

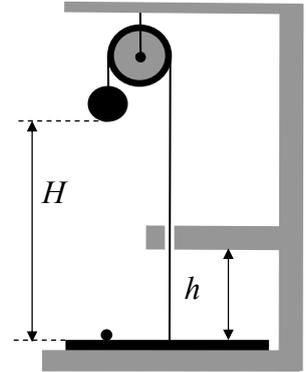


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА  
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика  
2011-2012 учебный год

Вариант I (11 кл).

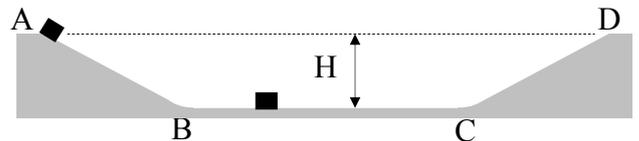
ЗАДАЧА № 1.

На полу лежит тонкий круглый диск массой  $m_1=1,5$  кг. К центру диска прикреплен трос, который перекинут через блок, закрепленный на потолке. К другому концу троса на высоте  $H=360$  см над диском привязан тяжелый шар массой  $m_2=3,5$  кг. Под этим шаром на диске лежит маленький легкий шарик. Трос проходит через отверстие в кронштейне, вмонтированном в стену на высоте  $h=50$  см от пола (см. рисунок). Каким будет натяжение троса ( $T$ ) после того, как шар отпустят? Через какое время ( $t_0$ ) после начала движения диск ударится о кронштейн? На какую высоту над полом ( $h^*$ ) подлетит шарик? До какой минимальной высоты над полом ( $h_{\min}$ ) нужно поднять кронштейн, чтобы маленький шарик смог долететь до большого? Считать, что диск и большой шар мгновенно останавливаются после удара диска о кронштейн.



ЗАДАЧА № 2.

Бетонный желоб глубиной  $H=4$  м имеет в сечении вид равнобедренной трапеции (см. рисунок). Скатывающиеся АВ и CD имеют длину  $L=8,5$  м каждый, которая ничтожно мала по сравнению с шириной дна BC. Между скатами и дном обеспечены плавные гладкие переходы. Маленький ящик массой  $m_1=2$  кг устанавливают на краю желоба в точке «А» и отпускают. На дне в центре желоба стоит еще один ящик массой  $m_2=1$  кг (см. рисунок). Дно BC и скат CD покрыты льдом и являются гладкими поверхностями. Коэффициент трения между поверхностью АВ и ящиками  $\mu=1/2$ . С какой скоростью ( $V_0$ ) первый ящик ударится о второй? С какими скоростями ( $V_1$  и, соответственно,  $V_2$ ) будут двигаться ящики после их абсолютно упругого столкновения? На какую высоту от дна ( $h_2$ ) поднимется второй ящик по склону CD? Какой окажется скорость ящиков ( $V^*$ ) после их второго столкновения, если оно будет абсолютно неупругим?



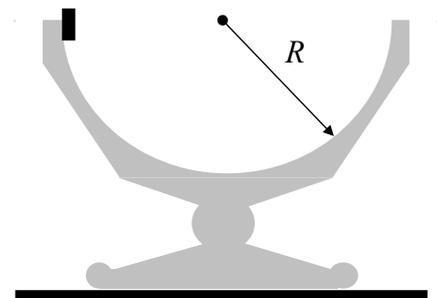
ЗАДАЧА № 3.

В центре большого гладкого стола стоит стеклянная чаша массой  $M$ . Ее внутренняя поверхность представляет собой гладкую полусферу радиусом  $R$ . К внутреннему краю чаши плашмя прижимают монету массой  $m$  (см. рисунок) и отпускают.

Определить следующие параметры в момент прохождения монетой нижней точки чаши:

- скорость монеты ( $v$ ) и чаши ( $V$ ) относительно стола;
- величину смещения чаши ( $\Delta x$ ) относительно стола;
- силу давления ( $N$ ) монеты на чашу.

Дать ответ в общем виде и отдельно для случая  $R=24$  см,  $M=200$  г,  $m=40$  г. Размерами монеты пренебречь.



ЗАДАЧА № 4.

