

夏期講習2023 化学1日目



化 学

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。

原子量 H : 1.0, C : 12, O : 16

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

2 次の文章を読み、下の問1～6に答えなさい。〔解答番号 ～ 〕

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℃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300 mLの水によって満たされている。容器Aのピストンに、常に 2.0×10^5 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0.36 L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。

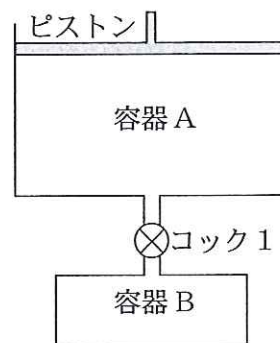


図 1

問1 この実験より、二酸化炭素は、7℃、 1.0×10^5 Pa で水 1.0 L 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。 L

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

次に、図2のような装置を組み、二酸化炭素の発生と溶解に関する実験を行った。温度7℃で、コック2、3は閉まっており、容器Cには 1.0×10^5 Paで1.0 Lのメタンが、10.0 Lの容器Dには 1.0×10^5 Paの酸素が、13.0 Lの容器Eには10.0 Lの水と、 1.0×10^5 Paの酸素とが入っている。まずコック2を開け、容器C中のメタンをすべて容器Dに注入した。その後コック2を閉じ、容器D中でメタンを完全に燃焼させた。燃焼終了後、温度を再び7℃に戻した。これを状態1とする。なお、このとき生じる水は、容器E中の水の量に対して無視できる。

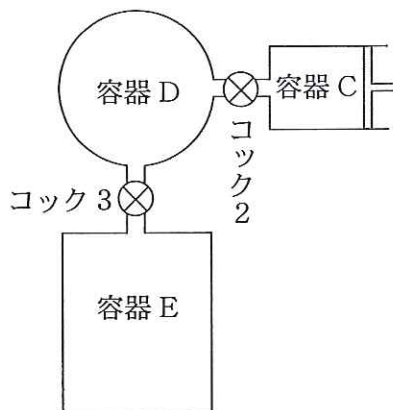


図 2

問2 状態1において、容器D中の二酸化炭素の分圧は何Paになっているか。最も近い数値を、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 Pa

- ① 1.0×10^4 ② 1.5×10^4 ③ 2.0×10^4
 ④ 3.0×10^4 ⑤ 5.0×10^4 ⑥ 8.0×10^4

状態1に続き、コック3を開いて7℃で十分に放置した。これを状態2とする。

問3 状態2において、容器中の二酸化炭素の全物質質量に対する、気体状態の二酸化炭素の物質質量の割合は何%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 25 ② 33 ③ 40 ④ 46 ⑤ 52 ⑥ 67

問4 状態2において、気体状態の二酸化炭素の分圧は何Paになっているか。最も近い数値を、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 Pa

- ① 4.0×10^3 ② 4.7×10^3 ③ 5.1×10^3
 ④ 5.6×10^3 ⑤ 6.1×10^3 ⑥ 6.8×10^3

問5 状態2において、容器中の水1.0Lあたりに溶解している二酸化炭素の体積を、標準状態に換算すると何mLになるか。最も近い数値を、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、標準状態における気体1molの体積を22.4Lとする。
 mL

- ① 42 ② 46 ③ 52 ④ 58 ⑤ 66 ⑥ 74

問6 状態2における容器Dの圧力は何Paになっているか。最も近い数値を、次の

①～⑥のうちから一つ選びなさい。 Pa

① 1.2×10^4

② 2.2×10^4

③ 3.8×10^4

④ 5.7×10^4

⑤ 8.9×10^4

⑥ 9.1×10^4

化 学

I 以下の問題(第1問~第4問)の答えをマークシートに記しなさい。必要なら原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $N = 14$, $O = 16$, $Na = 23$, $Mg = 24$, $Al = 27$, $S = 32$, $Cl = 35$, $Fe = 56$, $Cu = 64$, $Ag = 108$ とし, 気体定数 R は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ を用いなさい。気体は全て理想気体として扱うものとする。

