

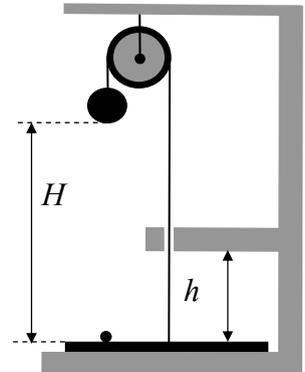


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика
2011-2012 учебный год

Вариант I (10 кл).

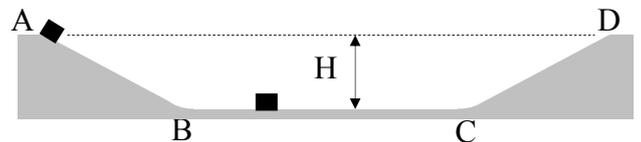
ЗАДАЧА № 1.

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). Скатывания 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?



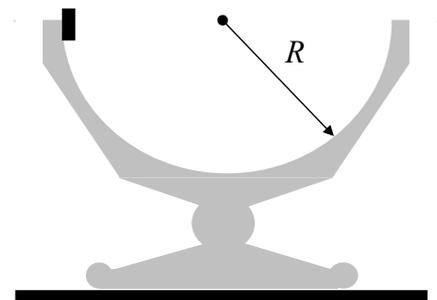
ЗАДАЧА № 3.

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 (Δx) 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.

Две бесконечные полуплоскости образуют двугранный угол φ , внутренние поверхности которого являются зеркалами. Какое максимальное число отражений может претерпеть лазерный луч, произвольно запущенный в этот зеркальный угол?

ЗАДАЧА № 5.

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 парциальные давления пара (P_n) и его плотность (ρ_n) в исходном состоянии. Считать, что воздух и водяной пар описываются уравнением Клапейрона-Менделеева.

ЗАДАЧА № 6.

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 (η) тепловой машины. Изобразить цикл на всех трех (PV , PT и VT) диаграммах.

ЗАДАЧА № 7.

В открытом с одного конца горизонтальном цилиндре имеется гладкий (скользит без трения) поршень. Он прикреплен к дну цилиндра пружиной. Когда по обе стороны поршня вакуум, то пружина не напряжена, и длина ее равна L_0 (см. рисунок). Если эту систему поместить в газовую атмосферу, то под поршнем останется вакуум, а внешнее давление на поршень будет сжимать пружину. При некотором значении атмосферного давления пружина сожмется до 0 и поршень коснется дна цилиндра. Если при этих условиях ввести 1 моль газа под поршень (т.е., в пространство между поршнем и дном), то от внутреннего давления пружина растянется, и длина ее станет равной $L_1=L_0/3$. Какой будет длина пружины (L_v), если под поршень ввести не 1, а v молей газа? Дать ответ в общем виде (L_v) и конкретно для случая $v=4$ (L_4). Все процессы считать изотермическими, а длину цилиндра неограниченной.



ЗАДАЧА № 8.

Кипятильник сопротивлением $R_1=2\ \Omega$ (символ Ω – 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? Теплопотерями пренебречь.

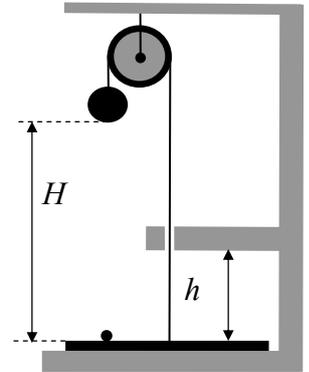


САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА
Общеобразовательный предмет/ комплекс предметов: Физика
2011-2012 учебный год

Вариант II (10 кл).

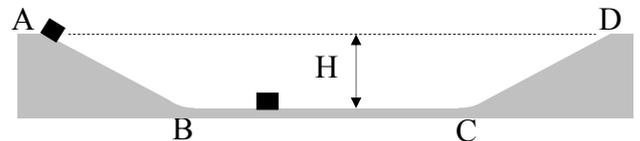
ЗАДАЧА № 1.

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, смонтированном 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). Скатывания 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 (V^*) ящиков после их второго столкновения, если оно будет абсолютно неупругим?



