

高3 化学総合 S～前期第11回～＜解答＞◆気体の性質②◆

＜予習問題＞

【1】

＜解答＞

- (1) 空気と四塩化炭素 (2) $8.41 \times 10^{-3} \text{ mol}$ (3) 152
- (4) 四塩化炭素はフラスコを満たす量よりも3倍以上も加えてあり、また、四塩化炭素の蒸気は空気より重いので、容器内の空気を完全に追い出すことができるから。
- (5) 冷却すると四塩化炭素分子の運動は鈍くなり液化する。したがって、内部の気圧が急に下がり外から空気を多量に吸い込むため、四塩化炭素蒸気はほとんど出られないから。
- (6) 四塩化炭素の蒸気を凝縮させてフラスコ内を大気圧の空気で満たすため。

＜解説＞

- (2) 四塩化炭素の蒸気は 87°C 、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 0.249 L であるから $PV=nRT$ より $1.01 \times 10^5 \times 0.249 = n \times 8.31 \times 10^3 \times 360$ ゆえに $n \doteq 8.41 \times 10^{-3} [\text{mol}]$
- (3) フラスコ内の四塩化炭素の蒸気は $129.71 - 128.43 = 1.28 [\text{g}]$ であるから

$$\frac{1.28}{8.41 \times 10^{-3}} \doteq 152 [\text{g/mol}]$$

[別解] $PV = \frac{w}{M}RT$ より $1.01 \times 10^5 \times 0.249 = \frac{1.28}{M} \times 8.31 \times 10^3 \times 360$ $M \doteq 152 [\text{g/mol}]$

- (6) 冷却後、四塩化炭素の蒸気が残っている(圧力 $p \text{ Pa}$)と、(a)と(e)の測定値の差が四塩化炭素の質量とならず、 $p \text{ Pa}$ の空気の質量分だけ小さく測定される。

【2】

＜解答＞

問1 ア:(a) イ:(g)

問2 A: PV B: 大きく C: 小さく D: $\left(P_r + \frac{a}{V_r^2}\right)(V_r - b)$

問3 (a)

問4 高温ほど分子の熱運動が激しく、分子間力の影響が小さくなり理想気体に近づくから。(40字以内)

問5 $2.45 \times 10^6 \text{ Pa}$

<解説>

問1

ア：1 mol の実在気体の体積 V_r は理想気体の体積 V より、分子の体積分だけ増加するので

$$V_r = V + b$$

となる(b は 1 mol の分子の体積を示す)。

イ：気体の圧力は、容器壁に衝突する分子によって生じる。分子間の引力は分子間距離が大きい(体積が大きい)ほど弱くなるため、圧力補正は小さくなる。よって、(f)か(g)が候補になる。容器壁に衝突する分子の速さはまわりの分子から引っ張られるため理想気体の場合より遅くなる。したがって、 P_r は P より小さくなるので(g)を選ぶ。

$$P_r = P - \frac{a}{V_r^2}$$

問2

A：理想気体の状態方程式 $PV = nRT$ において、 $n=1$ の場合である。

B：体積が小さくなるほど分子間距離が短くなり、分子間力は大きくなる。

C：容器壁への衝撃力はまわりの分子から引っ張られるため弱くなり、圧力は小さくなる。

D： $P_r = P + \frac{a}{V_r^2}$ と $V = V_r - b$ を(1)式に代入すると

$$\left(P_r + \frac{a}{V_r^2}\right)(V_r - b) = RT \quad \dots (2)$$

問3 補正項 a と b の積は小さいので無視すると、(2)式より $P_r V_r \doteq RT - \frac{a}{V_r} + P_r b$

と近似できる。よって $Z = \frac{P_r V_r}{RT} = 1 - \frac{a}{RT V_r} + \frac{P_r b}{RT}$

である。 Z が 1 より大きい場合は、 $\frac{P_r b}{RT}$ の値が大きい。 T の値が小さいほど Z は大きくなるので、(a) $T_1 < T_2 < T_3$ ということになる。また、圧力が小さいときは、 $\frac{a}{RT V_r}$ の値が大きく、 Z は 1 より小さくなる。その場合、 T が小さいほど Z は 1 より小さくなり、(a)で矛盾しない。

問4 温度が高いほど分子運動が活発になるので、分子間力の影響が小さくなり理想気体の条件 $Z=1$ に近づく。

問5 $(P_r + 1.41 \times 10^5)(1 - 3.91 \times 10^{-2}) = 8.31 \times 10^3 \times (273 + 27)$

$$\therefore P_r = 2.453 \times 10^6 \doteq 2.45 \times 10^6 (\text{Pa})$$

【3】

問1 (a) $1\text{atm}=76.0\text{ cmHg}$ よって $76.0+2.4=78.4[\text{cm}]$

(b) エタノールの蒸気圧は $66\text{ mmHg}=6.6\text{ cmHg}$

$$\therefore 6.6+2.4=9.0[\text{cm}]$$

(c) 液体エタノールが消えたとき、蒸気圧は 6.6 cmHg であるから
 実際の水銀面からの水銀の高さを $h[\text{cm}]$ とすると

$$6.6+h=0.500\times 76 \quad \therefore h=31.4[\text{cm}]$$

よって、水銀面から管底までの距離は $78.4-31.4=47.0[\text{cm}]$

問2 A. ガラス管の空間の体積は $3.0\times 9.0=27.0[\text{cm}^3]$

圧力は 6.6 cmHg であるから、エタノールの物質量を $n_1[\text{mol}]$ とすれば、
 気体の状態方程式より

$$\frac{6.6}{76} \times \frac{27.0}{1000} = n_1 \times 0.082 \times (27+273) \quad \therefore n_1 = 9.53 \times 10^{-5} \doteq 9.5 \times 10^{-5}[\text{mol}]$$

