

発展例題4-1

【問題文】

硫酸銅(II) CuSO_4 (無水物) の水に対する溶解度は、 30°C で 25.0、 60°C で 40.0 である。次の各問に、それぞれ小数第1位を四捨五入することによって整数値で答えよ。ただし式量および分子量は、 $\text{CuSO}_4 = 160$ 、 $\text{H}_2\text{O} = 18.0$ とする。

(1) 硫酸銅(II)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 100 g を完全に溶解させて 60°C の飽和水溶液をつくるには、何 g の水を加えればよいか。

(2) 60°C の硫酸銅(II)飽和水溶液 200 g を作るためには、硫酸銅(II)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ は何 g 必要か。

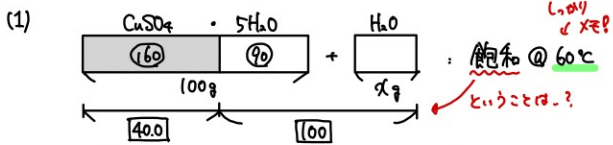
(3) 60°C の飽和水溶液を 100 g とり、温度を 30°C まで下げると、硫酸銅(II)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の結晶が何 g 析出するか。

(4) 60°C の飽和水溶液を 100 g とり、温度を 60°C に保ったまま一部の水を蒸発させたところ、硫酸銅(II)五水和物 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の結晶が 25 g 析出した。蒸発させた水は何 g か。

☆溶解度の問題

- ・図を描いて整理
- ・2通りの解法：① 溶液・溶質比 ② 溶媒・溶質比

↑ い3人な解法あるので、一度解法にも目を通しておこう!!



① 溶液・溶質比 ← 溶液：溶質を2通りに表現

溶質 $\frac{40.0}{100 + 40.0} = \frac{100 \times \frac{160}{160 + 90}}{100 + x}$ $\therefore x = 124\text{g}$

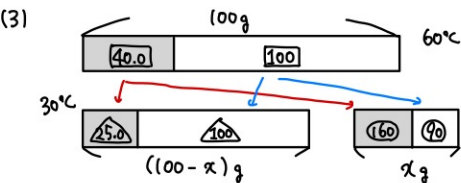
② 溶媒・溶質比

溶質 $\frac{40.0}{100} = \frac{100 \times \frac{160}{160 + 90}}{100 \times \frac{160}{160 + 90} + x}$ $\therefore x = 124\text{g}$

(2) ☆基準値を求めてそれと比較する手法

楽になること!! →積極的に活用!!

(1) 100g の $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ + 124g の H_2O \Rightarrow 224g の飽和aq @ 60°C 。
今回は 200g の飽和aq @ 60°C を作るには?
よて、 $100 \times \frac{200}{224} = 89.2 \approx 89\text{g}$

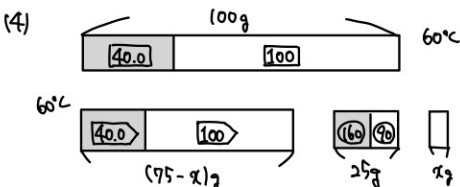


① 溶液・溶質比 ← 例えば、(100-x)g の溶液に注目

溶質 $\frac{25.0}{100 + 25.0} = \frac{100 \times \frac{160}{160 + 90}}{100 - x}$ $\therefore x = 19.4 \approx 19\text{g}$

② 溶媒・溶質比

溶質 $\frac{25.0}{100} = \frac{100 \times \frac{160}{160 + 90}}{100 \times \frac{160}{160 + 90} - x}$ $\therefore x = 19.4 \approx 19\text{g}$



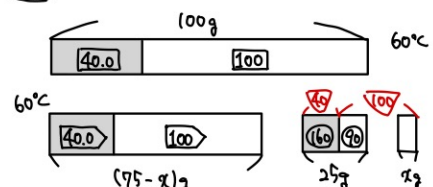
① 溶液・溶質比

溶質 $\frac{40.0}{100 + 40.0} = \frac{100 \times \frac{160}{160 + 90} - 25 \times \frac{160}{160 + 90}}{75 - x}$ $\therefore x = 31\text{g}$