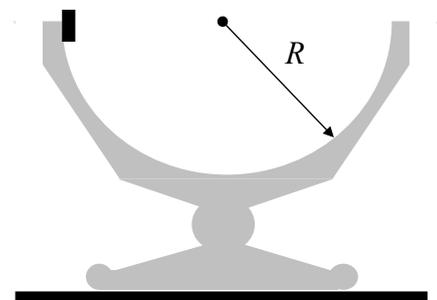
ЗАДАЧА № 3.

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 (Δx) 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.

Две бесконечные полуплоскости образуют двугранный угол φ , внутренние поверхности которого являются зеркалами. При какой максимальной величине этого угла (φ_{\max}) лазерный луч, произвольно запущенный в этот зеркальный угол, претерпит не более, чем N отражений?

ЗАДАЧА № 5.

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 парциальные давления пара ($P_{\text{п}}$) и его плотность ($\rho_{\text{п}}$) в исходном состоянии. Считать, что воздух и водяной пар описываются уравнением Клапейрона-Менделеева.

ЗАДАЧА № 6.

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 (η) тепловой машины. Изобразить цикл на всех трех (PV , PT и VT) диаграммах.

ЗАДАЧА № 7.

В открытом с одного конца горизонтальном цилиндре имеется гладкий (скользит без трения) поршень. Он прикреплен к дну цилиндра пружиной. Когда по обе стороны поршня вакуум, то пружина не напряжена, и длина ее равна L_0 (см. рисунок). Если эту систему поместить в газовую атмосферу, то под поршнем останется вакуум, а внешнее давление на поршень будет сжимать пружину. При некотором значении атмосферного давления пружина сожмется до 0 и поршень коснется дна цилиндра. Если при этих условиях ввести 1 моль газа под поршень (т.е., в пространство между поршнем и дном), то от внутреннего давления пружина растянется, и длина ее станет равной $L_1 = L_0/5$. Какой будет длина пружины (L_v), если под поршень ввести не 1, а v молей газа? Дать ответ в общем виде (L_v) и конкретно для случая $v=9$ (L_9). Все процессы считать изотермическими, а длину цилиндра неограниченной.



ЗАДАЧА № 8.

Кипятильник сопротивлением $R_1 = 3 \Omega$ (символ Ω – 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? Теплопотерями пренебречь.



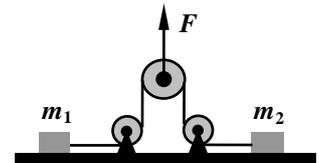
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

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

ВАРИАНТ № 3 (10 кл.)

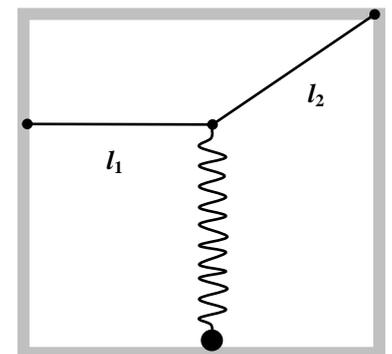
№1. Грузы $m_1 = 4\text{ кг}$ и $m_2 = 1\text{ кг}$ лежат на шероховатом полу. Их коэффициенты трения о пол не одинаковы и равны, соответственно, $\mu_1 = 1/8$ и $\mu_2 = 1/2$. Грузы связаны легким тросом через систему невесомых блоков (см. рисунок). Участки троса, не касающиеся блоков, занимают горизонтальное 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 (ω_0), угловое ускорение (ε_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. В комнате высотой $H=3\text{ м}$ и такой же шириной $L=3\text{ м}$ к противоположным стенам напротив друг друга подвесили 2 легких нерастяжимых троса длиной $l_1 = 2,5\text{ м}$ и, соответственно, $l_2 = 1,3\text{ м}$. Причем 2-й трос подвесили под самым потолком, а 1-й несколько ниже. Свободные концы тросов связали друг с другом тонким узлом, к которому на очень жесткой легкой короткой пружине подвесили маленький груз массой $m = 4,8\text{ кг}$. При этом 1-й трос принял горизонтальное положение.