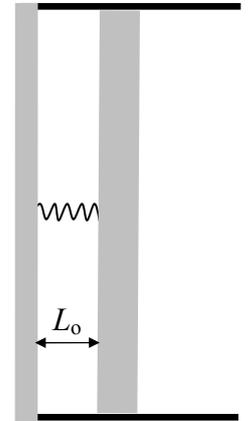
В цилиндре под поршнем находится смесь воздуха и водяного пара при температуре  $T=100^\circ\text{C}$  и давлении  $P_1=1$  атм. После изотермического сжатия смеси в 3 раза давление в цилиндре оказалось равным  $P_2=2,8$  атм. Определить парциальное давления пара ( $P_n$ ) и его плотность ( $\rho_n$ ) в исходном состоянии. Считать, что воздух и водяной пар описываются уравнением Клапейрона-Менделеева.

**ЗАДАЧА № 5.**

Цикл тепловой машины на одноатомном газе имеет на  $PV$ -диаграмме вид треугольника с вершинами в точках  $(P_1; V_1)$ ,  $(5P_1; V_1)$ ,  $(5P_1; 5V_1)$ . Найти КПД ( $\eta$ ) тепловой машины. Изобразить цикл на всех трех ( $PV$ ,  $PT$  и  $VT$ ) диаграммах.

**ЗАДАЧА № 6.**

Открытый с одного конца горизонтальный цилиндр имеет внутренний радиус  $R$ . Гладкий (скользит без трения) поршень прикреплен ко дну цилиндра пружиной. Стенки цилиндра и пружина – диэлектрики, а дно и поршень – проводники. По обе стороны поршня вакуум, пружина не напряжена, и длина ее равна  $L_0 \ll R$  (см. рисунок). Если с поршня снять некоторый заряд и перенести его на дно, то кулоновские силы будут сжимать пружину. При величине перенесенного заряда, равной  $Q$ , пружина сожмется до 0 и поршень коснется дна. Если же предварительно в пространство между поршнем и дном ввести 1 моль газа, то от заряда  $Q$  пружина сожмется не до 0, а до величины  $L_1 = L_0/5$ . Какой станет длина пружины ( $L_v$ ), если при том же заряде содержание газа под поршнем довести до  $v$  молей? Дать ответ в общем виде ( $L_v$ ) и конкретно ( $L_9$ ) для случая  $v=9$ . Определить жесткость пружины ( $K$ ). Считать газовые процессы изотермическими, электрическое поле между дном и поршнем однородным, а длину цилиндра неограниченной.



**ЗАДАЧА № 7.**

$N$  одинаковых маленьких шариков ртути раскатились по пластиковому полу далеко друг от друга. Каждый из них заряжен до потенциала  $\varphi_0$ . Их собрали в одну сферическую каплю. Определить потенциал ( $\varphi^*$ ) этой капли. Во сколько раз ( $n$ ) изменилась плотность заряда на поверхности этой капли по сравнению с поверхностной плотностью заряда у исходных шариков? Дать ответ в общем виде и конкретно для случая  $N=27$ .

**ЗАДАЧА № 8.**

Кипятильник сопротивлением  $R_1 = 2 \Omega$  (символ  $\Omega$  – классическое обозначение единицы «Ом»), включенный в некий источник тока, доводит воду в баке до кипения за время  $T = 18$  минут. Другой кипятильник, сопротивлением  $R_2 = 8 \Omega$ , делает ту же работу с тем же источником за то же самое время. Чему равно внутреннее сопротивление источника  $r_0$ ? Кипятильник с каким сопротивлением ( $R_x$ ) нужно включить в этот источник, чтобы вскипятить воду за минимальное время? Чему это время ( $T_x$ ) равно? Теплопотери пренебречь.

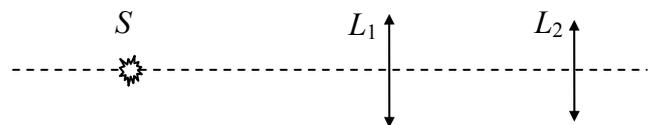
**ЗАДАЧА № 9.**

Стеклянная призма в виде прямоугольного параллелепипеда со сторонами  $a$ ,  $b$  и  $h$  лежит на гладком столе, опираясь на него своей гранью со сторонами  $a$  и  $b$ . По периметру этой опоры призма плотно стянута одним витком тонкого провода, по которому течет ток  $I$ . Плотность стекла  $\rho$ .

Включается однородное горизонтальное магнитное поле, направленное вдоль стороны  $b$ . Индукция поля  $B$  медленно возрастает. Когда величина индукции достигает некоторого порогового значения, призма приходит в движение? Каков характер этого движения? Чему равно это пороговое значение ( $B^*$ ) индукции?

