САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика
2010-2011 учебный год

Вариант I (10 кл).

ЗАДАЧА № 1.

К противоположным стенам комнаты (шириной L=3м) прикрепили на одном уровне концы ***легкого*** резинового троса такой же длины L. Затем к середине троса подвесили груз и аккуратно отпустили. В итоге груз «просел» на «глубину» h=2м относительно исходного уровня. Какой окажется длина троса (L^*), если один его конец закрепить на потолке, а к другому подвесить тот же груз? Считать, что груз не касается пола.

ЗАДАЧА № 2.

Из картонного прямоугольника ***произвольного*** размера вырезан прямоугольник меньшего размера так, что один угол (отрезанный) у них совпадает (см. рисунок). Соотношение сторон у вырезанного прямоугольника также ***произвольно***. Пользуясь ***только*** карандашом и линейкой (без делений) и ***не прибегая*** к измерениям и расчетам, требуется ***построением*** найти центр масс получившейся фигуры. Дать общий алгоритм построения.

ЗАДАЧА № 3.

На столе стоит тонкостенная цилиндрическая муфта (иными словами – отрезок трубы). Все размеры муфты и коэффициент трения между ней и столом считать известными. Стол начинают медленно наклонять. При некотором угле наклона муфта начнет двигаться. Ответьте на 2 не связанных друг с другом вопроса:

а) С чего начнется движение – со скольжения или с опрокидывания? Дать критерий!

б) Пусть движение муфты началось со скольжения. Сможет ли муфта при дальнейшем движении опрокинуться, если наклон стола продолжают увеличивать? Если да, то при каком угле наклона это произойдет? Размеры стола считать неограниченными.

ЗАДАЧА № 4.

На снегу стоят санки массой M = 10кг. На них лежит коробка массой m = 5кг. Известны коэффициенты трения санок о снег (μ_o = 0,1) и о коробку (μ_1 = 0,7). С какой горизонтальной силой (F) надо тянуть коробку, чтобы сдернуть ее с санок?

ЗАДАЧА № 5.

В кислородном баллоне объемом V_1=10л давление газа P_1=14атмосфер. Он стоит на складе, где поддерживается температура T_o= +7°C. Туда принесли еще 2 баллона: один из цеха (его параметры V_2=30л, P_2=50ат, T_2= +27°C), а другой с улицы (V_3=20л, P_3=26ат, T_3= −13°C). Все 3 баллона соединили короткими шлангами и открыли вентили, сделав их объемы сообщающимися. Найти общее давление (P_o) и температуру (T_o) в баллонах сразу после перемешивания, считая, что теплообмен с атмосферой еще не начался. Какое давление (P^*) установится после теплообмена с атмосферой?

ЗАДАЧА № 6.

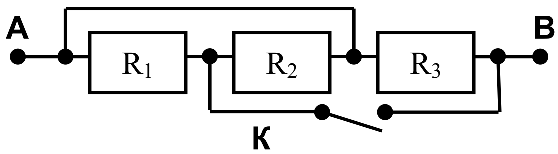
В ***<u>гладкостенной</u>*** трубе два ***<u>тяжелых</u>*** поршня массами m_1 и m_2 движутся ***<u>навстречу</u>*** друг другу со скоростями, соответственно, V_1 и V_2. Между поршнями находится один моль идеального газа при температуре T_o. За поршнями – вакуум. Какие скорости (соответственно, V_1* и V_2*) будут иметь поршни в пределе (через большой промежуток времени после максимального их сближения)? Массой газа пренебречь. Процесс считать адиабатическим.

ЗАДАЧА № 7.

В сосуде объемом V=10 л при температуре t=100°С и давлении P=1 атм. находится воздух с относительной влажностью $\varphi = 0{,}3$. Затем туда ***изотермически*** добавили некоторое количества воды, после чего относительная влажность оказалась равной $\varphi_1 = 0{,}8$. Определить массу введенной воды (m) и установившееся в сосуде давление (P_1). Далее содержимое сосуда изотермически сжимают в 2 раза. Какими после этого станут давление (P_2) и влажность (φ_2)? Считать, что для всех газов в сосуде применимо уравнение Клапейрона-Менделеева.