第4問 図1のような密閉容器Ⅰ～Ⅳがコック①～③で連結された実験装置がある。コック①と②は閉じられているが、コック③は開いており、それぞれの容器には圧力計がついている。容器Ⅰ、ⅡおよびⅣはストッパーのついた抵抗なく移動するピストンが備えられ、体積・圧力を自由に変えることができ、容器Ⅲは体積を変えることができない。容器Ⅲにはシヨ糖水溶液が封入されている。装置全体は一定の温度に保たれており、コックおよび液体の体積は無視できるとする。また装置内に存在する水蒸気以外の気体はいかなる圧力でも凝縮せず、水との反応性がなく、水の蒸気圧は図2の蒸気圧曲線に従うものとする。

次の各問いに答えなさい。〔解答番号 ~ 〕

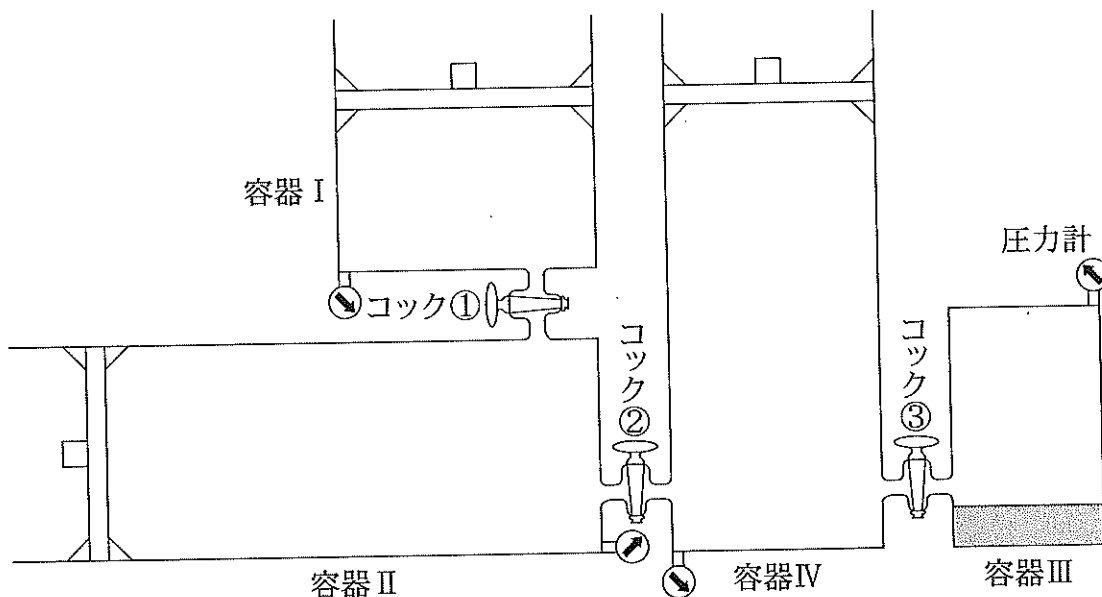


図1. 実験装置

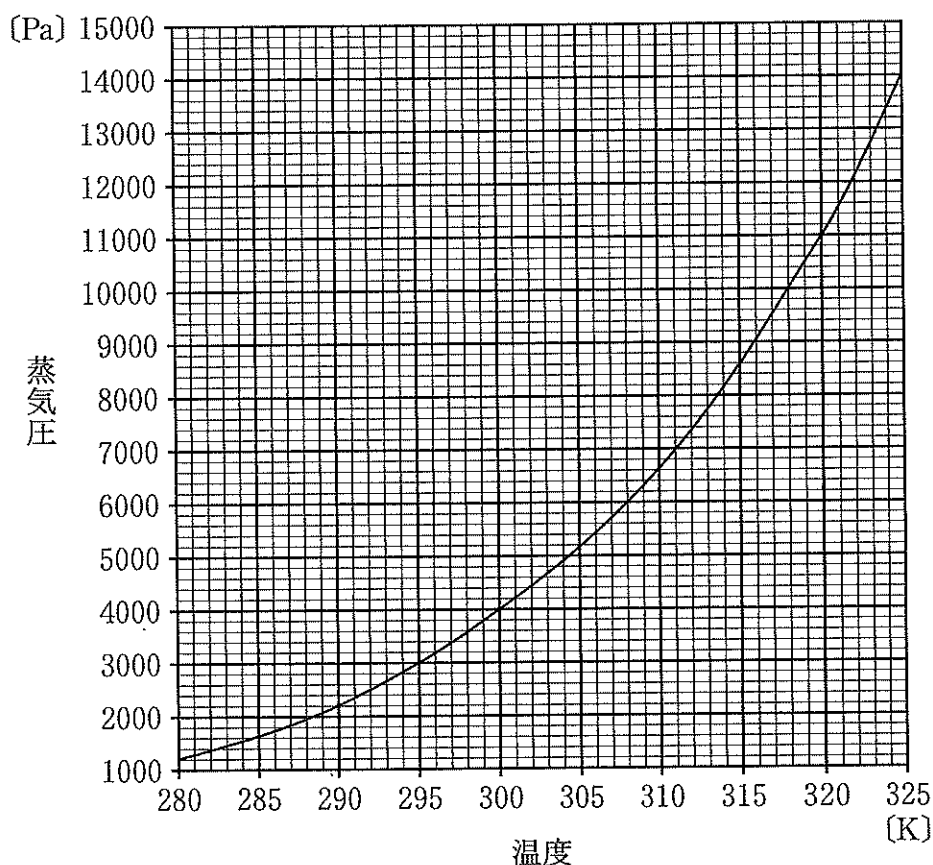
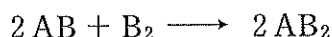


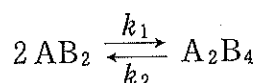
図2. 水の蒸気圧曲線

問1 ある元素AとBから成る気体分子ABおよび B_2 がある。容器Iには B_2 のみが、容器IIにはABのみが封入されている。容器Iの体積は13.28Lで容器IIの体積は26.56Lであった。容器IとIIの圧力計は共に37500Paを示している。容器IとIIのピストンのストッパーを外し、コック①を開いて容器Iの気体を容器Iのピストンを押して全て容器IIに移し、コック①を閉じて容器IIの圧力を37500Paに保った。気体分子ABと B_2 は以下の反応のみ進行すると仮定し、完全に反応して全て気体分子 AB_2 となったとすると、容器IIの体積は何Lとなるか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選びなさい。 L



- | | | |
|---------|---------|---------|
| ① 6.640 | ② 9.960 | ③ 13.28 |
| ④ 26.56 | ⑤ 39.84 | ⑥ 53.12 |

