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

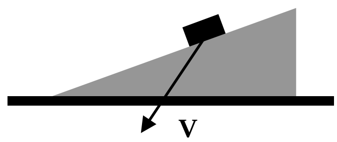
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика

2012-2013 учебный год

ВАРИАНТ 1 (10 класс)

ЗАДАЧА № 1

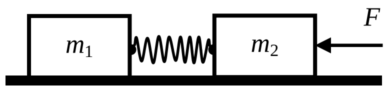
На полу стоит гладкий клин. В верхней точке его наклонной плоскости удерживается брусок. Брусок отпускают, и он начинает скользить вниз по плоскости. Стрелкой на рисунке изображен вектор его скорости относительно пола (**V**). В некоторый момент времени он имеет следующие компоненты: горизонтальная V_x = 12 см/с, вертикальная V_y = 16 см/с. В этот момент его скорость скольжения по клину равна V_K = 34 см/с. Найти отношение m/M масс бруска (m) и клина (M).



Ответ: m/M = 3/2.

ЗАДАЧА № 2

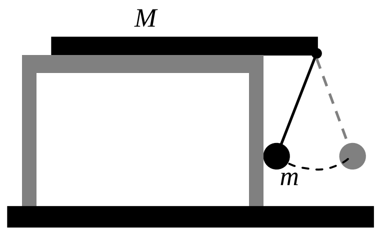
На шероховатом столе лежат два бруска, сцепленные пружиной. Их массы $m_1 = 400$г и $m_2 = 600$г. Первый брусок пытаются сдвинуть с места, толкая на него через пружину второй брусок горизонтальной силой F, как это показано на рисунке. Минимальная сила, необходимая для этого, равна F_{min} = 2Н. Определить Коэффициент трения (μ) между брусками и столом.



Ответ: $\mu = F/g(m_2 + m_1/2) = 0,25$.

ЗАДАЧА № 3

На массивный шероховатый стол положили однородную доску массой M = 3кг так, что часть ее длиной d = 40см свешивается со стола. К свисающему концу доски на легкой нерастяжимой нити длиной l = 50см привязали маленький тяжелый шар массой m = 500г. Получившийся таким образом маятник раскачали с максимальной амплитудой x_o, равной длине свисающей части доски ($x_o = d$ = 40см), как это представлено на рисунке. Какая минимальная длина доски (L_{min}) позволит ей удержаться на столе? Считать размеры стола неограниченными, а трение достаточным, чтобы доска не скользила по столу.



Ответ: L_{min} = 104 см.

ЗАДАЧА № 4

Рыбаку на моторной лодке нужно попасть в пункт, находящийся прямо напротив него на противоположном берегу реки. Ширина реки H = 144м. Скорость течения реки $V_Р$=3,0 м/с, скорость лодки $V_Л$ =1,8м/с. В любом случае лодка не сможет прямо попасть в пункт назначения, т.к. ее обязательно снесет вниз по течению на некоторое расстояние L от цели. Рыбак был человеком грамотным и взял такой курс, при которм величина этого смещения (L) окажется наименьшей из всех возможных (L_{min}).

Найти величину этого минимального смещения (L_{min}) и время (T*), которое займет эта переправа.

Ответ: L_{min} = 192 м; T* = 100 с.

ЗАДАЧА № 5

Пружина длиной l_o=20см и жесткостью k=500 Н/м одним концом подвешена к потолку**.** К другому ее концу подвесили шар из пластика, плотность которого ρ = 1500кг/м^3. При этом длина пружины стала равной l_1=26см. Затем к подвешенному шару начали снизу подводить ведро, до краев заполненное водой. Какой станет длина (l_2) пружины после полного погружения шара? Сколько литров воды (V) выльется при этом на пол?

Ответ: $l_2 = 22$ см ; V = 2л.

ЗАДАЧА № 6

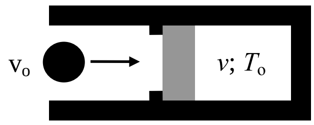
Газовый процесс, заданный уравнением $P \cdot V^n = \text{const}$, называется политропическим, а приведенное соотношение – «*уравнением политропы*». Показателем политропы n может быть любое число ($-\infty < n < +\infty$).

Один моль идеального газа сначала «идет» по политропе $PV^2 = A$, а затем при некоторой температуре «переходит» на политропу $P/V^2 = B$. Определить температуру (T*), при которой произошел этот переход газа с одной политропы на другую. Константы A и B считать известными.

Ответ: $T = (A^5B)^{¼}/R$.

ЗАДАЧА № 7

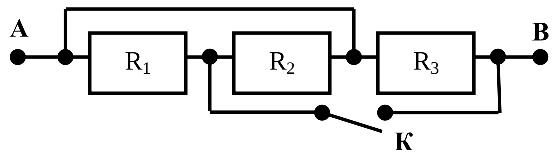
В открытом с одного конца цилиндре массой M под поршнем массой m находятся ν молей идеального газа при температуре T_o. Поршень может без трения перемещаться внутри объема цилиндра, ограниченного стопорами. За поршнем – вакуум. Изначально вся система находится в покое, и газ занимает максимальный объем. В некоторый момент по оси цилиндра извне на поршень налетает со скоростью v_o шар равной ему массы (m) и наносит ***абсолютно неупругий*** центральный удар (см. рисунок). Определить максимальную температуру газа (T*) и скорость цилиндра (V*) при этой температуре. Газовый процесс считать адиабатическим. Массой газа по сравнению с M и m пренебречь. Гравитацию не учитывать.



Ответ: $T^* = T_o + \Delta T = T_o + mM(v_o)^2/6\nu R(2m+M)$.

