

1 次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

弱酸を AH, その電離平衡を



と書くと、弱酸と水酸化ナトリウムの混合水溶液には、未電離の弱酸 AH, 電離により生じた弱酸のイオン  $\text{A}^-$ , ナトリウムイオン  $\text{Na}^+$ , 水の分子  $\text{H}_2\text{O}$  と、その電離により生じた水素イオン  $\text{H}^+$  と水酸化物イオン  $\text{OH}^-$  が含まれている。

(1)式の反応については化学平衡の法則が成り立ち、 $\text{A}^-$  などのモル濃度を  $[\text{A}^-]$  などのように  $[\ ]$  で表すと、

$$\frac{[\text{A}^-][\text{H}^+]}{[\text{AH}]} = K \quad \dots(2)$$

の関係がある。 $K$  は温度で決まる電離定数である。

混合液の弱酸の濃度を  $A \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 水酸化ナトリウムの濃度を  $B \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  とすると、

$$A = [\text{A}^-] + [\text{AH}] \quad \dots(3)$$

$$B = [\text{Na}^+] \quad \dots(4)$$

である。(4)式は水酸化ナトリウムが強塩基で Na は全て  $\text{Na}^+$  となることを表す式である。

$A > B$ , すなわち、弱酸を水酸化ナトリウムで中和するとき、中和点の  $A = B$  になるまでは、 $[\text{H}^+]$  と  $[\text{OH}^-]$  は  $[\text{Na}^+]$ ,  $[\text{A}^-]$  に比べるとずっと小さいことと、混合液は全体としては電氣的に中性であることから、 $\text{Na}^+$  と  $\text{A}^-$  の電荷が中和するので、

$$[\text{A}^-] \doteq [\text{Na}^+] = B \quad \dots(5)$$

の関係がある。従って、

$$[\text{AH}] = A - [\text{A}^-] \doteq A - B \quad \dots(6)$$

が成り立つ。(5)式と(6)式を(2)式に入れて変形すると、

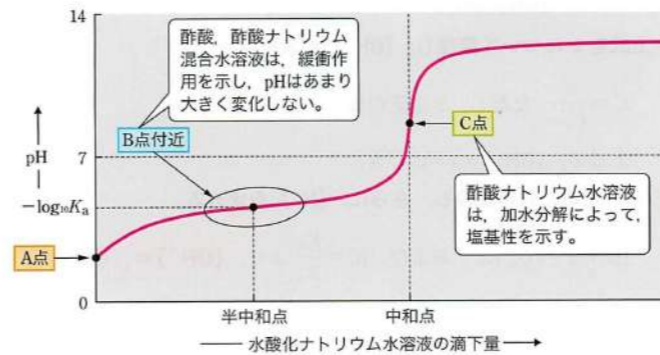
このようなまとめを  
用いてこの問題を解  
いても問題ない。

■ CH<sub>3</sub>COOH—NaOH 滴定曲線

**B点付近**：酢酸，酢酸ナトリウム混合水溶液  
酢酸の濃度を C<sub>a</sub> mol/L とし，酢酸ナトリウムの濃度を C<sub>s</sub> mol/L とすると，この混合水溶液の水素イオン濃度 [H<sup>+</sup>] および pH は次のように表される。

$$[H^+] = \frac{C_a}{C_s} K_a, \quad \text{pH} = -\log_{10} \left( \frac{C_a}{C_s} K_a \right)$$

ただし，K<sub>a</sub> は酢酸の電離定数である。



**A点**：酢酸水溶液  
濃度を C mol/L とすると，酢酸水溶液の水素イオン濃度 [H<sup>+</sup>] は次のように表される。

$$[H^+] = \sqrt{CK_a}$$

すなわち pH は，

$$\text{pH} = -\log_{10} \sqrt{CK_a}$$

によって求められる。

ただし，K<sub>a</sub> は酢酸の電離定数である。ちなみに，酢酸の電離度は，次のように表される。

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$$

**C点**：酢酸ナトリウム水溶液  
濃度を C<sub>s</sub>' mol/L とすると，酢酸ナトリウム水溶液の水素イオン濃度 [H<sup>+</sup>] は次のように表される（ただし，水溶液の液性は塩基性）。

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_a K_w}{C_s'}}$$

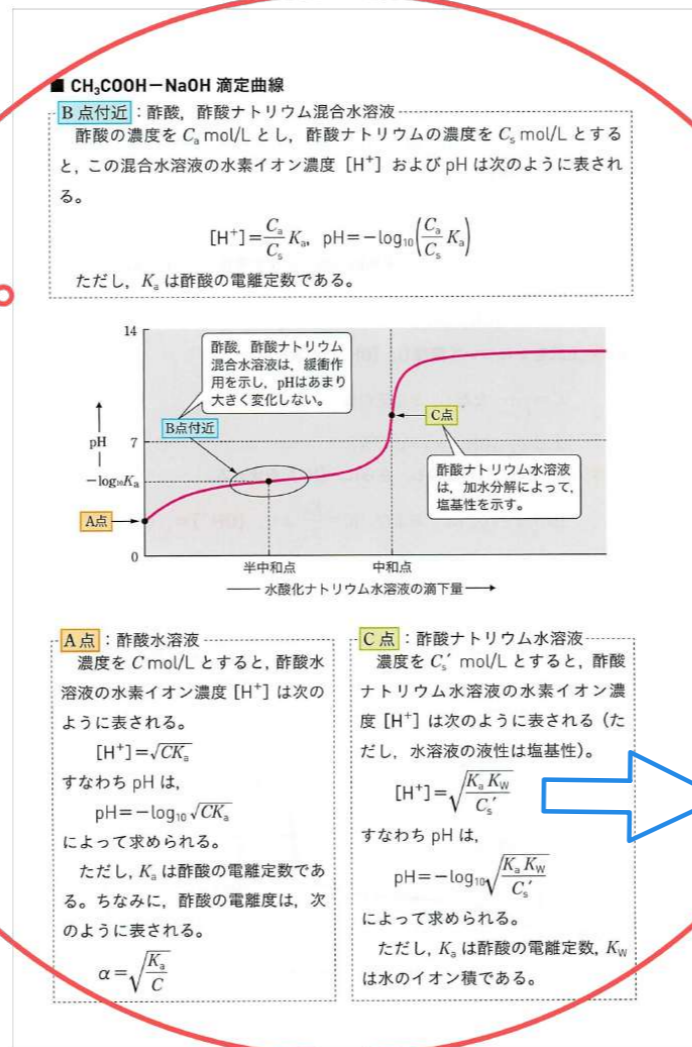
すなわち pH は，

$$\text{pH} = -\log_{10} \sqrt{\frac{K_a K_w}{C_s'}}$$

によって求められる。

ただし，K<sub>a</sub> は酢酸の電離定数，K<sub>w</sub> は水のイオン積である。

このようなまとめを用いてこの問題を解いても問題ない。



$$[H^+] = \sqrt{\frac{K \times K_w}{A}}$$

$$\text{pH} \doteq \frac{1}{2} (\log_{10} A - \log_{10} K - \log_{10} K_w) \dots (11)$$

問1の解答

文章は手が込んでいても

題材がもつ「化学」に変わりはない！❤️



**この問題の出典は東京医科歯科大学の過去問題です。**

〔注意〕 必要のある場合には次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0 C = 12.0 N = 14.0 O = 16.0 Na = 23.0 Cl = 35.5

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \frac{\text{Pa} \cdot \text{L}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$  アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

対数： $\log_{10} 2 = 0.30$   $\log_{10} 3 = 0.48$   $\log_{10} 7 = 0.85$   $\log_{10} 11 = 1.04$   $\log_{10} 13 = 1.11$

$\log_{10} 17 = 1.23$   $\log_{10} 19 = 1.28$   $\log_{10} 23 = 1.36$

数値を計算して答える場合は、結果のみではなく途中の式も書き、計算式には必ず簡単な説明文または式と式をつなぐ文をつけよ。

**医科歯科の解答形式**

# 問題文を読めていますか？

1 次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

弱酸を AH, その電離平衡を



と書くと、弱酸と水酸化ナトリウムの混合水溶液には、未電離の弱酸 AH, 電離により生じた弱酸のイオン  $\text{A}^-$ , ナトリウムイオン  $\text{Na}^+$ , 水の分子  $\text{H}_2\text{O}$  と、その電離により生じた水素イオン  $\text{H}^+$  と水酸化物イオン  $\text{OH}^-$  が含まれている。

