

気体の溶解度

3桁のときは, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, 4桁のときは, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, 1atmのときもある。

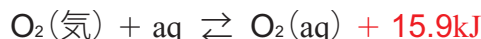
気体の溶解度は, 一般に気体の圧力(混合気体のときは分圧)が $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のとき, 一定量の溶媒に溶解する気体の物質量や質量や体積(標準状態に換算した値)で表すことが多い。

固体の溶解度は, 一般にある温度で溶媒100gに溶かすことのできる最大限の溶質の質量(g)となるが, 気体の溶解度は, いくつかの表現があり, この点が複雑にする要因の1つでもある。

気体の溶解度と温度の関係

固体の溶解度とは逆!

一般に, 気体の溶解度は高温になるほど減少する。これは, 液体の温度が上昇すると, 溶解している気体分子の熱運動が活発になり, 液体分子との分子間力に打ち勝つ気体分子の数が増えるためである。気体分子の運動エネルギーは, 液体に溶けると著しく低下し, その分だけ熱エネルギーに変換される。つまり, 気体の溶解現象は, 次の例のように発熱反応となる。



よって, ルシャトリエの原理により, 高温になれば平衡は吸熱方向(左方向)に移動するので, 気体の溶解度は高温ほど減少する。

可逆反応が平衡状態にあるとき, 外部条件(濃度・温度・圧力)を変化させると, その影響を打ち消す方向に平衡が移動する原理

ヘンリーの法則

「一定温度で, 一定体積の溶媒に溶解する気体の物質量(質量)は, その気体の圧力(分圧)に比例する。」この法則は, ヘンリーの法則とよばれる。

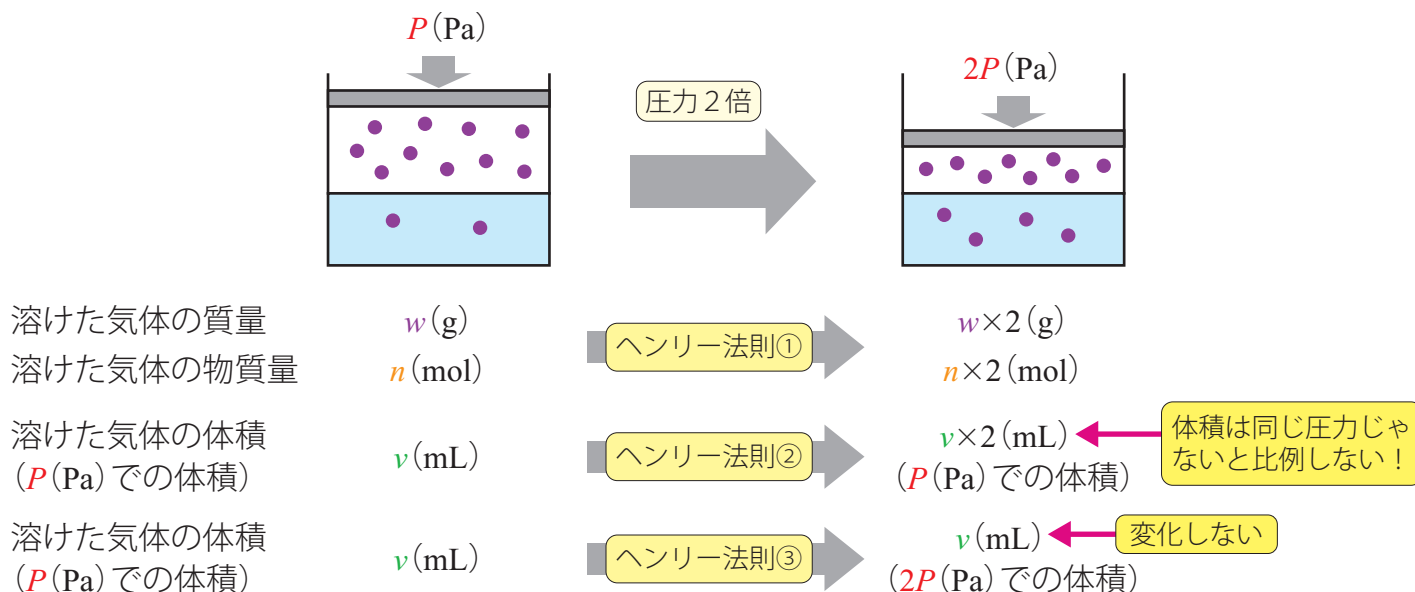
ヘンリーの法則は, 次のように言い換えることができる。

ヘンリーの法則①: 一定温度で, 一定体積の溶媒に溶解する気体の物質量・質量は, その気体の分圧に比例する。

ヘンリーの法則②: 一定温度で, 一定体積の溶媒に溶解する気体の体積は, 同じ圧力のもとで測ったとき, 気体の分圧に比例する。

ヘンリーの法則③: 一定温度で, 一定体積の溶媒に溶解する気体の体積は, 分圧に関係なく一定となる。

※ヘンリーの法則は, 酸素 O_2 や窒素 N_2 や水素 H_2 のような溶解度が小さく, 水と反応しない気体でよく成立し, 塩化水素 HCl やアンモニア NH_3 のように水に対する溶解度が大きい気体には成立しない。



溶解した気体の体積は, その圧力の下, (上記の場合, 2倍の $2P(\text{Pa})$)で測ったとすると, ボイルの法則によって, 体積は $\frac{1}{2}$ となるので, $2P(\text{Pa})$ の状態では溶解した気体の体積は変わらず $v(\text{mL})$ となる。

📖 気体の溶解度の計算問題

気体の溶解度の計算問題には大きく「Ⅰ. 溶解量を求めるタイプ」、「Ⅱ. 物質質量不変タイプ」の2通りのタイプがある。

Ⅰ. 溶解量を求めるタイプ

ヘンリーの法則を用いて、溶解量(物質質量, 質量, 体積)を求めるタイプ。このタイプの解法は、『物質質量を求める場合』と『体積を求める場合』を分けて考えるとよい。

まずは、基本的な解法の手順を解説する。

🔪 解法の手順

STEP1 問題で与えられている溶解量を整理する。複数あるときには、次のように表を書くといよい。

■ 0°C , $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ で窒素と酸素は、1Lの水にそれぞれ0.0235L, 0.0489L溶解する。

	窒素	酸素
0°C , $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$, 水1L	0.0235L	0.0489L

問題で与えられている溶解量には、主に、ある温度・圧力での「物質質量」または「標準状態に換算したときの体積」の2通りの場合がある。

物質質量で与えられている例

20°C , $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ において、酸素は水1Lに、0.0013mol溶ける。

体積で与えられている例

20°C , $1.0 \times 10^5 \text{Pa}$ において、酸素は水1Lに、標準状態に換算して0.03L溶ける。

もちろんmLの場合もよくある

STEP2 ヘンリーの法則より、溶解量を求める。

物質質量を求める場合は、次の式をおすすめする。

$$\text{気体の溶解量 (mol)} = \frac{\text{1.01} \times 10^5 \text{Pa 下で 1L の溶媒に溶ける 気体の物質質量}}{\text{1.01} \times 10^5} \times \frac{\text{溶媒の体積}}{1}$$

気体の圧力とは、溶媒に接している気体の圧力(混合気体の場合は分圧)。

$\frac{\text{気体の圧力}}{1.01 \times 10^5}$ は、**圧力倍(圧力比)**ということ。

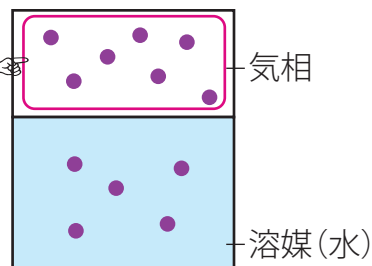
$\frac{\text{溶媒の体積}}{1}$ は、溶媒(ほぼ水)の**体積倍(体積比)**ということ。

よって

$$\text{気体の溶解量 (mol)} = \text{溶解量 (mol)} \times \text{圧力倍} \times \text{水の体積倍}$$

とざっくり覚えてもよい。

水に接している
この気体の圧力



⇒ 溶解量を求める計算問題を例題を用いて解説する。

問題例① 20℃, $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ において、酸素は水1.0Lに、標準状態に換算して0.0013mol溶ける。
20℃, $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で、酸素は水2.0Lに何mol溶けるか。有効数字2桁で答えよ。

解答

	窒素
20℃, $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, 水1L	0.0013mol

まずはわかっている
情報を整理する！

20℃, $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で、水2.0Lに溶解する酸素 O_2 の物質量は、ヘンリーの法則より

$$0.0013 \times \frac{2.0 \times 10^5}{1.0 \times 10^5} \times \frac{2.0}{1.0} = 0.0052 \text{ (mol)} \cdots \cdots \text{(答え)}$$

溶解量

圧力倍

水の体積倍

何g溶けるかと問われていたら、物質量に O_2 の
分子量32を掛ければよい。 $0.0052 \times 32 = 0.1664 \text{ (g)}$

原子量・分子量・式量をMとすると、
 $x \text{ (mol)}$ の質量 = $xM \text{ (g)}$

問題例② 20℃, $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ において、酸素は水1.0Lに、標準状態に換算して0.030L溶ける。
20℃, $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で、水2.0Lに溶ける酸素の体積は標準状態に換算すると何Lか。
有効数字2桁で答えよ。