ЗАДАЧА № 8

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



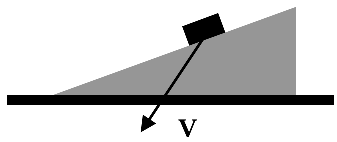
Ответ: $R_{AB} = 25$ (Ом); $R_{AB+} = 10$ (Ом); $I_K = 9$А.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
<u>Общеобразовательный предмет</u>/ комплекс предметов: <u>Физика</u>
2012-2013 учебный год

ВАРИАНТ 2 (10 класс)

ЗАДАЧА № 1

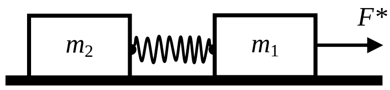
На полу стоит гладкий клин массой M = 6,4кг. В верхней точке его наклонной плоскости удерживается брусок. Брусок отпускают, и он начинает скользить вниз по плоскости. Стрелкой на рисунке изображен вектор его скорости относительно пола (**V**). В некоторый момент времени он имеет следующие компоненты: горизонтальная V_x = 32 см/с, вертикальная V_y = 24 см/с. В этот момент его скорость скольжения по клину равна V_K = 51 см/с. Найти массу бруска (m).



Ответ: m = 2,6 кг.

ЗАДАЧА № 2

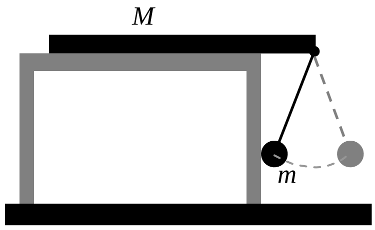
На столе лежат два бруска, сцепленные пружиной (см. рисунок). Их массы m_1 = 200г и m_2 = 300г. Коэффициент трения между ними и столом μ = 0,4. С какой ***минимальной горизонтальной*** силой (F^*) нужно тянуть первый брусок, чтобы сдвинуть второй с места?



Ответ: $F = \mu g(m_1 + m_2/2)$ = 1,4 Н.

ЗАДАЧА № 3

На массивный шероховатый стол положили однородную доску длиной L = 2м и массой M = 2,4кг так, что часть ее длиной d = 40см свешивается со стола. К свисающему концу доски на легкой нерастяжимой нити длиной l = 50см привязали маленький тяжелый шар. Получившийся таким образом маятник раскачали с максимальной амплитудой x_o, равной длине свисающей части доски ($x_o = d$ = 40см), как это представлено на рисунке. При какой максимальной массе шара (m_{max}) доска удержится на столе? Считать размеры стола неограниченными, а трение достаточным, чтобы доска не скользила по столу.



Ответ: m_{max} = 2 кг.

ЗАДАЧА № 4

Рыбаку на моторной лодке нужно попасть в пункт, находящийся прямо напротив него на противоположном берегу реки. Ширина реки H = 240м. Скорость течения реки $V_Р$=2,5м/с, скорость лодки $V_Л$ =1,5м/с. В любом случае лодка не сможет прямо попасть в пункт назначения, т.к. ее обязательно снесет вниз по течению на некоторое расстояние L от цели. Рыбак был человеком грамотным и взял такой курс, при котором величина этого смещения (L) окажется наименьшей из всех возможных (L_{min}).

Найти величину этого минимального смещения (L_{min}) и время (T^*), которое займет эта переправа.

Ответ: L_{min} = 320 м; T^* = 200 с.

ЗАДАЧА № 5

Пружина длиной l_o=30см и жесткостью k=400 Н/м одним концом подвешена к потолку**.** К другому ее концу подвесили шар из пластика, плотность которого ρ = 1200кг/м^3. При этом длина пружины стала равной l_1=36см. Затем к подвешенному шару начали снизу подводить ведро, до краев заполненное водой. Какой станет длина (l_2) пружины после полного погружения шара? Сколько литров воды (V) выльется при этом на пол?

Ответ: l_2 = 31 см ; V = 2л.

ЗАДАЧА № 6

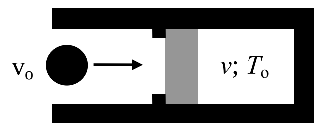
Газовый процесс, заданный уравнением $P\cdot V^n = \text{const}$, называется политропическим, а приведенное соотношение – «*уравнением политропы*». Показателем политропы n может быть любое число ($-\infty < n < +\infty$).

Один моль идеального газа сначала «идет» по политропе $PV^2 = A$, а затем при некоторой температуре «переходит» на политропу $PV^{1/2} = B$. Определить температуру (T*), при которой произошел этот переход газа с одной политропы на другую. Константы А и В считать известными.

Ответ: $T = (A^5B^2)^{1/3}/R$.

ЗАДАЧА № 7

В открытом с одного конца цилиндре массой M под поршнем массой m находятся ν молей идеального газа при температуре T_o. Поршень может без трения перемещаться внутри объема цилиндра, ограниченного стопорами. За поршнем – вакуум. Изначально вся система находится в покое, и газ занимает максимальный объем (см. рисунок). В некоторый момент по оси цилиндра извне на поршень налетает со скоростью v_o шар равной ему массы (m) и наносит ***абсолютно упругий*** центральный удар. Определить максимальную температуру газа (T*) и скорость цилиндра (V*) при этой температуре. Газовый процесс считать адиабатическим. Массой газа по сравнению с M и m пренебречь. Гравитацию не учитывать.

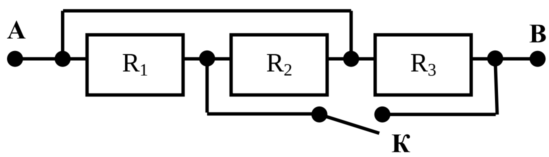


Ответ: $T^* = T_o + \Delta T = T_o + mM(v_o)^2/3\nu R(m+M)$.

