

4.152번 풀이

처음에 Fe^{2+} 의 산화에 소진된 KMnO_4 의 양은
 $(0.02 \text{ mol})/1000 \text{ ml} \times 23 \text{ ml} = 0.00046 \text{ mol}$

Fe^{2+} 5 mol은 KMnO_4 1 mol과 반응하므로 초기에 존재하는 Fe^{2+} 의 양은 화학 반응식으로부터 $5 \times 0.00046 \text{ mol} = 0.0023 \text{ mol}$

따라서 초기에 존재하는 Fe^{2+} 의 농도는
 $(0.0023 \text{ mol}/25 \text{ ml}) \times (1000 \text{ ml}/1\text{L}) = 0.092 \text{ M } \text{Fe}^{2+}$

Fe^{3+} 에서 100 % 전환된 Fe^{2+} 의 경우 산화를 위하여 KMnO_4 40 ml가 필요하므로 그 몰수를 계산하면
 $0.021 \text{ mol}/1000 \text{ ml} \times 40 \text{ ml} = 0.00084 \text{ mol } \text{KMnO}_4$

이 때 Fe^{2+} 의 몰수는 화학 반응식으로부터
 $0.00084 \text{ mol} \times 5 = 0.0042 \text{ mol } \text{Fe}^{2+}$

따라서 초기에는 $(0.0042 - 0.0023) \text{ mol} = 0.0019 \text{ mol}$ 의 Fe^{3+} 가 존재하였으며 그 농도는
 $(0.0019 \text{ mol}/25 \text{ ml}) \times (1000 \text{ ml}/1 \text{ L}) = 0.076 \text{ M } \text{Fe}^{3+}$

5.146번 풀이

$$P = 1 \text{ atm} \times \exp\left(\frac{-9.8 \text{ m/s}^2 \times 29 \text{ g/mol} \times 5 \text{ km}}{8,31441 \text{ J/mol} \cdot \text{K} \times 278.15 \text{ K} \times 1 \text{ kg}/1000 \text{ g} \times 1000 \text{ m}/1 \text{ km}}\right) \\ = \exp(-0.6144) \text{ atm}$$

따라서 $P = 0.5410 \text{ atm}$

5.156번 풀이: 교재에서 '원자'를 '분자'로 수정할 것

(a) 분자를 구형으로 가정한다.

한 분자 주위에 다른 분자의 중심이 침범할 수 없는 부피는 한 쌍의 분자들이 서로의 존재로 이동할 수 없는 부피에 해당하며 이를 배제 부피 V_{ex} 라 정의한다.

한 쌍의 분자에 대해 이 값은 $(4/3)\pi(2r)^3 = (4/3)\pi 8r^3 = (32/3)\pi r^3$ 이므로, 배제 부피는 $V_{ex} = (1/2)(32/3)\pi r^3 = (16/3)\pi r^3$

(b) 분자 1 mol에 대한 배제 부피는 $N_A V_{ex} = (16/3)N_A \pi r^3$ 이 값은 van der Waals 상태 방정식에서 b 값에 해당한다. 즉, $b = N_A V_{ex} = (16/3)N_A \pi r^3$

원자 1 mol의 부피는 $(4/3)\pi N_A r^3 = b/4$

5.157 번 풀이

이상기체를 가정할 때의 압력은

$$P = nRT/V = 5\text{mol} \times 0.082 \text{ atm}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K} \times 300 \text{ K}/1.92 \text{ L} \\ = 64 \text{ atm}$$

반 데르 발스 상태 방정식을 가정할 때의 압력은 아래와 같이 구할 수 있다.

$$V_m = V/n = 1.92 \text{ L}/(5 \text{ mol}) = 0.384 \text{ L/mol}$$

$$P = RT/(V_m - b) - a/V_m^2 \\ = 0.082\text{atm}\cdot\text{L}/\text{mol}\cdot\text{K} \times 300\text{K}/(0.384-0.0371)\text{L}/\text{mol} \\ - 4.17\text{atm}\cdot\text{L}^2/\text{mol}^2/(0.384\text{L}/\text{mol})^2 \\ = 24.6/0.3469 \text{ atm} - 28.28 \text{ atm} \\ = 42.63 \text{ atm}$$

$$\text{따라서 오차 백분율은 } (64-42.63)/42.63 \times 100 \% = 50.13 \%$$

5.158 번 풀이

$$U_{\text{rms}} = (3RT/M)^{0.5}$$

$$\begin{aligned} M &= 3RT/U_{\text{rms}}^2 = 3 \times 8.31441 \text{ J/mol} \cdot \text{K} \times 293.15 \text{ K} / (493 \text{ m/s})^2 \\ &= 0.0300849 \text{ kg/mol} \\ &= 30.085 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

질소의 몰질량은 14.01 g/mol, 산소의 몰질량은 16 g/mol 이므로
NO의 몰질량은 30.01 g/mol이 됨

따라서 문제에서 요구하는 산화 기체는 NO (일산화질소)가 된다.