② 溶媒・溶質比

溶質 $\frac{40.0}{100} = \frac{100 \times \frac{160}{160 + 90} - 25 \times \frac{160}{160 + 90}}{100 \times \frac{160}{160 + 90} - x}$ $\therefore x = 31\text{g}$

別解



"40:100 のものを5、40:100 のものを3引いた5、残りも 40:100"
 $\frac{25 \times \frac{160}{160 + 90}}{25 + x} = \frac{40}{100 + 40}$ $\therefore x = 31\text{g}$

発展例題4-2

【問題文】

図1のようなU字管があり、ちょうど中央で水分子のみを通す半透膜によって仕切られている。このU字管の断面積は、どこでも 20.0cm^2 である。このU字管に、左右合わせて1Lの水を入れて放置したところ、両側の液面の高さが等しくなって静止した。

この状態で、右側の管にある量の塩化ナトリウムを溶かしたところ、図2のように、右側の液面が上昇し、左側の液面が下降して、左右の管に 5.00cm の液面差ができた。

この実験について、以下の間に有効数字3桁で答えよ。ただし、実験は常に 27°C において行われているものとし、 $760\text{mmHg} = 1.0 \times 10^5\text{Pa}$ 、気体定数は $8.3 \times 10^3\text{Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ 、原子量は $\text{Na} = 23.0$ 、 $\text{Cl} = 35.5$ 、水の密度は $1.00\text{g}/\text{cm}^3$ 、水銀の密度は $13.6\text{g}/\text{cm}^3$ とする。また、塩化ナトリウム水溶液の密度は、水の密度と同じと見なしてよい。

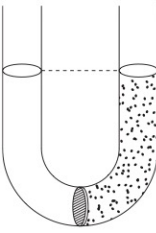


図1

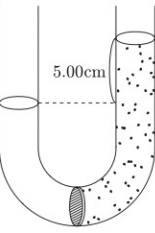


図2

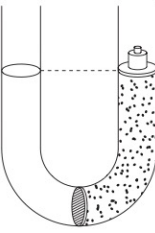


図3

- (1) 溶かした塩化ナトリウムは何 mg か、求めよ。
- (2) 右側の液面の上に、木の板を浮かべ、その上におもりをおいた。おもりの質量をうまく調整すると、図3のように、再び両側の管の液面の高さが等しい状態をつくり合わせることができた。図3の状態、木の板およびおもりによって右側の液面に加えられている圧力は何 Pa か求めよ。

☆U字管の扱い

- ① 液面差、半分にするか否か、図で判断
- ② 体積V変化で、圧力と濃度変化
- ③ 電離、会合に注意 ← 半量より多い!!

(1) ☆浸透圧

- ① どこが濃度? 体積? 物質? → 溶液
- ② 電離、会合に注意
- ③ 圧力差はどこ? (浸透圧に相当)
- ④ $\pi V = nRT$ / $\pi = cRT$ のどっちを使う?

(2)

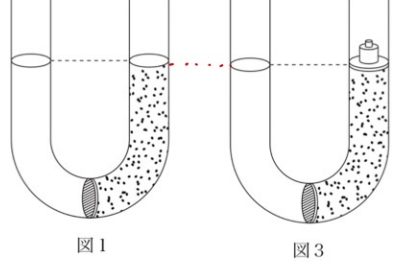


図1

図3

- ① 溶液の体積: $\frac{1000}{2} \text{ mL} = 500 \text{ mL}$ V
- (x: 全体a) 物質: $\frac{x}{58.5} \times 10^3 \text{ mol}$ n
- ② 電離する
- ③ 圧力差: おもりの圧力 P
- ④ $P_R \cdot \frac{500}{1000} \text{ L} = \left(\frac{x}{58.5} \times 10^3 \right) \text{ mol} \times 2 \times R \times 300 \text{ K}$ $\therefore P = 5.318 \times 10^2 \approx 5.32 \times 10^2 \text{ Pa}$