ЗАДАЧА № 8.

1) Найти сопротивление (R_{AB}) между точками «А» и «В» в схеме, изображенной на рисунке.
2) Каким станет сопротивление (R_{AB+}) между точками «А» и «В», если в схеме на приведенном рисунке ключ К замкнуть? R_1=6 (Ом), R_2=30 (Ом), R_3=20 (Ом)



3) Определить напряжение (U_{AB}) между точками «А» и «В», если через ключ К потечет ток I_K = 12 А.

ЗАДАЧА № 9.

Грибник в лесу вдруг вспомнил, что ему надо поспешить на последний автобус, а времени – в обрез. Он имел спутниковую навигационную систему, по которой быстро сориентировался. Оказалось, что кратчайший путь до шоссе (по перпендикуляру) составляет h =3км, а оттуда ***по прямому шоссе*** до остановки идти еще L = 4км. Грибник понимал, что время, затраченное на этот путь (T_1), как и на прямой путь через лес к остановке (T_2), будет не самым коротким. Зная свою максимальную скорость в лесу (V_1 =2,5км/ч) и по шоссе (V_2 =6,5км/ч), он, чуть подумав, выбрал на шоссе нужную «***точку прицела***» и пошел к ней через лес напрямик. Какой путь (S) ему останется пройти по шоссе к остановке, если эта «***точка прицела***» обеспечивает минимальное время путешествия. Чему равно это время ($T_{\underline{min}}$)? Каков выигрыш времени по сравнению с T_1 и T_2?

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика
2010-2011 учебный год

Вариант II (10 кл)

ЗАДАЧА № 1.

К противоположным стенам комнаты (шириной L=4м) прикрепили на одном уровне концы ***легкого*** резинового троса такой же длины L. Затем к середине троса подвесили груз и аккуратно отпустили. В итоге груз «просел» на «глубину» h=1,5м относительно исходного уровня. Какой окажется длина троса (L^*), если один его конец закрепить на потолке, а к другому подвесить тот же груз? Считать, что груз не касается пола.

ЗАДАЧА № 2.

Из картона вырезан ***выпуклый*** четырехугольник с произвольным соотношением сторон (например, как на рисунке, или любой другой). У него нужно ***построением*** найти центр масс, пользуясь для этого ***только*** карандашом, циркулем и линейкой (без делений) и ***не прибегая*** к измерениям и расчетам. Дать общий алгоритм построения.

ЗАДАЧА № 3.

На столе стоит сплошной цилиндр. Все размеры цилиндра и коэффициент трения между ним и столом считать известными. Стол начинают медленно наклонять. При некотором угле наклона цилиндр придет в движение. Ответьте на 2 не связанных друг с другом вопроса:

а) С чего начнется движение – со скольжения или с опрокидывания? Дать критерий!

б) Пусть движение цилиндра началось со скольжения, а наклон стола продолжают увеличивать. Сможет ли цилиндр при дальнейшем движении опрокинуться? Если да, то при каком угле наклона это произойдет? Размеры стола считать неограниченными.

ЗАДАЧА № 4.

На снегу стоят санки (без спинки) массой M = 10кг. На них лежит коробка массой m = 5кг. Известны коэффициенты трения санок о снег (μ_o = 0,1) и о коробку (μ_1 = 0,7). С какой горизонтальной силой (F) надо тянуть санки, чтобы выдернуть их из-под коробки?

ЗАДАЧА № 5.