(1)式の反応については化学平衡の法則が成り立ち、 $\text{A}^-$  などのモル濃度を  $[\text{A}^-]$  などのように  $[\ ]$  で表すと、

$$\frac{[\text{A}^-][\text{H}^+]}{[\text{AH}]} = K \quad \dots(2)$$

の関係がある。 $K$  は温度で決まる電離定数である。

混合液の弱酸の濃度を  $A \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 水酸化ナトリウムの濃度を  $B \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  とすると、

$$A = [\text{A}^-] + [\text{AH}] \quad \dots(3)$$

$$B = [\text{Na}^+] \quad \dots(4)$$

である。(4)式は水酸化ナトリウムが強塩基で Na は全て  $\text{Na}^+$  となることを表す式である。

$A > B$ , すなわち、弱酸を水酸化ナトリウムで中和するとき、中和点の  $A = B$  になるまでは、 $[\text{H}^+]$  と  $[\text{OH}^-]$  は  $[\text{Na}^+]$ ,  $[\text{A}^-]$  に比べるとずっと小さいことと、混合液は全体としては電氣的に中性であることから、 $\text{Na}^+$  と  $\text{A}^-$  の電荷が中和するので、

$$[\text{A}^-] \doteq [\text{Na}^+] = B \quad \dots(5)$$

の関係がある。従って、

$$[\text{AH}] = A - [\text{A}^-] \doteq A - B \quad \dots(6)$$

が成り立つ。(5)式と(6)式を(2)式に入れて変形すると、

1 次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

## あたりまえの文章

弱酸を AH, その電離平衡を



と書くと、弱酸と水酸化ナトリウムの混合水溶液には、未電離の弱酸 AH, 電離により生じた弱酸のイオン  $\text{A}^-$ , ナトリウムイオン  $\text{Na}^+$ , 水の分子  $\text{H}_2\text{O}$  と、その電離により生じた水素イオン  $\text{H}^+$  と水酸化物イオン  $\text{OH}^-$  が含まれている。

(1)式の反応については化学平衡の法則が成り立ち、 $\text{A}^-$  などのモル濃度を  $[\text{A}^-]$  などのように  $[\ ]$  で表すと、

$$\frac{[\text{A}^-][\text{H}^+]}{[\text{AH}]} = K \quad \dots(2)$$

の関係がある。K は温度で決まる電離定数である。

混合液の弱酸の濃度を  $A \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 水酸化ナトリウムの濃度を  $B \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  とすると、

$$A = [\text{A}^-] + [\text{AH}] \quad \dots(3)$$

$$B = [\text{Na}^+] \quad \dots(4)$$

である。(4)式は水酸化ナトリウムが強塩基で Na は全て  $\text{Na}^+$  となることを表す式である。

$A > B$ , すなわち、弱酸を水酸化ナトリウムで中和するとき、中和点の  $A = B$  になるまでは、 $[\text{H}^+]$  と  $[\text{OH}^-]$  は  $[\text{Na}^+]$ ,  $[\text{A}^-]$  に比べるとずっと小さいことと、混合液は全体としては電気的に中性であることから、 $\text{Na}^+$  と  $\text{A}^-$  の電荷が中和するので、

$$[\text{A}^-] \doteq [\text{Na}^+] = B \quad \dots(5)$$

の関係がある。従って、

$$[\text{AH}] = A - [\text{A}^-] \doteq A - B \quad \dots(6)$$

が成り立つ。(5)式と(6)式を(2)式に入れて変形すると、



1 次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

弱酸を AH, その電離平衡を



と書くと、弱酸と水酸化ナトリウムの混合水溶液には、未電離の弱酸 AH, 電離により生じた弱酸のイオン  $\text{A}^-$ , ナトリウムイオン  $\text{Na}^+$ , 水の分子  $\text{H}_2\text{O}$  と、その電離により生じた水素イオン  $\text{H}^+$  と水酸化物イオン  $\text{OH}^-$  が含まれている。

(1)式の反応については化学平衡の法則が成り立ち、 $\text{A}^-$  などのモル濃度を  $[\text{A}^-]$  などのように  $[\ ]$  で表すと、

## 化学平衡の法則

$$\frac{[\text{A}^-][\text{H}^+]}{[\text{AH}]} = K \quad \dots(2)$$

の関係がある。K は温度で決まる電離定数である。

混合液の弱酸の濃度を  $A \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , 水酸化ナトリウムの濃度を  $B \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$  とすると、

$$A = [\text{A}^-] + [\text{AH}] \quad \dots(3)$$

$$B = [\text{Na}^+] \quad \dots(4)$$

である。(4)式は水酸化ナトリウムが強塩基で Na は全て  $\text{Na}^+$  となることを表す式である。

$A > B$ , すなわち、弱酸を水酸化ナトリウムで中和するとき、中和点の  $A = B$  になるまでは、 $[\text{H}^+]$  と  $[\text{OH}^-]$  は  $[\text{Na}^+]$ ,  $[\text{A}^-]$  に比べるとずっと小さいことと、混合液は全体としては電気的に中性であることから、 $\text{Na}^+$  と  $\text{A}^-$  の電荷が中和するので、

$$[\text{A}^-] \doteq [\text{Na}^+] = B \quad \dots(5)$$

の関係がある。従って、

$$[\text{AH}] = A - [\text{A}^-] \doteq A - B \quad \dots(6)$$

が成り立つ。(5)式と(6)式を(2)式に入れて変形すると、

1 次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

弱酸を AH, その電離平衡を



と書くと、弱酸と水酸化ナトリウムの混合水溶液には、未電離の弱酸 AH, 電離により生じた弱酸のイオン A<sup>-</sup>, ナトリウムイオン Na<sup>+</sup>, 水の分子 H<sub>2</sub>O と、その電離により生じた水素イオン H<sup>+</sup> と水酸化物イオン OH<sup>-</sup> が含まれている。

(1)式の反応については化学平衡の法則が成り立ち、A<sup>-</sup> などのモル濃度を [A<sup>-</sup>] などのように [ ] で表すと、

## 化学平衡の法則

$$\frac{[\text{A}^-][\text{H}^+]}{[\text{AH}]} = K \quad \dots(2)$$

の関係がある。K は温度で決まる電離定数である。

混合液の弱酸の濃度を A mol·L<sup>-1</sup>, 水酸化ナトリウムの濃度を B mol·L<sup>-1</sup> とすると、

$$A = [\text{A}^-] + [\text{AH}] \quad \dots(3)$$

$$B = [\text{Na}^+] \quad \dots(4)$$

## 物質収支

である。(4)式は水酸化ナトリウムが強塩基で Na は全て Na<sup>+</sup> とかることを表す式である。

A > B, すなわち、弱酸を水酸化

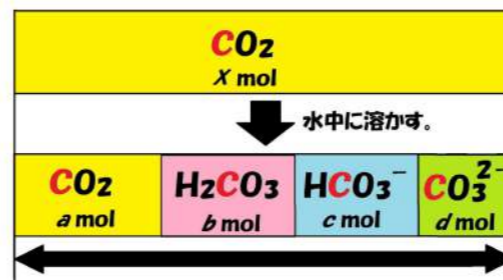
は、[H<sup>+</sup>] と [OH<sup>-</sup>] は [Na<sup>+</sup>], [A<sup>-</sup>] は電氣的に中性であることから、

の関係がある。従って、

[A<sup>-</sup>]

