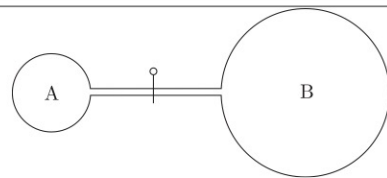


第1問

【問題文】

体積 1.00 L の容器 A と体積 4.00 L の容器 B が、細い管でつながれている。この管の体積は無視できるものとする。管にはコックがついており、コックを開閉することで、容器 A、B の気体を自由に行き来させることも、完全に遮断することもできる。初め、コックは閉じられているものとする。

A、B の温度をともに 250 K に保ち、A に水素、B に酸素を封入したところ、A 内の圧力は 4.50×10^4 Pa、B 内の圧力は 1.00×10^4 Pa になった。この装置について、以下の問いにそれぞれ有効数字 3 桁で答えよ。また、解答に至る途中過程も記せ。ただし、気体は全て理想気体として扱えるものとし、液体の体積は無視できるものとする。また、320 K における水の飽和蒸気圧は 1.00×10^4 Pa とする。



- (1) 容器 A、B の温度をともに 250 K に保ったまま、コックを開いて十分放置すると、容器の全圧は何 Pa になるか。
- (2) (1)の後、コックを開いたまま、容器 A の温度を 300 K、容器 B の温度を 500 K に保つと、容器内の圧力は何 Pa になるか。
- (3) (2)の後、容器 A、B の温度をともに 320 K とし、十分放置した後にコックを閉じた。その後、容器 B だけを加熱して点火し、完全に反応させたのち、温度を 320 K に戻した。このとき、反応後に容器 B 内に存在する気体とその分圧 [Pa] を列挙せよ。
- (4) (3)の後、コックを開いた。容器の全圧は何 Pa になるか。

☆気体問題のポイント

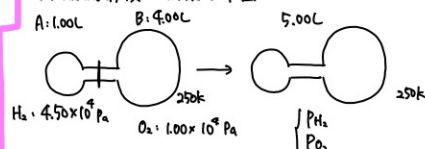
- ・とにかく図を描け! (定積が体積可変を意識)
- ・図に書くもの: 物質と P, V, n, T

☆解答の書き方

- ① 4要素を意識。"文章設定の説明" "立式の根拠" "立式、答え" "分圧を P_A とする" "E.O.S だよ"

☆図を使って楽をしよう!

- (1) コック開閉前後の状況は下図



コックを開けた後の H_2, O_2 の分圧を P_{H_2} [Pa], P_{O_2} [Pa] とする。
ボイルの法則より、

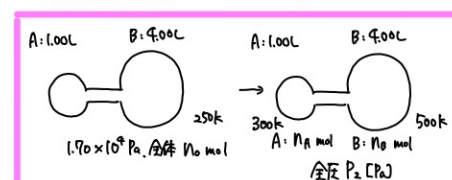
$$\begin{cases} 4.50 \times 10^4 \text{ Pa} \cdot 1.00 \text{ L} = P_{H_2} \cdot 5.00 \text{ L} \\ 1.00 \times 10^4 \text{ Pa} \cdot 4.00 \text{ L} = P_{O_2} \cdot 5.00 \text{ L} \end{cases}$$
求める全圧は、 $P_{H_2} + P_{O_2} = 1.70 \times 10^4 \text{ Pa}$

- (2) ☆ 2つの部屋がつながっているな...

全圧は同じ。分圧も (90分) 同じ

☆温度の異なる部屋がつながっている
物質保存の式を立てる

☆気体を同一視できるときはそうする。



上図のように n_0, n_A, n_B, P_2 をおき、気体定数 R とする。

- (1) 気体全体, (2) 各部屋について、E.O.S より

$$\begin{cases} (1) 1.70 \times 10^4 \text{ Pa} \cdot 5.00 \text{ L} = n_0 \cdot R \cdot 250 \text{ K} \\ (2) A: P_2 \cdot 1.00 \text{ L} = n_A \cdot R \cdot 300 \text{ K} \\ (2) B: P_2 \cdot 4.00 \text{ L} = n_B \cdot R \cdot 500 \text{ K} \end{cases}$$

物質保存より、 $n_0 = n_A + n_B$
これを連立し、 $P_2 = 3.00 \times 10^4 \text{ Pa}$

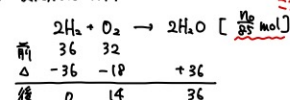
- (3) ☆ 文字で表せるものはできるだけ文字で!

A、B の H_2, O_2 の物質量を $n_{H_2(A)}$ などとおく。

(1) より $P_{H_2} = P_{O_2} = 9.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ より 9.0 mol ずつ

$$\begin{cases} n_{O_2(B)} = n_0 \times \frac{8}{9+8} \times \frac{4}{1+4} = \frac{32}{85} n_0 \\ n_{H_2(B)} = n_0 \times \frac{9}{9+8} \times \frac{4}{1+4} = \frac{36}{85} n_0 \end{cases}$$

よ、反応後は以下。



このときの O_2 の分圧 P_{O_2} [Pa] とし、E.O.S より

$$P_{O_2} \cdot 4.00 \text{ L} = \frac{14}{85} n_0 \cdot R \cdot 320 \text{ K}$$

$$\therefore P_{O_2} = 4.48 \times 10^4 \text{ Pa}$$

H_2O が全て気体と仮定したときの分圧を P_{H_2O} とし

E.O.S より

$$P_{H_2O} \times 4.00 \text{ L} = \frac{36}{85} n_0 \cdot R \cdot 320 \text{ K}$$