В кислородном баллоне объемом V_1=5л давление газа P_1=28атмосфер. Он стоит на складе, где поддерживается температура T_o= +7^{o}C. Туда принесли еще 2 баллона: один из цеха (его параметры V_2=15л, P_2=100ат, T_2= +27^{o}C), а другой с улицы (V_3=10л, P_3=52ат, T_3= −13^{o}C). Все 3 баллона соединили короткими шлангами и открыли вентили, сделав их объемы сообщающимися. Найти общее давление и температуру в баллонах сразу после перемешивания, считая, что теплообмен с атмосферой еще не начался. Какое давление установится после теплообмена с атмосферой?

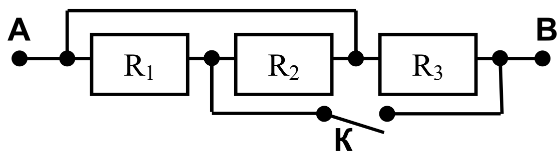
ЗАДАЧА № 6.

В ***гладкостенной*** трубе два ***тяжелых*** поршня массами m_1 и m_2 движутся ***в одну сторону*** со скоростями, соответственно, V_1 и V_2. Между поршнями находится один моль идеального газа при температуре T_o. За поршнями – вакуум. Какие скорости (соответственно, V_1* и V_2*) будут иметь поршни, оказавшись через большой промежуток времени на очень большом расстоянии друг от друга? Массой газа пренебречь. Процесс считать адиабатическим.

ЗАДАЧА № 7.

В сосуде объемом V=10 л при температуре t=100^{o}С и давлении P=1 атм. находится воздух с относительной влажностью φ = 0,2. Туда ввели еще 2,9 г воды при той же температуре. Каким стали давление (P_1) и влажность (φ_1) в сосуде? Какими они станут (P_2 и φ_2) после дальнейшего изотермического сжатия в 2 раза? Считать, что для всех газов в сосуде применимо уравнение Клапейрона-Менделеева.

ЗАДАЧА № 8.



1) Найти сопротивление (R_{AB}) между точками «А» и «В» в схеме, изображенной на рисунке.
2) Каким станет сопротивление (R_{AB+}) между точками «А» и «В», если в схеме на приведенном рисунке ключ К замкнуть? R_1=100 (Ом), R_2=20 (Ом), R_3=25 (Ом).
3) Какой ток (I_K) потечет через ключ К, если напряжение между точками «А» и «В» U_{AB} = 150 В?

ЗАДАЧА № 9.

Грибник в лесу вдруг вспомнил, что ему надо поспешить на последний автобус, а времени – в обрез. Он имел спутниковую навигационную систему, по которой быстро сориентировался. Оказалось, что кратчайший путь до шоссе (по перпендикуляру) составляет h = 4км, а оттуда до остановки нужно идти ***по прямому шоссе*** еще L = 7,5км. Грибник понимал, что время, затраченное на этот путь (T_1), также, как и на прямой путь через лес к остановке (T_2), будет не самым коротким. Зная свою максимальную скорость в лесу (V_1 =3км/ч) и по шоссе (V_2 =5км/ч), он, чуть поразмыслив, выбрал на шоссе нужную «***точку прицела***» и пошел к ней через лес напрямик. Какой путь (S) ему останется пройти по шоссе к остановке, если эта «***точка прицела***» обеспечивает минимальное время путешествия. Чему равно это время (T_{min})? Каков выигрыш времени по сравнению с T_1 и T_2?

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика
2010-2011 учебный год

Вариант III (10 кл).

ЗАДАЧА № 1.

Скорость подъема лифта $V = 4$ м/с. Разгон до этой скорости и торможение до полной остановки происходят с одинаковым по модулю ускорением $a = 1$ м/с^2. Какое время потребуется лифту для подъема с нулевой отметки на высоту $h = 60$ м. Нарисовать графики зависимости от времени высоты $h(t)$, скорости $V(t)$ и ускорения $a(t)$, указав на этих графиках параметры всех «ключевых» точек.

ЗАДАЧА № 2.

