統計熱力学 レポート第1回 菊竹 航 940607J

1. 1molの金失の各原子は、3自由度の運動エネルギーで、3自由度のポテンシャルエネルギーを持ち、各自由度に対して、平均 $\frac{1}{2}k_BT$ のエネルギーが与えられるので、一原子の平均のエネルギーは、

$$\langle\epsilon\rangle = \frac{6}{2}k_BT = 3k_BT$$

したがって、求める内部エネルギーは $N_A >> 1$ より

$$U \simeq N_A\langle\epsilon\rangle \qquad \therefore U = 3N_Ak_BT \quad \text{→ デュロン=プティの法則}$$
$$= \underline{7.48 \times 10^3 \text{ J}}$$

2.

(i) 仕事の定義から、$W_1 = -\int_{V_A}^{V_B} p\,dV$

理想気体の状態方程式から $p = nRT\frac{1}{V}$ より、 $W_1 = -nRT\int_{V_A}^{V_B}\frac{1}{V}dV = -nRT\log\frac{V_B}{V_A}$

この過程は等温変化なので、内部エネルギーの変化がなく、エネルギーの保存則より、$0 = Q_1 + W_1$

$$\therefore Q_1 = nRT\log\frac{V_B}{V_A}$$

以上より $W_1 = -P_AV_A\log\frac{V_B}{V_A}$, $Q_1 = P_AV_A\log\frac{V_B}{V_A}$, $\Delta U_1 = 0$

(ii) 仕事は定圧変化の部分でのみ成されるので、$W_2 = -(V_B - V_A)P_B$

Cをモル比熱とすると一般に、$\Delta U = nC\Delta T = \frac{C}{R}\Delta(PV)$ とかけ、この気体が単原子分子気体なので、定積モル比熱 $C_V = \frac{3}{2}R$, 定圧モル比熱 $C_P = \frac{5}{2}R$ より、

$$\Delta U_2 = \frac{3}{2}(P_BV_A - P_AV_A) + \frac{5}{2}(P_BV_B - P_BV_A) = -\frac{3}{2}P_AV_A + \frac{5}{2}P_BV_B - P_BV_A$$

$P_AV_A = P_BV_B = nRT$ より、

$$\Delta U_2 = P_BV_B - P_BV_A = (V_B - V_A)P_B$$

$\Delta U_2 = Q + W$ より $\qquad Q = 2P_B(V_B - V_A)$

以上より

	(i)	(ii)
W	$-P_AV_A\log\frac{V_B}{V_A}$	$-(V_B-V_A)P_B$
Q	$P_AV_A\log\frac{V_B}{V_A}$	$2P_B(V_B-V_A)$
ΔU	0	$P_B(V_B-V_A)$

//.

菊竹 航 940607J

3. ファンデルワールスの状態方程式

$$\left(p + a\frac{n^2}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$$

仕事の定義より

$$W = \int_{V_i}^{V_f} p\,dV$$

状態方程式より

$$p = -a\frac{n^2}{V^2} + \frac{nRT}{V - nb}$$

なので、

$$W = \int_{V_i}^{V_f}\left(-a\frac{n^2}{V^2} + \frac{nRT}{V - nb}\right)dV$$

$$\underline{= an^2\left(\frac{1}{V_f} - \frac{1}{V_i}\right) + nRT\log\frac{V_f - nb}{V_i - nb}}$$

4、エネルギーの保存則より

$$U = Q - W$$

断熱変化なので、$Q = 0$　　∴ $U = -W$

仕事の定義より

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p\,dV$$

理想気体の状態方程式より、$p = \dfrac{nRT}{V}$

$$W = \int_{V_1}^{V_2}\frac{nRT}{V}dV = nRT\log\frac{V_2}{V_1}$$

$$\therefore \begin{cases} W = nRT\log\dfrac{V_2}{V_1} \\ U = -nRT\log\dfrac{V_2}{V_1} \end{cases}$$