問題で与えられている溶解量が体積(標準状態)で、求める溶解量が体積の場合は、
溶ける気体の体積が「標準状態での体積」なのか、「その圧力下での体積」なのかによって異なる。
本問は、「標準状態での体積」→「標準状態での体積」の場合で、この場合は

気体の溶解量 (L or mL) = 溶解量 (標準状態) (L or mL) × 圧力倍 × 水の体積倍

の公式を用いる。

気体の溶解量 (mol) = 溶解量 (mol) × 圧力倍 × 水の体積倍
と同じ！

解答

溶解する酸素の体積は、ヘンリーの法則より

$$0.030 \times \frac{2.0 \times 10^5}{1.0 \times 10^5} \times \frac{2.0}{1.0} = 0.12 \text{ (L)} \cdots \cdots \text{(答え)}$$

溶解量

圧力倍

水の体積倍

問題例③ 20℃, $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ において、酸素は水1.0Lに、標準状態に換算して0.030L溶ける。
20℃, $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で、水2.0Lに溶ける酸素の体積は何Lか。有効数字2桁で答えよ

本問は、「標準状態での体積」→「その条件下での体積」の場合で、この場合は

気体の溶解量 (L or mL) = 溶解量 (標準状態) (L or mL) × 水の体積倍

の公式を用いる。

「× 圧力倍」がいないのは、チャート①で解説したヘンリーの法則③
の一定温度で、一定体積の溶媒に溶解する気体の体積は、分圧に関係なく
一定となるから。

解答

溶ける酸素の体積は、ヘンリーの法則より
 $0.030 \times 2.0 = 0.060 \text{ (L)} \cdots \cdots \text{(答え)}$

20℃, $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で、水1.0Lに溶ける酸素の体積は、
0.030Lとなる。

Ⅱ. 物質不変タイプ

溶解平衡の前後で気体の物質量が不変であることを用いて解くタイプ

⇒ 典型的な方程式をつくって解くタイプを例題を用いて解説する。

問題例

0℃において、1.0Lの密閉容器に二酸化炭素を0.036mol、水を0.20L入れて放置したところ、溶解平衡に達した。このときの気体の二酸化炭素の分圧を有効数字2桁で求めよ。
 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のときに、0℃の水1.0Lに二酸化炭素は $8.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 溶けるものとする。気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ 、気体はすべて理想気体とし、気体の溶解度と圧力の間にはヘンリーの法則が成り立つものとする。気体の水への溶解に伴う水の体積変化、水の蒸気圧は無視できるものとする。

解法の手順

溶解平衡に達したとき、容器内に存在する二酸化炭素 CO_2 は、気体として存在している CO_2 と水に溶けている CO_2 がある。

STEP1 気相において、未知の値を文字でおいて、気体の状態方程式より方程式をつくる。

解答

溶解平衡に達したときの CO_2 の分圧を $P(\text{Pa})$ 、気体として存在している CO_2 の物質量を $n_1(\text{mol})$ とすると、気体の状態方程式より

$$\frac{P}{P} \times \frac{V}{1.0 - 0.20} = \frac{n}{n_1} \times \frac{R}{8.3 \times 10^3} \times \frac{T}{273}$$

1.0(容器の体積) - 0.200(水の体積) ← V は気相の体積となる！

これを解いて、 $n_1 = 3.53 \times 10^{-7} P(\text{mol}) \dots\dots ①$

STEP2 水に溶解している気体の物質量をヘンリーの法則より求める。

解答

水に溶解している CO_2 の物質量を $n_2(\text{mol})$ とすると、ヘンリーの法則より、

$$n_2 = 8.0 \times 10^{-2} \times \frac{P}{1.0 \times 10^5} \times \frac{0.20}{1.0} = 1.6 \times 10^{-7} P(\text{mol}) \dots\dots ②$$

溶解量

圧力倍

水の体積倍

気体の溶解量 (mol) = $\frac{1.0 \times 10^{-2} \text{ Pa 下で } 1.0\text{L の溶媒に溶ける気体の物質量}}{1.0 \times 10^5} \times \frac{\text{気体の圧力}}{1.0 \times 10^5} \times \frac{\text{溶媒の体積}}{1.0}$

STEP3 溶解平衡の前後で気体の総物質量が変わらないことから

「(溶解平衡前の) 気体の物質量」

= 「(溶解平衡後の) 気相に存在する気体の物質量」 + 「(溶解平衡後の) 水に溶解した物質量」
より、求める値を計算する。

解答

溶解平衡の前後で気体の総物質量が変わらないことより、

$$n_1 + n_2 = 0.036$$

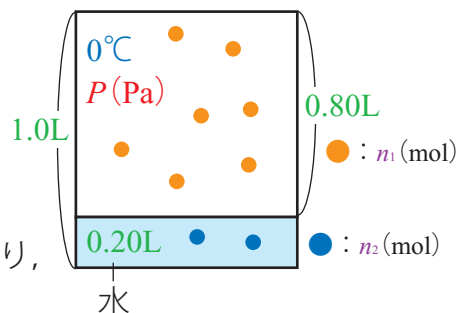
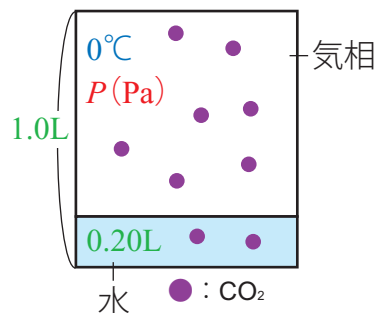
これに、①、②を代入して

$$3.53 \times 10^{-7} P + 1.6 \times 10^{-7} P = 0.036$$

これを解いて、 $P = 0.000701 \dots \div 7.0 \times 10^4 (\text{Pa}) \dots\dots (\text{答え})$

Point

気相の物質量 → 状態方程式
溶解した物質量 → ヘンリーの法則



Theme 気体の溶解度に関する問題 東京理科大学 (2013 理工)① 一部改

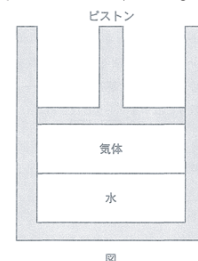
次の記述(1),(2)を読み,(ア)~(ウ)にあてはまる最も適当なものをA欄より選びその番号を選びなさい。(エ)~(力)は,文字を用いた値を示しなさい。ただし,気体はすべて理想気体と考えてよく,水の体積は圧力,温度により変化しないものとする。さらに,水の飽和蒸気圧は十分に低く無視できるものとする。なお,必要ならば,下記の数値を用いなさい。

原子量の概数値：N 14.0, O 16.0, 標準状態での気体1molの体積：22.4L

- (1) 図のようにピストン付きの容器の中に,窒素と3.00Lの水が封入されているとする。20℃で $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ の窒素は,水1.00Lに $6.80 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 溶ける。図中のピストンを用いて,20℃で窒素の圧力を $8.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保ったとき,この水に溶けている窒素の質量は (ア) の法則に従い, (イ) gと算出できる。またこのとき溶けている窒素の体積は標準状態の気体に換算すると, (ウ) Lとなる。
- (2) 図のようにピストン付きの容器の中に,窒素と酸素を物質質量比4:1の割合で混合した気体 $n \text{ (mol)}$ と水1Lが封入されているとする。ピストンを用いて,容器の温度を $T \text{ (K)}$, 容器の圧力を $P \text{ (Pa)}$ に保持したところ,気体の体積は $V \text{ (L)}$ となった。 $T \text{ (K)}$ における,酸素の分圧を $P_0 \text{ (Pa)}$, 気体定数を $R \text{ (Pa} \cdot \text{L/(K} \cdot \text{mol))}$ とすると,気体中の酸素の物質質量 $n_A \text{ (mol)}$ は (エ) と表される。このとき,水中の酸素の物質質量 $n_B \text{ (mol)}$ は, (ア) の法則を用いて, (オ) と計算される。これらを用いて $P_0 \text{ (Pa)}$ を算出すると, (力) となる。ただし, $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ の酸素の水1.00Lへの溶解量は $T \text{ (K)}$ において $Z \text{ (g)}$ であるとする。

A欄

- 01 シャルル 02 ボイル 03 アレニウス 04 ルシャトリエ
05 ヘンリー 06 ハーバー 07 オストワルド 08 ボッシュ
09 0.0054 10 0.016 11 0.046 12 0.073
13 0.12 14 0.18 15 0.19 16 0.37 17 0.46 18 0.73
19 0.91 20 0.92 21 1.1 22 1.9 23 3.7 24 4.6



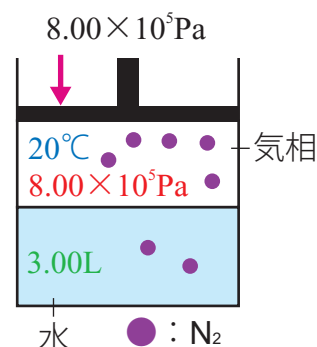
解答

- (1)
(ア)……ヘンリーの法則 ……(答え)

問題で与えられている溶解量は,次のようになる。

	窒素
20℃, $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$, 水1.00L	$6.80 \times 10^{-4} \text{ mol}$

まずはわかっている情報を整理する!