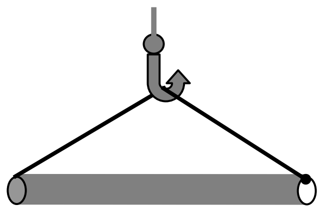
На полу лежит ящик весом P=200Н. Мальчик собирается тащить этот ящик по полу, привязав к нему резиновый трос жесткостью $k = 360$ Н/м. Какую минимальную энергию ($E_{\min}$) должен затратить мальчик, чтобы сдвинуть ящик с места, потянув за резиновый трос? Коэффициент трения между полом и ящиком $\boldsymbol{\mu} = ¾$.

ЗАДАЧА № 3.

Гладкий шар со скоростью $V_o = 3{,}4$м/с налетает на ***точно такой же*** неподвижный шар. После их абсолютно упругого столкновения второй шар начинает движение под углом $\alpha = arctg(8/15)$ к первоначальному направлению первого шара. Определить скорости (V_1 и, соответственно, V_2) обоих шаров после столкновения.

ЗАДАЧА № 4.

Стальную трубу массой $m = 80$ кг и длиной $l = 3$м поднимают при помощи легкого троса длиной $L = 3{,}4$м с крюками на обоих концах. Крюки цепляют за концы трубы, а середину троса тянут вверх так, что обе его половины вместе с трубой образуют равнобедренный треугольник (см. рисунок). Определить натяжение (T) троса.

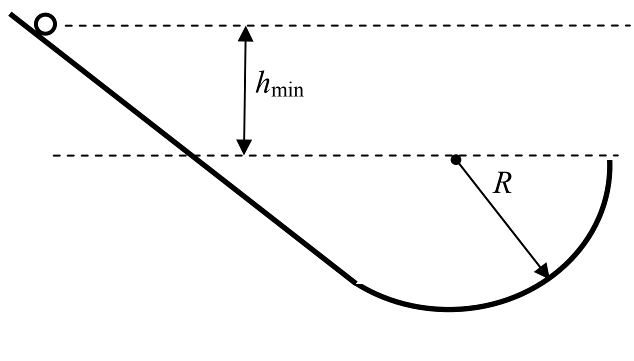


ЗАДАЧА № 5.

Пружина жесткости k зажата между двумя телами. После одновременного отпускания тел и до момента полного распрямления пружины тела прошли расстояния соответственно x_1 и x_2. Найти кинетическую энергию каждого из тел.

ЗАДАЧА № 6.

Наклонная плоскость внизу плавно переходит в круглый желоб (дугу окружности радиусом R). Касательная к этой дуге в конечной точке направлена вертикально (см. рисунок). Тонкий обруч радиусом $r << R$ скатывают с наклонной плоскости так, чтобы он вылетал из желоба. С каким минимальным превышением над краем желоба ($h_{\min}$) нужно выбрать точку старта, чтобы обруч при вылете не проскальзывал по поверхности желоба. Коэффициент трения между ними $\boldsymbol{\mu}$. Считать, что на наклонной плоскости скатывание происходит без проскальзывания.



ЗАДАЧА № 7.

При нагревании углекислого газа CO_2 часть молекул может диссоциировать (т.е. распадается) в соответствии с реакцией: $2CO_2 \rightarrow 2CO + O_2$. При некоторой температуре оказалось, что давление в баллоне с углекислым газом (CO_2) на 15% превышает значение, предсказываемое уравнением Клапейрона-Менделеева. Считая причиной этого отклонения диссоциацию, определить, какая доля (β) молекул CO_2 распалась в соответствии с указанной реакцией.

ЗАДАЧА № 8.

Один моль идеального газа проходит ***замкнутый цикл***, состоящий из трех последовательных процессов: изотермическое сжатие – изобарный нагрев – изохорное охлаждение. Изобразить этот цикл на трех диаграммах с осями, соответственно, (P;V), (P;T) и (V;T). Стрелками указать направление цикла. Найти КПД этого цикла (η) при условии, что максимальный (V_{max}) и минимальный (V_{min}) объемы газа в этом цикле находятся в соотношении 20**:**1. Принять $ln20 \approx 3$.