**ЗАДАЧА № 10.**

Две собирающие линзы  $L_1$  и  $L_2$  с фокусными расстояниями, соответственно,  $F_1 = 20$  см и  $F_2 = 10$  см расположены на общей оптической оси так, что параллельный пучок лучей, падающих на одну из линз вдоль ее главной оси, выходит из другой линзы также параллельным пучком вдоль этой же оси.



На оптической оси этой системы со стороны первой линзы на расстоянии  $l_1 = 40$  см от нее находится точечный источник света  $S$  (см. рисунок). Построить изображение этого источника, определить его тип (действительное или мнимое) и указать расстояния ( $x_1$  и  $x_2$ ) от него до каждой из линз.

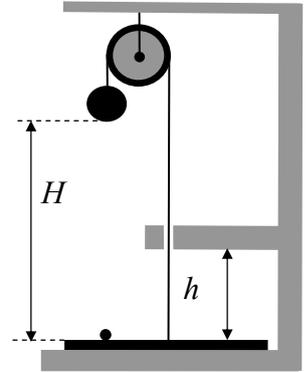


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА  
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика  
2011-2012 учебный год

Вариант II (11 кл).

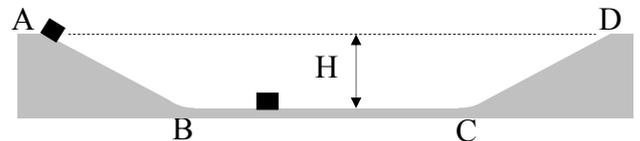
ЗАДАЧА № 1.

На полу лежит тонкий круглый диск массой  $m_1=0,4$  кг. К центру диска прикреплен трос, который перекинут через блок, закрепленный на потолке. К другому концу троса на высоте  $H=330$  см над диском привязан тяжелый шар массой  $m_2=0,6$  кг. Под этим шаром на диске лежит маленький легкий шарик. Трос проходит через отверстие в кронштейне, вмонтированном в стену на высоте  $h=1$  м от пола (см. рисунок). Каким будет натяжение троса ( $T$ ) после того, как шар отпустят? Через какое время ( $t_0$ ) после начала движения диск ударится о кронштейн? На какую высоту над полом ( $h^*$ ) подлетит шарик? До какой минимальной высоты над полом ( $h_{\min}$ ) нужно поднять кронштейн, чтобы маленький шарик смог долететь до большого? Считать, что диск и большой шар мгновенно останавливаются после удара диска о кронштейн.



ЗАДАЧА № 2.

Бетонный желоб глубиной  $H=5$  м имеет в сечении вид равнобедренной трапеции (см. рисунок). Скатывающиеся  $AB$  и  $CD$  имеют длину  $L=13$  м каждый, которая ничтожно мала по сравнению с шириной дна  $BC$ . Между скатами и дном обеспечены плавные гладкие переходы. Маленький ящик массой  $m_1=2$  кг устанавливают на краю желоба в точке «А» и отпускают. На дне в центре желоба стоит еще один ящик массой  $m_2=1$  кг (см. рисунок). Дно  $BC$  и скат  $CD$  покрыты льдом и являются гладкими поверхностями. Коэффициент трения между поверхностью  $AB$  и ящиками  $\mu=1/3$ . С какой скоростью ( $V_0$ ) первый ящик ударится о второй? С какими скоростями ( $V_1$  и, соответственно,  $V_2$ ) будут двигаться ящики после их абсолютно упругого столкновения? На какую высоту от дна ( $h_2$ ) поднимется второй ящик по склону  $CD$ ? Какой окажется скорость ящиков ( $V^*$ ) после их второго столкновения, если оно будет абсолютно неупругим?



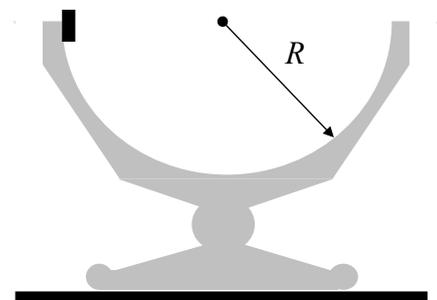
ЗАДАЧА № 3.

