

ИНСТИТУТ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК И ЭКОЛОГИИ

ПРИМЕРЫ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАЧ по курсу: МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

для студентов 1 курса (II семестр)

Авторы: к.ф.-м.н. Романов Сергей Викторович,

доцент, к.ф.-м.н. Барабанов Алексей Леонидович

1. Вычислите время τ , необходимое для того, чтобы форвакуумный насос откачал объем $V = 64$ л от атмосферного давления, равного $P_0 = 100$ кПа, до давления $P_1 = 1.0$ Па. Быстрота действия насоса $C = 50$ л/мин. Предельное давление, до которого откачивает насос, равно $P_2 = 0.5$ Па. Быстротой действия насоса $C = dV/dt$ определяется объем газа, откачиваемый насосом за единицу времени.
2. Для идеального газа с адиабатическим показателем γ найдите уравнение процесса, при котором молярная теплоемкость C зависит от температуры T по закону $C = \alpha T^2$, где $\alpha = \text{const}$.
3. Найдите уравнение, связывающее давление P идеального газа фотонов с занимаемым этим газом объемом V и полной энергией фотонов U . Все фотоны движутся со скоростью c . Энергия ϵ и импульс p фотона связаны формулой $\epsilon = cp$.
4. Электронная лампа состоит из цилиндрического анода и катода в форме прямолинейной нити, натянутой по оси анода. Электроны, испускаемые накалившимся катодом, попадают в задерживающее поле анода. Считая, что тепловые скорости испущенных электронов распределены по закону Максвелла с температурой $T = 1150$ К, определите долю электронов α , преодолевающих задерживающий потенциал $V = 0.2$ В. Постройте график зависимости α от T .
5. При наблюдении за каплей жидкости, несущей на себе элементарный заряд, было обнаружено, что сила тяжести, действующая на каплю, уравновешивается электрическим полем напряженностью $E = 10^4$ В/см. Наблюдение за каплей при выключенном поле показало, что ее среднеквадратичное броуновское смещение за время $t = 100$ с составляет $r = 10^{-2}$ см. Оцените скорость v установившегося падения капли при выключенном поле. Капля находится в камере, наполненной водородом, при температуре $T = 300$ К.
6. Оцените толщину льда, образующегося в течение заданного времени t на спокойной поверхности озера. Считайте, что температура T_1 окружающего воздуха постоянна и равна температуре наружной поверхности льда. Удельную теплоту плавления r , коэффициент теплопроводности κ и плотность ρ льда считайте известными. Выполните численные расчеты для $T_1 = -10^0$ C (а) и $T_1 = -20^0$ C (б), если $r = 3.35 \cdot 10^9$ эрг/г, $\kappa = 2.22 \cdot 10^5$ эрг/(см·сек·град), $\rho = 0.9$ г/см³ и $t = 24$ часа.
7. Газ адиабатически вытекает из резервуара по горизонтальной трубе малого сечения S . В резервуаре поддерживаются постоянными давление P_0 и температура T_0 . Наружное давление равно P . Газ считайте идеальным, а сечение трубы S достаточно малым для того, чтобы можно было пренебречь скоростью потока газа в резервуаре. Найдите скорость истечения газа v и количество газа q , вытекающего в единицу времени. Покажите, что q максимально, когда скорость истечения равна скорости звука в газе при температуре на выходе из трубы.
8. Теплоизолированный сосуд с азотом движется со скоростью $v = 86$ м/с. Температура газа равна 0^0 C. Какова будет температура газа, если сосуд остановить?
9. Идеальный газ совершает цикл, состоящий из изотермы, политропы и адиабаты, причем изотермический процесс происходит при максимальной температуре цикла. Найдите к.п.д. такого цикла, если температура T в его пределах изменяется в n раз.
10. Один моль идеального газа с адиабатическим показателем γ совершает политропический процесс, причем его температура изменяется от T_1 до T_2 . Показатель политропы равен n . Найдите приращение энтропии газа ΔS .

11. Известно уравнение состояния вещества в форме $V = V(P, T)$. Как зависит от давления P и температуры T производная $(\partial H/\partial P)_T$ энтальпии вещества H по давлению при постоянной температуре?
12. Моль гелия занимает объем $V = 0.1$ л и находится при температуре $T = 0^\circ \text{C}$. Измерение величины $C_P/C_V - 1$ в этих условиях показало, что она превышает на 3 % свое значение для разреженного газа. Найдите постоянную a для гелия, используя уравнение Ван-дер-Ваальса. Членами высшего порядка (пропорциональными a^2 , ab , b^2) пренебрегите.
13. Исследуйте связь между температурой и давлением в точке инверсии для газов, описывающихся соответственно уравнениями состояния Дитеричи и Ван-дер-Ваальса. При этом воспользуйтесь записью этих уравнений в универсальной форме закона соответственных состояний. Постройте графики зависимости безразмерного давления π от безразмерной температуры τ .
14. Предполагая, что температура атмосферы постоянна и равна $T_a = 273$ К, а температура кипения воды на поверхности Земли равна $T_0 = 373$ К, определите температуру T кипения воды на высоте $h = 5$ км от поверхности Земли. Считайте, что удельная теплота парообразования не зависит от температуры и равна $\Lambda = 2250$ Дж/г.