が成り立つ。(5)式と(6)式を(2)式に

### 物質収支

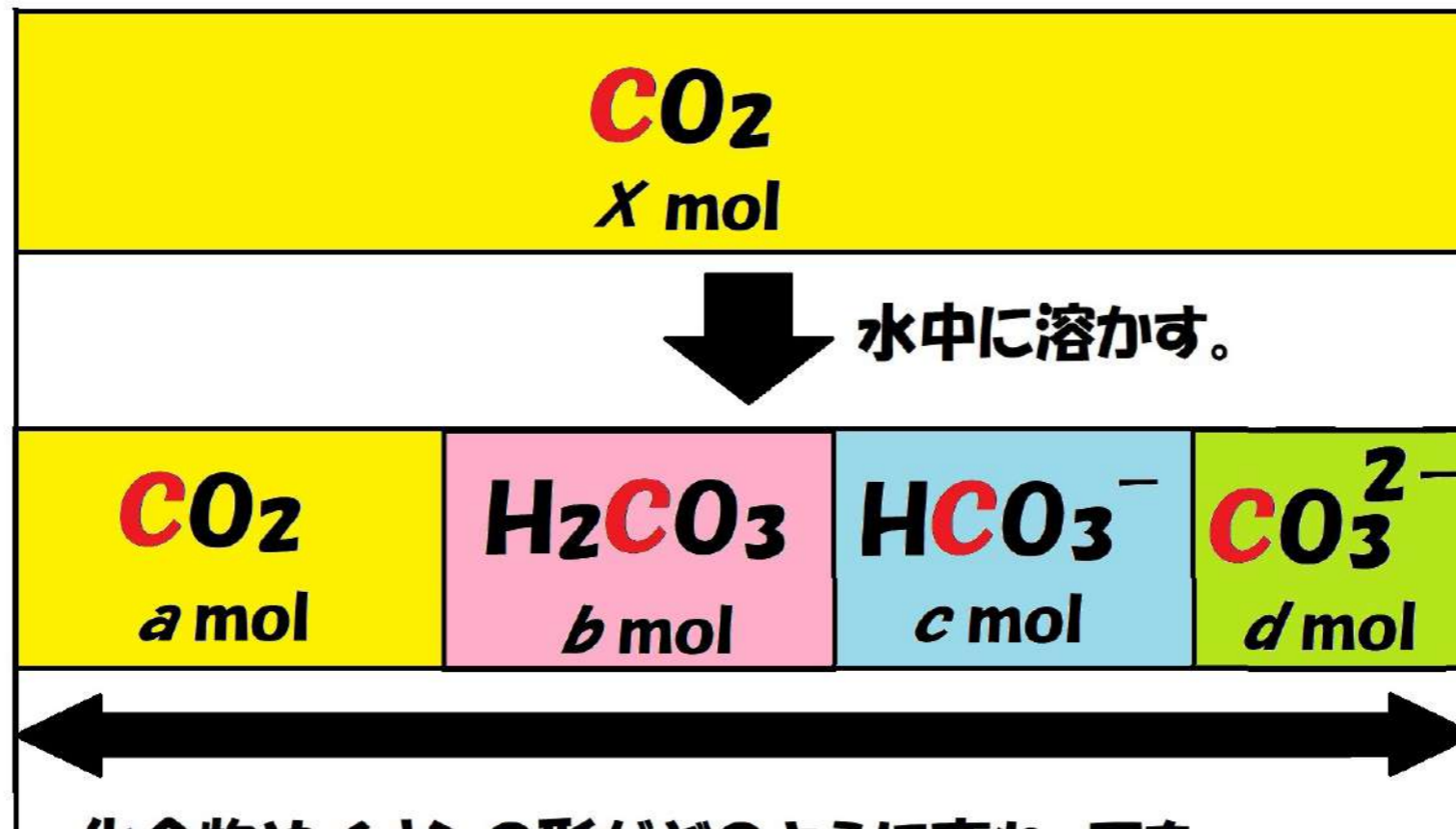


化合物やイオンの形がどのように変わっても  
炭素原子Cの数(物質量)に変わりはない!

$$X = a + b + c + d$$



# 物質収支

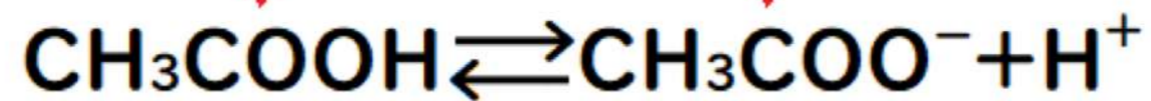


化合物やイオンの形がどのように変わっても  
炭素原子Cの数(物質量)に変わりはない!

$$X = a + b + c + d$$

$$A = [A^-] + [AH]$$

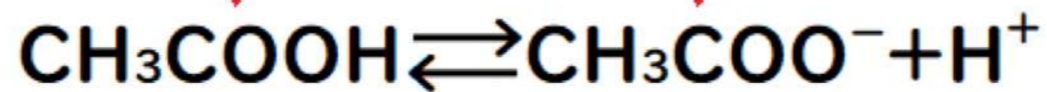
$\text{CH}_3\text{COOH}$  A mol/L



$A = \text{生成} [\text{CH}_3\text{COO}^-] + \text{残存} [\text{CH}_3\text{COOH}]$

$$A = [A^-] + [AH]$$

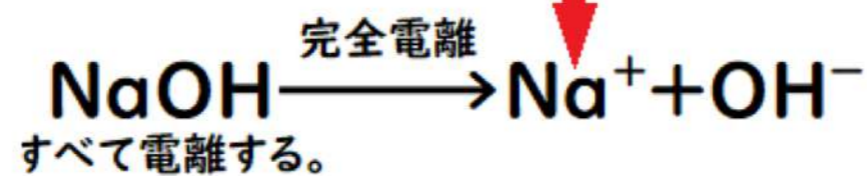
CH<sub>3</sub>COOH A mol/L



A = 生成 [CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup>] + 残存 [CH<sub>3</sub>COOH]

$$B = [\text{Na}^+]$$

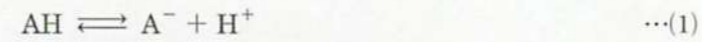
NaOH B mol/L



B = 生成 [Na<sup>+</sup>]

1 次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

弱酸を AH, その電離平衡を



と書くと、弱酸と水酸化ナトリウムの混合水溶液には、未電離の弱酸 AH, 電離により生じた弱酸のイオン A<sup>-</sup>, ナトリウムイオン Na<sup>+</sup>, 水の分子 H<sub>2</sub>O と、その電離により生じた水素イオン H<sup>+</sup> と水酸化物イオン OH<sup>-</sup> が含まれている。

(1)式の反応については化学平衡の法則が成り立ち、A<sup>-</sup> などのモル濃度を [A<sup>-</sup>] などのように [ ] で表すと、

**化学平衡の法則**

$$\frac{[\text{A}^-][\text{H}^+]}{[\text{AH}]} = K \quad \dots(2)$$

の関係がある。K は温度で決まる電離定数である。

混合液の弱酸の濃度を A mol・L<sup>-1</sup>, 水酸化ナトリウムの濃度を B mol・L<sup>-1</sup> とすると、

$$A = [\text{A}^-] + [\text{AH}] \quad \dots(3)$$

$$B = [\text{Na}^+] \quad \dots(4)$$

**物質収支**

である。(4)式で Na は全て Na<sup>+</sup> となることを表す式である。

水酸化ナトリウムで中和するとき、中和点の A=B になるまで

は、[H<sup>+</sup>] と [OH<sup>-</sup>] が電気的に中性になる。A<sup>-</sup> の電荷が中和するので、

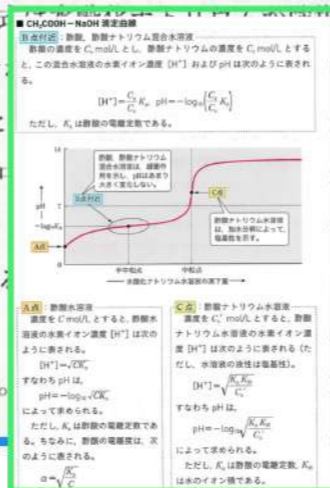
$$[\text{Na}^+] = B \quad \dots(5)$$

$$[\text{A}^-] \approx A - B \quad \dots(6)$$

が成り立つ。変形すると、

**酢酸  
酢酸ナトリウム  
混合水溶液  
について述べる**

**酢酸ナトリウム水溶液  
に至る前まで**





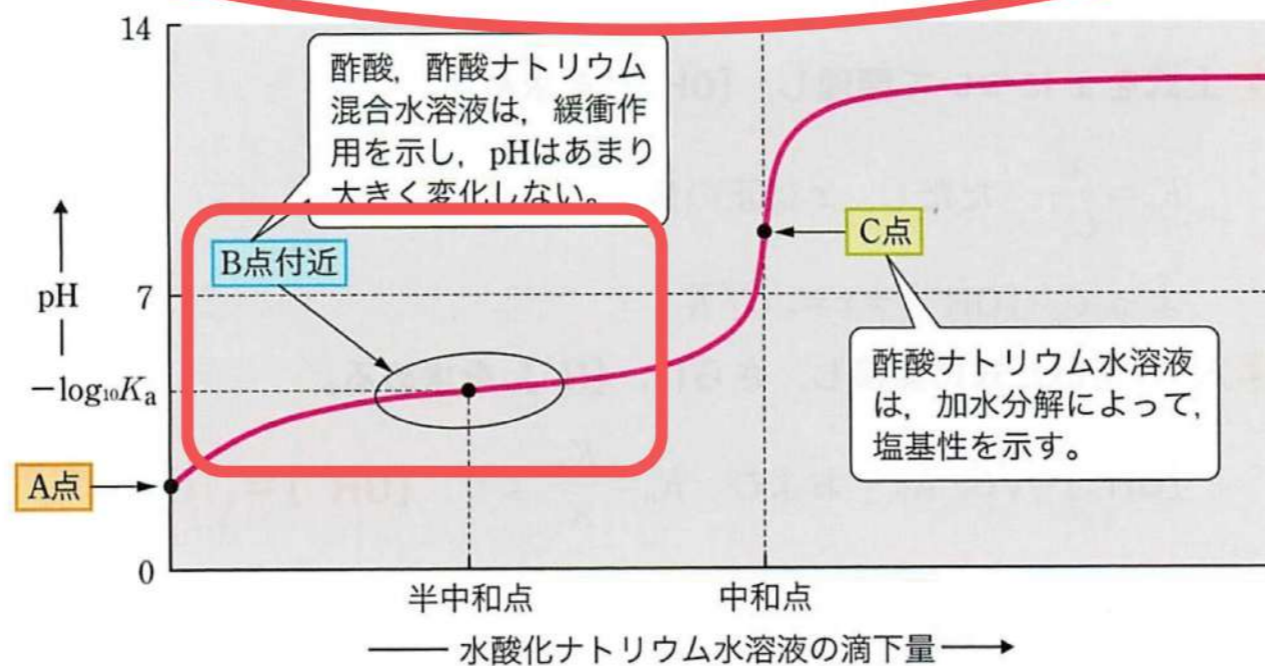
## まとめてありますよね？

### ■ CH<sub>3</sub>COOH - NaOH 滴定曲線

**B点付近**：酢酸，酢酸ナトリウム混合水溶液  
酢酸の濃度を  $C_a$  mol/L とし，酢酸ナトリウムの濃度を  $C_s$  mol/L とすると，この混合水溶液の水素イオン濃度  $[H^+]$  および pH は次のように表される。