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

R_1= 6 (Ом), R_2=30 (Ом), R_3=20 (Ом).



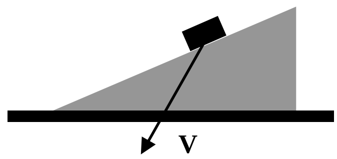
Ответ: R_{AB} = 20 (Ом); R_{AB+} = 4 (Ом); U_{AB} = 60 В.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
<u>Общеобразовательный предмет</u>/ комплекс предметов: <u>Физика</u>
2012-2013 учебный год

ВАРИАНТ 3 (10 класс)

ЗАДАЧА № 1

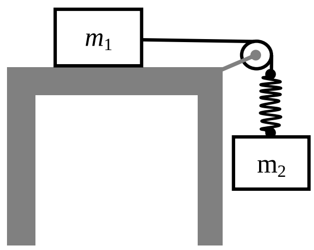
На полу стоит гладкий клин. В верхней точке его наклонной плоскости удерживается брусок. Брусок отпускают, и он начинает скользить вниз по плоскости. Стрелкой на рисунке изображен вектор его скорости относительно пола (**V**). В некоторый момент времени его модуль $|V| = 25$ см/с, а горизонтальная компонента $V_x = 20$ см/с. В этот момент скорость скольжения бруска по клину равна $V_K = 39$ см/с. Найти отношение m/M масс бруска (m) и клина (M).



Ответ: $m/M = 4/5$

ЗАДАЧА № 2

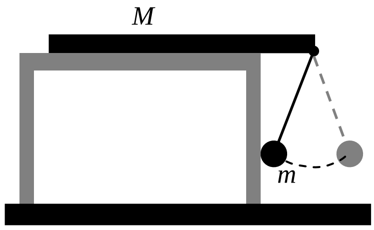
На шероховатом столе лежит брусок массы $m_1 = 400$г. Коэффициент трения между ними $\mu = 0{,}25$. К бруску на легком нерастяжимом горизонтальном тросе через блок подвешивают пружину, а к ней прикрепляют второй груз (см. рисунок). Этот груз удерживают некоторое время в исходном положении, когда пружина не напряжена, и затем быстро отпускают. Какой минимальной массой должен обладать второй груз (m_2), чтобы в итоге сдвинуть таким способом брусок m_1 с места?



Ответ: $m_2 = \mu m_1 / 2 = 50$г.

ЗАДАЧА № 3

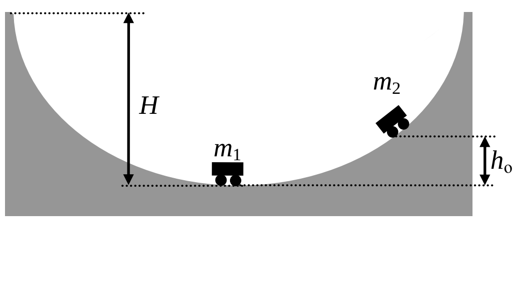
На массивный шероховатый стол положили однородную доску массой $M = 2{,}4$кг и длиной $L = 2$м так, что часть ее длиной $d = 40$см свешивается со стола. К свисающему концу доски на легкой нерастяжимой нити длиной l привязали маленький шар массой $m = 2$кг. Получившийся таким образом маятник раскачали с максимальной амплитудой x_o, равной длине свисающей части доски ($x_o = d = 40$см), как это представлено на рисунке. При какой минимальной длине нити (l_{min}) доска удержится на столе без опрокидывания? Считать размеры стола неограниченными, а трение достаточным, чтобы доска не скользила по столу.



Ответ: $l_{min} = 50$ см.

ЗАДАЧА № 4

Желеб для скейтбординга имеет глубину H, края его стенок направлены вертикально. На его дне стоит тележка массой m_1. На скате желеба на высоте $h_o = 4H/9$ от дна ставят вторую тележку массой m_2 и отпускают (см. рисунок). На дне желоба происходит абсолютно упругое столкновение тележек, в результате которого первая тележка достигает верхнего края желоба с нулевой скоростью. Определить соотношение масс тележек (m_1/m_2). На какую высоту от дна (h^*) подлетит первая тележка при



условии $m_1 << m_2$? Диссипативными силами и размерами тележек пренебречь.

Ответ: $m_1 / m_2 = (4h_o / H)^{½} - 1 = 1/3$; $h^* = 4h_o = 16H / 9$.

ЗАДАЧА № 5

Газовый процесс, заданный уравнением $P \cdot V^n = \mathrm{const}$, называется политропическим, а приведенное соотношение – «*уравнением политропы*». Показателем политропы n может быть любое число ($-\infty < n < +\infty$).

Один моль идеального газа сначала «идет» по политропе $PV = A$, а затем при некоторой температуре «переходит» на политропу $P/V^2 = B$. Определить температуру (T^*), при которой произошел этот переход газа с одной политропы на другую. Константы А и В считать известными.

Ответ: $T = A / R$.

ЗАДАЧА № 6

В баллоне №1 находится одноатомный газ аргон (Ar) с молярной массой $M_{Ar} = 40$г/моль, а в баллоне №2 – многоатомный газ метан (CH_4) с молярной массой $M_{CH4} = 16$г/моль при одной температуре. Оба баллона падают в шахту глубиной h и после неупругого удара о дно практически мгновенно останавливаются. В результате удара температура газа в первом баллоне поднялась на величину ΔT_1, а во втором – на ΔT_2. Найти отношение этих величин $\Delta T_1 / \Delta T_2$. Оценить их абсолютные значения при h = 300м. Считать, что массы баллонов существенно превосходят массы содержащихся в них газов. Деформацией сосудов и их теплообменом с газами пренебречь.