溶ける窒素 N_2 の物質量は

$$6.80 \times 10^{-4} \times \frac{8.00 \times 10^5}{1.00 \times 10^5} \times \frac{3.00}{1.00} \text{ (mol)}$$

溶解量 圧力倍 水の体積倍

気体の溶解量 (mol) = $\frac{1.01 \times 10^5 \text{ Pa 下で 1L の溶媒に溶ける 気体の物質質量}}{1.01 \times 10^5} \times \frac{\text{気体の圧力}}{1.01 \times 10^5} \times \frac{\text{溶媒の体積}}{1}$

基準の溶解量 圧力倍 水の体積倍

溶ける N_2 (分子量：28.0) の質量は

$$6.80 \times 10^{-4} \times \frac{8.00 \times 10^5}{1.00 \times 10^5} \times \frac{3.00}{1.00} \times 28.0 = 0.456 \text{ g}$$

原子量・分子量・式量を M とすると, $x \text{ (mol)}$ の質量 = $xM \text{ (g)}$

∴ (イ)…17 ……(答え)

Theme 気体の溶解度に関する問題 東京理科大学 (2013 理工)②

解答

溶けるN₂の標準状態での体積は

$$6.80 \times 10^{-4} \times \frac{8.00 \times 10^5}{1.00 \times 10^5} \times \frac{3.00}{1.00} \times 22.4$$

窒素の物質質量

標準状態の気体の体積 (L)
= 気体の物質質量 (mol) × 22.4 (L/mol)

$$= 0.365 \div 0.37 \text{ L}$$

∴ (ウ) … 16 …… (答え)

(2)

(工) 問題で与えられている溶解量は、次のようになる。

	酸素
$T[\text{K}]$, $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$, 水 1.00 L	$Z(\text{g})$

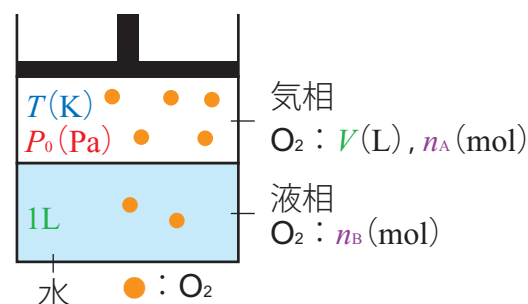
まずはわかっている
情報を整理する！

気相における酸素O₂の物質質量 n_A (mol) は、気体の状態方程式より

$$\frac{P}{P_0} \times \frac{V}{V_0} = \frac{n}{n_0} \times \frac{T}{T_0}$$

$$P_0 \times V = n_A \times R \times T$$

$$\therefore n_A = \frac{P_0 V}{R T} \text{ (mol)} \quad \dots\dots (\text{答え})$$



(オ) O₂ (分子量：32.0) の溶解量 $Z(\text{g})$ の物質質量 (mol) は

$$\frac{Z}{32.0} \text{ (mol)}$$

$$\text{物質質量 [mol]} = \frac{\text{質量 [g]}}{\text{モル質量 [g/mol]}}$$

Point !

気相の物質質量 → 状態方程式
溶解した物質質量 → ヘンリーの法則

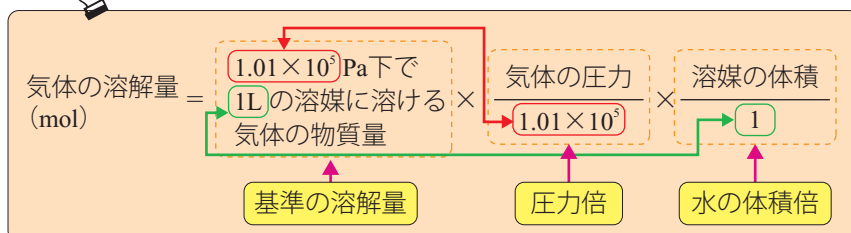
水中 (溶解している) のO₂の物質質量 n_B (mol) は、ヘンリーの法則より

$$n_B = \frac{Z}{32.0} \times \frac{P_0}{1.00 \times 10^5} \times \frac{1}{1.00} = \frac{Z P_0}{3.2 \times 10^6} \text{ (mol)} \quad \dots\dots (\text{答え})$$

溶解量

圧力倍

水の体積倍



Theme 気体の溶解度に関する問題 東京理科大学 (2013 理工)③

解答

(カ) 最初に入れた O_2 の物質量は,

物質量比(モル比)は, $\text{N}_2 : \text{O}_2 = 4 : 1$ より

$$n \times \frac{1}{4+1} = \frac{1}{5} n \text{ (mol)}$$

溶解平衡前後の物質量は変わらないので

$$\frac{1}{5} n = n_A + n_B = \frac{P_0 V}{RT} + \frac{Z P_0}{3.2 \times 10^6} \quad \leftarrow n_A = \frac{P_0 V}{RT}, n_B = \frac{Z P_0}{3.2 \times 10^6} \text{ を代入}$$

↑ 気相の物質量
↑ 水に溶解した物質量

$$\frac{1}{5} n = P_0 \left(\frac{V}{RT} + \frac{Z}{3.2 \times 10^6} \right) \quad \leftarrow P_0 \text{ でくくった}$$

$$= P_0 \times \frac{3.2 \times 10^6 V + Z R T}{3.2 \times 10^6 R T} \quad \leftarrow \text{通分した}$$

よって,

$$P_0 = \frac{1}{5} n \times \frac{3.2 \times 10^6 R T}{3.2 \times 10^6 V + Z R T}$$

$$= \frac{3.2 \times 10^6 n R T}{1.6 \times 10^7 V + 5 Z R T} \text{ (Pa)} \quad \dots\dots (\text{答え})$$

Theme 気体の溶解度に関する問題 島根大学(2013 総合理工)①

次の文を読み、問いに答えよ。ただし、必要であれば、原子量として $N=14.0$, $O=16.0$ を、
気体定数として $R=8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ を用いよ。

容積が自由に变化することのできる容器に、窒素と酸素の混合気体を入れ、温度を 0°C 、
全圧を $4.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保った。このとき、混合気体の密度は、標準状態(0°C , $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$)において
 1.30 g/L であった。

- 問1 混合気体の平均分子量を有効数字3桁で求めよ。また、その計算の過程を記せ。
 問2 混合気体中の窒素の体積百分率を有効数字3桁で求めよ。また、その計算の過程を記せ。
 問3 容器内の窒素の分圧を有効数字3桁で求めよ。また、その計算の過程を記せ。
 問4 この容器に水を 3.00 L 加え、温度を 0°C 、全圧を $4.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ に保った。このとき、水に溶解
 している窒素は何グラムか、有効数字3桁で求めよ。また、その計算の過程を記せ。
 ただし、 0°C の水 1.00 mL に溶解する窒素の体積は標準状態に換算して $2.30 \times 10^{-2} \text{ mL}$ とし、
 溶解した気体の物質量は十分に小さく、気体の組成に影響を与えないものとし、水の蒸気圧
 は無視できるものとする。
 問5 次に、温度を 0°C に保ったまま、全圧を $2.00 \times 10^5 \text{ Pa}$ に低下させた。このとき、水に溶解して
 いる窒素の体積は、どのように変化すると考えられるか。(ア)～(ウ)から選び、記号で答えよ。
 また、そのように考えた理由を説明せよ。
 (ア) 増加する (イ) 変化しない (ウ) 減少する

解答

- 問1 気体の状態方程式 $PV = nRT$ より

$$PV = \frac{w}{M} RT \quad \leftarrow \text{(平均)分子量 } M \text{ (モル質量 } M(\text{g/mol})) \text{ の気体 } w(\text{g}) \text{ の物質量 } n(\text{mol}) \text{ は, } n = \frac{w}{M}$$

$$\therefore M = \frac{wRT}{PV} = \frac{w}{V} \times \frac{RT}{P} = 1.30 \times \frac{(8.31 \times 10^3) \times 273}{1.01 \times 10^5} = 29.20 \cdots \div 29.2 \cdots \cdots \text{(答え)}$$

↑
密度

- 問2 窒素 N_2 の体積百分率を $X(\%)$ とすると、酸素 O_2 は $100-X(\%)$ 、 O_2 の分子量は 32.0
 N_2 の分子量 28.0 、平均分子量は問1より、 29.20
 よって、次の式が成り立つ。

$$28.0 \times \frac{X}{100} + 32.0 \times \frac{100-X}{100} = 29.20$$

これを解いて、 $X=70.0(\%)$ ……(答え)

- 問3 N_2 の分圧は、(分圧) = (全圧) × (モル分率) より

$$4.00 \times 10^5 \times \frac{70.0}{100} = 2.80 \times 10^5 (\text{Pa}) \quad \cdots \cdots \text{(答え)}$$

Theme 気体の溶解度に関する問題 島根大学(2013 総合理工)②

解答

問4 問題で与えられている溶解量は、次のようになる。

	窒素
0℃, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, 水1.00mL	$2.30 \times 10^{-2} \text{ mL}$ (標準状態)

まずはわかっている情報を整理する！

0℃, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, 水1000mL=1Lに溶解するN₂の体積は,
 $(2.30 \times 10^{-2}) \times 10^3 \text{ mL} = (2.30 \times 10^{-2}) \times 10^3 \times 10^{-3} \text{ L} = 2.30 \times 10^{-2} \text{ L}$