В центре большого гладкого стола стоит стеклянная чаша массой  $M$ . Ее внутренняя поверхность представляет собой гладкую полусферу радиусом  $R$ . К внутреннему краю чаши плашмя прижимают монету массой  $m$  (см. рисунок) и отпускают.

Определить следующие параметры в момент прохождения монетой нижней точки чаши:

- скорость монеты ( $v$ ) и чаши ( $V$ ) относительно стола;
- величину смещения чаши ( $\Delta x$ ) относительно стола;
- силу давления ( $N$ ) монеты на чашу.

Дать ответ в общем виде и отдельно для случая  $R=25$  см,  $M=160$  г,  $m=40$  г. Размерами монеты пренебречь.



ЗАДАЧА № 4.

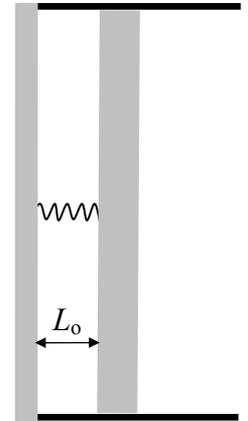
В цилиндре под поршнем находится смесь воздуха и водяного пара при температуре  $T=100^\circ\text{C}$  и давлении  $P_1=1$  атм. После изотермического сжатия смеси в 6 раз давление в цилиндре оказалось равным  $P_2=5,8$  атм. Определить парциальное давления пара ( $P_n$ ) и его плотность ( $\rho_n$ ) в исходном состоянии. Считать, что воздух и водяной пар описываются уравнением Клапейрона-Менделеева.

**ЗАДАЧА № 5.**

Цикл тепловой машины на одноатомном газе имеет на  $PV$ -диаграмме вид треугольника с вершинами в точках  $(P_1; V_1)$ ,  $(5P_1; 5V_1)$  и  $(P_1; 5V_1)$ . Найти КПД ( $\eta$ ) тепловой машины. Изобразить цикл на всех трех ( $PV$ ,  $PT$  и  $VT$ ) диаграммах.

**ЗАДАЧА № 6.**

Открытый с одного конца горизонтальный цилиндр имеет внутренний радиус  $R$ . Гладкий (скользит без трения) поршень прикреплен к дну цилиндра пружиной. Стенки цилиндра и пружина – диэлектрики, а дно и поршень – проводники. По обе стороны поршня вакуум, пружина не напряжена, и длина ее равна  $L_0 \ll R$  (см. рисунок). Если с поршня снять некоторый заряд и перенести его на дно, то кулоновские силы будут сжимать пружину. При величине перенесенного заряда, равной  $Q$ , пружина сожмется до 0 и поршень коснется дна. Если же предварительно в пространство между поршнем и дном ввести 1 моль газа, то от заряда  $Q$  пружина сожмется не до 0, а до величины  $L_1 = L_0/3$ . Какой станет длина пружины ( $L_v$ ), если при том же заряде содержание газа под поршнем довести до  $v$  молей? Дать ответ в общем виде ( $L_v$ ) и конкретно ( $L_4$ ) для случая  $v=4$ . Определить жесткость пружины ( $K$ ). Считать газовые процессы изотермическими, электрическое поле между дном и поршнем однородным, а длину цилиндра неограниченной.



**ЗАДАЧА № 7.**

Маленькая сферическая капля ртути заряжена до потенциала  $\phi_0$ . Упав на паркетный пол, капля разбилась на  $N$  одинаковых шариков, которые раскатились по полу далеко друг от друга. Определить потенциал ( $\phi^*$ ) каждого отдельного шарика. Во сколько раз ( $n$ ) изменилась плотность заряда на поверхности шариков по сравнению с поверхностной плотностью заряда исходной капли? Дать ответ в общем виде и конкретно для случая  $N=8$ .

**ЗАДАЧА № 8.**

Кипятильник сопротивлением  $R_1 = 3 \Omega$  (символ  $\Omega$  – классическое обозначение единицы «Ом»), включенный в некий источник тока, доводит воду в чайнике до кипения за время  $T=9$  минут. Другой кипятильник, сопротивлением  $R_2 = 12 \Omega$ , делает ту же работу с тем же источником за то же самое время. Чему равно внутреннее сопротивление источника  $r_0$ ? Кипятильник с каким сопротивлением ( $R_x$ ) нужно включить в этот источник, чтобы вскипятить воду за минимальное время? Чему это время ( $T_x$ ) равно? Теплопотери пренебречь.