Ответ: $\Delta T = 2Mgh / iR \;\rightarrow\; \Delta T_{Ar} = 9{,}6^oC$; $\Delta T_{CH4} = 1{,}92^oC$; $\Delta T_1 / \Delta T_2 = 5$.

ЗАДАЧА № 7

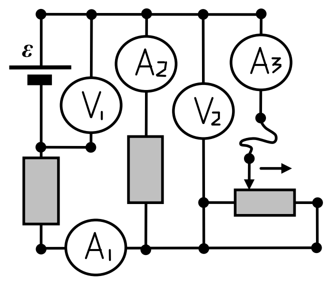
При достаточно высоких температурах начинается процесс частичной диссоциации (распад) многоатомных молекул газа на составные части. Какая доля молекул кислорода (O_2) распалась на отдельные атомы, если при температуре T=800K и давлении P=0,5атм плотность кислорода составила ρ = 0,2г/литр?

Ответ: из уравнения $p = nkT \rightarrow$ $n = 4{,}53 \cdot 10^{24}$ м$^{-3}$; $n_{O2} = 3{,}74 \cdot 10^{24}$ м$^{-3}$; $\rightarrow$ $\Delta n / n_{O2} = 0{,}21 = 21\%$.

ЗАДАЧА № 8

Источник постоянного тока, три амперметра, два вольтметра, два резистора и один реостат собраны в схему, представленную на рисунке. Все элементы считать идеальными, т.е., внутреннее сопротивление источника, сопротивления всех амперметров и соединительных проводов равны 0, а сопротивления обоих вольтметров $R_V \rightarrow \infty$.

На схеме движок реостата (стрелка) находится примерно посередине между центром реостата и его левым краем. В этом положении все приборы имеют определенные показания.



Как будут изменяться показания каждого прибора (расти, падать, оставаться неизменными), если движок реостата плавно смещать ***вправо*** до конца? Какие соотношения между показаниями различных пар одноименных приборов («>», «<», «=», «→» и т.д.) установятся в конечной стадии процесса?

Считать, что сопротивление участка реостата между движком и любым его концом пропорционально длине этого участка.

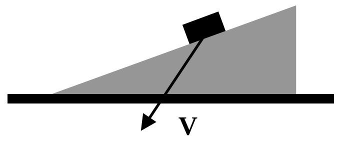
Ответ: $V_1 = \mathrm{const}$; V_2 - ↑↓; A_1 -↓↑; A_2 -↑↓; A_3 -↓↑; $A_3 = A_1 + A_2$; $A_3 \rightarrow A_1$; $A_2 \rightarrow 0$; $V_2 \rightarrow 0$.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика
2012-2013 учебный год

ВАРИАНТ 4 (10 класс)

ЗАДАЧА № 1

На полу стоит гладкий клин массой M = 16кг. В верхней точке его наклонной плоскости удерживается брусок. Брусок отпускают, и он начинает скользить вниз по плоскости. Стрелкой на рисунке изображен вектор его скорости относительно пола (**V**). В некоторый момент времени его модуль $|V|$ = 68 см/с, а вертикальная компонента V_y = 60 см/с. В этот момент его скорость скольжения по клину равна V_K = 75 см/с. Найти массу бруска (m).

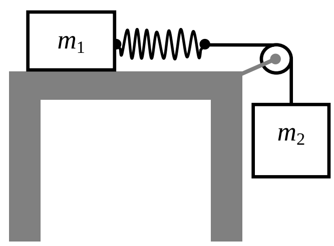


Ответ: m = 6,5 кг.

ЗАДАЧА № 2

На шероховатом столе лежит брусок массой m_1 = 400г. К нему через пружину подвешивают на легком нерастяжимом тросе, перекинутом через блок, груз массой m_2 (см. рисунок, на котором пружина занимает горизонтальное положение).

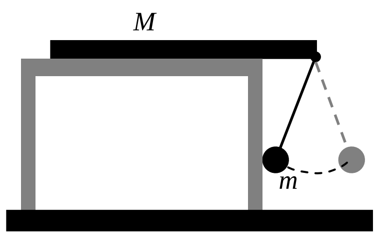
Этот груз удерживают некоторое время в исходном положении, когда пружина не напряжена, и затем быстро отпускают. В итоге брусок m_1 сдвигается со своего места. Но этот сдвиг происходит только при условии $m_2 > 300$г. В противном случае брусок m_1 остается на месте. Определить коэффициент трения (μ) между столом и бруском.



Ответ: μ $2m_2/m_1$ =1,5.

ЗАДАЧА № 3

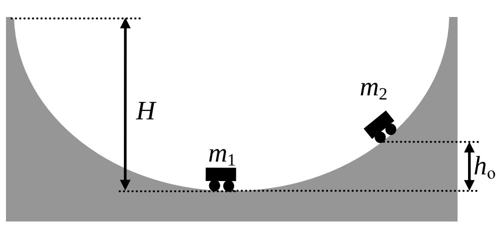
На массивный шероховатый стол положили однородную доску длиной L = 2м так, что часть ее длиной d = 40см свешивается со стола. К свисающему концу доски на легкой нерастяжимой нити длиной l = 50см привязали маленький тяжелый шар массой (m_{max}) =2кг. Получившийся таким образом маятник раскачали с максимальной амплитудой x_o, равной длине свисающей части доски ($x_o = d$ = 40см), как это представлено на рисунке. При какой минимальной массе доски (M_{min}) она удержится на столе? Считать размеры стола неограниченными, а трение достаточным, чтобы доска не скользила по столу.