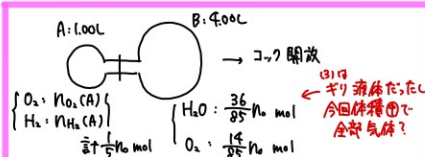
$$\therefore P_{H_2O} = 1.152 \times 10^5 \text{ Pa} > \text{飽和蒸気圧}$$

よって凝縮の水が存在し、 $P_{H_2O} = 1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$

以上より、酸素: $4.48 \times 10^4 \text{ Pa}$

水: $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$

- (4)



H_2O が全て気体と仮定したときの分圧を P_{H_2O} とし

ボイルの法則より

$$P_{H_2O} \text{ (仮)} \cdot 4.00 \text{ L} = P_{H_2O} \text{ (仮)} \cdot 5.00 \text{ L}$$

$$\therefore P_{H_2O} \text{ (仮)} = 9.216 \times 10^4 \text{ Pa} < \text{飽和蒸気圧}$$

よって、全て気体である。

求める全圧 P_4 [Pa] とし、気体全体について E.O.S より

$$P_4 \cdot 5.00 \text{ L} = \left(\frac{1}{5} + \frac{14+36}{85} \right) n_0 \cdot R \cdot 320 \text{ K}$$

$$\therefore P_4 = 1.7152 \times 10^5 \approx 1.72 \times 10^5 \text{ Pa}$$

第2問

【問題文】

次の文章を読み、下の問い (1)~(4) に答えよ。ただし、気体定数は $R = 0.082 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とし、水銀の蒸気圧は無視できるものとする。

一端を閉じた断面積 1.0 cm^2 のガラス管に水銀を満たし、 27°C 、 1 atm の条件下で水銀が入った容器中に倒立させた。このときの様子を示したのが図 1 であり (水銀の液面は平坦なものとして描いてある)、水銀柱の高さは 760 mm、容器中の水銀面からガラス管の上端までの高さは 1110 mm であった。なお、後述する気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

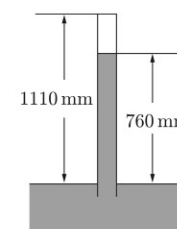


図 1

- (1) ガラス管内上部の空間の圧力は何 atm か。
- (2) ガラス管の下から上部の空間に気体 A を入れたところ、水銀柱の高さは 610 mm になった。注入された気体 A の物質量は何 mol か。有効数字 2 桁まで求めよ。計算過程も示せ。
- (3) さらに気体 B を入れたところ、水銀柱の高さが 310 mm となった。このときの気体 B の分圧は水銀柱で何 mmHg か。有効数字 2 桁まで求めよ。計算過程も示せ。
- (4) この状態で、ガラス管を下げて図 2 のように水銀面からガラス管上端までの高さを 760 mm とした。水銀柱の高さは何 mm になるか。有効数字 2 桁まで求めよ。計算過程も示せ。

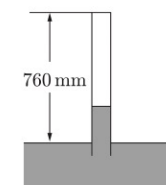
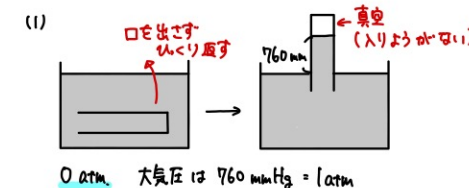


図 2



- (2) 左図より、A の体積は 50 mL。
A の分圧は $760 - 610 = 150 \text{ mmHg}$
求める物質量 n_A [mol] とし、E.O.S より

$$\frac{150}{760} \text{ atm} \cdot \frac{50}{1000} \text{ L} = n_A \cdot R \cdot 300 \text{ K}$$

$$\therefore n_A = 4.01 \times 10^{-4} \approx 4.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

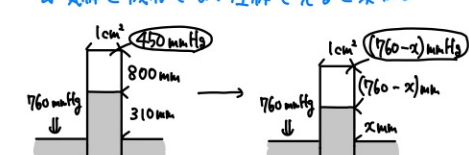
- (3) ☆ 分圧と分体積併用禁止 ← 分圧を求めるときは分体積 n_A 、分圧も変化する...
- 左図より、A の体積は 50 mL。
A の分圧は $760 - 610 = 150 \text{ mmHg}$
求める物質量 n_A [mol] とし、E.O.S より

$$\frac{150}{760} \text{ atm} \cdot \frac{50}{1000} \text{ L} = n_A \cdot R \cdot 300 \text{ K}$$

$$\therefore n_A = 4.01 \times 10^{-4} \approx 4.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$$
- A、B の分圧をそれぞれ P_A [mmHg], P_B [mmHg] とする。
A について、ボイルの法則より、

$$150 \text{ mmHg} \cdot (50 \times 1) \text{ cm}^3 = P_A \text{ [mmHg]} \cdot (80 \times 1) \text{ cm}^3$$
また、図より $P_A + P_B = 450 \text{ mmHg}$
よって、 $P_B = 356.25 \approx 3.6 \times 10^2 \text{ mmHg}$

- (4) ☆ 困ったら、知りたいものを文字でおき、式を複数立てよ
☆ 気体を成分ではなく全体で見ると楽かも



求める高さを x mm とする。

上図より、ボイルの法則より、

$$450 \text{ mmHg} \cdot (80 \times 1) \text{ cm}^3 = (760 - x) \text{ mmHg} \cdot \left(1 \times \frac{760 - x}{10} \right) \text{ cm}^3$$

$$\therefore x = 1.6 \times 10^2 \text{ mm}$$