**ЗАДАЧА № 9.**

Стеклянная призма в виде прямоугольного параллелепипеда со сторонами  $a$ ,  $b$  и  $h$  лежит на гладком столе, опираясь на него своей гранью со сторонами  $a$  и  $b$ . По периметру этой опоры призма плотно стянута одним витком тонкого провода, по которому течет ток  $I$ .

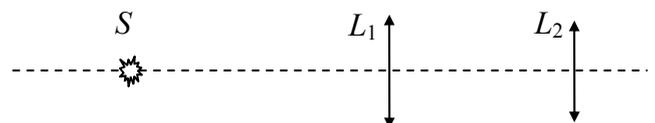
Включается однородное горизонтальное магнитное поле индукции  $B$ , направленное вдоль стороны  $a$ . Какой минимальной высотой ( $h_{\min}$ ) должна обладать призма, чтобы не стронуться с места при включении поля, если стекло имеет плотность  $\rho$ ? Каким будет характер движения призмы, если высота окажется недостаточной?

**ЗАДАЧА № 10.**

Две собирающие линзы  $L_1$  и  $L_2$  с фокусными расстояниями, соответственно,  $F_1 = 30\text{см}$  и  $F_2 = 15\text{см}$  расположены на общей оптической оси так, что параллельный пучок лучей, падающих на одну из линз вдоль ее главной оси, выходит из другой линзы также параллельным пучком вдоль этой же оси.

На оптической оси этой системы со стороны первой линзы на расстоянии  $l_1 = 60\text{см}$  от нее находится точечный источник света  $S$  (см. рисунок).

Построить изображение этого источника, определить его тип (действительное или мнимое) и указать расстояния ( $x_1$  и  $x_2$ ) от него до каждой из линз.





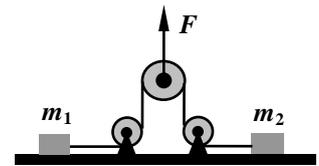
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика  
2011-2012 учебный год

**ВАРИАНТ № 3 (11 кл.)**

**№1.** Грузы  $m_1 = 4\text{ кг}$  и  $m_2 = 1\text{ кг}$  лежат на шероховатом полу. Их коэффициенты трения о пол не одинаковы и равны, соответственно,  $\mu_1 = 1/8$  и  $\mu_2 = 1/2$ . Грузы связаны легким тросом через систему невесомых блоков (см. рисунок). Участки троса, не касающиеся блоков, занимают горизонтальное и, соответственно, вертикальное положение. Трение между тросом и блоками исключает их взаимное проскальзывание (т.е., блоки вращаются с соответствующими скоростями). В момент времени  $t_0 = 0$  на ось центрального блока начинает действовать вверх сила  $F = 18\text{ Н}$ .

На какую величину ( $x_1$ ) сократится начальная дистанция между грузами к моменту времени  $t_1 = 0,4\text{ с}$ ? На этот же момент определить скорость ( $V_0$ ) и ускорение ( $a_0$ ) подъема центрального блока, а также его угловую скорость ( $\omega_0$ ), угловое ускорение ( $\varepsilon_0$ ) и направление вращения вокруг своей оси (относительно часовой стрелки). Радиус верхнего блока  $R = 15\text{ см}$ .



**№2.** Планета Нептун вращается вокруг Солнца по орбите, форма которой лишь незначительно отличается от окружности. Средний радиус орбиты Нептуна ( $R_N$ ) превосходит средний радиус земной орбиты вокруг Солнца ( $R_3$ ) примерно в 30 раз ( $R_N / R_3 \approx 30$ ). Оценить (в земных годах) период ( $T_N$ ) обращения Нептуна вокруг Солнца.

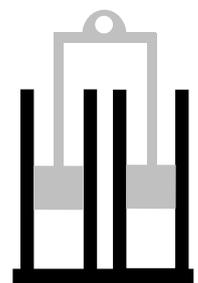
**№3.** На гладком полу на некотором расстоянии друг от друга стоят 2 клина одинаковой высоты  $h = 96\text{ см}$  и массами  $M_1 = 5\text{ кг}$  и  $M_2 = 4\text{ кг}$ , соответственно. Их вогнутые наклонные поверхности обращены навстречу друг другу и обе по касательной выходят на плоскость пола. На вершине первого клина удерживается тележка массой  $m = 1\text{ кг}$ , которую в некоторый момент отпускают без толчка (см. рисунок). Найти скорость 1-го клина ( $V_1$ ) в момент, когда с него съедет тележка. Определить высоту ( $h^*$ ), на которую тележка поднимется по 2-му клину и скорость этого клина ( $V_2$ ) в момент, когда тележка с него съедет. Размерами тележки и трением пренебречь.