$1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ のN₂が0℃の水1.0Lに溶ける質量は,

$$\frac{2.30 \times 10^{-2}}{22.4} \text{ (mol)}$$

標準状態での体積(L)が与えられていれば,
 22.4(L/mol)で割れば, 物質量を求めることができる!
 気体の物質量(mol) = $\frac{\text{標準状態の気体の体積(L)}}{22.4 \text{ (L/mol)}}$

0℃, 分圧 $2.80 \times 10^5 \text{ Pa}$, 水3.00Lに溶解しているN₂の物質量は,

$$\frac{2.30 \times 10^{-2}}{22.4} \times \frac{2.80 \times 10^5}{1.01 \times 10^5} \times \frac{3.00}{1.00}$$

溶解量 圧力倍 水の体積倍

気体の溶解量(mol) = $\frac{1.01 \times 10^5 \text{ Pa下で1Lの溶媒に溶ける気体の物質量}}{1.01 \times 10^5} \times \frac{\text{気体の圧力}}{1.01 \times 10^5} \times \frac{\text{溶媒の体積}}{1}$
 基準の溶解量 圧力倍 水の体積倍

このときのN₂(分子量: 28.0)の質量は,

$$\frac{2.30 \times 10^{-2}}{22.4} \times \frac{2.80 \times 10^5}{1.01 \times 10^5} \times \frac{3.00}{1.00} \times 28.0$$

原子量・分子量・式量をMとすると,
 $x \text{ (mol) の質量} = xM \text{ (g)}$

$$= 0.23910 \cdots \div 0.239 \text{ (g)} \quad \cdots \cdots \text{(答え)}$$

問5 (イ) ……(答え)

理由……

全圧を半分にするとヘンリーの法則より, 溶ける気体の物質量も半分になる。

物質量が半分であれば気体の体積も半分になると考えられるが, このときの圧力下ではボイルの法則より, 圧力が半分になれば, 体積は2倍になる。

よって, 溶けている気体の体積は変わらない。

Theme 気体の溶解度に関する問題 青山学院大学(2012 理工)①

酸素は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のときに、 27°C の水1Lに $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ 、 57°C の水1Lに $9.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 溶けるものとする。窒素は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ のときに、 57°C の水1Lに $5.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ 溶けるものとする。

気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。ただし、気体はすべて理想気体とし、気体の溶解度と圧力の間にはヘンリーの法則が成り立つものとする。気体の水への溶解に伴う水の体積変化、および温度変化に伴う水の体積変化、水の蒸気圧は無視できるものとする。また、容器の体積は変化しないものとする。

容積が1.1Lの容器に水1Lと酸素を入れた。容器を密閉したまま 27°C に保ち、十分に長い時間静かに放置すると、①容器内の圧力は $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で一定となった。次に、容器内の温度を 57°C まで昇温させ、十分に長い時間静かに放置すると、②容器内の圧力は再び一定となった。その後、温度を 57°C に保ったまま容器内に $4.2 \times 10^{-3} \text{ mol}$ の窒素を加えた。この時、容器内の酸素や水は容器の外に出ないものとする。十分に長い時間静かに放置すると、③容器内の圧力は再び一定となった。

答えは有効数字2桁で求めよ。

- (1) 下線①の状態において、容器内の水に溶けている酸素の物質量を求めよ。
- (2) 下線①の状態において、容器内に気体として存在する酸素の物質量を求めよ。
- (3) 下線②の状態において、容器内の圧力[Pa]を求めよ。
- (4) 下線③の状態において、容器内の圧力[Pa]を求めよ。

解答

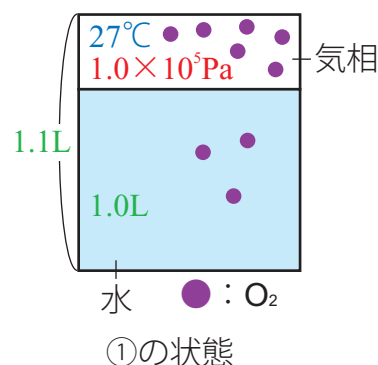
問題で与えられている溶解量は、次のようになる。

	酸素	窒素
27°C , $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, 水1L	$1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$	
57°C , $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, 水1L	$9.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$	$5.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$

まずはわかっている情報を整理する！

- (1) ①の状態において、 27°C , $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$, 水1Lに溶解する酸素の物質量(mol)は上記、表より

$1.0 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$ ……(答え) ← すでに問題で与えられている！



- (2) ①の状態において、気相に存在する酸素の物質量を

$n_1 \text{ (mol)}$ とすると、気体の状態方程式より

$$P V = n R T$$

$$1.0 \times 10^5 \times (1.1 - 1) = n_1 \times (8.3 \times 10^3) \times (273 + 27)$$

1.1 (容器の体積) - 1.0 (水の体積)

これを解いて、 $n_1 = 0.00401 \dots \div 4.0 \times 10^{-3} \text{ (mol)}$ ……(答え)

Point!

気相の物質量 → 状態方程式
溶解した物質 → ヘンリーの法則

解答

(3) ②の状態において、酸素の全物質量は 27°C のときと変わらないので

$$1.0 \times 10^{-3} + 4.01 \times 10^{-3} = 5.01 \times 10^{-3} \text{ (mol)} \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

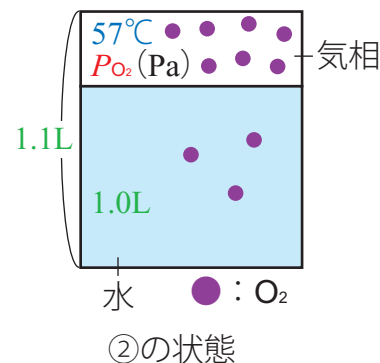
(1)で求めた

(2)で求めた

②の状態において、 57°C での酸素の圧力を P_{O_2} 、気相に存在する酸素の物質量を n_2 (mol) とすると、気体の状態方程式より

$$P_{\text{O}_2} \times (1.1 - 1) = n_2 \times (8.3 \times 10^3) \times (273 + 57)$$

1.1 (容器の体積) - 1.0 (水の体積)



Point!

これを解いて、 $n_2 = \frac{P_{\text{O}_2} \times 0.1}{(8.3 \times 10^3) \times 330} \text{ (mol)} \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$

気相の物質量 → 状態方程式
溶解した物質量 → ヘンリーの法則

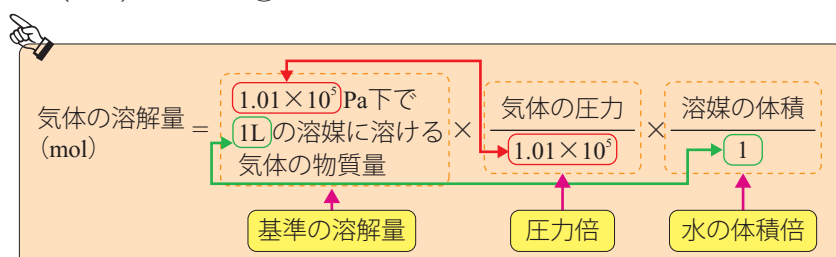
水に溶解している酸素の物質量 (mol) は、ヘンリーの法則より、

$$9.0 \times 10^{-4} \times \frac{P_{\text{O}_2}}{1.0 \times 10^5} \times \frac{1}{1} = 9.0 \times 10^{-9} P_{\text{O}_2} \text{ (mol)} \quad \cdots \cdots \textcircled{3}$$

溶解量

圧力倍

水の体積倍



よって、 $\textcircled{1} = \textcircled{2} + \textcircled{3}$ より

$$5.01 \times 10^{-3} = \frac{P_{\text{O}_2} \times 0.1}{(8.3 \times 10^3) \times 330} + 9.0 \times 10^{-9} P_{\text{O}_2}$$

気相の物質量

水に溶解した物質量

これを解いて、 $P_{\text{O}_2} = 1.09 \cdots \times 10^5 \div 1.1 \times 10^5 \text{ (Pa)} \quad \cdots \cdots \text{(答え)}$

解答

- (4) ③の状態において, 57°C での窒素の圧力を P_{N_2} , 気相に存在する窒素の物質量を n_3 (mol)とすると, 気体の状態方程式より

$$P_{\text{N}_2} \times (1.1 - 1) = n_3 \times (8.3 \times 10^3) \times (273 + 57)$$

1.1 (容器の体積) - 1.0 (水の体積)

これを解いて, $n_3 = \frac{P_{\text{N}_2} \times 0.1}{(8.3 \times 10^3) \times 330}$ (mol)②

水に溶解している窒素の物質量 (mol) は, ヘンリーの法則より,

$$5.0 \times 10^{-4} \times \frac{P_{\text{N}_2}}{1.0 \times 10^5} \times \frac{1}{1} = 5.0 \times 10^{-9} P_{\text{N}_2} \text{ (mol)} \quad \text{.....③}$$

溶解量

圧力倍

水の体積倍



気体の溶解量 (mol)