別解

(1)(2)で NaCl の物質量は等しいので、 $\pi V = \text{const.}$
 $\frac{50}{13.6} \text{ mmHg} \cdot 550 \text{ mL} = P'_{\text{mmHg}} \cdot 500 \text{ mL}$
 $\therefore P' = \frac{55}{13.6} \text{ mmHg} = \frac{55}{13.6} \times \frac{10^5}{760} \text{ Pa}$
 $= 5.321 \times 10^2 \approx 5.32 \times 10^2 \text{ Pa}$

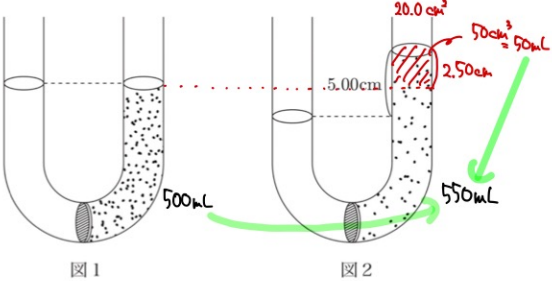


図1

図2

- ① 溶液の体積: $\frac{1000}{2} \text{ mL} + 2.50 \text{ cm} \cdot 20.0 \text{ cm}^2 = 550 \text{ mL}$ V
- (x: 全体a) 物質: $\frac{x}{58.5} \times 10^3 \text{ mol}$ n
- ② 電離する
- ③ 圧力差: $5 \text{ cm H}_2\text{O} \rightarrow 50 \text{ mm H}_2\text{O} \rightarrow \frac{50}{13.6} \text{ mmHg}$ π
- ④ $\left(\frac{50}{13.6} \times \frac{1.0 \times 10^3}{960} \right) \text{ Pa} \cdot \left(\frac{550}{1000} \right) \text{ L} = \left(\frac{x}{58.5} \times 10^3 \right) \text{ mol} \times 2 \times R \cdot 300 \text{ K}$ $\therefore x = 3.124 \approx 3.12 \text{ g}$

発展例題4-3

【問題文】

気体の溶解に関する次の問いに答えよ。数値は有効数字2桁で解答せよ。ただし、気体の溶解はヘンリーの法則に従うものとし、 47°C における水の飽和蒸気圧は $1.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ 、気体定数は $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ 、 47°C における気体Xの水に対する溶解度は 0.896 L とする。なお、ここでの溶解度とは、圧力 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のときに 1 L の水に溶解する量を標準状態での体積に換算した値である。

- 標準状態で 3.36 L を占める気体Xを、 500 mL の水とともに、ピストンの付いた体積可変の容器に封入し、容器内の温度を 47°C 、ピストンにかかる圧力を $2.6 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保った。十分時間が経った後の、容器内の気体部分の体積を求めよ。ただし、ピストンは滑らかに動けるものとし、ピストン自身の重さは無視できるものとする。また、水の蒸発に伴う液体の水の体積変化は無視できるものとする。
- (1)において、全ての気体Xを水に溶解させるには、ピストンにかかる圧力を何 Pa 以上に保てばよいか。
- (1)の容器の内容物の全てを、内容積が 1.0 L の定積容器内に移し替えた。十分長時間放置した後の、容器内の気体の全圧を求めよ。
- 二酸化炭素の水への溶解度は、温水の場合と冷水の場合のどちらが大きいか。また、その結果から、二酸化炭素の水への溶解反応が発熱反応か吸熱反応かを論じよ。
- 窒素、二酸化炭素、アンモニアを、水への溶解度が大きい順に並べ、その理由を説明せよ。

☆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)



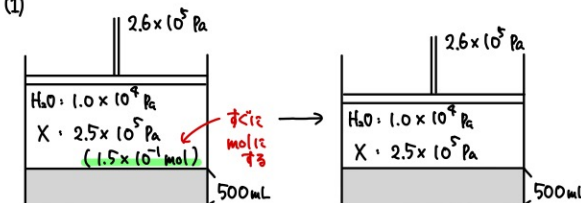
- 定積ヘンリー: 溶解前後で全圧変化 (3)

☆標準状態で $0.0 \text{ L} \rightarrow 22.4 [\text{L/mol}]$ で割る

リ-ド文

47°C . X, $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$. 1 L , $\frac{0.896}{22.4} = 4.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$

(1)



ヘンリー-表は以下.