**№4.** В цилиндре под поршнем находится смесь воздуха и водяного пара при температуре  $T = 100^\circ\text{C}$  и давлении  $P_1 = 1\text{ атм}$ . После изотермического сжатия смеси в 3 раза давление в цилиндре оказалось равным  $P_2 = 2,2\text{ атм}$ . Определить парциальное давления пара ( $P_n$ ) и его плотность ( $\rho_n$ ) в исходном состоянии. Считать, что воздух и водяной пар описываются уравнением Клапейрона-Менделеева.

**№5.** Цикл тепловой машины на одноатомном газе имеет на  $PV$ -диаграмме вид четырехугольника с вершинами в точках  $(P_1; V_1)$ ,  $(7P_1; V_1)$ ,  $(7P_1; 5V_1)$  и  $(5P_1; 5V_1)$ . Найти КПД ( $\eta$ ) тепловой машины. Изобразить цикл на всех трех ( $PV$ ,  $PT$  и  $VT$ ) диаграммах.

**№6.** Поршни двух одинаковых цилиндров жестко связаны общей тягой так, что объемы под поршнями всегда равны друг другу. Цилиндры с одного конца открыты и находятся под атмосферным давлением  $P_0$  (см. рисунок). В обоих цилиндрах под поршнями находятся одинаковые массы воздуха при атмосферной температуре  $T_0$ . Первый цилиндр теплоизолируют и охлаждают до температуры  $T^*$ , оставляя второй цилиндр в прежних условиях. Найти давление в первом ( $P_1$ ) и во втором ( $P_2$ ) цилиндрах. Трением поршней о стенки цилиндра, а также массами тяги и поршней пренебречь.

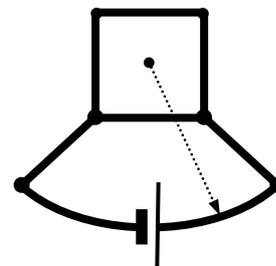


**№7.** На любом серийном конденсаторе обязательно указываются два номинальных параметра – его емкость  $C$  (в Фарадах) и максимально допустимое напряжение на нем  $U^*$  (в Вольтах). Например  $C$  (15мкФ ; 200В). Какое максимальное напряжение можно приложить к концам последовательной цепочки из 3-х конденсаторов с номиналами:

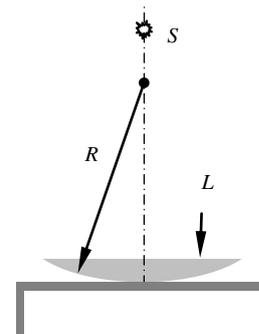
$$C_1(15\text{мкФ ; } 200\text{В}), \quad C_2(5\text{мкФ ; } 900\text{В}) \quad \text{и} \quad C_3(40\text{мкФ ; } 100\text{В})?$$

**№8.** По металлическому (например, алюминиевому) проводу сечением  $s$  течет постоянный ток  $I$ . Определить среднюю скорость ( $V$ ) упорядоченного движения электронов вдоль этого провода, считая, что в проводимости участвуют по  $n$  валентных электронов от каждого атома металла. Указать необходимые для расчета табличные данные по свойствам металла, из которого изготовлен провод, и считать их известными.

**№9.** Из проволоки сделан плоский каркас в виде стилизованной цифры «8». Верхняя часть этой «восьмерки» имеет вид квадрата со стороной  $L$ . Нижняя часть «восьмерки» образована двумя прямыми отрезками длины  $L$ , направленными к центру квадрата, и дугой окружности с тем же центром. Радиус этой дуги для наглядности обозначен на рисунке стрелкой. В дуге сделали пропил и, не меняя ее формы, в образовавшийся зазор ввели очень тонкий источник постоянного тока, обеспечив контакт его полюсов с проволокой (см. рисунок). Определить величину вектора индукции магнитного поля ( $B_C$ ), создаваемого в центре квадратного каркаса возникшими токами. Найти сопротивление внешней нагрузки ( $R^*$ ) на источник и ток, протекающий по нему ( $I_0$ ). Известно, что ЭДС источника равна  $\varepsilon$ , его внутреннее сопротивление  $r_0 = 0$ , а кусок каркасной проволоки длиной  $L$  имеет электрическое сопротивление  $R$ .



