No.
Date.

章末問題

3.14

		ΔH / kJ mol^{-1}
①	$C_{(s)} + O_2 \longrightarrow CO_{2(g)}$	-393.5
②	$S_{(s)} + O_2 \longrightarrow SO_{2(g)}$	-296.8
③	$CS_{2(l)} + 3O_2 \longrightarrow CO_2 + 2SO_2$	-1076.9

①+2×②−③ より

$$C_{(s)} + 2S_{(s)} \longrightarrow CS_{2(l)}$$

$$\Delta H_f^\circ[CS_{2(l)}] = -393.5 - 296.8 \times 2 - (-1076.9)$$

$$= 89.8 \ \text{kJ mol}^{-1} \quad \cdots \text{表の値とほぼ同じ.}$$

3.15

		ΔH / kJ mol^{-1}
①	$C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$	-1366.9
②	$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)}$	-285.8
③	$C_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$	-393.5

2×③ + 3×② − ① より

$$2C_{(s)} + 3H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow C_2H_5OH_{(l)}$$

$$\Delta H_f^\circ[C_2H_5OH_{(l)}] = 2\times(-393.5) + 3\times(-285.8) - (-1366.9)$$

$$= -277.5 \ \text{kJ mol}^{-1} \quad \cdots \text{表の値とほぼ同じ.}$$

No.
Date.

3.16.

(a)

				$\Delta H / kJ\,mol^{-1}$
$C(s)$	+	$O_{2(g)}$	$\longrightarrow$ $CO_{2(g)}$	-393.52
$Si(s)$	+	$O_{2(g)}$	$\longrightarrow$ $SiO_{2(c)}$	-910.86

以上より Si のほうがより大きい発熱をする。

(b) モル → 分子量で換算すると

C : 12 g/mol

Si : 28 g/mol なので

1g あたりで比べると

C : $-\frac{393.52}{12} = -32.8\ kJ\,g^{-1}$ ← 若干大きい。

Si : $-\frac{910.86}{28} = -32.5\ kJ\,g^{-1}$

No.
Date.

3.17.

(a) $C_2H_4 + H_2 \longrightarrow C_2H_6$ $\quad \Delta H = -137.32\ kJ\,mol^{-1}$

C_2H_4: 52.47　H_2: 0　C_2H_6: −84.68

$\Delta H = -137.32\ kJ\,mol^{-1}$ ← 355 K での報告値

表の値では (ΔH_f°) $(T = 298\ K)$

$\Delta H = -84.68 - (52.47 + 0)$

$= -137.15\ kJ\,mol^{-1}$ ← 報告値より少し大きい。

(b) 温度が異なるから。

3.18

$C_6H_6 + 3H_2 \longrightarrow C_6H_{12}$

ΔH_{355} / kJ: -208.36

ΔH_f° ($T = 298\ K$ のとき): C_6H_6: 82.93　H_2: 0　C_6H_{12}: −123.14

温度が高いと発熱量が大。

$\therefore \Delta H = -123.14 - (82.93 + 0)$

$= -206.07\ kJ$

No.
Date.

3.19

			ΔH / kJ
(1)	$\frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}Cl_2(g) \longrightarrow HCl(g)$		−92.0
(2)	$HCl(g) \xrightarrow{H_2O} HCl(aq)$		−72.4
(3)	$KBr(aq) + \frac{1}{2}Cl_2(g) \longrightarrow KCl(aq) + \frac{1}{2}Br_2(aq)$		−48.1
(4)	$KOH(aq) + HCl(aq) \longrightarrow KCl(aq)$		−57.3
(5)	$KOH(aq) + HBr(aq) \longrightarrow KBr(aq)$		−57.3
(6)	$\frac{1}{2}Br_2(g) \xrightarrow{H_2O} \frac{1}{2}Br_2(aq)$		−2.1
(7)	$HBr(g) \xrightarrow{H_2O} HBr(aq)$		−83.3

(1)+(2)−(3)+(4)−(5)+(6)−(7) 式

$$\underset{-92.0}{\frac{1}{2}H_2(g)} + \frac{1}{2}Br_2(g) \longrightarrow HBr(g)$$

$$\Delta H_f^\circ = -72.4 + 48.1 - 57.3 + 57.3 - 2.1 + 83.3$$

$$= -35.1 \text{ kJ}$$

No.
Date.