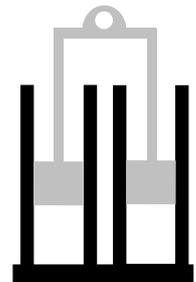


- Найти натяжение тросов (T_1 и T_2) при условии, что груз не коснулся пола.
- Найти натяжение тросов (T^*_1 и T^*_2) при условии, что пружину заменили на более мягкую, которая под весом груза растянулась до пола (см. рисунок), причем жесткость пружины $K = 24\text{ Н/м}$, а ее длина в ненапряженном состоянии $l_0 = 30\text{ см}$.
- С какой силой (N) груз будет давить на пол в последнем случае.

№4. 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.



- №5.** На снегу стоят сани (без спинки) массой $m_1 = 6$ кг. На них лежит ящик массой $m_2 = 4$ кг. Какую минимальную горизонтальную силу (F_{\min}) надо приложить к саням, чтобы выдернуть их из-под ящика? Коэффициенты трения саней о снег $\mu_1 = 0,1$, а ящика о сани $\mu_2 = 1/2$.
- №6.** 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 $P_2 = 2,2$ атм. Определить парциальное давления пара ($P_{\text{п}}$) и его плотность ($\rho_{\text{п}}$) в исходном состоянии. Считать, что воздух и водяной пар описываются уравнением Клапейрона-Менделеева.
- №7.** 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 (η) тепловой машины. Изобразить цикл на всех трех (PV , PT и VT) диаграммах.
- №8.** 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.





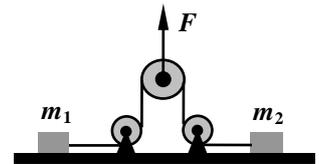
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

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

ВАРИАНТ № 4 (10 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 $F = 12\text{ Н}$.

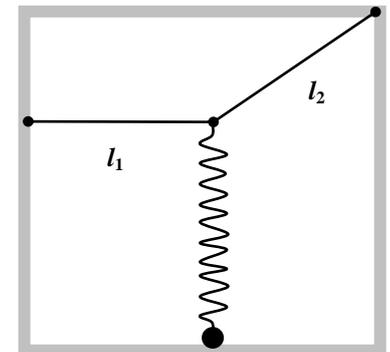
На какую величину (x_1) сократится начальная дистанция между грузами к моменту времени $t_1 = 0,4\text{ с}$? На этот же момент определить скорость (V_0) и ускорение (a_0) подъема центрального блока, а также его угловую скорость (ω_0), угловое ускорение (ε_0) и направление вращения вокруг своей оси (относительно 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. В комнате высотой $H = 2,5\text{ м}$ и шириной $L = 3\text{ м}$ к противоположным стенам напротив друг друга подвесили 2 легких нерастяжимых троса длиной $l_1 = 1,5\text{ м}$ и, соответственно, $l_2 = 1,7\text{ м}$. Причем 2-й трос подвесили под самым потолком, а 1-й несколько ниже. Свободные концы тросов связали друг с другом тонким узлом, к которому на очень жесткой легкой короткой пружине подвесили маленький груз массой $m = 7,5\text{ кг}$. При этом 1-й трос принял горизонтальное положение.

- Найти натяжение тросов (T_1 и T_2) при условии, что груз не коснулся пола.
- Найти натяжение тросов (T^*_1 и T^*_2) при условии, что пружину заменили на более мягкую, которая под весом груза растянулась до пола (см. рисунок), причем жесткость пружины $K = 40\text{ Н/м}$, а ее длина в ненапряженном состоянии $l_0 = 20\text{ см}$.
- С какой силой (N) груз будет давить на пол в последнем случае.



№4. 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.



№5. На снегу стоят сани массой $m_1 = 8\text{ кг}$. На них лежит ящик массой $m_2 = 12\text{ кг}$. Какую минимальную горизонтальную силу (F_{\min}) надо приложить к ящику, чтобы сдвинуть его с саней? Коэффициенты трения саней о снег $\mu_1 = 0,1$, а ящика о сани $\mu_2 = 1/2$.

№6. 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 ($P_{\text{п}}$) и его плотность ($\rho_{\text{п}}$) в исходном состоянии. Считать, что воздух и водяной пар описываются уравнением Клапейрона-Менделеева.

№7. 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 (η) тепловой машины. Изобразить цикл на всех трех (PV , PT и VT) диаграммах.

№8. 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.