$$[H^+] = \frac{C_a}{C_s} K_a, \quad \text{pH} = -\log_{10} \left( \frac{C_a}{C_s} K_a \right)$$

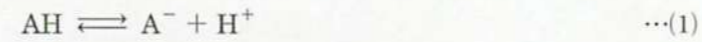
ただし， $K_a$  は酢酸の電離定数である。





1 次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

弱酸を AH, その電離平衡を



と書くと、弱酸と水酸化ナトリウムの混合水溶液には、未電離の弱酸 AH, 電離により生じた弱酸のイオン A<sup>-</sup>, ナトリウムイオン Na<sup>+</sup>, 水の分子 H<sub>2</sub>O と、その電離により生じた水素イオン H<sup>+</sup> と水酸化物イオン OH<sup>-</sup> が含まれている。

(1)式の反応については化学平衡の法則が成り立ち、A<sup>-</sup> などのモル濃度を [A<sup>-</sup>] などのように [ ] で表すと、

~~化学平衡の法則~~

$$\frac{[\text{A}^-][\text{H}^+]}{[\text{AH}]} = K \quad \dots(2)$$

の関係がある。K は温度で決まる電離定数である。

混合液の弱酸の濃度を A mol・L<sup>-1</sup>, 水酸化ナトリウムの濃度を B mol・L<sup>-1</sup> とすると、

$$A = [\text{A}^-] + [\text{AH}] \quad \dots(3)$$

~~酢酸  
酢酸ナトリウム~~

$$B = [\text{Na}^+] \quad \dots(4)$$

~~物質収支~~

である。(4)式で Na は全て Na<sup>+</sup> となることを表す式である。

~~混合水溶液~~

で中和するとき、中和点の A = B になるまで

~~について述べる~~

は、[H<sup>+</sup>] と A<sup>-</sup> の電荷が中和するので、

~~酢酸ナトリウム水溶液~~

の関係がある

~~に至る前まで~~

が成り立つ。

~~でもここでの解法は？~~

**【実例】酢酸ナトリウム水溶液**  
 濃度を C mol/L とすると、酢酸ナトリウム水溶液の水素イオン濃度 [H<sup>+</sup>] は次のように表される。  
 $[\text{H}^+] = \frac{K_a}{C}$   
 すなわち pH は、 $\text{pH} = -\log_{10} \frac{K_a}{C}$  によって表される。  
 ただし、酢酸の電離定数は、次のように表される。  
 $K_a = \frac{K_w}{K_b}$

**【実例】酢酸ナトリウム水溶液**  
 濃度を C mol/L とすると、酢酸ナトリウム水溶液の水素イオン濃度 [H<sup>+</sup>] は次のように表される(ただし、水溶液の塩性は「弱酸性」)。  
 $[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_a K_w}{C}}$   
 すなわち pH は、 $\text{pH} = -\log_{10} \sqrt{\frac{K_a K_w}{C}}$  によって求められる。  
 ただし、K<sub>a</sub> は酢酸の電離定数、K<sub>w</sub> は水のイオン積である。

## 一般的な解法

$$K_1 = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$$

$$K_2 = \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]}$$



第1電離の考察において  
第2電離を無視すると、  
 $[H^+] = [HCO_3^-]$

$$K_1 = \frac{[H^+]^2}{[H_2CO_3]}$$

$$\therefore [H^+] = \sqrt{K_1[H_2CO_3]}$$

$$K_1 = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$$

$$K_2 = \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]}$$

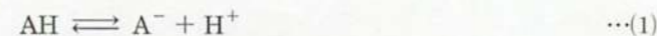
物質収支、電荷バランス  
水のイオン積など...



近似

1 次の文を読み、以下の各問いに答えよ。

弱酸を AH, その電離平衡を



と書くと、弱酸と水酸化ナトリウムの混合水溶液には、未電離の弱酸 AH, 電離により生じた弱酸のイオン A<sup>-</sup>, ナトリウムイオン Na<sup>+</sup>, 水の分子 H<sub>2</sub>O と、その電離により生じた水素イオン H<sup>+</sup> と水酸化物イオン OH<sup>-</sup> が含まれている。

(1)式の反応については化学平衡の法則が成り立ち、A<sup>-</sup> などのモル濃度を [A<sup>-</sup>] などのように [ ] で表すと、

### 化学平衡の法則

$$\frac{[\text{A}^-][\text{H}^+]}{[\text{AH}]} = K \quad \dots(2)$$

の関係がある。K は温度で決まる電離定数である。

混合液の弱酸の濃度を A mol·L<sup>-1</sup>, 水酸化ナトリウムの濃度を B mol·L<sup>-1</sup> とすると、

$$A = [\text{A}^-] + [\text{AH}] \quad \dots(3)$$

$$B = [\text{Na}^+] \quad \dots(4)$$

酢酸

酢酸ナトリウム

混合水溶液

### 物質収支

である。(4)式は水酸化ナトリウムが強塩基で Na は全て Na<sup>+</sup> となることを表す式である。

A > B すなわち、弱酸を水酸化ナトリウムで中和するとき、中和点の A = B になるまでは、[H<sup>+</sup>] と [OH<sup>-</sup>] は [Na<sup>+</sup>], [A<sup>-</sup>] に比べるとずっと小さいことと酢酸は全てとしては電気的に中性であることから、Na<sup>+</sup> と A<sup>-</sup> の電荷が中和するので、

### 電荷バランス

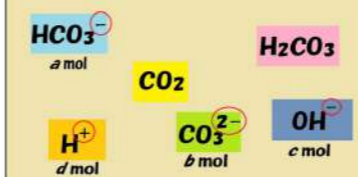
$$[\text{A}^-] \approx [\text{Na}^+] = B$$

の関係がある。従って、

$$[\text{AH}] = A - [\text{A}^-] \approx A - B$$

が成り立つ。(5)式と(6)式を(2)式に入れて変形すると、

### 電荷バランス

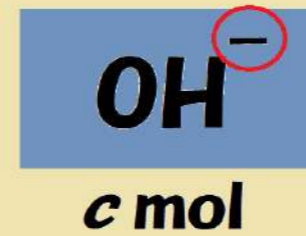
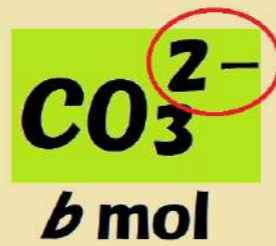
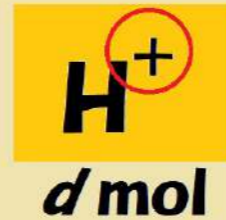
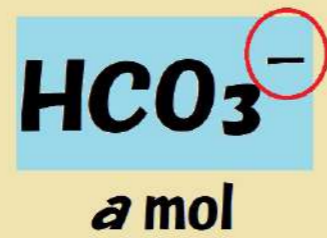


$$a + 2b + c = d$$

負の電荷の合計 正の電荷の合計

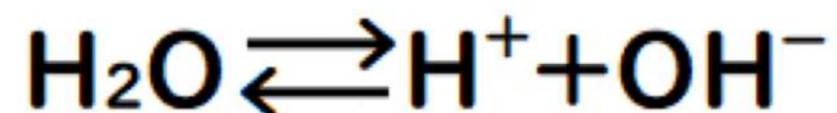
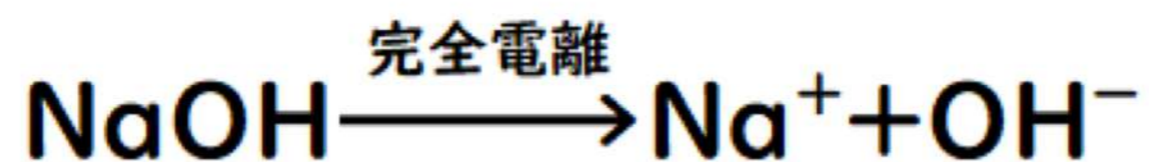
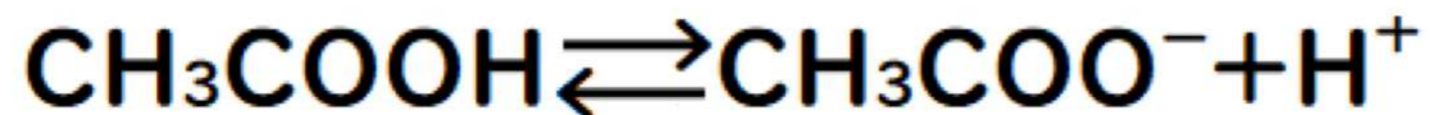


