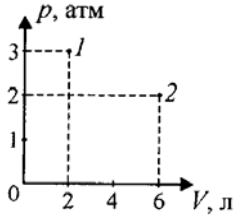
Задачи вступительных экзаменов на физический факультет МГУ 2008 г.

II. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

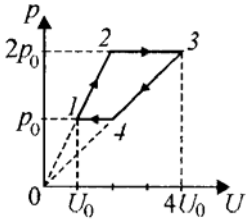
2.1. При изобарическом нагревании гелия его абсолютная температура изменилась в $n = 8$ раз. На сколько изменилось при этом среднее расстояние между атомами гелия, если в исходном состоянии оно было равно $L_0 = 4$ нм? Ответ: на 4 нм



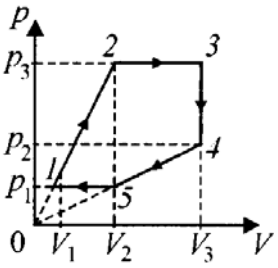
2.2. На pV-диаграмме, изображенной на рисунке, точками отмечены два состояния некоторого количества идеального одноатомного газа, имеющего молярную массу M. Известно, что среднеквадратичные скорости молекул газа в этих состояниях отличаются на величину $\Delta\upsilon$. Найти абсолютную температуру газа в состоянии *1*. Ответ: $T_1 = \left(\sqrt{2}+1\right)^2 (\Delta v)^2 M/(3R)$

2.3. Пустую камеру велосипеда, стоящего на горизонтальной дороге, медленно накачивают. Насос захватывает при каждом качании объем воздуха $\upsilon = 40$ см^3. Сколько качаний необходимо сделать, чтобы при нагрузке на колесо равной $F = 500$ Н, площадь его соприкосновения с дорогой стала равной $S = 50$ см^2? Атмосферное давление равно $p_0 = 10^5$ Па. Процесс накачивания считать изотермическим. Объем велосипедной камеры неизменен и равен $V = 2$ л. Ответ: 100.

2.4. Атмосфера некоторой сферической планеты состоит по массе на 3/4 из азота и на 1/4 из метана. Атмосферное давление вблизи поверхности планеты равно p_0, ускорение свободного падения равно g. При глобальном похолодании на планете образовался метановый океан, а относительная влажность атмосферы по метану вблизи поверхности океана стала равна f. Пренебрегая вращением планеты, найти глубину океана, если плотность жидкого метана равна ρ, а давление его насыщенных паров при данной температуре равно $p_н$. Высота атмосферы и глубина океана много меньше радиуса планеты. Ответ: $h = ((p_0/4) - fp_н)/(\rho g)$, при $f < p_0/(4p_н)$

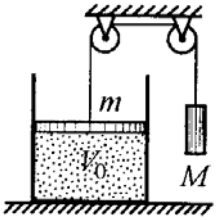


2.5. На рисунке показана зависимость давления p от внутренней энергии U одного моля идеального одноатомного газа, используемого в качестве рабочего вещества теплового двигателя. Найти коэффициент полезного действия цикла этого двигателя η. Ответ: 2/13

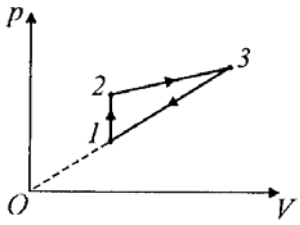


2.6. На pV- диаграмме (см. рис.) изображен циклический процесс *1-2-3-4-5-1,* совершаемый над ν молями гелия. В точке *1* абсолютная температура газа равна T_1, в точках *2* и *4* — T_2, а в точке *3* — T_3. В точках *2* и *5* равны объемы газа. Найти работу газа за один цикл. Ответ: $A = \nu R[T_1 + 2T_3 - 2T_2 - (T_1T_3^2/T_2^2)]/2$

2.7. В тяжелом вертикальном цилиндре, стоящем на столе, под поршнем массой $m = 5$ кг находится идеальный газ, занимающий объем $V_0 = 1$ м^3 (см. рис.). Площадь сечения поршня равна $S = 1$ м^2. К поршню прикреплена нерастяжимая легкая нить, перекинутая через закрепленные блоки, как показано на рисунке. К другому концу нити прикреплен груз массой $M = m$. Система находится в равновесии при атмосферном давлении $p_0 = 0{,}1$ МПа. Найти круговую частоту ω малых колебаний поршня, пренебрегая изменением внутренней энергии газа при этих колебаниях и действием сил трения на части системы. Ответ: 100 с$^{-1}$

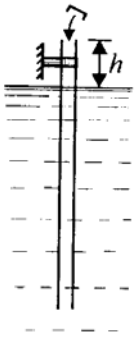


2.8. В тепловом двигателе, рабочим телом которого является один моль идеального одноатомного газа, совершается циклический процесс, изображенный на рисунке, где *1 -2* — изохорный процесс. Работа газа за один цикл составляет $A = 40$ Дж, температуры газа в состояниях *1* и *3* равны, соответственно, $T_1 = 300$ К и $T_3 = 330$ К. Найти коэффициент полезного действия цикла η. Универсальную газовую постоянную принять равной $R = 8{,}3$ Дж/(моль·К). Ответ: ≈ 7,4 %



2.9. В экспериментальной камере объемом $V = 3{,}7$ м^3 находится влажный воздух. Плотность водяного пара $\rho = 0{,}5$ г/м^3. Какую массу m воды нужно дополнительно испарить в этой камере, чтобы при температуре $t = 100$ °С пар стал насыщенным? Молярная масса воды $M = 18$ г/моль. Атмосферное давление считать равным $p_0 = 10^5$ Па, а универсальную газовую постоянную — $R = 8{,}3$ Дж/(моль·К). Ответ: ≈ 2,1 кг

2.10. Металлическую трубку площадью поперечного сечения $S = 10$ см^2 и длиной около полутора метров опустили в воду и закрепили на штативе в вертикальном положении так, чтобы верхний край трубки находился над поверхностью воды на высоте $h = 10$ см (см. рис.). Температуры воздуха и воды одинаковы и равны $t_0 = 7$ °С, атмосферное давление $p_0 = 10^5$ Па. Трубку закрыли сверху легкой герметичной крышкой, закрепив ее, и нагрели воду до температуры $t_1 = 100$ °С. На какую величину ΔF изменилась при этом сила, с которой трубка действует на штатив? Давлением насыщенных паров воды при температуре t_0, а также тепловым расширением воды и стенок трубы пренебречь. Плотность воды считать равной $\rho = 10^3$ кг/м^3, а модуль ускорения свободного падения $g = 10$ м/с^2. Ответ: ≈ 11,1 Н



2.11. В цилиндрическом сосуде при температуре 0 °С находится вода и кусок льда, примерзший ко дну сосуда, причем уровень воды располагается на высоте $h_0 = 20$ см от дна сосуда, а лед не выступает над поверхностью воды. Когда содержимому сосуда сообщили количество теплоты $Q = 60$ кДж, η = 10 % льда расплавилось, а оставшаяся часть льда всплыла на поверхность. На какой высоте h от дна сосуда оказался уровень воды в сосуде после этого? Площадь поперечного сечения сосуда $S = 200$ см^2, плотность воды $\rho_в = 1$ г/см^3, плотность льда $\rho_л = 0{,}9$ г/см', удельная теплота плавления льда $\lambda = 332$ Дж/г. Ответ: ≈ 19 см.