1.01×10^5 Pa 下で
1L の溶媒に溶ける
気体の物質量

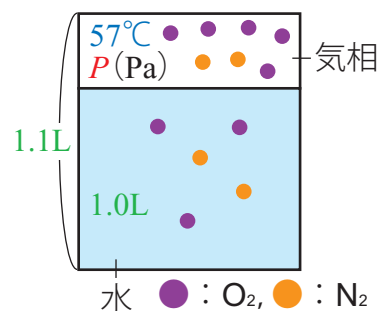
基準の溶解量

気体の圧力
 1.01×10^5

圧力倍

溶媒の体積
1

水の体積倍



③の状態

よって, 加えた窒素の全物質量は 4.2×10^{-3} (mol) より

$$4.2 \times 10^{-3} = \frac{P_{\text{N}_2} \times 0.1}{(8.3 \times 10^3) \times 330} + 5.0 \times 10^{-9} P_{\text{N}_2}$$

気相の物質量

水に溶解した物質量

これを解いて, $P_{\text{N}_2} \div 1.01 \times 10^5$ (Pa) (答え)

よって, 容器内の圧力は, 酸素の分圧と窒素の分圧を合計したもののなので,

$$P_{\text{O}_2} + P_{\text{N}_2} = 1.10 \times 10^5 + 1.02 \times 10^5 = 2.12 \times 10^5 \text{ (Pa)} \quad \text{..... (答え)}$$

Theme 気体の溶解度に関する問題 獨協医科大学 (2012 医)

すべての設問にわたって、解答に際して必要ならば次の各値を用いなさい。

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

二酸化炭素の水に対する溶解度を求めるため、図1のような装置を組んだ。温度は 7°C で一定である。容器Aには二酸化炭素が封入されており、容器Bは300mLの水によって満たされている。容器Aのピストンに、常に $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ の圧力がかかるようにしてコック1を開けて放置すると、容器A中の気体の体積が0.36Lだけ減少したところで、ピストンの降下は停止した。ただし、気体の溶解についてはヘンリーの法則が成立し、酸素の水への溶解や水の蒸発、また、容器と容器をつなぐ管の内容積は無視できるものとする。

問 この実験より、二酸化炭素は、 7°C 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で水1.0Lに何L溶けることがわかるか。
最も近い数値を、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

- ① 0.18 ② 0.36 ③ 0.54 ④ 0.60 ⑤ 0.82 ⑥ 1.2



図 1

解答

二酸化炭素 CO_2 の分圧 $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で、300mLの水に

0.36Lの CO_2 が溶けたことから、

「容器A中の気体の体積が0.36Lだけ減少した」
= 「0.36Lの CO_2 が溶けた」

$1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で300mLの水に溶ける CO_2 の体積は、

ヘンリーの法則より

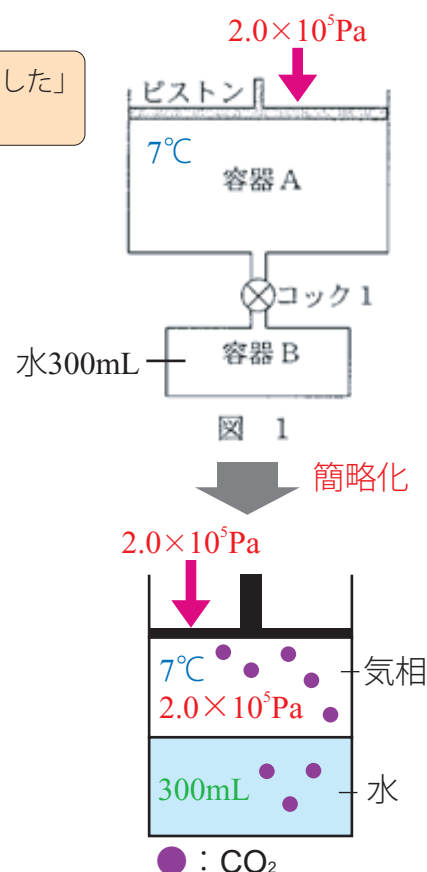
同じ値の0.36Lとなる。

一定温度で、一定体積の溶媒に溶解する
気体の体積は、分圧に関係なく一定となる。

よって、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で、1.0L = 1000mLの水に溶ける CO_2 の体積は、

$$0.36 \times \frac{1000}{300} = 1.2\text{L}$$

∴ ⑥ 1.2 ……(答え)



Theme 気体の溶解度に関する問題 兵庫県立大学(2012 理)

容積3.0Lの真空の容器に水1.0Lを入れ、さらに二酸化炭素0.10molを入れて密封した。容器内の水と二酸化炭素は20℃で平衡状態にある。水の蒸発および体積変化はないものとして、以下の問いに答えよ。なお、二酸化炭素の水に対する溶解度は、ヘンリーの法則が成り立ち、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ の二酸化炭素が20℃の水1.0Lに溶ける体積は、標準状態に換算して0.87Lとする。

- (1) 容器内の圧力を $P[\text{Pa}]$ としたとき、水1.0Lに溶ける二酸化炭素のモル数を P を用いて表せ。答えは有効数字2桁とし、計算過程も示せ。
- (2) 容器内の圧力をPa単位で求めよ。答えは有効数字2桁で求め、計算過程も示せ。

解答

- (1) 問題で与えられている溶解量は、次のようになる。

	二酸化炭素
20℃, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, 水1.0L	0.87L (標準状態)

まずはわかっている情報を整理する！

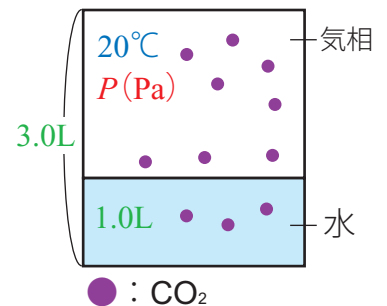
物質
量に
変換

$1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ の二酸化炭素 CO_2 が20℃の水1.0Lに溶ける物質量は、

$$\frac{0.87}{22.4} \text{ (mol)}$$

標準状態での体積(L)が与えられていれば、22.4 (L/mol) で割れば、物質量を求めることができる！

$$\text{気体の物質量 (mol)} = \frac{\text{標準状態の気体の体積 (L)}}{22.4 \text{ (L/mol)}}$$



水1.0Lに溶ける二酸化炭素 CO_2 の物質量は、ヘンリーの法則より

$$\frac{0.87}{22.4} \times \frac{P}{1.01 \times 10^5} \times \frac{1.0}{1.0}$$

溶解量 圧力倍 水の体積倍

気体の溶解量 (mol) = $\frac{1.01 \times 10^5 \text{ Pa 下で 1L の溶媒に溶ける 気体の物質量}}{1.01 \times 10^5} \times \frac{\text{気体の圧力}}{1.01 \times 10^5} \times \frac{\text{溶媒の体積}}{1}$

基準の溶解量 圧力倍 水の体積倍

$$= 3.84 \times 10^{-7} P \approx 3.8 \times 10^{-7} P \text{ (mol)} \quad \dots\dots (\text{答え})$$

Point

気相の物質量 → 状態方程式
溶解した物質量 → ヘンリーの法則

最初に入れた CO_2 の物質量

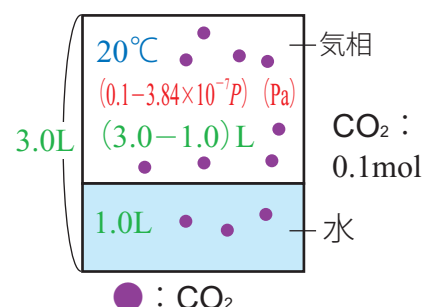
- (2) 容器内(気相)には $(0.1 - 3.84 \times 10^{-7} P)$ (mol) の CO_2 が P (Pa) で2.0L存在するので、気体の状態方程式より

(1)で求めた

3.0 (容器の体積) - 1.0 (水の体積)

$$P \times 2.0 = (0.1 - 3.84 \times 10^{-7} P) \times (8.30 \times 10^3) \times (273 + 20)$$

$$\therefore P = 8.29 \times 10^4 \approx 8.3 \times 10^4 \text{ (Pa)} \quad \dots\dots (\text{答え})$$



Theme 気体の溶解度に関する問題 東京慈恵会医科大学(2012 医)

気(20℃, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$)中の二酸化炭素の濃度を350ppm(ここで, 1ppmとは気体1000L中に1mLの気体物質が含まれていることを表している。)として, 次の問に答えよ。

20℃で大気と平衡にある雨水1.00Lに溶解する二酸化炭素の物質量はいくらかを記せ。
ただし, 二酸化炭素の圧力が $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ のとき, 20℃で水1.00Lに溶解する二酸化炭素の体積を標準状態(0℃, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$)の体積に換算した値は0.871Lである。また, 標準状態での二酸化炭素1molの体積は22.4Lとする。
計算結果は, 有効数字3ケタで求めよ。

解答

問題で与えられている溶解量は, 次のようになる。

	二酸化炭素
20℃, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, 水1.00L	0.871L (標準状態)

まずはわかっている情報を整理する！

題意より, 二酸化炭素の濃度350ppmは, 大気1000L = $1000 \times 10^3 \text{ mL} = 1 \times 10^6 \text{ mL}$ 中に350mLの二酸化炭素が含まれているということである。

大気($1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$)中の二酸化炭素の分圧は

$$1.01 \times 10^5 \times \frac{350}{1 \times 10^6} = 35.0 \text{ (Pa)} \quad \left(\text{分圧} = (\text{全圧}) \times (\text{モル分率}) \right)$$