X, 47°C .	$1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$	1 L	$4.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$	← 基準
	2.5×10^5	0.5	2.0×10^{-2}	← (1)

お? 溶解量は $(4.0 \times 10^{-2}) \times 2.5 \times 0.5 = 5.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$

気相のXは残り $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol}$ で、求める体積 $V [\text{L}]$ として

XについてのE.O.Sより

$$(2.5 \times 10^5) \text{ Pa} \cdot V [\text{L}] = 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot (8.3 \times 10^3) \cdot 320 \text{ K}$$

$$\therefore V = 1.06 \approx 1.1 \text{ L}$$

(2)では
基準と比較が
(1)と比較のほうが楽

(2) 同様に、ヘンリー-表は以下.

X, 47°C .	$2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$	0.5 L	$5.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$	← (1)
	$P_2 \times 10^5 \text{ Pa}$	0.5 L	$1.5 \times 10^{-1} \text{ mol}$	← (2)

☆文字をおくときにはオーダーを意識

Xの分圧を $P_2 \times 10^5 \text{ Pa}$ とすると、上のヘンリー-表より

$$\frac{P_2}{2.5} = \frac{1.5 \times 10^{-1}}{5.0 \times 10^{-2}} \therefore P_2 = 7.5$$

求める全圧は、

$$7.5 \times 10^5 \text{ Pa} + 1.0 \times 10^4 \text{ Pa} = 7.6 \times 10^5 \text{ Pa}$$

(3) ☆定積ヘンリー

分圧, 溶解量を文字でおき, ①ヘンリー ②E.O.Sの連立

$\text{H}_2\text{O}: 1.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ X: $1.5 \times 10^{-1} \text{ mol}$	→	$\text{H}_2\text{O}: 1.0 \times 10^4 \text{ Pa}$ X: $P_2 \times 10^5 \text{ Pa}$ $(1.5 \times 10^{-1} - x \times 10^{-2}) \text{ mol}$
--	---	--

①・ヘンリー-表

X, 47°C .	$1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$	1 L	$4.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$	← 基準
	$P_2 \times 10^5$	0.5	$x \times 10^{-2}$	← (3)

$$\frac{P_2}{1.0} \times \frac{0.5}{1} = \frac{x}{4.0}$$

② E.O.S

$$P_2 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot \frac{500}{1000} \text{ L} = (1.5 - x) \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot R \cdot 320 \text{ K}$$

①, ②を連立して, $P_2 = 3.84$

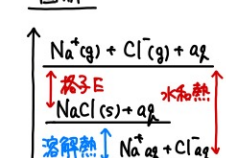
$$\text{全圧} : (3.84 + 0.10) \times 10^5 = 3.96 \times 10^5 \approx 4.0 \times 10^5 \text{ Pa}$$

(4) ☆気体と固体の溶解反応

- 気体 ... 必ず発熱反応, 温度↑で必ず溶解度↓
- 固体 ... 必ず吸熱反応, 温度↑で必ず溶解度↑

これは必ず覚える, 原理も理解しておこう

・固体



・気体



(固体) ... 水和熱と格子Eの大小で (気体) 水和熱は必ず正
溶解熱が正にも負にも 溶解熱も必ず正
なり得る

(溶解例) ← 設問の要求に沿って! これは知識として
きかれています

冷水のほうが溶解度は大きい, 温度を上げると溶解度は下がる, つまり $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$ の平衡が左にたむくので, 発熱反応

その結果から記述

(5) ☆極性の有無の判定

- 結合の極性 ... 異なる原子間であれば必ず生じる
- 分子の極性 ... 結合の極性のベクトル和がゼロにならないとき生じる

	N_2	CO_2	NH_3	cf.
極性 結合	×	○	○	HCl は NH ₃ は むちとける!
極性 分子	×	×	○	