問 2 問 1 の容器 II で生成した気体分子 AB_2 は次のように反応が進み、気体分子 A_2B_4 が生成され平衡状態になる。



k_1, k_2 は反応速度定数である。また平衡に達した時の濃度平衡定数 K_c [L/mol] は以下のように示すことができる。

$$K_c = \frac{[A_2B_4]}{[AB_2]^2}$$

($[AB_2]$: AB_2 のモル濃度 [mol/L], $[A_2B_4]$: A_2B_4 のモル濃度 [mol/L])

容器 II の圧力を 37500 Pa で維持した。次の問い(a)~(d)に答えなさい。

(a) 容器 II のある瞬間における $[AB_2]$ が 0.2000 mol/L であった。この時、正反応の反応速度 $v_1 (= k_1[AB_2]^2)$ は 1.992×10^{-2} mol/(L·s) であった。反応速度定数 k_1 は何 L/(mol·s) になるか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 L/(mol·s)

- ① 3.980×10^{-2} ② 4.980×10^{-2} ③ 9.960×10^{-2}
 ④ 3.980×10^{-1} ⑤ 4.980×10^{-1} ⑥ 9.960×10^{-1}

(b) 平衡に達した時、 AB_2 の分圧が 15000 Pa であったとすると、容器 II の体積は何 L であるか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。

L

- ① 8.300 ② 16.60 ③ 24.90
 ④ 33.20 ⑤ 41.50 ⑥ 49.80

(c) 逆反応の反応速度 $v_2 (= k_2[A_2B_4])$ の反応速度定数 k_2 が 2.000×10^{-3} /s であったとすると、濃度平衡定数 K_c は何 L/mol になるか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。 L/mol