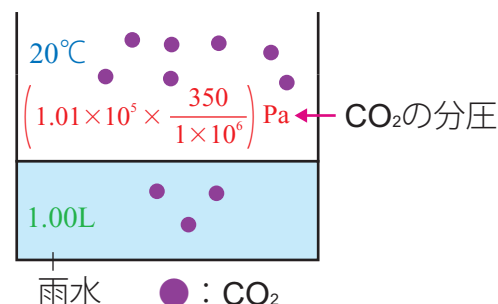
二酸化炭素の圧力が $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ のとき,

20℃で水1.00Lに溶解する二酸化炭素の物質量は

$$\frac{0.871}{22.4} \text{ (mol)}$$

標準状態での体積(L)が与えられていれば, 22.4 (L/mol)で割れば, 物質量を求めることができる！

$$\text{気体の物質量 (mol)} = \frac{\text{標準状態の気体の体積 (L)}}{22.4 \text{ (L/mol)}}$$



よって, 溶解する二酸化炭素の物質量は, ヘンリーの法則より

$$\frac{0.871}{22.4} \times \frac{35.0}{1.01 \times 10^5} \times \frac{1.00}{1.00}$$

気体の溶解量 (mol)

$1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 下で1Lの溶媒に溶ける気体の物質量

気体の圧力 1.01×10^5

溶媒の体積 1

基準の溶解量

圧力倍

水の体積倍

$$= 1.360 \cdots \times 10^{-5} \div 1.36 \times 10^{-5} \text{ mol} \quad \cdots \cdots (\text{答え})$$

Theme 気体の溶解度に関する問題 星薬科大学(2012 薬)①

酸素および窒素は、標準状態で水1Lにそれぞれ49cm³および24cm³溶ける。次の問に答えよ。
ただし、気体定数は、 $R=8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ 、原子量は $N=14$ 、 $O=16$ とする。

問1 101kPaの空気を、0℃の水1Lに接触させて溶解平衡に達したとき、溶け込む酸素および窒素の質量はそれぞれ何gか。最も近い値を選べ。ただし、空気中の酸素と窒素の体積比は1：4とする。

1. 0.0014 2. 0.0028 3. 0.0048 4. 0.0062 5. 0.014

6. 0.024 7. 0.028 8. 0.048 9. 0.062 10. 0.096

問2 問1において、空気の圧力を202kPaにしたとき、溶け込む酸素および窒素の質量はそれぞれ何gか。最も近い値を選べ。

1. 0.0014 2. 0.0028 3. 0.0048 4. 0.0062 5. 0.014

6. 0.024 7. 0.028 8. 0.048 9. 0.062 10. 0.096

解答

問1 問題で与えられている溶解量は、次のようになる。

	酸素	窒素
0℃, 101kPa, 水1L	49cm ³ (標準状態)	24cm ³ (標準状態)

まずはわかっている情報を整理する！

物質質量に変換

上記より、溶解する酸素O₂、窒素N₂の物質質量は、それぞれ次のようになる。

$$\text{O}_2 : \frac{49}{22400} \text{ (mol)} \quad \text{N}_2 : \frac{24}{22400} \text{ (mol)} \quad \leftarrow \text{気体の物質質量 (mol)} = \frac{\text{標準状態の気体の体積 (cm}^3\text{)}}{22400 \text{ (cm}^3\text{/mol)}}$$

空気の圧力 = 全圧 = 101kPa

体積比, O₂ : N₂ = 1 : 4 より

$$\text{酸素の分圧は, } 101 \times 10^3 \times \frac{1}{1+4} = 101 \times 10^2 \times \frac{1}{5} \text{ (Pa)} \quad \leftarrow \text{(分圧)} = \text{(全圧)} \times \text{(モル分率)}$$

$$\text{酸素の分圧は, } 101 \times 10^3 \times \frac{4}{1+4} = 101 \times 10^2 \times \frac{4}{5} \text{ (Pa)} \quad \leftarrow \text{(分圧)} = \text{(全圧)} \times \text{(モル分率)}$$

0℃, 1Lに溶解するO₂, N₂の物質質量は、ヘンリーの法則より、それぞれ次のようになる。

$$\text{O}_2 : \frac{49}{22400} \times \frac{101 \times 10^3 \times \frac{1}{5}}{1.01 \times 10^5} \times \frac{1}{1} = \frac{49}{22400} \times \frac{1}{5}$$

↑
溶解量
↑
圧力倍
↑
水の体積倍

$$\text{N}_2 : \frac{24}{22400} \times \frac{101 \times 10^3 \times \frac{4}{5}}{1.01 \times 10^5} \times \frac{1}{1} = \frac{24}{22400} \times \frac{4}{5}$$

↑
溶解量
↑
圧力倍
↑
水の体積倍

$$\text{気体の溶解量 (mol)} = \frac{1.01 \times 10^5 \text{ Pa 下で 1L の溶媒に溶ける 気体の物質質量}}{1.01 \times 10^5} \times \frac{1}{1}$$

↑
基準の溶解量
↑
圧力倍
↑
水の体積倍

Theme 気体の溶解度に関する問題 星薬科大学(2012 薬)②

解答

よって, 0°C , 1Lに溶解する O_2 (分子量: 32), N_2 (分子量: 28)の質量は, それぞれ次のようになる。

$$\text{O}_2: \frac{49}{22400} \times \frac{1}{5} \times 32 = 0.014 \text{ (g)} \quad \therefore 5 \text{ …… (答え)}$$

$$\text{N}_2: \frac{24}{22400} \times \frac{4}{5} \times 28 = 0.024 \text{ (g)} \quad \therefore 6 \text{ …… (答え)}$$

原子量・分子量・式量を M とすると,
 $x \text{ (mol)}$ の質量 = $xM \text{ (g)}$

問2 空気中の圧力を2倍にすると溶解する酸素, 窒素の質量も2倍となる。よって, 溶ける質量はそれぞれ次のようになる。

$$\text{O}_2: 0.014 \times 2 = 0.028 \text{ (g)} \quad \therefore 7 \text{ …… (答え)}$$

$$\text{N}_2: 0.024 \times 2 = 0.048 \text{ (g)} \quad \therefore 8 \text{ …… (答え)}$$

次の文を読み、問1～問4に答えよ。ただし、気体は理想気体としてふるまうものとする。

また、必要があれば次の数値を用いること。原子量 $O=16.0$, 気体定数 $R=8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

一般に、溶媒への気体の溶解度は温度が低くなると (a) くなる。温度が低いときは気体分子の熱運動がおだやかであるため、溶媒分子と気体分子の間に働く (b) のために、多くの気体分子が溶媒中に存在する。一方、温度が高くなると、気体分子の熱運動がはげしくなり、(b) を振り切って、溶媒から飛び出していく気体分子が多くなる。

一定温度における溶媒への気体の溶解度については、ヘンリーの法則が成り立つ。

ヘンリーの法則は、溶解度が (c) く、溶媒と (d) しない気体に対して、圧力のあまり高くない範囲で成り立つ。

問1 文中の (a) ～ (d) に当てはまる最も適当な語句を記せ。

問2 下線部について、ヘンリーの法則の内容を30字程度で記せ。

問3 空気は O_2 と N_2 が20：80の体積比で混合した気体とみなせる。20℃で、1.00Lの水に $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ の空気が接しているとき、この水の中に溶けている O_2 は何mgか。有効数字2桁で求め、数値を記せ。ただし、20℃での1.00Lの水への O_2 の溶解度は、 O_2 の分圧が $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ のとき、 $1.40 \times 10^{-3} \text{ mol}$ である。

問4 水への気体の溶解度測定に関して、30℃、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ において以下の実験を行った。

[操作1] 内容積が100.00mLの注射器に50.00mLの気体の CH_4 をとり、注射器の先端を閉じた。

[操作2] [操作1]の注射器の先端を再び開き、空気が入らないように50.00mLの水をとり、注射器の先端を閉じた。

[操作3] [操作2]の注射器を充分振り、 CH_4 を溶解させた。

この実験について以下の問いに答えよ。

- 1) 溶け残った CH_4 の体積は48.40mLであった。30℃での1.00Lの水への CH_4 の溶解度は、 CH_4 の分圧が $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ のとき、何molか。有効数字2桁で求め、数値を記せ。
- 2) 30℃、 $2.02 \times 10^5 \text{ Pa}$ において同様の実験を行った場合、50.00mLの水に溶解する CH_4 は $2.02 \times 10^5 \text{ Pa}$ で何mLか。有効数字2桁で求め、数値を記せ。

解答

- 問1 (a) …… 大き
(b) …… 分子間力
(c) …… 小さ
(d) …… 反応

問2 一定量の溶媒に溶ける気体の物質量は、その気体の分圧に比例する。

解答

問3 問題で与えられている溶解量は、次のようになる。

	酸素
20℃, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, 水 1.00L	$1.40 \times 10^{-3} \text{ mol}$

まずはわかっている情報を整理する！

空気の圧力 = 全圧 = $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$

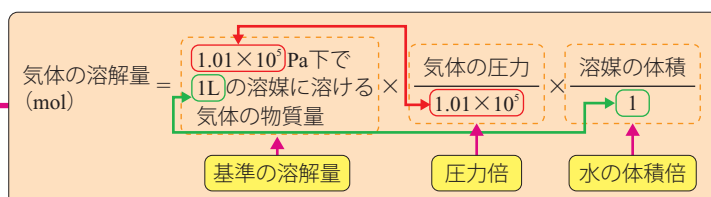
物質比(モル比)は, $\text{O}_2 : \text{N}_2 = 20 : 80 = 1 : 4$ より