Ответ: m = 2,4 кг

ЗАДАЧА №4

Желоб для скейтбординга имеет глубину H, края его стенок направлены вертикально. На его дне стоит тележка массой m_1 . На скате желеба на некоторой высоте от дна ставят вторую тележку массой $m_2 = 3m_1$ и отпускают (см. рисунок). На дне желоба происходит абсолютно упругое столкновение тележек, в результате которого первая те-



лежка достигает верхнего края желоба с нулевой скоростью. Определить начальную высоту второй тележеки (h_o). На какую высоту от дна (h*) подлетит первая тележка, если вторую тележеку отпустить с верхнего края желоба? Диссипативными силами и размерами тележек пренебречь.

Ответ: $h_o = 4H/9$; $h^* = 16H/9$.

ЗАДАЧА № 5

Газовый процесс, заданный уравнением $P{\cdot}V^n = \mathrm{const}$, называется политропическим, а приведенное соотношение – «*уравнением политропы*». Показателем политропы n может быть любое число ($-\infty < n < +\infty$).

Один моль идеального газа сначала «идет» по политропе $PV = A$, а затем при некоторой температуре «переходит» на политропу $PV^{1/2} = B$. Определить температуру (T*), при которой произошел этот переход газа с одной политропы на другую. Константы А и В считать известными.

Ответ: $T = A / R$.

ЗАДАЧА № 6

В баллоне №1 находится многоатомный газ этан (C_2H_6) с молярной массой $M_{C2H6} = 30$г/моль, а в баллоне №2 – одноатомный газ гелий (He) с молярной масссой $M_{He} = 4$г/моль при одной температуре. Оба баллона падают в шахту глубиной h и после неупругого удара о дно практически мгновенно останавливаются. В результате удара температура газа в первом баллоне поднялась на величину ΔT_1, а во втором – на ΔT_2. Найти отношение этих величин $\Delta T_1/\Delta T_2$. Оценить их абсолютные значения при $h = 300$м. Считать, что массы баллонов существенно превосходят массы содержащихся в них газов. Деформацией сосудов и их теплообменом с газами пренебречь.

Ответ: $\Delta T = 2Mgh / i\mathrm{R} \;\rightarrow\; \Delta T_{\mathrm{C2H6}} = 3{,}6^{\circ}$C; $\Delta T_{\mathrm{He}} = 0{,}96^{\circ}$C ; $\Delta T_1/\Delta T_2 = 3{,}75$.

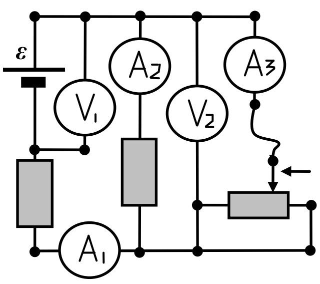
ЗАДАЧА № 7

При достаточно высоких температурах начинается процесс частичной диссоциации (распад) многоатомных молекул газа на составные части. Какая доля молекул азота (N_2) распалась на отдельные атомы, если при температуре T=700К и давлении P=0,75атм плотность азота составила $\rho = 0{,}24$г/литр?

Ответ: из уравнения $p=nkT \rightarrow n = 7{,}76{\cdot}10^{24}$ м$^{-3}$; $n_{\mathrm{N2}} = 5{,}14{\cdot}10^{24}$ м$^{-3}$; $\rightarrow \Delta n/n_{\mathrm{N2}} = 0{,}51 = 51\%$.

ЗАДАЧА № 8

Источник постоянного тока, три амперметра, два вольтметра, два резистора и один реостат собраны в схему, представленную на рисунке. Все элементы считать идеальными, т.е., внутреннее сопротивление источника, сопротивления всех амперметров и соединительных проводов равны 0, а сопротивления обоих вольтметров $R_V \rightarrow \infty$.



На схеме движок реостата (стрелка) находится примерно посередине между центром реостата и его правым краем. В этом положении все приборы имеют определенные показания.

Как будут изменяться показания каждого прибора (расти, падать, оставаться неизмеными), если движок реостата (на рисунке) медленно смещать ***влево*** до конца? Какие соотношения между показаниями различных пар одноименных приборов («>», «<», «=», «→» и т.д.) установятся в конечной стадии процесса?

Считать, что сопротивление участка реостата между движком и любым его концом пропорционально длине этого участка.

Ответ: $V_1 = \mathrm{const}$; V_2 - ↑↓; A_1 -↓↑; A_2 -↑↓; A_3 -↓↑; $A_3 = A_1 + A_2$; $A_3 \rightarrow A_1$; $A_2 \rightarrow 0$; $V_2 \rightarrow 0$.

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

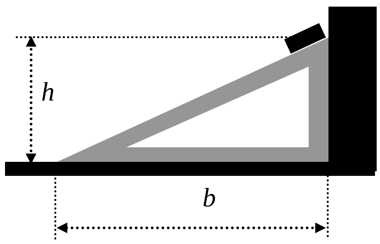
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика

2012-2013 учебный год

ВАРИАНТ 5 (10 класс)

ЗАДАЧА № 1

На полу, прижатый к стене, стоит гладкий клин высотой $h = 50$см и основанием $b = 120$см. Масса клина $M = 560$г. В верхней части его наклонной поверхности удерживается кирпич длиной $l = 25$см и массой $m = 1{,}69$кг, также прижатый к стене (см. рисунок). Кирпич отпускают, и он начинает скользить без трения вниз по плоскости.

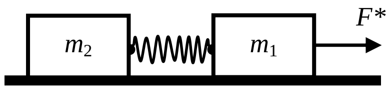


Определить силу давления клина на стену (N) и на пол (P) во время спуска. Через сколько секунд (t) после начала спуска кирпич коснется пола?