## 電荷バランス



$$a + 2b + c = d$$

負の電荷の合計 正の電荷の合計

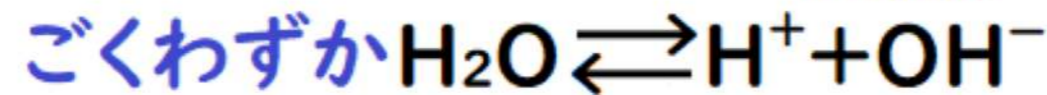
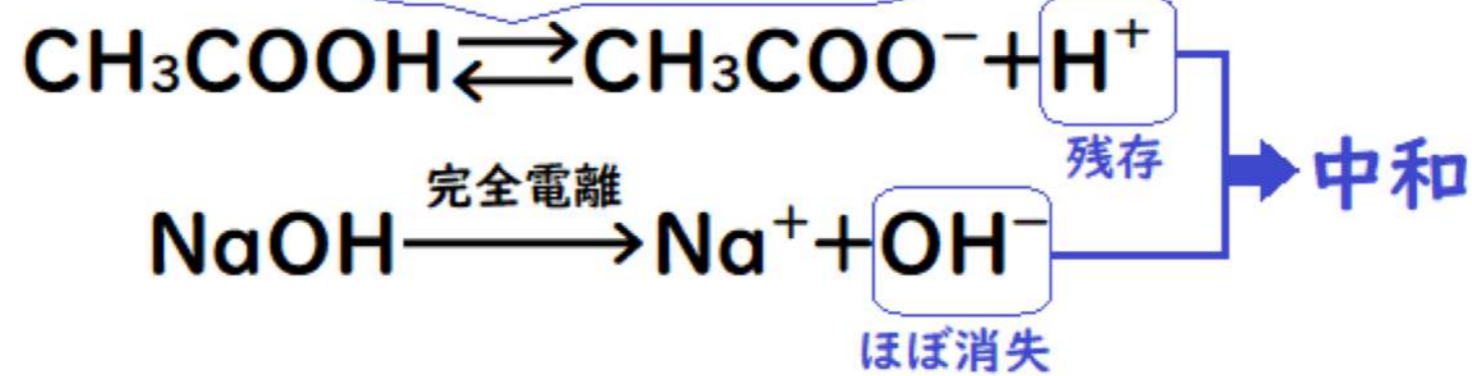


水溶液中における電荷バランスは





電離度  $\alpha \ll 1$



水溶液中における電荷バランスは



ごく当たり前の式の変形に過ぎず、しかも誘導されている。

$$[\text{H}^+] \doteq K \times \frac{A-B}{B} \quad \dots(7)$$

となり、両辺の逆数の常用対数( $\log_{10}$ )をとって、混合液の pH を表す式

$$\text{pH} \doteq -\log_{10} K + \log_{10} \frac{B}{A-B} \quad \dots(8)$$

が得られる。

弱酸の電離度  $\alpha$  は  $[\text{A}^-]$  の弱酸の総濃度  $A = [\text{A}^-] + [\text{AH}]$  に対する割合であるが、(5)、(6)式から、

$$\alpha = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{A}^-] + [\text{AH}]} \doteq \frac{B}{A} \quad \dots(9)$$

となるので、電離度  $\alpha$  は中和度  $B/A$  に等しい。

中和点 ( $A = B$ ) は弱酸の Na 塩の溶液となるので弱塩基性であり、 $[\text{H}^+]$  が  $[\text{Na}^+]$ 、 $[\text{A}^-]$  および  $[\text{OH}^-]$  に比べてずっと小さく、かつ  $[\text{OH}^-]$  は  $[\text{Na}^+]$  および  $[\text{A}^-]$  に比べてずっと小さいことから、

$$\left. \begin{aligned} [\text{A}^-] &\doteq [\text{Na}^+] = A \\ [\text{AH}] &= A - [\text{A}^-] \doteq [\text{OH}^-] = K_w / [\text{H}^+] \\ K_w &= [\text{H}^+][\text{OH}^-] \text{ は水のイオン積} \end{aligned} \right\} \quad \dots(10)$$

が成り立つ。(10)式を(2)式に入れて、中和点の pH を表す式

$$\text{pH} \doteq \boxed{A} \quad \dots(11)$$

が得られる。

問1 空欄  $\boxed{A}$  の式(11)を示せ。

問2  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  の酢酸水溶液 10 mL を  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定するときの pH の変化を解答欄に図示せよ。なお、解答で必要な場合には、下記の数値を用いよ。

水のイオン積  $K_w = 1.00 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$

酢酸の電離定数  $K = 1.00 \times 10^{-4.70} = 2.00 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

ごく当たり前の式の変形に過ぎず、しかも誘導されている。

$$(2) \text{ 式; } \frac{[A^-][H^+]}{[AH]} = K$$

$$(3) \text{ 式; } A = [A^-] + [AH]$$

$$(5) \text{ 式; } [A^-] \div [Na^+] = B$$

ごく当たり前の式の変形に過ぎず、しかも誘導されている。

$$(2) \text{ 式; } \frac{[A^-][H^+]}{[AH]} = K \xrightarrow{\text{I}} [H^+] = K \times \frac{[AH]}{[A^-]}$$

$$(3) \text{ 式; } A = [A^-] + [AH]$$

$$(5) \text{ 式; } [A^-] \doteq [Na^+] = B$$

ごく当たり前の式の変形に過ぎず、しかも誘導されている。

$$(2) \text{ 式; } \frac{[A^-][H^+]}{[AH]} = K \xrightarrow{1} [H^+] = K \times \frac{[AH]}{[A^-]}$$

$$(3) \text{ 式; } A = [A^-] + [AH] \xrightarrow{2} [AH] = A - [A^-]$$

$$(5) \text{ 式; } [A^-] \div [Na^+] = B$$



ごく当たり前の式の変形に過ぎず、しかも誘導されている。

$$(2) \text{ 式; } \frac{[A^-][H^+]}{[AH]} = K \xrightarrow{1} [H^+] = K \times \frac{[AH]}{[A^-]}$$