ЗАДАЧА № 9.

Не пользуясь таблицами, найти точку росы для воздуха, который при температуре t=30°C имеет относительную влажность φ = 20%. Считать, что плотность насыщенного пара (ρ^*) в интересующем нас температурном интервале пропорциональна 16-й степени абсолютной температуры ($\rho^* \sim T^{16}$).

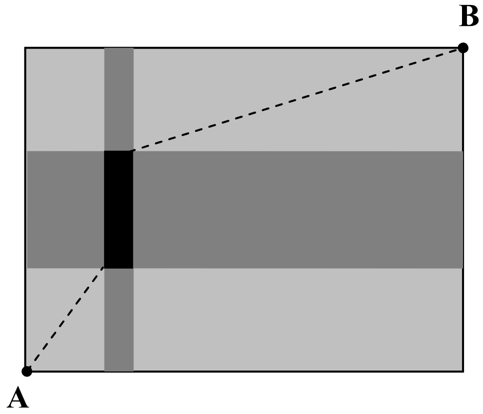
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
<u>Общеобразовательный предмет</u>/ комплекс предметов: <u>Физика</u>
2010-2011 учебный год

Вариант IV (10 кл).

ЗАДАЧА № 1.

Маленький муравей находится на плоскости XY в начале координат (точка «А» на рисунке). Ему нужно попасть в точку «В» с координатами (X=160см ; Y=120см). Муравей может перемещаться по плоскости со скоростью V = 1см/с везде, кроме (см. рисунок) зоны двух пересекающихся полос:

(30см < X < 40см) и (40см < Y < 80см).

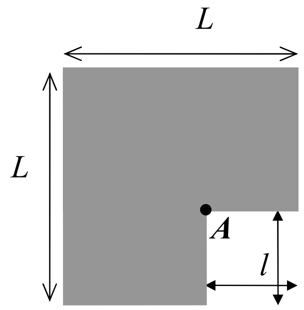


По этим полосам разлито вязкое масло. Скорость муравья на них (V*) столь низка, что он инстинктивно переползает эти полосы всегда строго перпендикулярно их границам. Зона взаимного перекрытия полос (черный прямоугольник) для него вообще непреодолима.

Муравей для достижения цели избрал самый простой и естественный путь (штриховая линия на рисунке): из точки «А» он по прямой достиг угла «*запретной зоны*», обогнул ее по периметру (безразлично – слева или справа) и далее направился по прямой к точке «В». На этот путь у него ушло время T_o.

Указать муравью ***<u>наибыстрейший</u>*** для него путь из «А» в «В» и сообщить, какой выигрыш времени (по сравнению с T_o) дает ему этот путь.

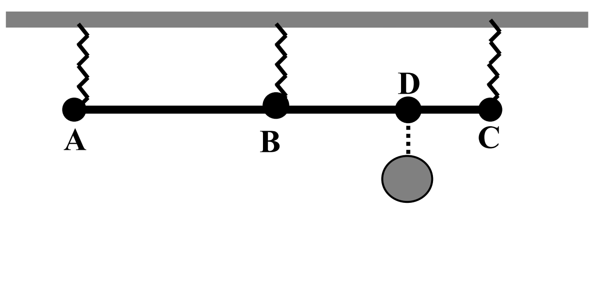
ЗАДАЧА № 2.



Из тонкой однородной пластины (например, картонной или металлической) вырезан ***квадрат*** со стороной L. От этого квадрата *<u>отрезают</u>* меньший ***квадрат***, включающий в себя один из углов исходного (см. рисунок). Какой должна быть сторона отрезанного квадрата (l), чтобы центр масс ***оставшейся фигуры*** оказался в точке «А», т.е. совпал с вершиной ее внутреннего угла?