**№10.** На высоте  $l$  над столом горит маленькая лампочка  $S$ . На стол прямо под лампочку кладут тонкую стеклянную плоско-выпуклую линзу  $L$  выпуклой поверхностью вниз (см. рисунок). Радиус кривизны этой поверхности  $R$ , и она металлизирована, т.е., является с обеих сторон отражающей. Показатель преломления стекла  $n$ . Определить фокусное расстояние этой оптической системы ( $F$ ) и высоту изображения лампочки ( $h$ ). Толщиной линзы, а также отражениями света в обе стороны от плоской поверхности линзы пренебречь. Рассматривать только параксиальные лучи, т.е., лучи, идущие под малыми углами к главной оптической оси. Для таких углов (взятых в радианах) можно считать  $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha \approx \alpha$  и  $\cos \alpha \approx 1$ .





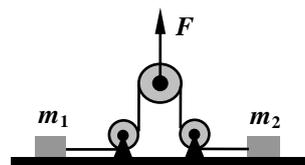
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика  
2011-2012 учебный год

ВАРИАНТ № 4 (11 кл.)

№1. Грузы  $m_1 = 1\text{ кг}$  и  $m_2 = 2\text{ кг}$  лежат на шероховатом полу. Их коэффициенты трения о пол не одинаковы и равны, соответственно,  $\mu_1 = 1/2$  и  $\mu_2 = 1/4$ . Грузы связаны легким тросом через систему невесомых блоков (см. рисунок). Участки троса, не касающиеся блоков, занимают горизонтальное и, соответственно, вертикальное положение. Трение между тросом и блоками исключает их взаимное проскальзывание (т.е., блоки вращаются с соответствующими скоростями). В момент времени  $t_0 = 0$  на ось центрального блока начинает действовать вверх сила  $F = 12\text{ Н}$ .

На какую величину ( $x_1$ ) сократится начальная дистанция между грузами к моменту времени  $t_1 = 0,4\text{ с}$ ? На этот же момент определить скорость ( $V_0$ ) и ускорение ( $a_0$ ) подъема центрального блока, а также его угловую скорость ( $\omega_0$ ), угловое ускорение ( $\varepsilon_0$ ) и направление вращения вокруг своей оси (относительно часовой стрелки). Радиус верхнего блока  $R = 10\text{ см}$ .



№2. Планета Сатурн вращается вокруг Солнца по орбите, форма которой лишь незначительно отличается от окружности. Средний радиус орбиты Сатурна ( $R_C$ ) превосходит средний радиус земной орбиты вокруг Солнца ( $R_3$ ) примерно в 10 раз ( $R_C / R_3 \approx 10$ ). Оценить (в земных годах) период ( $T_C$ ) обращения Сатурна вокруг Солнца.

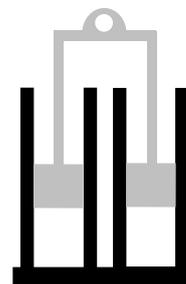
№3. На гладком полу на некотором расстоянии друг от друга стоят 2 клина одинаковой высоты  $h = 60\text{ см}$  и массами  $M_1 = 3\text{ кг}$  и  $M_2 = 7\text{ кг}$ , соответственно. Их вогнутые наклонные поверхности обращены навстречу друг другу и обе имеют плавный переход на плоскость пола. На вершине первого клина удерживается тележка массой  $m = 1\text{ кг}$ , которую в некоторый момент отпускают без толчка (см. рисунок). Найти скорость 1-го клина ( $V_1$ ) в момент, когда с него съедет тележка. Определить высоту ( $h^*$ ), на которую тележка поднимется по 2-му клину и скорость этого клина ( $V_2$ ) в момент, когда тележка с него съедет. Размерами тележки и трением пренебречь.



№4. В цилиндре под поршнем находится смесь воздуха и водяного пара при температуре  $T = 100^\circ\text{C}$  и давлении  $P_1 = 1\text{ атм}$ . После изотермического сжатия смеси в 4 раза давление в цилиндре оказалось равным  $P_2 = 3,4\text{ атм}$ . Определить парциальное давления пара ( $P_n$ ) и его плотность ( $\rho_n$ ) в исходном состоянии. Считать, что воздух и водяной пар описываются уравнением Клапейрона-Менделеева.

