epsilon_0 r}, \text{ отсюда найдём } r = \frac{q^2}{\pi \epsilon_0 m (v_1 + v_2)^2}.$$

Подставляя значения скоростей $v_1 = 3v$ и $v_2 = 5v$, получим

$$r = \frac{q^2}{\pi \epsilon_0 m (3v + 5v)^2} = \frac{q^2}{\pi \epsilon_0 m \cdot 64 v^2}.$$