

令和6年度 甲種化学（学識） 解答例

問1

(1) 体積 V [m³]の混合気体の物質質量 n [mol]は

$$n = \frac{\rho V}{M} \quad \rho: \text{密度 [kg/m}^3\text{]} \quad M: \text{モル質量[kg/kmol]} \text{であるから、}$$

$$pV = \frac{\rho V}{M} RT$$

よって、混合気体のモル質量 M [kg/mol]は、

$$M = \frac{\rho RT}{p} = \frac{1.20 \text{ kg/m}^3 \times 8.31 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)} \times 273 \text{ K}}{101 \times 10^3 \text{ Pa}} = 0.02695 \text{ kg/mol}$$

(答) 0.0270 kg/mol

(2) この容器内の混合気体の全圧 p は、気体の状態方程式に当てはめると、

$$pV = \frac{m}{M} RT \text{ より、}$$

$$p = \frac{mRT}{MV} = \frac{3.00 \times 10^{-2} \text{ kg} \times 8.31 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)} \times 300 \text{ K}}{0.0270 \text{ (kg/mol)} \times 1.00 \times 10^{-2} \text{ m}^3} = 277000 \text{ Pa} = 277 \text{ kPa}$$

これにより気体 B の分圧は、

$$277 \text{ kPa} - 150 \text{ kPa} = 127 \text{ kPa}$$

気体 B のモル分率 x_B は、

$$127 \text{ kPa} / 277 \text{ kPa} = 0.4584$$

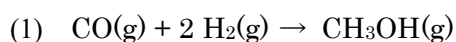
(答) 0.458

問 2

- (1) (1→2) 等温膨張
- (2→3) 断熱圧縮
- (3→4) 等温圧縮
- (4→1) 断熱膨張

- (2) 図の 1—2—3—4 で囲まれた面積である。

問 3



$$\Delta H_r^\circ = (-200.7) - (-110.5) - 2 \times 0 = -90.2 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_r^\circ = (-162.0) - (-137.2) - 2 \times 0 = -24.8 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ \text{ より、}$$

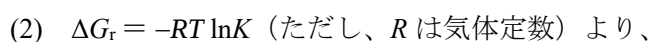
$$\Delta S_r^\circ = (\Delta H_r^\circ - \Delta G_r^\circ) / T$$

$$= \{ (-90.2 \times 10^3) - (-24.8 \times 10^3) \} / 298 = -219.46 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$$

(答) $\Delta H_r^\circ = -90.2 \text{ kJ/mol}$

$\Delta G_r^\circ = -24.8 \text{ kJ/mol}$

$\Delta S_r^\circ = -219 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$



$$\ln K = \Delta G_r / (-RT)$$

$$\ln K = (-24.8 \times 10^3) / (-8.31 \times 298) = 10.0$$

ここで $\ln K = 2.30 \log_{10} K$ であるので、

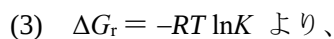
$$2.30 \log_{10} K = 10.0 \text{ より } \log_{10} K = 4.35$$

$$K = 10^{4.35} = 10^4 \times 10^{0.35}$$

$$A = 10^{0.35} \text{ とすると、} \log A = 0.35. \text{ 常用対数表より } A = 2.24$$

$$\text{よって、} K = 2.24 \times 10^4$$

(答) $K = 2.24 \times 10^4$



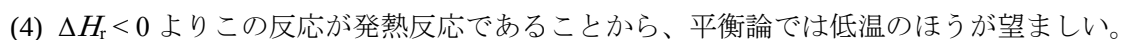
$$\ln K = \Delta G_r / (-RT)$$

ここで $K = 1$ のときは $\Delta G_r = 0$ となる。

したがって、 $\Delta G_r = \Delta H_r - T\Delta S_r = 0$ より、

$$T = \Delta H_r / \Delta S_r = (-90.2 \times 10^3) / (-219) = 411.87 \text{ K}$$