酸素の分圧は $1.01 \times 10^5 \times \frac{1}{1+4} = 1.01 \times 10^5 \times \frac{1}{5} \text{ (Pa)}$ (分圧) = (全圧) × (モル分率)

水の中に溶けている O_2 の物質量(mol)は、ヘンリーの法則より、

$$1.40 \times 10^{-3} \times \frac{1.01 \times 10^5 \times \frac{1}{5}}{1.01 \times 10^5} \times \frac{1.00}{1.00} \text{ (mol)}$$

溶解量 圧力倍 水の体積倍



上記より、水の中に溶けている O_2 (分子量：32)の質量(mg)は、

$$1.40 \times 10^{-3} \times \frac{1.01 \times 10^5 \times \frac{1}{5}}{1.01 \times 10^5} \times \frac{1.00}{1.00} \times 32 \times 10^3$$

原子量・分子量・式量をMとすると、
 $x \text{ (mol) の質量} = xM \text{ (g)} = xM \times 10^3 \text{ (mg)}$

= 8.96 ≒ 9.0 (mg) …… (答え)

問4

溶け残った CH_4 の体積

1) 50.00mLの水に溶解したメタンの体積は $50.00 - 48.40 = 1.60 \text{ (mL)}$

であるから、溶解したメタンの物質量を $n \text{ (mol)}$ とすると、

気体の状態方程式より

$$P V = n R T$$

$$1.01 \times 10^5 \times \frac{1.60}{1000} = n \times (8.31 \times 10^3) \times (273 + 30)$$

$$\therefore n = \frac{1.01 \times 10^5 \times \frac{1.60}{1000}}{(8.31 \times 10^3) \times 303} \text{ (mol)}$$

上記は、50.00mLの水に溶解した物質なので、

1.00L (1000mL)の水への溶解度は、

$$\frac{1.01 \times 10^5 \times \frac{1.60}{1000}}{(8.31 \times 10^3) \times 303} \times \frac{1000}{50.00} = 0.00128 \cdots \div 1.3 \times 10^{-3} \text{ (mg)} \cdots \cdots \text{ (答え)}$$

2) 1.6 (mL) …… (答え)

圧力を2倍にすると、ヘンリーの法則より、溶解する物質量は2倍になるが、ボイルの法則より、その体積は1/2となってしまうため、溶解する体積は1)と変わらない。

Theme 気体の溶解度に関する問題 九州大学(2011 後期 理)

0℃, 1atmで窒素と酸素は, 1.00kgの水にそれぞれ0.0235L, 0.0489L溶解する。空気は, 体積にして79.0%の窒素, 21.0%の酸素よりなるものとして, 0℃, 1atmのもとで, 空気で飽和された水1.00Lに含まれる酸素と窒素の物質量を有効数字3桁で求めなさい。ただし, 求める過程も記すこと。

解答

問題で与えられている溶解量は, 次のようになる。

	窒素	酸素
0℃, 1atm, 水1.00kg	0.0235L (標準状態)	0.0489L (標準状態)

まずはわかっている情報を整理する！

与えられていないが常識

水の密度は, 1.0g/cm³ より, 1000cm³=1000g=1.00kg=1000mL=1.00L ← 1cm³=1mL

よって, 0℃, 1atm, 水1.00Lに溶解する窒素N₂, 酸素O₂の物質量は

$$N_2 : \frac{0.0235}{22.4} \text{ (mol)}$$



標準状態での体積(L)が与えられていれば, 22.4 (L/mol) で割れば, 物質量を求めることができる！

$$O_2 : \frac{0.0489}{22.4} \text{ (mol)}$$

気体の物質量 (mol) = $\frac{\text{標準状態の気体の体積 (L)}}{22.4 \text{ (L/mol)}}$

空気1atm中のN₂, O₂の分圧は

$$N_2 : 1 \times \frac{79.0}{100} = 0.79 \text{ (Pa)} \quad \leftarrow \text{分圧比=モル比=体積比}$$

$$O_2 : 1 \times \frac{21.0}{100} = 0.21 \text{ (Pa)} \quad \leftarrow \text{分圧比=モル比=体積比}$$

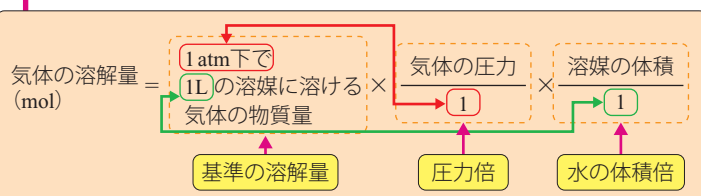
よって, 空気で飽和された水1.00Lに含まれるN₂, O₂の物質量は, ヘンリーの法則より, それぞれ次のようになる。

$$N_2 : \frac{0.0235}{22.4} \times \frac{0.79}{1} \times \frac{1.00}{1.00} = 8.287 \cdots \times 10^{-4} \div 8.29 \times 10^{-4} \text{ (mol)} \cdots (\text{答え})$$

溶解量 圧力倍 水の体積倍

$$O_2 : \frac{0.0489}{22.4} \times \frac{0.21}{1} \times \frac{1.00}{1.00} = 4.584 \cdots \times 10^{-4} \div 4.58 \times 10^{-4} \text{ (mol)} \cdots (\text{答え})$$

溶解量 圧力倍 水の体積倍



Theme 気体の溶解度に関する問題 岐阜大学(2011 医 応用生物科 工)①

必要があれば, 次の数値を用いよ。

原子量: $H=1.00$, $N=14.0$, $O=16.0$, $R=8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ 気体はすべて理想気体としてふるまうものとし, 標準状態 (0°C , $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$) における気体のモル体積は 22.4 L/mol とする。

計算結果は, 特に指定のない限り有効数字 3 桁で示せ。

ア の法則によると, 溶解度が小さい気体の場合, 温度が一定ならば, 一定量の水に溶解する気体の物質量はその気体の圧力に比例する。表には, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとでの水 1.00 L への窒素, 酸素と二酸化炭素の溶解量を示した。

一般に, 気体の溶解度は高温になるほど (A) {増大 減少} する。これは, 液体の温度が (B) {上昇 低下} すると, 溶解している気体分子の熱運動が活発になり, 液体分子との イ に打ち勝つ気体分子の数が増えるからである。気体分子の運動エネルギーは, 液体に溶けると著しく低下し, その分だけ ウ に変換される。つまり, 気体の溶解現象は (C) {吸熱 発熱} 反応であり, ルシャトリエの原理により, 高温になれば平衡は (D) {吸熱 発熱} 方向に移動するので, 気体の溶解度は高温ほど (A) {増大 減少} する。

混合気体の場合, 気体間に反応が起こらない場合には, 一定温度下における各成分気体の溶解量はそれぞれの気体の エ に比例する。

1.01 × 10⁵ Pa のもとでの水 1.00 L に対する気体の溶解量 [mol]

	0℃	20℃	40℃	60℃
窒 素	10.3×10^{-4}	6.79×10^{-4}	5.18×10^{-4}	4.55×10^{-4}
酸 素	21.8×10^{-4}	13.8×10^{-4}	10.3×10^{-4}	8.71×10^{-4}
二酸化炭素	7.67×10^{-2}	3.90×10^{-2}	2.36×10^{-2}	1.64×10^{-2}

問 1. ア ~ エ に適切な語句を入れよ。

問 2. (A) ~ (D) の { } 内の適切な語句を選べ。

問 3. 二酸化炭素の水への溶解度は窒素や酸素に比べてかなり大きい。この理由を 35 字以内で記せ。

問 4. 13.33 L の密閉容器に, 0°C の水 10.0 L (全て液体として存在) と酸素とが接して入っている。 0°C で容器内は平衡状態にあり, 酸素の圧力は $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ となっている。このとき, 以下の設問 (1) と (2) に答えよ。なお, 水の蒸気圧は 0°C では無視できるものとする。

- (1) 水に溶けている酸素の重量 [g] を求めよ。
- (2) 容器内に存在する酸素の物質量 [mol] を求めよ。

問 5. 問 4 の容器を密閉したままで加熱し, 60°C に保ったところ, 容器内が再び平衡状態になった。このとき, 以下の設問 (1) と (2) に答えよ。なお, 温度変化による溶液の体積変化や容器の容積変化, 気体の溶解による水の体積変化は無視できるものとし, 60°C における水の蒸気圧は $0.199 \times 10^5 \text{ Pa}$ とする。

