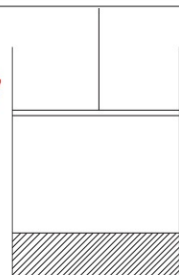


第1問

【問題文】

質量が無視できるピストンのついたシリンダ容器に、水 10 L が入っている。この容器を用いて、以下の問にあるような実験を行った。各問に有効数字 2 桁で答えよ。計算結果だけでなく、答に至る過程も記せ。指示にマフ!

ただし、以下の実験は、全て温度 20℃ の条件下で行っているものとする。温度 20℃、圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の下で 1 L の水に溶解する酸素の量を、標準状態での体積に換算すると、31 mL となる。酸素の水への溶解は、ヘンリーの法則に完全に従うものとする。また、20℃ における水の飽和蒸気圧は無視できるものとする。気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。また、標準状態 (0℃, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) における気体 1 mol の体積は 22.4 L であるとする。



- (1) 標準状態で 3.36 L を占める酸素を、この容器の中に移し、圧力を $3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保った。水中に溶解している酸素の物質量を求めよ。また、気体部分の体積は何 mL になるか。
- (2) (1)において、溶解している酸素の量を、(1)の温度・圧力下での体積で表示すると、何 mL になるか。
- (3) (1)において、気体部分の体積を 1.0 L とするためには、圧力を何 Pa に保てばよいか答えよ。

☆ヘンリーの法則

- 表を描く。(モ), 温度, 分圧, 水, mol)
- 気体の量は mol で
- 全圧ではなく分圧

☆ヘンリーの法則の 2 パターン

- 定圧ヘンリー: 溶解前後で全圧一定 (1)(2)
- 定容ヘンリー: 溶解前後で全圧変化 (3)

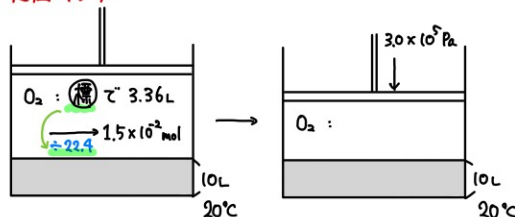
☆標準状態で 0.0 L \Rightarrow 22.4 [L/mol] で割る

・リ-ド文

20℃, O_2 , $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, 1 L, $\frac{31 \times 10^{-3}}{22.4} \text{ mol}$

・水の飽和蒸気圧は無視できる

(1) 定圧ヘンリー



ヘンリー表は以下。

O_2 , 20℃	$1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$	1 L	$\frac{31 \times 10^{-3}}{22.4} \text{ mol}$
	$3.0 \times 10^5 \text{ Pa}$	10 L	

求める溶解量は、 $\frac{31 \times 10^{-3}}{22.4} \times 30 = 4.15 \times 10^{-2} \approx 4.2 \times 10^{-2} \text{ mol}$

気相の O_2 は $1.5 \times 10^{-1} - 4.15 \times 10^{-2} = 1.085 \times 10^{-1}$

であり、求める体積を $V_2 [\text{mL}]$ として O_2 についての E.O.S より

$$3.0 \times 10^5 \text{ Pa} \times \frac{V_2}{1000} = 1.08 \times 10^{-1} \text{ mol} \times (8.3 \times 10^3) \times 293 \text{ K}$$

$$\therefore V_2 = 8.75 \times 10^2 \approx 8.8 \times 10^2 \text{ mL}$$

(2) 求める体積を $V_2 [\text{mL}]$ として E.O.S より

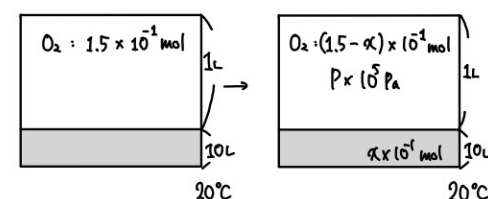
$$3.0 \times 10^5 \text{ Pa} \times \frac{V_2}{1000} = 4.15 \times 10^{-2} \text{ mol} \times (8.3 \times 10^3) \times 293 \text{ K}$$

$$\therefore V_2 = 3.36 \times 10^2 \approx 3.4 \times 10^2 \text{ mL}$$

(3): ☆定容ヘンリー

分圧・溶解量を文字でおき、①ヘンリー ②E.O.S の連立

ちよと書き方が嫌らしいが、要するに定容ヘンリー



求める分圧: $P \times 10^5 \text{ Pa}$, 溶解量 $x \times 10^{-1} \text{ mol}$, とする。

①: ヘンリー表

O_2 , 20℃	$1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$	1 L	$\frac{31 \times 10^{-3}}{22.4} \text{ mol}$
	$P \times 10^5$	10	$x \times 10^{-1} \text{ mol}$

$$\frac{P}{1.0} \cdot \frac{10}{1} = \frac{x \times 10^{-1}}{\frac{31 \times 10^{-3}}{22.4}}$$