5.159 번 풀이

(a) $T = 25^{\circ}\text{C} = 298.15\text{ K}$

$$\begin{aligned}U_{\text{mp}} &= (2RT/M)^{0.5} \\&= (2 \times 8.31441\text{ J/mol}\cdot\text{K} \times 298.15\text{ K} / 28.02 \times 10^{-3}\text{ kg/mol})^{0.5} \\&= 420.643\text{ m/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}U_{\text{rms}} &= (3RT/M)^{0.5} = 515.181\text{ m/s} \text{ 이므로} \\U_{\text{mp}} &< U_{\text{rms}}\end{aligned}$$

(b) $T_1 = 300\text{ K}$ 에서 $U_{\text{mp1}} = 500\text{ m/s}$
 T_2 에서 $U_{\text{mp2}} = 1000\text{ m/s}$ 의 조건이 주어졌음.

$$\begin{aligned}U_{\text{mp2}}/U_{\text{mp1}} &= (T_2/T_1)^{0.5} = 2 \text{ 이므로} \\T_2 &= 4T_1 = 1200\text{ K}\end{aligned}$$

6.127 번 풀이

$$\begin{aligned} \text{(a) } \text{H}_2\text{O } 500 \text{ g} &= 500 \text{ g} / (1.008 \times 2 + 16) \text{ g/mol} \\ &= 500 \text{ g} / 18.016 \text{ g/mol} = 27.753 \text{ mol} \end{aligned}$$

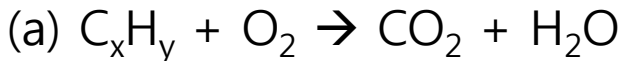
CaO 27.753 mol이 반응할 때 100 %의 수율을 가정하면
반응열은 $27.753 \text{ mol} \times (-65.2 \text{ kJ/mol}) = -1809.5 \text{ kJ}$

$$\begin{aligned} \text{CaO } 27.753 \text{ mol} &= 27.753 \text{ mol} \times (40.08 + 34) \text{ g/mol} \\ &= 2055.94 \text{ g} \text{ 이므로 반응열이 생성물인 CaO에} \\ \text{모두 흡수될 때 } 1809.5 \text{ kJ} &= 1.2 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C} \times 2055.94 \text{ g} \times (T - 25^\circ\text{C}) \end{aligned}$$

$$T = 25^\circ\text{C} + 1809.5 \times 10^3 / (1.2 \times 2055.94) ^\circ\text{C} = 758.44 ^\circ\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{(b) } \Delta H^0(\text{반응}) &= \Delta H_f^0 [\text{Ca}(\text{OH})_2] - \Delta H_f^0 [\text{CaO}] - \Delta H_f^0 [\text{H}_2\text{O}] \\ -65.2 \text{ kJ/mol} &= \Delta H_f^0 [\text{Ca}(\text{OH})_2] + 635.6 \text{ kJ/mol} + 285.8 \text{ kJ/mol} \\ \text{따라서 } \Delta H_f^0 [\text{Ca}(\text{OH})_2] &= -986.6 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

6.130 번 풀이



$$CO_2 \ 1.419 \text{ g} = 1.419 \text{ g} / (12.01 + 16 \times 2) \text{ g/mol} = 0.03224 \text{ mol}$$

$$H_2O \ 0.29 \text{ g} = 0.29 \text{ g} / (2 \times 1.008 + 16) \text{ g/mol} = 0.01611 \text{ mol}$$

생성물에서 CO_2 와 H_2O 의 몰비는 $0.03224:0.01611 = 2:1$
따라서 연소되는 반응물의 실험식은 CH 가 됨

(b) 물질량이 약 76 g일 때 CH 의 실험식을 갖는 물질은 C_6H_6 의
분자식을 갖어야 한다.

이 때 연소 반응식은 $2C_6H_6 + 15O_2 \rightarrow 12CO_2 + 6H_2O$ 이 되며,
 $C_6H_6 \ 0.4198 \text{ g} = 0.4196 \text{ g} / (12.01 \times 6 + 1.008 \times 6) \text{ g/mol}$
 $= 0.005372 \text{ mol}$ 이므로