3.20

	$3C_2H_2(g)$	$\longrightarrow$	$C_6H_6(g)$	
ΔH_f°	226.73		82.93	$(kJ\,mol^{-1})$

この反応の反応熱 ΔH は

$$\Delta H = 82.93 - 3\times(226.73)$$

$$= -597.26 \quad kJ\,mol^{-1}$$

1分間に 0.5 mol の アセチレン が反応するから.

$$-597.26 \times \frac{0.5}{3} = -99.5 \quad kJ$$

99.5 kJ の熱を とり去ればよい。

3.21

(1) $B_2H_6(g) + 3O_2(g) \longrightarrow B_2O_3(s) + 3H_2O(g)$ $\quad \Delta H$ -2034 kJ

(2) $2B(s) + \frac{3}{2}O_2(g) \longrightarrow B_2O_3(s)$ $\quad -1273$ kJ

$2B(s) + 3H_2(g) \longrightarrow B_2H_6(g)$ ← 求めたい反応.
(データが足りない.)

(2)−(1) より

$2B(s) + 3H_2O(g) \longrightarrow B_2H_6(g) + 3O_2(g)$ $\quad \Delta H$ 761 kJ

ΔH_f° /kJ mol^{-1}	0	-241.83	$\Delta H_f^\circ[B_2H_6(g)]$	0

以上から

$$\Delta H_f^\circ[B_2H_6(g)] = 761 + 3\times(-241.83)$$

$$= 35.51 \quad kJ\,mol^{-1}$$

No.
Date.

3.22.

(a)

$$KNO_3(s) \longrightarrow K^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

ΔH_f° / kJ mol^{-1}	−494.63	−252.36	−205.0

$$\Delta H = (-252.36 - 205.0) - (-494.63)$$

$$= 37.27 \text{ kJ mol}^{-1}$$ 吸熱反応

100 g の KNO_3 は $\frac{100}{101.1} = 0.989$ mol であるので

$$\Delta H_{(100g)} = 36.86 \text{ kJ}$$

水の熱容量 75.35 JK^{-1}mol^{-1}

KNO_3 〃 96.40 JK^{-1}mol^{-1} (K^+ と NO_3^- の熱容量に等しいとする)

水溶液の熱容量は

$$75.35 \times \frac{1000}{18} + 96.40 \times 0.989 = 4.281 \times 10^3 \text{ JK}^{-1}$$

5.2

$$\frac{36.86}{4.281} = 8.61 \text{ K}$$ 下がる。

(b)

$$NH_4NO_3 \longrightarrow NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

$\Delta H_f^\circ / kJ\,mol^{-1}$ $\quad -365.56 \quad\quad -132.51 \quad\quad -205.0$

$$\Delta H = -205.0 \overset{-132.51}{\vee} - (-365.56)$$

$$= 28.05\ kJ\,mol^{-1} \xrightarrow[\text{あたりでは}]{100g\ (=1.25mol)} \Delta H_{(100g)} = 35.06\ kJ$$

吸熱反応

(a)と同じようにして水溶液の熱容量を求めると.

NH_4NO_3の熱容量が $139.3\ J K^{-1} mol^{-1}$ より

水溶液では

$$75.35 \times \frac{1000}{18} + 139.3 \times 1.25 = 4.36 \times 10^3\ J K^{-1}$$

よって

$$\frac{35.06}{4.36} = 8.04\ K \text{ 下がる.}$$

No.
Date.