№5. Цикл тепловой машины на одноатомном газе имеет на  $PV$ -диаграмме вид четырехугольника с вершинами в точках  $(P_1; V_1)$ ,  $(5P_1; 5V_1)$ ,  $(5P_1; 7V_1)$  и  $(P_1; 7V_1)$ . Найти КПД ( $\eta$ ) тепловой машины. Изобразить цикл на всех трех ( $PV$ ,  $PT$  и  $VT$ ) диаграммах.

№6. Поршни двух одинаковых цилиндров жестко связаны общей тягой так, что объемы под поршнями всегда равны друг другу. Цилиндры с одного конца открыты и находятся под атмосферным давлением  $P_0$  (см. рисунок). В обоих цилиндрах под поршнями находятся одинаковые массы воздуха при атмосферной температуре  $T_0$ . Первый цилиндр теплоизолируют и нагревают до температуры  $T^*$ , оставляя второй цилиндр в прежних условиях. Найти давление в первом ( $P_1$ ) и во втором ( $P_2$ ) цилиндрах. Трением поршней о стенки цилиндра, а также массами тяги и поршней пренебречь.

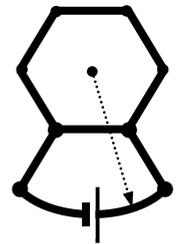


**№7.** На любом серийном конденсаторе обязательно указываются два номинальных параметра – его емкость  $C$  (в Фарадах) и максимально допустимое напряжение на нем  $U^*$  (в Вольтах). Например  $C$  (15мкФ ; 200В). Какое максимальное напряжение можно приложить к концам последовательной цепочки из 3-х конденсаторов с номиналами:

$$C_1(20\text{мкФ ; } 200\text{В}), C_2(10\text{мкФ ; } 300\text{В}) \text{ и } C_3(5\text{мкФ ; } 800\text{В})?$$

**№8.** По металлическому (например, медному) проводу сечением  $s$  течет постоянный ток. Определить его величину ( $I$ ), если средняя скорость упорядоченного движения электронов вдоль этого провода равна  $V$ . Считать, что в проводимости участвуют по  $n$  валентных электронов от каждого атома. Указать необходимые для расчета табличные данные по свойствам металла, из которого изготовлен провод, и считать их известными.

**№9.** Из проволоки сделан плоский каркас в виде стилизованной цифры «8». Верхняя часть этой «восьмерки» имеет вид правильного шестиугольника со стороной  $L$ . Нижняя часть «восьмерки» образована двумя прямыми отрезками длины  $L$ , направленными к центру шестиугольника, и дугой окружности с тем же центром. Радиус этой дуги для наглядности обозначен на рисунке стрелкой. В дуге сделали пропил и, не меняя ее формы, в образовавшийся зазор ввели очень тонкий источник постоянного тока, обеспечив контакт его полюсов с проволокой (см. рисунок). Определить величину вектора индукции магнитного поля ( $B_C$ ), создаваемого в центре шестиугольного каркаса возникшими токами. Найти сопротивление внешней нагрузки на источник ( $R^*$ ) и ток, протекающий по нему ( $I_0$ ). Известно, что ЭДС источника равна  $\varepsilon$ , его внутреннее сопротивление  $r_0 = 0$ , а кусок каркасной проволоки длиной  $L$  имеет электрическое сопротивление  $R$ .



**№10.** На высоте  $l$  над столом горит маленькая лампочка  $S$ . На стол прямо под лампочку кладут тонкую стеклянную плоско-выпуклую линзу  $L$  выпуклой поверхностью вниз (см. рисунок). Радиус кривизны этой поверхности  $R$ , и она металлизирована, т.е., является с обеих сторон отражающей. Определить фокусное расстояние этой оптической системы ( $F$ ) и показатель преломления стекла ( $n$ ), если высота изображения лампочки равна  $h$ . Толщиной линзы, а также отражениями света в обе стороны от плоской поверхности линзы пренебречь. Рассматривать только параксиальные лучи, т.е., лучи, идущие под малыми углами к главной оптической оси. Для таких углов (взятых в радианах) можно считать  $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha \approx \alpha$  и  $\cos \alpha \approx 1$ .