$$(3) \text{ 式; } A = [A^-] + [AH] \xrightarrow{2} [AH] = A - [A^-]$$

$$(5) \text{ 式; } [A^-] \div [Na^+] = B \xrightarrow{3} [A^-] \div B$$

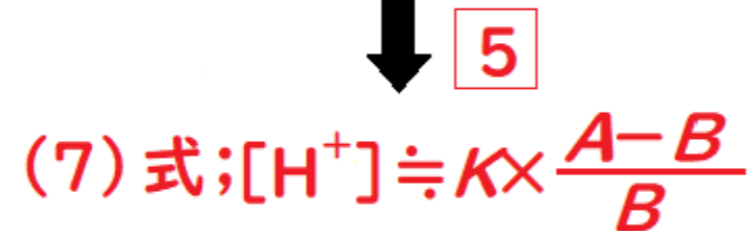
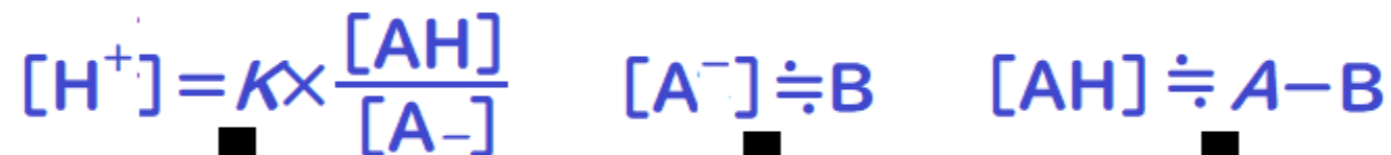
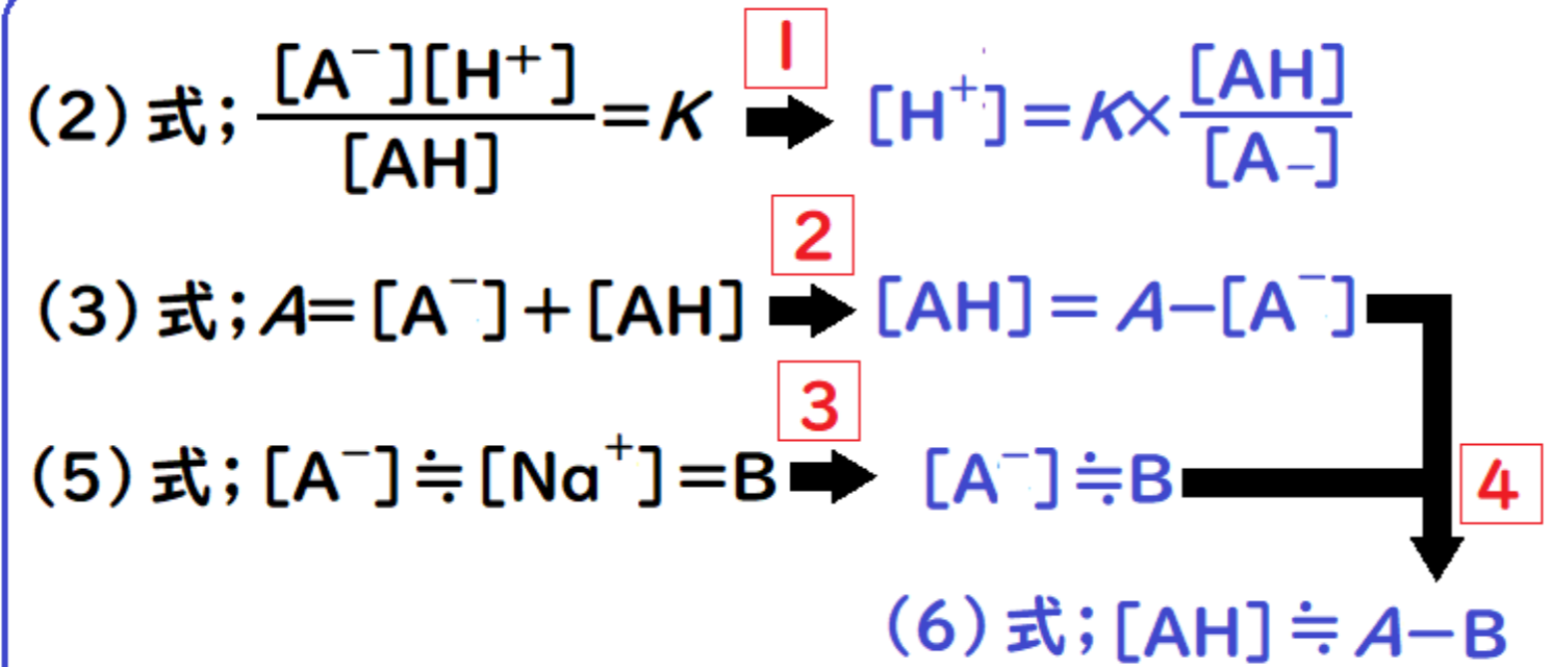
ごく当たり前の式の変形に過ぎず、しかも誘導されている。

$$(2) \text{ 式; } \frac{[A^-][H^+]}{[AH]} = K \xrightarrow{1} [H^+] = K \times \frac{[AH]}{[A^-]}$$

$$(3) \text{ 式; } A = [A^-] + [AH] \xrightarrow{2} [AH] = A - [A^-]$$

$$(5) \text{ 式; } [A^-] \div [Na^+] = B \xrightarrow{3} [A^-] \div B \xrightarrow{4} (6) \text{ 式; } [AH] \div A - B$$

ごく当たり前の式の変形に過ぎず、しかも誘導されている。



## この結論はこのまとめとまったく同じ内容！

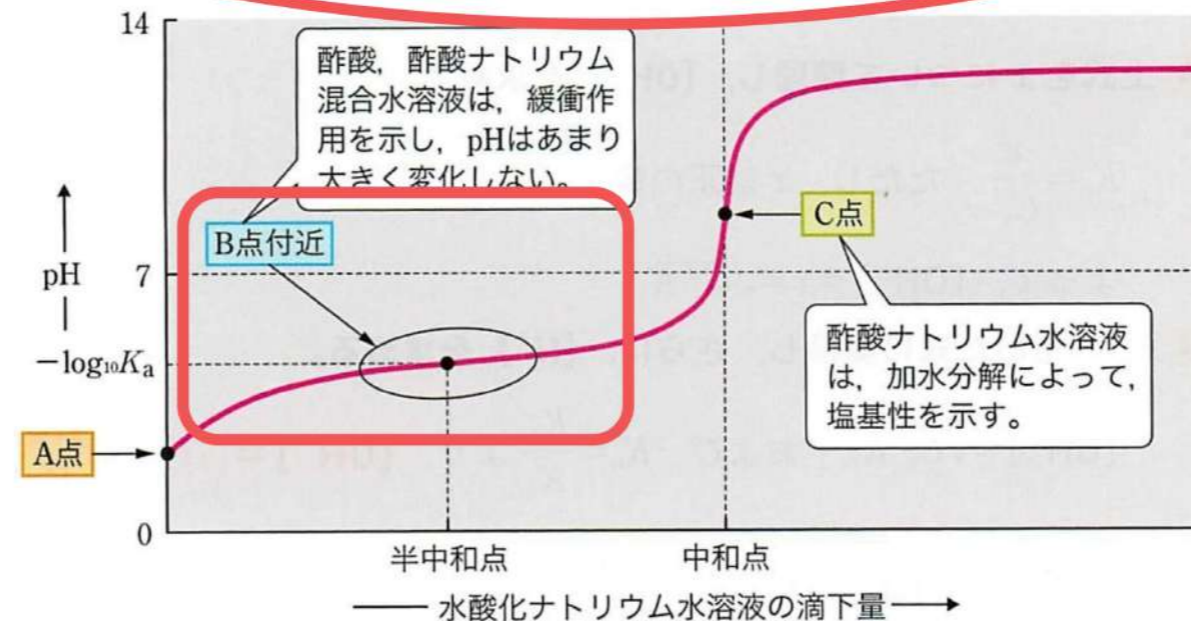
### ■ CH<sub>3</sub>COOH - NaOH 滴定曲線

B点付近：酢酸，酢酸ナトリウム混合水溶液

酢酸の濃度を  $C_a$  mol/L とし，酢酸ナトリウムの濃度を  $C_s$  mol/L とすると，この混合水溶液の水素イオン濃度  $[H^+]$  および pH は次のように表される。

$$[H^+] = \frac{C_a}{C_s} K_a, \quad \text{pH} = -\log_{10} \left( \frac{C_a}{C_s} K_a \right)$$

ただし， $K_a$  は酢酸の電離定数である。





~~ごく当たり前の式の変形に過ぎず、しかも誘導されている。~~

$$[\text{H}^+] \doteq K \times \frac{A-B}{B} \quad \dots(7)$$

となり、両辺の逆数の常用対数( $\log_{10}$ )をとって、混合液の pH を表す式

$$\text{pH} \doteq -\log_{10} K + \log_{10} \frac{B}{A-B} \quad \dots(8)$$

**(7)式の両対数を取ってpHの式にしただけ。**

(6)式から、

$$\alpha = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{A}^-] + [\text{AH}]} \doteq \frac{B}{A} \quad \dots(9)$$

となるので、電離度  $\alpha$  は中和度  $B/A$  に等しい。

中和点 ( $A=B$ ) は弱酸の Na 塩の溶液となるので弱塩基性であり、 $[\text{H}^+]$  が  $[\text{Na}^+]$ 、 $[\text{A}^-]$  および  $[\text{OH}^-]$  に比べてずっと小さく、かつ  $[\text{OH}^-]$  は  $[\text{Na}^+]$  および  $[\text{A}^-]$  に比べてずっと小さいことから、

$$\left. \begin{aligned} [\text{A}^-] &\doteq [\text{Na}^+] = A \\ [\text{AH}] &= A - [\text{A}^-] \doteq [\text{OH}^-] = K_w / [\text{H}^+] \\ K_w &= [\text{H}^+][\text{OH}^-] \text{ は水のイオン積} \end{aligned} \right\} \quad \dots(10)$$