3.23

$$Na_2SO_4(s) \longrightarrow 2Na^+(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

$\Delta H_f^\circ / kJ\,mol^{-1}$	-1387.82	-240.12	-909.27

溶解の ΔH は

$$\Delta H = \{-240.12 \times 2 + (-909.27)\} - (-1387.82)$$

$$= -1.69 \ kJ\,mol^{-1}$$ 発熱

$$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O \longrightarrow 2Na^+(aq) + SO_4^{2-}(aq) + 10H_2O(l)$$

$\Delta H_f^\circ / kJ\,mol^{-1}$	-4327.26	-240.12	-909.27	-285.83

$$\Delta H = (-240.12 \times 2 - 909.27 - 285.83 \times 10) - (-4327.26)$$

$$= 79.45 \ kJ\,mol^{-1}$$ 吸熱

同じ重さの Na_2SO_4 と $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ で比べると

Na_2SO_4 : 142 g/mol

なので.

$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$: 322 g/mol

142g の $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ は 0.441 mol となる.

142g で比較すれば

Na_2SO_4 では 1.69 kJ の発熱

$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ では 35.0 kJ の吸熱

No.
Date.

3.24.

$$4NH_4^+(aq) + 4OH^-(aq) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Cu(NH_3)_4^{2+}(aq) + 4H_2O$$

ΔH_f° / kJ mol^{-1}	-132.51	-229.99	64.77	-348.5	-285.83

$$\Delta H = (-348.5 - 285.83\times4) - (-132.51\times4 - 229.99\times4 + 64.77)$$

$$= -106.59 \text{ kJ mol}^{-1}$$

発熱反応なので 温度は 上昇する.

3.25 定圧の変化.

$$\Delta H = 10 \times \int_{373}^{773} \bar{C}_p \, dT$$

$$= 10 \int_{373}^{773} \left(44.2 + 8.79\times10^{-3} T - 8.62\times10^{5} T^{-2}\right) dT$$

$$= 10 \left\{ 44.2(773-373) + \frac{8.79\times10^{-3}}{2}(773^2 - 373^2) + 8.62\times10^{5}\left(\frac{1}{773} - \frac{1}{373}\right) \right\}$$

$$= 185 \text{ kJ}$$

$\bar{C}_p - \bar{C}_v = R$ より $\bar{C}_v = \bar{C}_p - R$. で $C_v = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v$. から

$$\Delta U = \int_{373}^{773} \bar{C}_v \, dT \times 10 = 10 \times \int_{373}^{773} (\bar{C}_p - R) dT$$

$$= \Delta H - 10 \int_{373}^{773} R \, dT = 185\times10^3 - 10\times8.314\times(773-373)$$

$$= 151.7 \text{ kJ}$$

No.
Date.

3·26

空気のモル数を求めると.

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{1\,\text{bar} \times 1\,\text{L}}{0.08314 \times 298} = 0.0404\,\text{mol}$$

(a) 等圧変化である. 温度変化を ΔT とすると

$$\Delta H = n\bar{C}_p \cdot \Delta T = 0.0404 \times \frac{7}{2} R \cdot \Delta T = 40\,\text{J}$$

$$\therefore \Delta T = \frac{40 \times 2}{0.0404 \times 7 \times 8.314} = 34.0\,\text{K}$$

したがって

25°C (298K) ⟶ 59°C (332K) へと変化した.

終体積は

$$V = \frac{0.0404 \times 0.08314 \times 332}{1} = 1.115\,\text{L}$$

(b) 等積変化である.

$$\Delta U = n\bar{C}_v \cdot \Delta T = 0.0404 \times \frac{5}{2} R \cdot \Delta T = 40\,\text{J}$$

$$\therefore \Delta T = \frac{40 \times 2}{0.0404 \times 5 \times 8.314} = 47.6\,\text{K}$$

したがって

25°C (298K) ⟶ 72.6°C (346K) へと変化した.

終圧力は

$$P = \frac{0.0404 \times 0.08314 \times 346}{1} = 1.16\,\text{bar}$$

No.
Date.

3.27

(a)

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} \overline{C}_p \, dT = \int_{253}^{293} 29.12 \, dT$$

$$= 29.12 \times (293 - 253) = 1164.8 \text{ J}$$

(b)

$$\Delta H = \int_{253}^{293} 20.79 \, dT$$

$$= 20.79 \times (293 - 253) = 831.6 \text{ J}$$