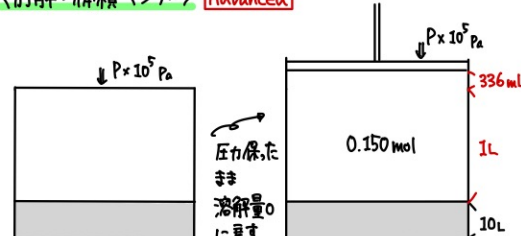
② E.O.S

$$P \times 10^5 \text{ Pa} \times 10 = (1.5 - x) \times 10^{-1} \text{ mol} \times (8.3 \times 10^3) \times 293 \text{ K}$$

これを連立して。

$$P = 2.72 \times 10^5 \approx 2.7 \times 10^5 \text{ Pa}$$

<別解: 体積ヘンリー> Advanced



よて E.O.S より

$$P \times 10^5 \text{ Pa} \cdot 1.336 \text{ L} = 0.150 \text{ mol} \cdot (8.3 \times 10^3) \cdot 293 \text{ K}$$

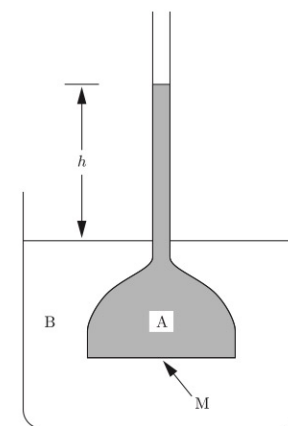
$$2.7 \times 10^5 \text{ Pa}$$

第2問

【問題文】

次の問に答えよ。数値は四捨五入して有効数字 2 桁まで求めよ。ただし、必要な場合は、気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ を用いよ。

希薄な塩化バリウム水溶液の浸透圧を、下図に示した装置を用いて 27℃ で測定したところ、液柱の高さ h は 60 cm であった。図の M は、溶媒は通すが溶質は通さない膜である。 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$ とし、水銀の密度は 13.6 g/cm^3 とする。水と水溶液の密度は 1.00 g/cm^3 とする。水中において塩は完全に電離しているものとして、(1)~(6)の問いに答えよ。



- 膜 M の一般的な名称を記せ。
- 塩化バリウム水溶液は A と B のいずれか。
- 塩化バリウム水溶液の代わりに、同じモル濃度の塩化ナトリウム水溶液を用いれば、液柱の高さ h は何 cm になるか。
- 塩化バリウム水溶液の代わりに、同じモル濃度のブドウ糖水溶液を用いれば、液柱の高さ h は何 cm になるか。
- 塩化バリウム水溶液の浸透圧は何 Pa か。
- 塩化バリウム水溶液の濃度は何 mol/L か。

(1): 半透膜, (2): A

(3) ☆浸透圧

- どこが濃度? 体積? 物質量? \Rightarrow 溶液
- 電離, 会合に注意
- 圧力差はどこ? (浸透圧に相当)
- $\pi V = nRT / \pi = cRT$ のどっち使う?

BaCl_2 の濃度を $X [\text{mol/L}]$ とする。

今回は、モル濃度について議論: $\pi = cRT$ 使う!!

- BaCl_2 ... ②の電離より, 実質濃度は $3X [\text{mol/L}]$
- NaCl ... ②の電離より, 実質濃度は $2X [\text{mol/L}]$

よて、温度一定で、実質モル濃度が $\frac{2}{3}$ 倍ゆえ、

浸透圧は $\frac{2}{3}$ 倍, 液柱も $\frac{2}{3}$ 倍

$$60 \times \frac{2}{3} = 40 \approx 4.0 \times 10 \text{ cm}$$

④ 2桁なので

この表記は NG

- (4) BaCl_2 ... ②の電離より, 実質濃度は $3X [\text{mol/L}]$
- ブドウ糖 ... ②の電離より, 実質濃度は $X [\text{mol/L}]$

よて、温度一定で、実質モル濃度が $\frac{1}{3}$ 倍ゆえ、

浸透圧は $\frac{1}{3}$ 倍, 液柱も $\frac{1}{3}$ 倍

$$60 \times \frac{1}{3} = 20 \approx 2.0 \times 10 \text{ cm}$$

④ 2桁なので

この表記は NG

(補足) 浸透で濃度変わらないの?



※溶液の初期体積と、断面積 (あるいは、浸透後の溶液の体積) が与えられていなければ、「体積変化は無視できる (断面積が極めて小さい)」とするのが定石。

(5) ※ c_{mHg} と m_{mHg} の変換忘れに注意!

$$60 \text{ cm H}_2\text{O} \xrightarrow{\times \frac{1}{13.6}} \frac{60}{13.6} \text{ cmHg} = \frac{600}{13.6} \text{ mmHg}$$

$$\times \frac{1.0 \times 10^5}{760} \rightarrow \frac{6.0 \times 10^6}{13.6 \times 76} \text{ Pa} = 5.80 \times 10^3 \approx 5.8 \times 10^3 \text{ Pa}$$

(6) 今回は「濃度」を求める: " $\pi = cRT$ " のほうを用いる・電離!!

求める濃度を $C [\text{mol/L}]$ とする。ファンツホッフの法則より、

$$5.80 \times 10^3 \text{ Pa} = 3C \text{ mol/L} \times 8.31 \times 10^3 \times 300 \text{ K}$$

$$\therefore C = 7.75 \times 10^{-4} \approx 7.8 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$