Ответ: N=mg $\sin\alpha\cdot\cos\alpha$ = 6Н; P=g(M+m$\cos^2\alpha$) = 20Н; t = 0,74с.

ЗАДАЧА № 2

На столе лежат два бруска, сцепленные пружиной (см. рисунок). Их массы $m_1 = 200$г и $m_2 = 300$г. Коэффициент трения между ними и столом μ = 0,4. С какой ***минимальной горизонтальной*** силой (F^*) нужно тянуть первый брусок, чтобы сдвинуть второй с места?

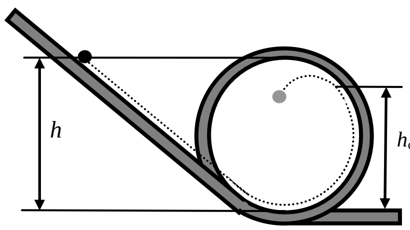


Ответ: $\mathbf{F}_{min} = \mu g\cdot(m_1+m_2/2)$ = 1,4Н.

ЗАДАЧА № 3

Установка для демонстрации «мертвой петли» представляет собой гладкий желоб, изогнутый в виде петли в вертикальной плоскости. Петля (см. рисунок) состоит из прямой наклонной части, которая плавно (по касательной) переходит в окружность радиуса R, а та, в свою очередь, также плавно переходит в горизонтальный прямой участок. Для того, чтобы скользящий по желобу (без трения) шарик совершил «мертвую петлю», то есть проскользил по круглому участку без отрыва от желоба, его надо пустить по наклонному участку с высоты H, большей диаметра петли.

Наименьшая высота, позволяющая шарику совершить «мертвую петлю», равна H_{min}=150см. Найти величину радиуса петли R. Размерами шарика пренебречь.

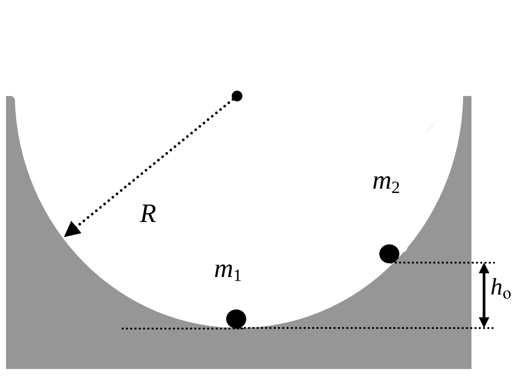


Если же шарик пустить с чуть меньшей высоты, то он, не закончив «мертвой петли», оторвется от желоба и некоторое время будет находиться в свободном полете (см. рисунок, на котором пунктиром показана его примерная траектория). На какой высоте (h_o) произойдет отрыв шарика от желоба, если пустить его с высоты h, равной диаметру петли ($h = 2R$)?

Ответ: R= 0,4H_{min} = 60см; h_o= 4R/3 = 80см.

ЗАДАЧА № 4

Желоб для скейтбординга имеет в разрезе профиль полуцилиндра радиусом R=4м. На его дне лежит шар массой m_1. На скате желоба на высоте $h_o = 0{,}05R$ от дна ставят второй шар массой $m_2 = ⅓\, m_1$ и отпускают (см. рисунок). Через какое время после этого (T_1) произойдет столкновение шаров. Считая это столкновение центральным и абсолютно упругим, найти высоту подъема каждого из шаров (h_1 и, соответственно h_2), после столкновения. Найти вре-



менной интервал (T_2) между первым и вторым столкновениями шаров. Определить высоту подъема шаров (H_1 и, соответственно H_2) после второго столкновения. Шары считать материальными точками. Трением пренебречь.

Ответ: T_1=0,5с; h_1=5см; h_2=5см; T_2=1,0с; H_1=0; $H_2 = h_o$=20см.

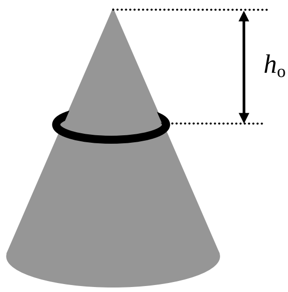
ЗАДАЧА № 5

На столе стоит медный конус высотой H=60см и радиусом основания R=10см. При температуре $T_o = 0^oC$ на конус свободно надели тонкое алюминиевое кольцо. Его плоскость горизонтальна и отстоит от вершины конуса на величину h_o = 500,0мм (см. рисунок). Всю систему нагревают до некоторой температуры (T^*) и затем начинают медленно охлаждть. Когда температура достигает исходного значения $T_o = 0^oC$, кольцо разрывается. Вопросы:

– До какой температуры (T^*) нагрели конус с кольцом?

– Есть ли ограничения (и какие) для коэффициента трения (μ) между конусом и кольцом, или этот эффект (разрыв кольца) возможен при любом его значении?

– На какую величину (Δh) и с каким знаком (±) изменится по сравнению с исходным значением (h_o) расстояние между вершиной конуса и плоскостью кольца при максимальной температуре нагрева Т*?



Линейный коэффициент теплового расширения меди $\alpha_{Cu}=17\cdot10^{-6}$ К$^{-1}$, алюминия $\alpha_{Al} = 24\cdot10^{-6}$ К$^{-1}$. Проволока, из которой сделано кольцо, разрывается от растягивающего механичнского усилия, при котором ее удлинение (Δl^*) достигает величины 0,2% от исходной длины ($\Delta l^*/l_o$ = 0,002).

Ответ: $T^*=\Delta T= (\Delta l^*/l_o)/(\alpha_{Al}-\alpha_{Cu}) \approx 286^oC$; $\mu \geq R/H = 1/6$; $\Delta h = h_o \Delta T\, \alpha_{Al}$ = 3,4 мм.

