

Задание 2 по курсу «Молекулярная физика» в 2024 г. (срок сдачи 20 мая)

1. Для некоего физически однородного и изотропного тела известно уравнение состояния $f(p, V, T) = 0$ и зависимость внутренней энергии от температуры и объема, $U = U(T, V)$. Найти разность теплоемкостей $c_p - c_v$. Ответ получить для случая, когда уравнение состояния в явном виде относительно своих переменных не разрешается. Проверить ответ для идеального газа.

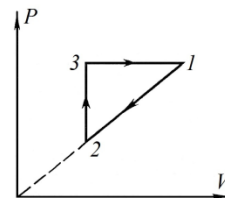
2. Моль идеального газа с теплоемкостью c_v находится в цилиндре с адиабатическими стенками и с поршнем, который может перемещаться без трения. Создаваемое поршнем давление скачком меняется от значения p_1 до значения p_2 . Найти объем и температуру газа после того, как установится термодинамическое равновесие, если начальная температура T_1 , а начальный объем V_1 .

3. Теплоизолированный сосуд разделен подвижной теплопроводящей перегородкой на два отсека с объемами V_1 и V_2 . В каждом отсеке при температуре T_0 находится одинаковый идеальный газ с одинаковым числом частиц N . Найти максимальную работу, которую можно получить при движении перегородки.

4. Один моль H_2O с температурой $25^\circ C$ охлаждается до $0^\circ C$ и замерзает. Все тепло, полученное охлаждающей машиной, работающей с максимальной теоретически допустимой эффективностью, передается другому молю H_2O при $25^\circ C$ в результате чего его температура повышается до $100^\circ C$. Сколько молей H_2O переходит в пар при $100^\circ C$. Теплота испарения при $100^\circ C$ равна 9730 кал/моль . Теплота плавления льда при $0^\circ C$ равна 1438 кал/моль .

5. Работающий на угле тепловой двигатель с водяным охлаждением приводит в действие холодильную машину. Холодильная машина отнимает теплоту от окружающей среды и отдает ее воде в отопительной системе помещения. Одновременно вода в отопительной системе служит холодильником теплового двигателя. Определить теоретическое количество тепла, которое получает отапливаемое помещение от сжигания 1 кг угля. Удельная теплота сгорания угля $q = 8000 \text{ ккал/кг}$, температура в котле двигателя $t_1 = 210^\circ C$, температура воды в отопительной системе $t_2 = 60^\circ C$, грунтовой воды $t_3 = 15^\circ C$.

Для изображенного на рисунке цикла с идеальным газом в качестве рабочего тела на каждом участке найти работу и теплоту, и определить К.П.Д. цикла. Заданы теплоемкость c_v и температуры T_1 и T_2 , на участке $1 - 2$ давление прямо пропорционально объему.



6. Теплоизолированный цилиндрический сосуд разделен поршнем пренебрежимо малой массы на две равные части. По одну сторону поршня находится идеальный газ с массой M , молекулярным весом μ и молярными теплоемкостями c_v и c_p , не зависящими от температуры, а по другую сторону поршня создан высокий вакуум. Начальная температура и давление газа T_0 и p_0 . Поршень отпускают, и он, свободно двигаясь, дает возможность газу заполнить весь объем цилиндра. После этого, постепенно увеличивая давление на поршень, медленно доводят объем газа до первоначальной величины. Найти изменение внутренней энергии и энтропии газа при таком процессе.

7. Выразить изменение температуры свободно расширяющегося одноатомного газа через начальный и конечный объемы и константы уравнения Ван-дер-Ваальса для газа.

8. Для газа Ван-дер-Ваальса:

- (1) доказать, что теплоемкость c_v зависит только от температуры;
- (2) найти выражение для внутренней энергии и энтропии;
- (3) найти уравнение адиабаты в переменных p и V .

9. Для некоторого газа давление p , объем V и внутренняя энергия U связаны соотношением $pV = gU$, где g – константа. Найти уравнение адиабаты в переменных p и V .

10. Известна свободная энергия как функция температуры и объема: $F(T, V) = \alpha T \cdot \exp(-\beta V/T) + \gamma T + \delta$, где $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ – постоянные. Получить уравнение адиабаты в переменных p, T .

11. Задачу 1 решить для случая, когда известно только уравнение состояния $f(p, V, T) = 0$. Рассмотреть частный случай газа Ван-дер-Ваальса.