ЗАДАНИЕ I (Термодинамика), VI семестр 2000/01 уч.год

1. Показать, что дифференциальное уравнение политропического процесса для термодинамической системы с известным уравнением состояния $P = P(T, V)$ можно записать в виде
$$\frac{dP}{dV} = n \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T ,$$
где $n = (C - C_P)/(C - C_V)$– показатель политропы. Решить это уравнение для идеального газа частиц с $m \neq 0$. Найти значения n для адиабатического, изотермического, изохорического и изобарического процессов. Применимо ли это уравнение для электромагнитного излучения, находящегося в тепловом равновесии с веществом? Если нет, то почему? Как записать дифференциальное уравнение политропы в этом случае?

2. Доказать соотношение $C_\phi = C_v(1 - 4/3n)$ для равновесного излучения. Здесь n – показатель политропы: $\phi = PV^n = \mathrm{const}$.

3. Определить скорость звука $u = \sqrt{(\partial P)/\partial \rho)_S}$ в газе, нагретом до такой температуры, что давление его равновесного излучения сравнимо с давлением самого газа.

4. Показать, что теплоемкость C_V газа Ван–дер–Ваальса зависит только от температуры. Считая известной эту зависимость, вычислить энтропию и термодинамические потенциалы.

5. Как изменяется температура при измении плотности жидкости в звуковой волне, скорость которой $v_{\text{зв}}$? Считать процесс распространения звука адиабатическим.

6. Доказать тождества

   а)
$$\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_S = \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T + \frac{T}{C_p}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p^2$$

   б)
$$\frac{S}{V} = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_{\mu,V}$$

7. В вертикально расположенном теплоизолированном цилиндре радиуса r имеется теплопроводящий поршень массы m, закрепленный так, что он делит цилиндр на две равные части, в каждой из которых содержится по 1 молю ид. газа при температуре T и давлении P. Крепление поршня убирают, и под действием силы тяжести поршень опускается. Найти изменение энтропии газа в двух предельных случаях: а) $mg \ll \pi r^2 P$; б) $mg \gg \pi r^2 P$.

8. Три одинаковых тела имеют температуры $T_1 = T_2 = x$ и $T_3 = y$. До какой максимальной температуры T_{max} можно нагреть одно и этих тел с помощью двух других, если извне не подводить тепла и не производить работу внешними силами? Как это можно сделать? Исследуйте зависимость T_{max} от x и y, приведите численное значение T_{max} для $x = 300\,\mathrm{K}$, $y = 100\,\mathrm{K}$. Теплоемкость тел считайте постоянной. Предполагается, что у вас имеется идеальная тепловая машина, которая может работать на любом перепаде температур.

Сдать до 31 марта с.г.