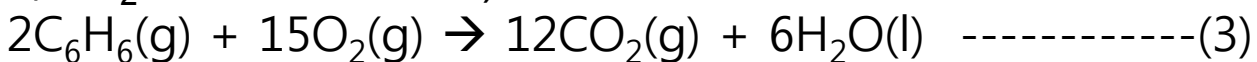
표준 연소열은 $2 \times (-17.55 \text{ kJ}) / 0.005372 \text{ mol} = -6533.9 \text{ kJ/mol}$ 임



$$(\Delta H^0_1 = -393.5 \text{ kJ/mol})$$

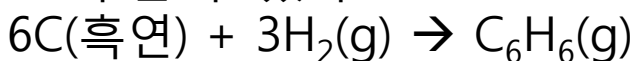


$$(\Delta H^0_2 = -285.8 \text{ kJ/mol})$$



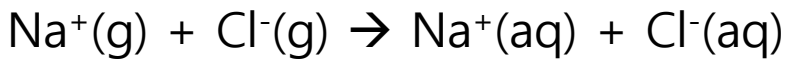
$$(\Delta H^0_3 = -3266.9 \text{ kJ/mol})$$

$6 \times (1) + 3 \times (2) - 0.5 \times (3)$ 을 통해 아래 반응식의 표준 반응 엔탈피를
구할 수 있다.

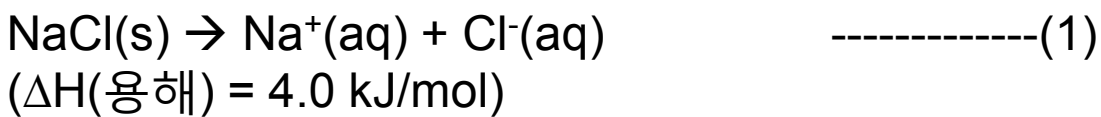


$$\text{따라서 } \Delta H^0[C_6H_6] = 6 \times (-393.5) + 3 \times (-285.8) + 0.5 \times 6533.9 \text{ kJ/mol} \\ = 48.55 \text{ kJ/mol}$$

6.133 번 풀이



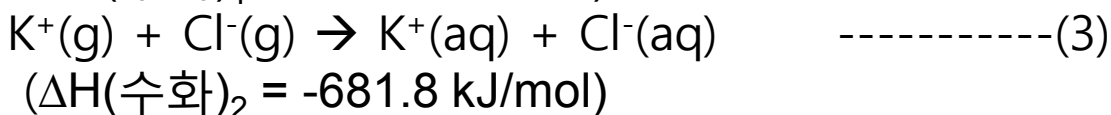
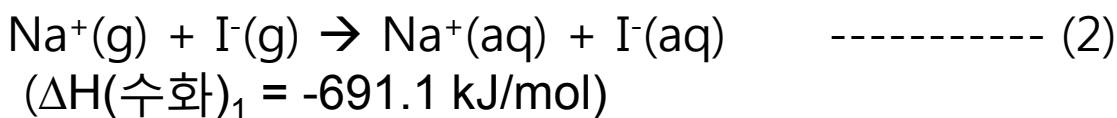
$$\Delta H(\text{수화}) = \Delta H(\text{용해}) - U = (4 - 788) \text{ kJ/mol} = -784 \text{ kJ/mol}$$



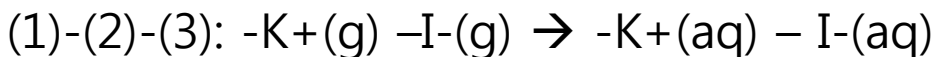
KI의 용해열을 구하기 위하여 수화열이 필요하다.

$$\text{NaI의 경우 수화열은 } -5.1 - 686 \text{ kJ/mol} = -691.1 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{KCl의 경우 수화열은 } 17.2 - 699 \text{ kJ/mol} = -681.8 \text{ kJ/mol}$$



Hess의 법칙에 의해



$$\Delta H = \Delta H(\text{용해}) + \Delta H(\text{수화})_1 + \Delta H(\text{수화})_2 = 588.9 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{따라서 KI의 수화열은 } -\Delta H = -588.9 \text{ kJ/mol}$$

$$\begin{aligned} \text{그러므로 KI의 용해열은 } \Delta H(\text{용해}) &= (632 - 588.9) \text{ kJ/mol} \\ &= 43.1 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

6.134 번 풀이

$$dW = -PdV \rightarrow W = -\int PdV$$

$$\begin{aligned}\text{순환 과정에서 } W &= -\oint PdV \\ &= -\int_{V_A}^{V_B} PdV - \int_{V_B}^{V_C} PdV - \int_{V_C}^{V_D} PdV - \int_{V_D}^{V_A} PdV \\ &= 0 - P_B(V_C - V_B) - 0 - P_A(V_A - V_D) \\ &= -2atm \cdot L + 1atm \cdot L \\ &= -1atm \cdot L = -101.325J\end{aligned}$$

$$\text{일이 상태함수라면 } W = -\oint PdV = 0$$

이 되어야 하지만, 위와 같이 0이 아닌 값을 갖으므로 일 W는 상태함수가 아닌 경로함수가 된다.