ЗАДАЧА № 3.

Легкий жесткий стержень «АС» длиной L подвешен к потолку (см. рисунок) на трех ***<u>одинаковых</u> <u>вертикальных</u>*** пружинах, которые подсоединены к его концам (точки «А» и «С») и к центру (точка «В»). Т.о., изначально стержень находится в горизонтальном положении. Затем в некоторой точке «D» к нему подвешивают груз, в результате чего стержень отклоняется от горизонтали на ***<u>малый</u>*** угол. Определить расстояние (l_{CD}) между точками стержня «С» и «D», если точка «А» не изменила своего положения.



ЗАДАЧА № 4.

На полу лежит ящик весом P=200Н. Мальчик собирается тащить этот ящик по полу, привязав к нему резиновый трос жесткостью $k = 360$ Н/м. Какую минимальную энергию (E_{min}) должен затратить мальчик, чтобы сдвинуть ящик с места, потянув за резиновый трос? Коэффициент трения между полом и ящиком $\boldsymbol{\mu} = 3/4$.

ЗАДАЧА № 5.

Гладкий шар со скоростью $V_o = 3{,}4$м/с налетает на ***точно такой же*** неподвижный шар. После их абсолютно упругого столкновения второй шар начинает движение под углом $\alpha = arctg(8/15)$ к первоначальному направлению первого шара. Определить скорости (V_1 и, соответственно, V_2) обоих шаров после столкновения.

ЗАДАЧА № 6.

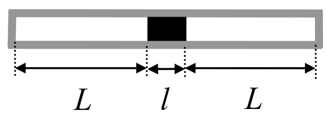
При нагревании углекислого газа CO_2 часть молекул может диссоциировать (т.е. распадаться) в соответствии с реакцией: $2CO_2 \rightarrow 2CO + O_2$. При некоторой температуре оказалось, что давление в баллоне с углекислым газом (CO_2) на 15% превышает значение, предсказываемое уравнением Клапейрона-Менделеева. Считая причиной этого отклонения диссоциацию, определить, какая доля (β) молекул CO_2 распалась в соответствии с указанной реакцией.

ЗАДАЧА № 7.

Один моль идеального газа проходит ***замкнутый цикл***, состоящий из трех последовательных процессов: изотермическое сжатие – изобарный нагрев – изохорное охлаждение. Изобразить этот цикл на трех диаграммах с осями, соответственно, (P;V), (P;T) и (V;T). Стрелками указать направление цикла. Найти КПД этого цикла (η) при условии, что максимальный (V_{max}) и минимальный (V_{min}) объемы газа в этом цикле находятся в соотношении 20**:**1. Принять $ln20 \approx 3$.

ЗАДАЧА № 8

Горизонтальная стеклянная трубка запаяна с обоих концов. В ее центре находится ***гладкий*** поршень в виде ртутного столбика длиной l. Части трубки, лежащие по разные стороны от поршня, имеют в исходном состоянии одинаковую длину L (см. рисунок). В каждой из них находится атмосферный воздух под давлением P_o. Температура в обеих частях трубки изначально также одинакова.



Трубку слегка толкнули, и ртутный поршень начал совершать колебания вдоль ее оси. Амплитуда этих колебаний (т.е. максимальное смещение поршня от положения равновесия) равна x_o, что составляет малую часть от длины трубки ($x_o \ll L$). Найти максимальное ускорение, которое испытывает поршень в процессе этих колебаний. Считать газовые процессы ***адиабатическими***.

ЗАДАЧА № 9.

Не пользуясь таблицами, найти точку росы для воздуха, который при t=30^{o}C имеет относительную влажность 20% (φ=0,2) Считать, что давление насыщенного пара (P^*) в интересующем нас температурном интервале пропорционально 17-й степени абсолютной температуры ($P^* \sim T^{17}$).