ЗАДАЧА № 6

Не пользуясь таблицами, определить относительную влажность воздуха (φ) в комнате при температуре $t = 30^oC$, если измеренная точка росы в ней оказалась равной $t_{\text{росы}} = 11^oC$. Считать, что в этой температурной области плотность насыщенного пара (ρ^*) пропорциональна 16-й степени ***абсолютной*** температуры:

$\rho^*(T) = A\cdot T^{16}$, где A – константа.

Ответ: $\varphi = (t_{\text{росы}}/t)^{16} = (284K/303K)^{16}$ = 0,354 = 35,4%.

ЗАДАЧА № 7

На освещенной стороне поверхности Луны температура достигает значения ~ +130°С. Оценить среднеквадратичную скорость теплового движения молекул водорода (V_{H2}) и азота (V_{N2}) при этой температуре. Сравнить ее со второй космической скоростью для Луны (V_{II}). Массы атомов водорода и азота принять равными 1 и, соответственно, 14 аем (атомных единиц массы). 1аем=$1,66\cdot10^{-27}$кг, констаета Больцмана $k_Б = 1,38\cdot10^{-23}$ Дж/К. Радиус Луны R=$1,7\cdot10^6$ м, ускорение свободного падения на Луне составляет 1/6 земного.

Ответ: $V=(3kT/m)^{½} \rightarrow V_{H2} \approx$2230м/с; $V_{N2} \approx$ 600м/с; $V_{II} = (2gR)^{½} \approx$ 2330м/с.

ЗАДАЧА № 8

Имеются два стандартных электрокипятильника (т.е., они рассчитаны на работу от городской электросети и их сопротивление практически не зависит от температуры). Один кипятильник, включенный в сеть, доводит воду в стакане до кипения за время t_1=30с. Другому для этого требуется время t_2=60с.

Взяли два стакана с водой и опустили в них эти кипятильники (каждый в свой стакан). Затем оба кипятильника соединили последовательно и включили в сеть. Сколько времени в этом случае потребуется на кипячение первому (T_1) и второму (T_2) кипятильнику? Теплопотерями пренебречь.

Ответ: $T_1 = (t_1 + t_2)^2/t_1$ = 270 с; $T_2 = (t_1 + t_2)^2/t_2$ = 135 с.

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

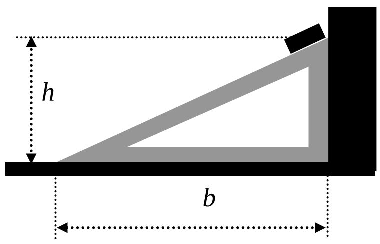
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика

2012-2013 учебный год

ВАРИАНТ 6 (10 класс)

ЗАДАЧА № 1

На полу, прижатый к стене, стоит гладкий клин высотой $h = 40$см и основанием $b = 75$см. Масса клина M = 775г. В верхней части его наклонной поверхности удерживается брусок длиной l = 25см и массой m = 289г, также прижатый к стене (см. рисунок). Брусок отпускают, и он начинает скользить без трения вниз по плоскости.

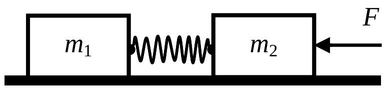


Определить силу давления клина на стену (N) и на пол (P) во время спуска. Через сколько секунд (t) после начала спуска брусок коснется пола?

Ответ: $N = mg\sin\alpha\cdot\cos\alpha = 1{,}2$Н; $P = g(M + m\cos^2\alpha) = 10$Н; $t = 0{,}5$с.

ЗАДАЧА № 2

На шероховатом столе лежат два бруска, сцепленные пружиной. Их массы $m_1 = 400$г и $m_2 = 600$г. Первый брусок пытаются сдвинуть с места, толкая на него через пружину второй брусок горизонтальной силой F, как это показано на рисунке. Минимальная сила, необходимая для сдвига, равна F_{min} = 2Н. Определить Коэффициент трения (μ) между брусками и столом.

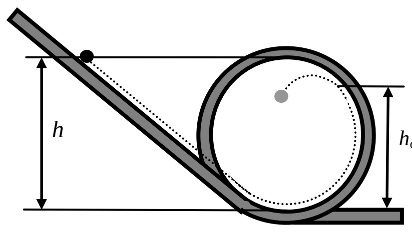


Ответ: $\mu = F_{min}/g\cdot(m_1 + m_2/2) = 0{,}25$.

ЗАДАЧА № 3

Установка для демонстрации «мертвой петли» представляет собой гладкий желоб, изогнутый в виде петли в вертикальной плоскости. Петля (см. рисунок) состоит из прямой наклонной части, которая плавно (по касательной) переходит в окружность радиуса $R = 60$см, а та, в свою очередь, также плавно переходит в горизонтальный прямой участок.

Для того, чтобы скользящий по желобу (без трения) шарик совершил «мертвую петлю», то есть проскользил по круглому участку без отрыва от желоба, его надо пустить по наклонному участку с высоты H, большей диаметра петли. Пренебрегая размерами шарика, найти наименьшее значение этой высоты (H_{min}), позволяющее шарику совершить «мертвую петлю».

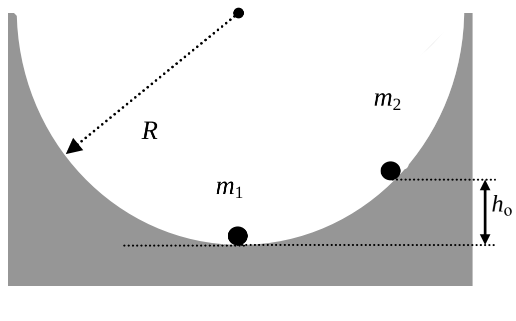


Если же шарик пустить с чуть меньшей высоты, то он, не закончив «мертвой петли», оторвется от желоба и некоторое время будет находиться в свободном полете (см. рисунок, на котором пунктиром показана его примерная траектория). На какой высоте (h_o) произойдет отрыв шарика от желоба, если пустить его с высоты h, равной диаметру петли ($h = 2R = 120$см)?