B. 蒸気圧と温度は変わらないから、物質量は体積に比例する。

よって、状態 B のエタノールの物質量を $n_2[\text{mol}]$ とすると

$$\frac{9.0 \times 3.0}{47 \times 3.0} = \frac{9.53 \times 10^{-5}}{n_2} \quad \therefore n_2 = 4.97 \times 10^{-4} \doteq 5.0 \times 10^{-4}[\text{mol}]$$

C. 状態 B のときとエタノールの物質量に変わりはないから、状態 C のときも

$5.0 \times 10^{-4}[\text{mol}]$ である。

問3 状態 C のときのガラス管の空間の体積は $78.4 \times 3.0\text{ cm}^3$

このときの管内の圧力を $p[\text{atm}]$ とすると、 $47.0 \times 3.0\text{ cm}^3$ のとき 6.6 cmHg であるから、
 ボイルの法則より

$$\frac{6.6}{76} \times 47.0 \times 3.0 = p \times 78.4 \times 3.0 \quad \therefore p \doteq 0.0520 = 5.2 \times 10^{-2}[\text{atm}]$$

<演習問題>

【1】

<解答>

問1 (I) $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

(ア) 熱運動 (イ) 温度 (ウ) 大気圧 (エ) 水素

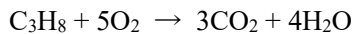
問2(a) 368 (b) 16.0 (c) 0.863

問3 $0.200P_1$ [atm] 問4 2.80L

<解説>

問2

(i) プロパンの完全燃焼は



S1 室で C_3H_8 が理論量の O_2 と完全燃焼して CO_2 が 0.0600mol, H_2O が 0.0800mol 生成したので, 最初 S1 室に封入した C_3H_8 は 0.0200mol, O_2 は 0.100mol となる。

また, S1, S2 は初めの内容積がともに

2.60L であったので, 端からピストンまでの長さは $\frac{2.60 \times 10^3}{50.0} = 52.0$ cm

(ii) 次に, 完全燃焼後, 温度を T_1 [K] に保ったとき, S1 室の長さは $52.0 - 12.0 = 40.0$ cm となり, S1, S2 とも圧力は P_1 [atm] となった。このとき, S1 内の H_2O は, 0.0800mol がすべて水蒸気になっているわけではない。

また, S2 の長さは $52.0 + 12.0 = 64.0$ cm である。これが状態1である。

(iii) 容器全体を加熱して S1 内の H_2O がすべて水蒸気になったとき, S2 の長さが l [cm] になったとする。内部の圧力と容器の断面積が等しければ, 内部の気体の物質量と容器の長さとは比例するので

$$\frac{0.120}{l} = \frac{0.0600 + 0.0800}{40.0 + 64.0 - l} \quad \therefore l = 48.0\text{cm}$$

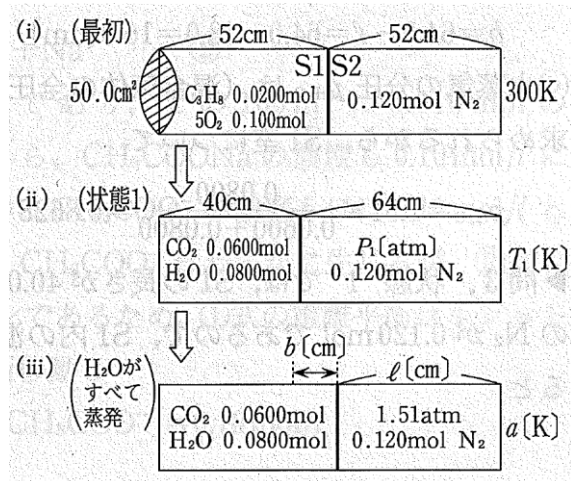
(a) 求める温度を a [K] とすると, S2 内の N_2 について気体の状態方程式を適用して

$$1.51 \times \frac{48.0 \times 50.0}{1000} = 0.120 \times 0.0821 \times a \quad \therefore a = 367.8 \approx 368[\text{K}]$$

(b) b [cm] 右へ移動したとする。図 (ii)・(iii) の S2 の長さを比較して

$$b = 64.0 - l = 64.0 - 48.0 = 16.0 [\text{cm}]$$

(c) 水蒸気の分圧 $p_{H_2O} = 1.51 \times \frac{0.0800}{0.0600 + 0.0800} = 0.8628 \approx 0.863[\text{atm}]$



問3 状態1では、S1の長さが40.0cm，S2の長さが64.0cm，S2内のN₂が0.120molであるので、S1内の混合気体の物質量をx[mol]とすると

$$\frac{x}{40.0} = \frac{0.120}{64.0} \quad \therefore x = 0.0750 \text{ [mol]}$$

このうちCO₂はすべて気体として存在するから、水蒸気の物質量は

$$0.0750 - 0.0600 = 0.0150 \text{ [mol]} \quad \text{よって、水の蒸気圧は } P_1 \times \frac{0.0150}{0.0750} = 0.200P_1 \text{ [atm]}$$

問4 温度を368Kにしたとき、S1内のH₂Oはすべて水蒸気になり、ピストンは状態1の位置から16.0cm右へ移動し、S1の長さは40.0+16.0=56.0cmとなった。容器全体の温度をさらに上げても、ピストンはもはや移動しない。よって、求める容積は $56.0 \times 50.0 \times 10^{-3} = 2.80\text{L}$