(答) 412 K



反応により気体の物質量が減る反応のため、平衡論では高圧のほうが望ましい。

問 4

物質	アセトアルデヒド	亜酸化窒素（一酸化二窒素）
性 質	沸点 20.3℃で、低温で無色の液体。 青臭い刺激臭がある。 可燃性で爆発範囲（室温、大気圧、空气中）が 4.0～60 vol%と広い。 発火温度も 155℃と低く、引火点は-38℃と非常に引火しやすい。 水、エタノール、エーテルと任意の割合で混ざる。	常温で無色の気体。若干の芳香と甘い味。 常温において比較的安定。高温では分解して酸素を発生して可燃性を示し、硫黄、リンなどは空气中よりもよく燃える。 標準生成エンタルピーが 82.1 kJ/mol と正の吸熱化合物で、高圧でエネルギーを与えると分解爆発を起こす危険性がある。 麻酔作用があり、笑気ガスとも呼ばれている。 ナトリウムアミドとは高温において反応してアジ化物を生成する。 大きな温室効果。またオゾン層を破壊する。 水溶液を低温で加圧すると水和物が生成。
用 途	大半は酢酸エチルの合成に用いられる。 その他、酢酸、無水酢酸、過酢酸、ペンタエリトリトール、クロトンアルデヒド、パラアルデヒド、クロラルなどの有機合成中間体の原料として用いられる。	医療用麻酔ガス。 起爆薬であるアジ化鉛の製造原料。 自動車用エアバッグ・インフレーター。 食品エアゾール噴射剤。 半導体製造において絶縁膜の生成の成膜プロセスで用いられる。
工 業 的 製 造 法 に お け る 原 料 お よ び 製 造 プ ロ セ ス	エチレンを原料として塩化パラジウムを用いて、反応温度は 100～110℃、反応圧力は 1～1.2 MPa で、エチレンを直接酸化するヘキスト-ワッカー法によって製造する。 反応で生成したパラジウムは、塩化第二銅によって再び塩化パラジウムに戻される。 生成した塩化第一銅は空気または酸素で酸化されて塩化第二銅に戻り、再び、エチレンの直接酸化に用いられる。 $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{PdCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO} + \text{Pd} + 2\text{HCl}$ $\text{Pd} + 2\text{CuCl}_2 \rightarrow \text{PdCl}_2 + \text{Cu}_2\text{Cl}_2$ $\text{Cu}_2\text{Cl}_2 + 2\text{HCl} + 0.5\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O}$ $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + 0.5\text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO}$	（硝酸アンモニウム分解法） 約 260℃の硝酸カリウム、硝酸ナトリウム 1:1 の共融混合物に硝酸アンモニウムを添加して分解させることで得られる。 $\text{NH}_4\text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$ （アンモニア酸化法） アンモニアを酸素とともに、300～350℃で、Mn_2O_3 あるいは Bi_2O_3 触媒中を通して酸化する。 $2\text{NH}_3 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2\text{O} + 3\text{H}_2\text{O}$

問 5

(1) プロパンの燃焼反応は $\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$ と表せることから、

$$3 \times (-393.5) + 4 \times (-241.8) - (-104.7) = -2043$$

(答) 2043 kJ/mol

(2) ①の式を利用して、 $L_{\text{propane}} \times 2043 = 3.0 \times 1428$

$$L_{\text{propane}} = 2.097 \div 2.1$$

(答) 2.1 vol%

(3) 混合気体の爆発下限界を L とすると、ル・シャトリエの式を利用して、

$$\frac{50}{3.0} + \frac{50}{2.1} = \frac{100}{L}$$

$$\text{よって、} L = 2.47 \div 2.5$$

(答) 2.5 vol%

問 6

- (1) 爆ごうは非常に激しい爆発であり、火炎が超音速で空間を伝ばし、衝撃波を伴う。これに対して、火炎の伝ば速度が音速以下の通常の爆発を爆燃と呼ぶことがある。
化学量論組成に近いほど爆ごうになりやすい。
- (2) 標準状態で 1 モルの物質を完全燃焼させたときに発生する反応熱を燃焼熱といい、燃焼生成物に含まれる水が気体（水蒸気）であるときの燃焼熱を真発熱量あるいは低位発熱量という。これに対して、燃焼生成物の水が液体である場合の燃焼熱を総発熱量あるいは高位発熱量という。