- (1) 容器内の全圧力を $P [\text{Pa}]$, 水に溶けている酸素の物質量を $x [\text{mol}]$, 気体状態の酸素の物質量を $y [\text{mol}]$ としたとき, P と x , P と y の間には, 以下のような独立した関係式 ①, ② がそれぞれ成り立つ。

$$P = a \times x + b \quad \cdots \cdots \text{①}$$

$$P = c \times y + b \quad \cdots \cdots \text{②}$$

$a \sim c$ に適切な数値を入れよ。

- (2) 容器内の全圧力 [Pa], 水に溶けている酸素の物質量 [mol], 気体状態の酸素の物質量 [mol] をそれぞれ求めよ。

解答

- 問1 ア …… ヘンリー
イ …… 分子間力
ウ …… 熱エネルギー
エ …… 分圧

- 問2 (A) …… 減少
(B) …… 上昇
(C) …… 発熱
(D) …… 吸熱

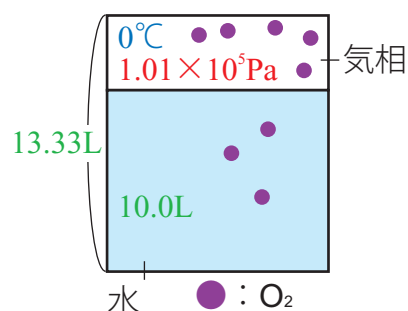
問3 二酸化炭素は水と反応して炭酸となって溶解するため。

問4

- (1) 問題で与えられている溶解量は、次のようになる。

	酸素
0°C, $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, 水 1L	$21.8 \times 10^{-4} \text{ (mol)}$

まずはわかっている情報を整理する！



水に溶けている酸素の物質量 (mol) は

$$21.8 \times 10^{-4} \times \frac{1.01 \times 10^5}{1.01 \times 10^5} \times \frac{10.0}{1.00} = 0.0218 \text{ (mol)}$$

溶解量

圧力倍

水の体積倍

気体の溶解量 = (mol)

$$\frac{1.01 \times 10^5 \text{ Pa 下で 1L の溶媒に溶ける 気体の物質量}}{1.01 \times 10^5} \times \frac{\text{気体の圧力}}{1.01 \times 10^5} \times \frac{\text{溶媒の体積}}{1}$$

基準の溶解量

圧力倍

水の体積倍

このときの酸素(分子量: 32.0)の質量は

$$0.0218 \times 32.0 = 0.6976 \div 6.98 \times 10^{-1} \text{ (g)} \quad \dots\dots (\text{答え})$$

原子量・分子量・式量を M とすると,
 $x \text{ (mol)}$ の質量 = $xM \text{ (g)} = xM \times 10^3 \text{ (mg)}$

- (2)

気相における酸素の体積は,

$$13.33 - 10.0 = 3.33 \text{ (L)}$$

$$13.33 \text{ (容器の体積)} - 10.0 \text{ (水の体積)}$$

Point!

気相の物質量 → 状態方程式
溶解した物質量 → ヘンリーの法則

気相における酸素の物質量は

$$\frac{3.33}{22.4} = 0.1486 \text{ (mol)} \quad \leftarrow \text{気体の物質量 (mol)} = \frac{\text{標準状態の気体の体積 (L)}}{22.4 \text{ (L/mol)}}$$

よって、容器内に存在する酸素の全物質量は

$$0.1486 + 0.0218 = 0.1704 \div 1.70 \times 10^{-1} \text{ (mol)} \quad \dots\dots (\text{答え})$$

気相の物質量

水に溶解した物質量

解答

Point! 気相の物質質量 → 状態方程式
溶解した物質質量 → ヘンリーの法則

問5 気相における酸素の分圧は

$$(P - 1.99 \times 10^4) \text{ (Pa)} \leftarrow \text{全圧から水の蒸気圧 } 1.99 \times 10^4 \text{ Pa を引いた}$$

である。

気相における酸素について, 気体の状態方程式より

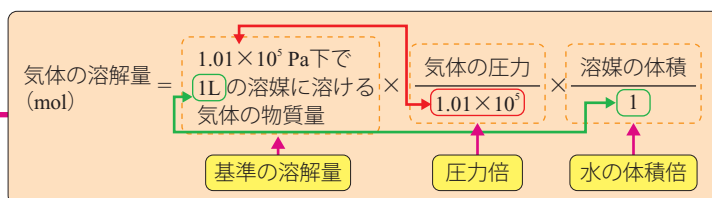
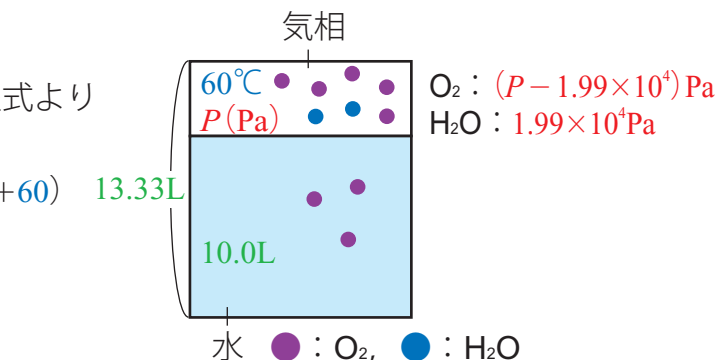
$$(P - 1.99 \times 10^4) \times 3.33 = y \times (8.31 \times 10^3) \times (273 + 60) \quad 13.33 \text{ L}$$

$$\therefore P = \frac{(8.31 \times 10^5)y}{c} + \frac{1.99 \times 10^4}{b} \dots\dots ①$$

水に溶解している酸素の物質質量 x (mol) は,
ヘンリーの法則より

$$x = 8.71 \times 10^{-4} \times \frac{P - 1.99 \times 10^4}{1.01 \times 10^5} \times \frac{10.0}{1.00}$$

表より
溶解量
圧力倍
水の体積倍



$$\therefore P = \frac{(1.16 \times 10^7)x}{a} + \frac{1.99 \times 10^4}{b} \dots\dots ②$$

酸素の全物質質量は, 変わらないので

$$x + y = 0.1704 \dots\dots ③$$

問4の(2)で求めた

①-②より

$$(8.31 \times 10^5)y = (1.16 \times 10^7)x$$

$$8.31y = 116x \dots\dots ④$$

③, ④より

$$x \doteq 1.14 \times 10^{-2} \text{ (mol)}, \quad y \doteq 1.59 \times 10^{-1} \text{ (mol)}$$

よって, 全圧 P は, x を②に代入して, $P \doteq 1.52 \times 10^5 \text{ (Pa)}$

$$\therefore (1) \quad a \dots\dots 1.16 \times 10^7$$

$$b \dots\dots 1.99 \times 10^4 \quad \dots\dots (\text{答え})$$

$$c \dots\dots 8.31 \times 10^5$$

$$(2) \text{ 全圧 } \dots\dots 1.52 \times 10^5 \text{ (Pa)}$$

水に溶けている酸素の物質質量 $\dots\dots 1.14 \times 10^{-2} \text{ (mol)}$ (答え)

気体状態の酸素の物質質量 $\dots\dots 1.59 \times 10^{-1} \text{ (mol)}$

Theme 気体の溶解度に関する問題 同志社大学 (2011 生命医科 理工 他)

気体定数は $8.30 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

密閉容器に水のみが入っている。ここに二酸化炭素を 0.335 mol 注入し 60°C に保ったところ、圧力 $1.86 \times 10^5 \text{ Pa}$ で平衡に達し、液体部分の体積は 5.00 L 、気体部分の体積は 3.33 L になった。また、水蒸気分圧は $2.00 \times 10^4 \text{ Pa}$ であった。水に溶けた二酸化炭素の物質量は、水 1.00 L あたり何 mol か、有効数字3桁で答えよ。なお、気体は理想気体であり、二酸化炭素が溶けても水の体積は変化しないとする。

解答

気相には、二酸化炭素 CO_2 と水蒸気 H_2O が存在する。

気相の全圧は、二酸化炭素分圧と水蒸気分圧の和となるので、二酸化炭素分圧は

$$1.86 \times 10^5 - 2.00 \times 10^4 = 1.66 \times 10^5 \text{ (Pa)}$$

全圧

水蒸気分圧

気相における二酸化炭素について、二酸化炭素の物質量を $n \text{ (mol)}$ とすると、
気体の状態方程式より

$$1.66 \times 10^5 \times 3.33 = n \times (8.30 \times 10^3) \times (273 + 60)$$

CO_2 分圧

これを解いて、 $n = 0.200 \text{ (mol)}$

水に溶解した二酸化炭素の物質量は

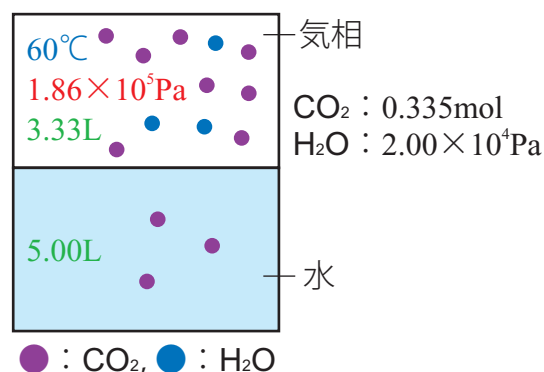
気相に存在する CO_2 の物質量

$$0.335 - 0.200 = 0.135 \text{ (mol)}$$

最初に注入した CO_2 の物質量

よって、水 1.00 L あたりに溶解した二酸化炭素の物質量は

$$\frac{0.135}{5.00} = 0.0270 = 2.70 \times 10^{-2} \text{ (mol)} \quad \dots\dots (\text{答え})$$



Point!

気相の物質量 → 状態方程式
溶解した物質 → ヘンリーの法則