

## Задание 2 по курсу «Молекулярная физика» в 2025 г.

(срок сдачи 23 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.

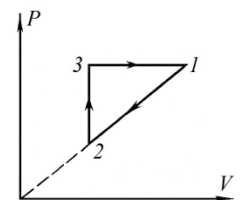
2. Моль идеального газа с теплоемкостью  $c_v$  находится в цилиндре с адиабатическими стенками и с поршнем, который может перемещаться без трения. Создаваемое поршнем давление скачком меняется от значения  $p_1$  до значения  $p_2$ . Найти объем и температуру газа после того, как установится термодинамическое 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  $9730 \text{ кал/моль}$ . Теплота плавления льда при  $0^\circ C$  равна  $1438 \text{ кал/моль}$ .

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  $\mu$  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.