が成り立つ。(10)式を(2)式に入れて、中和点の pH を表す式

$$\text{pH} \doteq \boxed{A} \quad \dots(11)$$

が得られる。

問1 空欄  $\boxed{A}$  の式(11)を示せ。

問2  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  の酢酸水溶液 10 mL を  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定するときの pH の変化を解答欄に図示せよ。なお、解答で必要な場合には、下記の数値を用いよ。

水のイオン積  $K_w = 1.00 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$

酢酸の電離定数  $K = 1.00 \times 10^{-4.70} = 2.00 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

~~ごく当たり前の式の変形に過ぎず、しかも誘導されている。~~

$$[\text{H}^+] = K \times \frac{A-B}{B} \quad \dots(7)$$

となり、両辺の逆数の常用対数( $\log_{10}$ )をとって、混合液の pH を表す式

$$\text{pH} = \log_{10} K + \log_{10} \frac{B}{A-B} \quad \dots(8)$$

が得られる。

~~(7)式の両対数を取ってpHの式にしただけ。~~

(6)式から、

$$\alpha = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{A}^-] + [\text{AH}]} \doteq \frac{B}{A} \quad \dots(9)$$

となるので、電離度  $\alpha$  は中和度  $B/A$  に等しい。

中和点 ( $A=B$ ) は弱酸の Na 塩の溶液となるので弱塩基性であり、 $[\text{H}^+] < [\text{Na}^+]$ 、 $[\text{A}^-]$  および  $[\text{OH}^-]$  に比べてずっと小さく、かつ  $[\text{OH}^-]$  は  $[\text{Na}^+]$  および  $[\text{A}^-]$  に比べてずっと小さいことから、

$$\left. \begin{aligned} [\text{A}^-] &\doteq [\text{Na}^+] = A \\ [\text{AH}] &= A - [\text{A}^-] \doteq [\text{OH}^-] = K_w / [\text{H}^+] \\ K_w &= [\text{H}^+][\text{OH}^-] \text{ は水のイオン積} \end{aligned} \right\} \quad \dots(10)$$

が成り立つ。(10)式を(2)式に入れて、中和点の pH を表す式

$$\text{pH} \doteq \boxed{A} \quad \dots(11)$$

が得られる。

問1 空欄  $\boxed{A}$  の式(11)式)を示せ。

問2  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  の酢酸水溶液 10 mL を  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定するときの pH の変化を解答欄に図示せよ。なお、解答で必要な場合には、下記の数値を用いよ。

水のイオン積  $K_w = 1.00 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$

酢酸の電離定数  $K = 1.00 \times 10^{-4.70} = 2.00 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

電離度の定義の確認

使う?

### 電離度の定義

$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$  において、

$$\text{電離度 } \alpha = \frac{\text{電離している酢酸の濃度}}{\text{酢酸に関わる全濃度}}$$

### 電離度の定義

$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$  において、

電離度  $\alpha = \frac{\text{電離している酢酸の濃度}}{\text{酢酸に関わる全濃度}}$

$$= \frac{\text{生成}[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{\text{生成}[\text{CH}_3\text{COO}^-] + \text{残存}[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

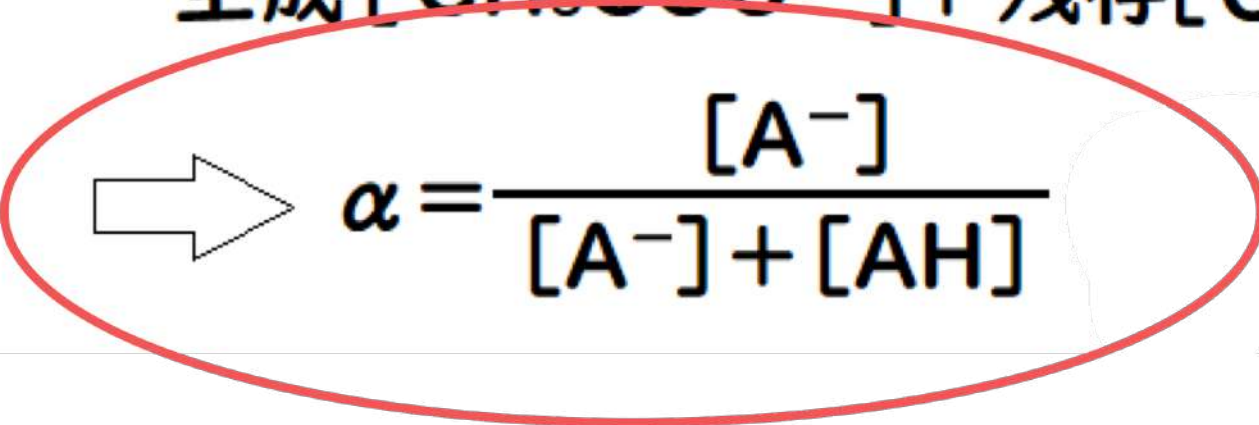


## 電離度の定義

$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$  において、

電離度  $\alpha = \frac{\text{電離している酢酸の濃度}}{\text{酢酸に関わる全濃度}}$

$$= \frac{\text{生成} [\text{CH}_3\text{COO}^-]}{\text{生成} [\text{CH}_3\text{COO}^-] + \text{残存} [\text{CH}_3\text{COOH}]}$$



⇒  $\alpha = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{A}^-] + [\text{AH}]}$

### 電離度の定義

$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$  において、

電離度  $\alpha = \frac{\text{電離している酢酸の濃度}}{\text{酢酸に関わる全濃度}}$

$$= \frac{\text{生成}[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{\text{生成}[\text{CH}_3\text{COO}^-] + \text{残存}[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{A}^-] + [\text{AH}]} \doteq \frac{B}{A}$$

$$(5) \text{ 式}; [\text{A}^-] \doteq B$$

$$(6) \text{ 式}; [\text{AH}] \doteq A - B$$

$$\therefore [\text{A}^-] + [\text{AH}] \doteq B + A - B = A$$

~~ごく当たり前の式の変形に過ぎず、しかも誘導されている。~~

$$[\text{H}^+] \approx K \times \frac{A-B}{B} \quad \dots(7)$$

となり、両辺の逆数の常用対数( $\log_{10}$ )をとって、混合液の pH を表す式

$$\text{pH} \approx \log_{10} K + \log_{10} \frac{B}{A-B} \quad \dots(8)$$

~~(7)式の両対数を取ってpHの式にしただけ。~~

~~電離度の定義の確認~~

$$\alpha = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{A}^-] + [\text{AH}]} = \frac{B}{A} \quad \dots(9)$$

となるので、電離度  $\alpha$  は中和度  $B/A$  に等しい。

中和点( $A=B$ )は弱酸の Na 塩の溶液となるので弱塩基性であり、 $[\text{H}^+]$ が $[\text{Na}^+]$ 、 $[\text{A}^-]$

および $[\text{OH}^-]$ に比べてずっと小さく、かつ $[\text{OH}^-]$ は $[\text{Na}^+]$ および $[\text{A}^-]$ に比べてずっと小

ここからは酢酸ナトリウム水溶液について。

ここまでは酢酸、酢酸ナトリウム混合水溶液について。

$$\left. \begin{aligned} [\text{A}^-] &= [\text{Na}^+] = A \\ [\text{AH}] &= A - [\text{A}^-] = [\text{OH}^-] = K_w / [\text{H}^+] \end{aligned} \right\} \dots(10)$$

$K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$ は水のイオン積

が成り立つ。(10)式を(2)式に入れて、中和点の pH を表す式

$$\text{pH} \approx \boxed{A} \quad \dots(11)$$

が得られる。

問1 空欄  $\boxed{A}$  の式(11)式)を示せ。

問2  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ の酢酸水溶液 10 mL を  $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定するときの pH の変化を解答欄に図示せよ。なお、解答で必要な場合には、下記の数値を用いよ。

水のイオン積  $K_w = 1.00 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$

酢酸の電離定数  $K = 1.00 \times 10^{-4.70} = 2.00 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

(5) 式;  $[A^-] \doteq [Na^+] = B$

(3) 式;  $A = [A^-] + [AH]$

$\rightarrow [AH] = A - [A^-]$



(5) 式;  $[A^-] \doteq [Na^+] = \cancel{A}$  ←  $A=B$

(3) 式;  $A = [A^-] + [AH]$

→  $[AH] = A - [A^-]$



(5) 式;  $[A^-] \doteq [Na^+] = \cancel{A}$  ←  $A=B$

(3) 式;  $A = [A^-] + [AH]$

→  $[AH] = A - [A^-] \doteq [OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]}$



$K_w = [H^+][OH^-]$  は水のイオン積

(5) 式;  $[A^-] \doteq [Na^+] = \frac{A}{2}$  ←  $A=B$

(3) 式;  $A = [A^-] + [AH]$

→  $[AH] = A - [A^-] \doteq [OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]}$