Ответ: $H_{min} = 2{,}5\,R = 150$см; $h_o = 4R/3 = 80$см.

ЗАДАЧА № 4

Желоб для скейтбординга имеет в разрезе профиль полуцилиндра радиусом R=5м. На его дне лежит шар массой m_1. На скате желоба на высоте $h_o = 0{,}09R$ от дна ставят второй шар массой $m_2 = ½\, m_1$ и отпускают (см. рисунок). Через какое время после этого (T_1) произойдет столкновение шаров. Считая это столкновение центральным и абсолютно упругим, найти высоту подъема каждого из шаров



(h_1 и, соответственно h_2), после столкновения. Найти временной интервал (T_2) между первым и вторым столкновениями шаров. Определить высоту подъема шаров (H_1 и, соответственно H_2) после второго столкновения. Шары считать материальными точками. Трением пренебречь.

Ответ: T_1=1,11; h_1=20см; h_2=5см; T_2=2,22с; H_1=0; $H_2 = h_o$ =45см.

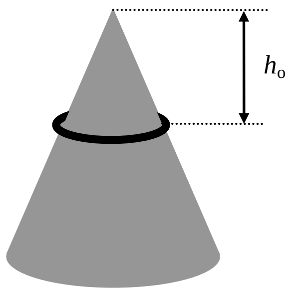
ЗАДАЧА № 5

На столе стоит стальной конус высотой H=80см и радиусом основания R=12см. При температуре $T_o = 0^oC$ на конус свободно надели тонкое алюминиевое кольцо. Его плоскость горизонтальна и отстоит от вершины конуса на величину h_o = 500,0мм (см. рисунок). Всю систему нагревают до некоторой температуры (T*) и затем начинают медленно охлаждть. Когда температура достигает исходного значения $T_o = 0^oC$, кольцо разрывается. Вопросы:

– До какой температуры (T*) нагрели конус с кольцом?

– Есть ли ограничения (и какие) для коэффициента трения (μ) между конусом и кольцом, или этот эффект (разрыв кольца) возможен при любом его значении?

– На какую величину (Δh) и с каким знаком (±) изменится по сравнению с исходным значением (h_o) расстояние между вершиной конуса и плоскостью кольца при максимальной температуре нагрева T*?



Линейный коэффициент теплового расширения стали $\alpha_{Ст}=12\cdot10^{-6}\,К^{-1}$, алюминия $\alpha_{Al} = 24\cdot10^{-6}\,К^{-1}$. Проволока, из которой сделано кольцо, разрывается от растягивающего механичнского усилия, при котором ее удлинение (Δl*) достигает величины 0,2% от исходной длины ($\Delta l^*/l_o$ = 0,002).

Ответ: $T^* = \Delta T = (\Delta l^*/l_o)/(\alpha_{Al} - \alpha_{Ст}) \approx 167^oC$; $\mu \geq R/H = 0{,}15$; $\Delta h = h_o \Delta T\, \alpha_{Al} = 2{,}0$ мм.

ЗАДАЧА № 6

Не пользуясь таблицами, определить относительную влажность воздуха в комнате при температуре $t = 25^oC$, если измеренная точка росы в ней оказалась равной $t_{росы} = 17^oC$. Считать, что в этой температурной области плотность насыщенного пара (ρ*) пропорциональна 16-й степени ***абсолютной*** температуры:

$$\rho^*(T) = A\cdot T^{16}, \text{ где } A \text{ – константа.}$$

Ответ: $\varphi = (t_{росы}/t)^{16} = (290K/298K)^{16} = 0{,}647 = 64{,}7\%$.

ЗАДАЧА № 7

На поверхности Марса температура достигает значения T = – 30°C. Оценить среднеквадратичную скорость теплового движения молекул гелия (V_{He}) и кислорода (V_{O2}) при этой температуре. Сравнить ее со второй космической скоростью для Марса (V_{II}). Радиус Марса $R=3{,}4\cdot10^{6}$ м, ускорение свободного падения на Марсе составляет 0,4 земного. Массы атомов гелия и кислорода принять равными 4 и, соответственно, 16 аем (атомных единиц массы). 1аем=$1{,}66\cdot10^{-27}$кг, констаета Больцмана $k_Б = 1{,}38\cdot10^{-23}$ Дж/К.

Ответ: $V=(3kT/m)^{½} \rightarrow V_{He} \approx 1220$м/с; $V_{O2} \approx 430$м/с; $V_{II} = (2gR)^{½} \approx 5200$м/с**.**

ЗАДАЧА № 8

Имеются два стандартных электрокипятильника (т.е., они рассчитаны на работу от городской электросети и их сопротивление практически не зависит от температуры). Один кипятильник, включенный в сеть, доводит воду в стакане до кипения за время t_1=54с. Другому для этого требуется время t_2 =18с.

Взяли два стакана с водой и опустили в них эти кипятильники (каждый в свой стакан). Затем оба кипятильника соединили последовательно и включили в сеть. Сколько времени в этом случае потребуется на кипячение первому (T_1) и второму (T_2) кипятильнику? Теплопотерями пренебречь.

Ответ: $T_1 = (t_1 + t_2)^2/t_1 = 96$с; $T_2 = (t_1 + t_2)^2/t_2 = 288$ с.