- ① 4.020×10^{-3} ② 2.000×10^{-2} ③ 5.030×10^{-2}
 ④ 19.90 ⑤ 49.80 ⑥ 249.0

(d) 平衡に達した時の気体分子 AB_2 の物質量は何 mol か。最も近い値を

①~⑥の中から一つ選びなさい。 mol

- ① 1.000×10^{-1} ② 1.250×10^{-1} ③ 2.500×10^{-1}
 ④ 3.000×10^{-1} ⑤ 4.000×10^{-1} ⑥ 6.000×10^{-1}

問 3 容器Ⅲにはショ糖水溶液が入っており、充分時間が経っている。容器ⅢおよびⅣに存在する気体は水蒸気のみである。コック③を閉じ、容器Ⅳのピストンのストッパーを外し、容器の体積が $\frac{1}{10}$ になるまでピストンを押し、ストッパーで固定した。この時、容器Ⅳの底には液体の水が存在していた。気体 AB_2 と気体 A_2B_4 が平衡に達している状態の容器Ⅱのピストンのストッパーを外し、コック②を開き、容器Ⅱに存在する全ての気体を容器Ⅳに移した後、コック②を閉じ、しばらく放置して平衡状態にした。この時、 AB_2 は容器Ⅳの水に x [mol]、 A_2B_4 は $\frac{x}{2}$ [mol] 溶解していた。気体として存在している AB_2 と A_2B_4 の物質量の合計が 0.2080 mol で、気体 AB_2 の分圧が 16000 Pa であったとする。次の問い(a)~(e)に答えなさい。ただし、水溶液中での AB_2 と A_2B_4 の平衡反応、およびこれらの溶解による水の蒸気圧変化はないものとする。

(a) 容器Ⅳの水に溶解した分子 AB_2 の物質量 x [mol] はいくつになるか。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。

mol

- ① 2.000×10^{-2} ② 2.400×10^{-2} ③ 2.800×10^{-2}
 ④ 3.200×10^{-2} ⑤ 3.600×10^{-2} ⑥ 4.000×10^{-2}

(b) 気体として存在する A_2B_4 の物質量は何 mol か。最も近い値を①~⑥の中から一つ選びなさい。

mol

- ① 6.400×10^{-2} ② 1.280×10^{-1} ③ 1.920×10^{-1}
 ④ 2.560×10^{-1} ⑤ 3.200×10^{-1} ⑥ 3.900×10^{-1}

(c) 圧縮後の容器Ⅳの体積は何Lか。最も近い値を①～⑥の中から一つ選
びなさい。 L

- ① 4.180 ② 8.360 ③ 12.45
④ 16.72 ⑤ 24.90 ⑥ 33.44

(d) 容器Ⅳの水蒸気の物質量は何 mol か。最も近い値を①～⑥の中から一
つ選びなさい。 mol

- ① 1.343×10^{-2} ② 2.000×10^{-2} ③ 3.450×10^{-2}
④ 2.686×10^{-2} ⑤ 4.000×10^{-2} ⑥ 6.900×10^{-2}

(e) 容器Ⅳの液体の水の物質量が 0.1700 mol であり、また容器Ⅲに含まれ
ているシヨ糖水溶液の質量が 342.0 g であつたとすると、溶解している
シヨ糖(分子式： $C_{12}H_{22}O_{11}$)は何 g か。最も近い値を①～⑥の中から一つ
選びなさい。ただし、容器Ⅲのシヨ糖水溶液の水の蒸気圧は、同じ温度の
純粋な水の蒸気圧とシヨ糖水溶液の水のモル分率(水の物質量/(水の物質
量 + シヨ糖の物質量))の積で求めることができるとする。 g

- ① 8.550 ② 17.10 ③ 25.20
④ 85.50 ⑤ 171.0 ⑥ 252.0

化 学

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使いなさい。

原子量 H : 1.0 C : 12 N : 14 O : 16 Na : 23

S : 32 K : 39 Cu : 63.5 Ag : 108 I : 127

ファラデー定数 9.65×10^4 C/mol

気体定数 8.3×10^3 Pa · L / (K · mol)

$\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$

- 3 次の文章を読み、下の問1～4に答えなさい。ただし、mmHgは圧力の単位で、 $1\text{ mmHg} = 1.333\text{ hPa}$ である。[解答番号 ～]

1887年にフランスのラウールは、溶液の蒸気圧について以下の法則を発見した。

混合溶液中のある成分物質が示す蒸気分圧は、その成分物質の溶液中でのモル分率およびその成分物質の純物質における蒸気圧に比例する。

これをラウールの法則という。たとえば純物質における蒸気圧がそれぞれ、 p_A 、 p_B である成分A、Bの混合溶液中におけるモル分率をそれぞれ χ_A 、 χ_B とすると、混合溶液全体の蒸気圧 p は $p = p_A \cdot \chi_A + p_B \cdot \chi_B$ と表される。純粋なAから純粋なBまで任意のモル分率においてラウールの法則が成り立つ仮想的な溶液を理想溶液という。混合比に偏りがある場合、混合物中の多い側の成分が溶媒、少ない側の成分が溶質ということになるが、その溶質が不揮発性の場合、溶液の蒸気圧 $p_{液}$ は溶媒の蒸気圧 $p_{媒}$ と溶媒のモル分率 $\chi_{媒}$ の積で表されることになる。

$$p_{液} = p_{媒} \cdot \chi_{媒}$$

したがって、その溶液の蒸気圧降下度 ΔP は、次のように溶媒の蒸気圧 $p_{媒}$ と溶質のモル分率 $\chi_{質}$ の積で表されることになる。

$$\Delta P = p_{媒} - p_{液} = p_{媒} - p_{媒} \cdot \chi_{媒} = p_{媒}(1 - \chi_{媒}) = p_{媒} \cdot \chi_{質}$$

- 問1 ベンゼン780gとトルエン460gを混合した溶液の蒸気圧として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、この混合溶液は理想溶液であるとし、この状態における純ベンゼンおよび純トルエンの蒸気圧をそれぞれ1000 mmHg、400 mmHgとする。

- | | | |
|------------|-------------|-------------|
| ① 400 mmHg | ② 600 mmHg | ③ 700 mmHg |
| ④ 800 mmHg | ⑤ 1000 mmHg | ⑥ 1400 mmHg |

問2 60℃におけるベンゼンの蒸気圧は400 mmHgである。200 gのベンゼンにある不揮発性の物質を10 g溶かし、60℃に保ったところ、その溶液の蒸気圧は384 mmHgになった。この物質の分子量として最も適切なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、この溶液は理想溶液であるとする。

① 59 ② 72 ③ 94 ④ 110 ⑤ 130 ⑥ 144

問3 大気中の二酸化炭素の体積百分率は、現在では0.040%になっている。27℃で大気圧(1.0×10^5 Paとする)下の水に溶けている二酸化炭素のモル濃度は mol/Lになり、液体全体に占める溶質の二酸化炭素のモル分率を と近似することができる。 , に入る数値として最も適切なものを、それぞれの選択肢のうちから一つずつ選びなさい。ただし、27℃、 1.0×10^5 Paにおいて水1.0 Lに溶ける二酸化炭素の体積を標準状態に換算すると0.672 Lであり、二酸化炭素の水への溶解についてはヘンリーの法則が成り立つものとする。また、水の密度は 1.0 g/cm^3 とし、水の蒸気圧は無視してよい。

の選択肢

- ① 1.0×10^{-6} ② 3.0×10^{-6} ③ 1.2×10^{-5}
 ④ 3.0×10^{-5} ⑤ 1.2×10^{-2} ⑥ 3.0×10^{-2}

の選択肢

- ① 1.2×10^{-7} ② 2.2×10^{-7} ③ 1.2×10^{-5}
 ④ 2.2×10^{-5} ⑤ 1.2×10^{-3} ⑥ 2.2×10^{-3}

問4 5.0 Lの真空密閉容器に水2.0 Lとドライアイス4.4 gを入れて27℃に保った。十分な時間が経った後、容器内の二酸化炭素の分圧として最も適切なものを、次の①～⑤のうちから一つ選びなさい。ただし、水の蒸発による体積の減少は無視できるものとし、二酸化炭素の水への溶解度は問3の値を用いることとする。

- ① 5.5×10^4 Pa ② 8.3×10^4 Pa ③ 1.0×10^5 Pa
 ④ 5.5×10^5 Pa ⑤ 8.3×10^5 Pa