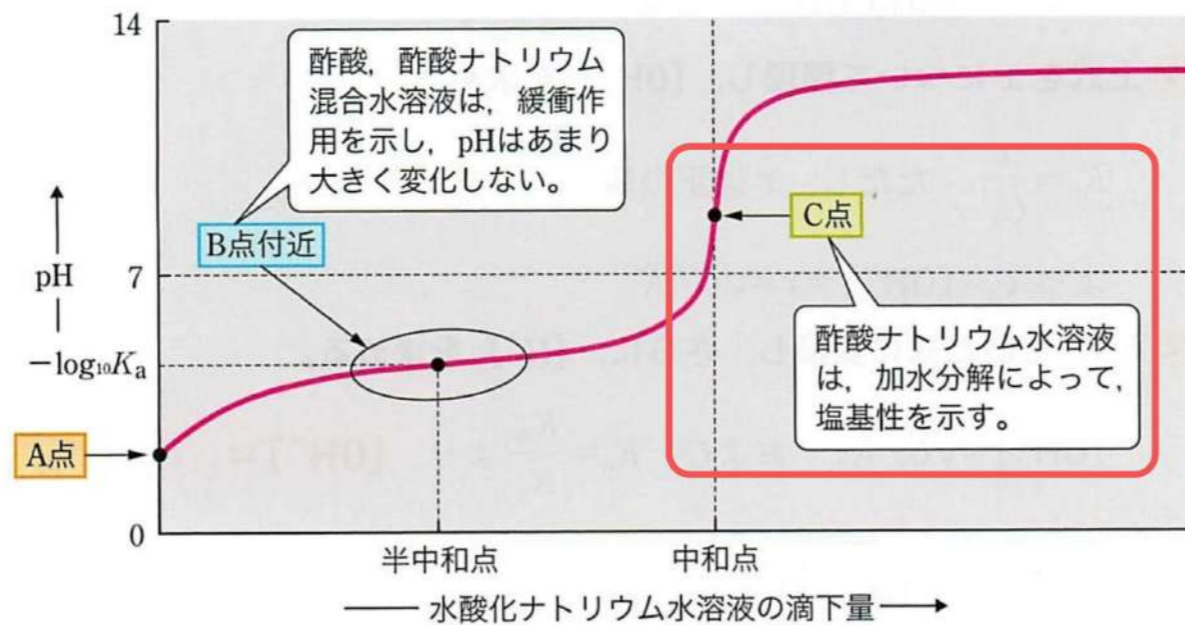
$K_w = [H^+][OH^-]$  は水のイオン積

$[H^+] = K \times \frac{[AH]}{[A^-]} \quad [A^-] \doteq A \quad [AH] \doteq \frac{K_w}{[H^+]}$

$[H^+] \doteq K \times \frac{\frac{K_w}{[H^+]}}{A} \quad \therefore [H^+] = \sqrt{\frac{K \times K_w}{A}}$



## この結論はこのまとめとまったく同じ内容！



C点：酢酸ナトリウム水溶液濃度を  $C_s'$  mol/L とすると、酢酸ナトリウム水溶液の水素イオン濃度  $[H^+]$  は次のように表される（ただし、水溶液の液性は塩基性）。

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_a K_W}{C_s'}}$$

すなわち pH は、

$$pH = -\log_{10} \sqrt{\frac{K_a K_W}{C_s'}}$$

によって求められる。

ただし、 $K_a$  は酢酸の電離定数、 $K_W$  は水のイオン積である。

(5) 式;  $[A^-] \doteq [Na^+] = \cancel{A}$  ←  $A=B$

(3) 式;  $A = [A^-] + [AH]$

→  $[AH] = A - [A^-] \doteq [OH^-] = \frac{K_w}{[H^+]}$



$K_w = [H^+][OH^-]$  は水のイオン積

$[H^+] = K \times \frac{[AH]}{[A^-]} \quad [A^-] \doteq A \quad [AH] \doteq \frac{K_w}{[H^+]}$

$[H^+] \doteq K \times \frac{\frac{K_w}{[H^+]}}{A} \therefore [H^+] = \sqrt{\frac{K \times K_w}{A}}$

$pH \doteq \frac{1}{2}(\log_{10} A - \log_{10} K - \log_{10} K_w) \dots (11)$

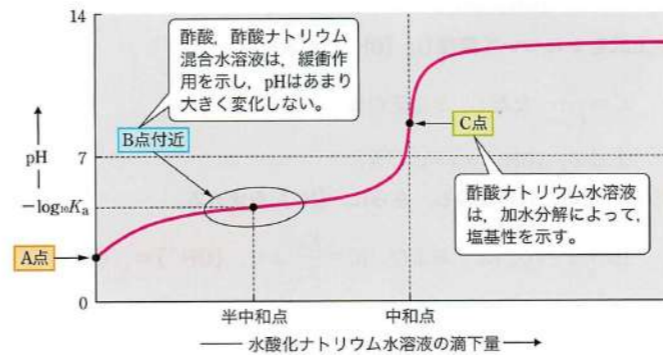
このようなまとめを用いてこの問題を解いても問題ない。

■ CH<sub>3</sub>COOH-NaOH 滴定曲線

**B点付近**：酢酸，酢酸ナトリウム混合水溶液  
 酢酸の濃度を C<sub>a</sub> mol/L とし，酢酸ナトリウムの濃度を C<sub>s</sub> mol/L とすると，この混合水溶液の水素イオン濃度 [H<sup>+</sup>] および pH は次のように表される。

$$[H^+] = \frac{C_a}{C_s} K_a, \quad \text{pH} = -\log_{10} \left( \frac{C_a}{C_s} K_a \right)$$

ただし，K<sub>a</sub> は酢酸の電離定数である。



**A点**：酢酸水溶液  
 濃度を C mol/L とすると，酢酸水溶液の水素イオン濃度 [H<sup>+</sup>] は次のように表される。

$$[H^+] = \sqrt{CK_a}$$

すなわち pH は，  
 $\text{pH} = -\log_{10} \sqrt{CK_a}$   
 によって求められる。

ただし，K<sub>a</sub> は酢酸の電離定数である。ちなみに，酢酸の電離度は，次のように表される。

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$$

**C点**：酢酸ナトリウム水溶液  
 濃度を C<sub>s</sub>' mol/L とすると，酢酸ナトリウム水溶液の水素イオン濃度 [H<sup>+</sup>] は次のように表される（ただし，水溶液の液性は塩基性）。

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_a K_w}{C_s'}}$$

すなわち pH は，  
 $\text{pH} = -\log_{10} \sqrt{\frac{K_a K_w}{C_s'}}$   
 によって求められる。

ただし，K<sub>a</sub> は酢酸の電離定数，K<sub>w</sub> は水のイオン積である。

第1問

問1【解答】 1

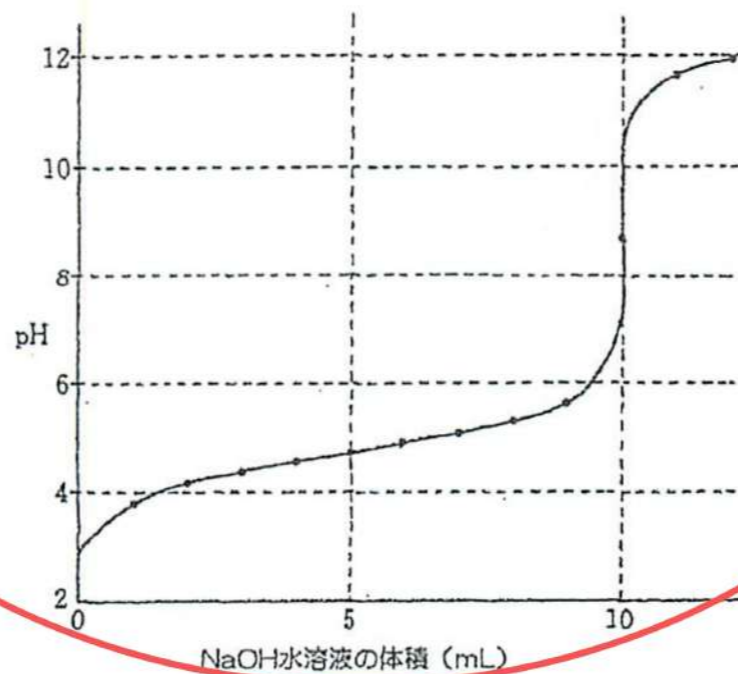
$$\frac{1}{2} (\log_{10} A - \log_{10} K - \log_{10} K_w)$$

【解説】 (10)式を(2)式に代入すると

$$\frac{A \cdot [H^+]}{K_w} = K \quad [H^+] = \left( \frac{K K_w}{A} \right)^{\frac{1}{2}}$$

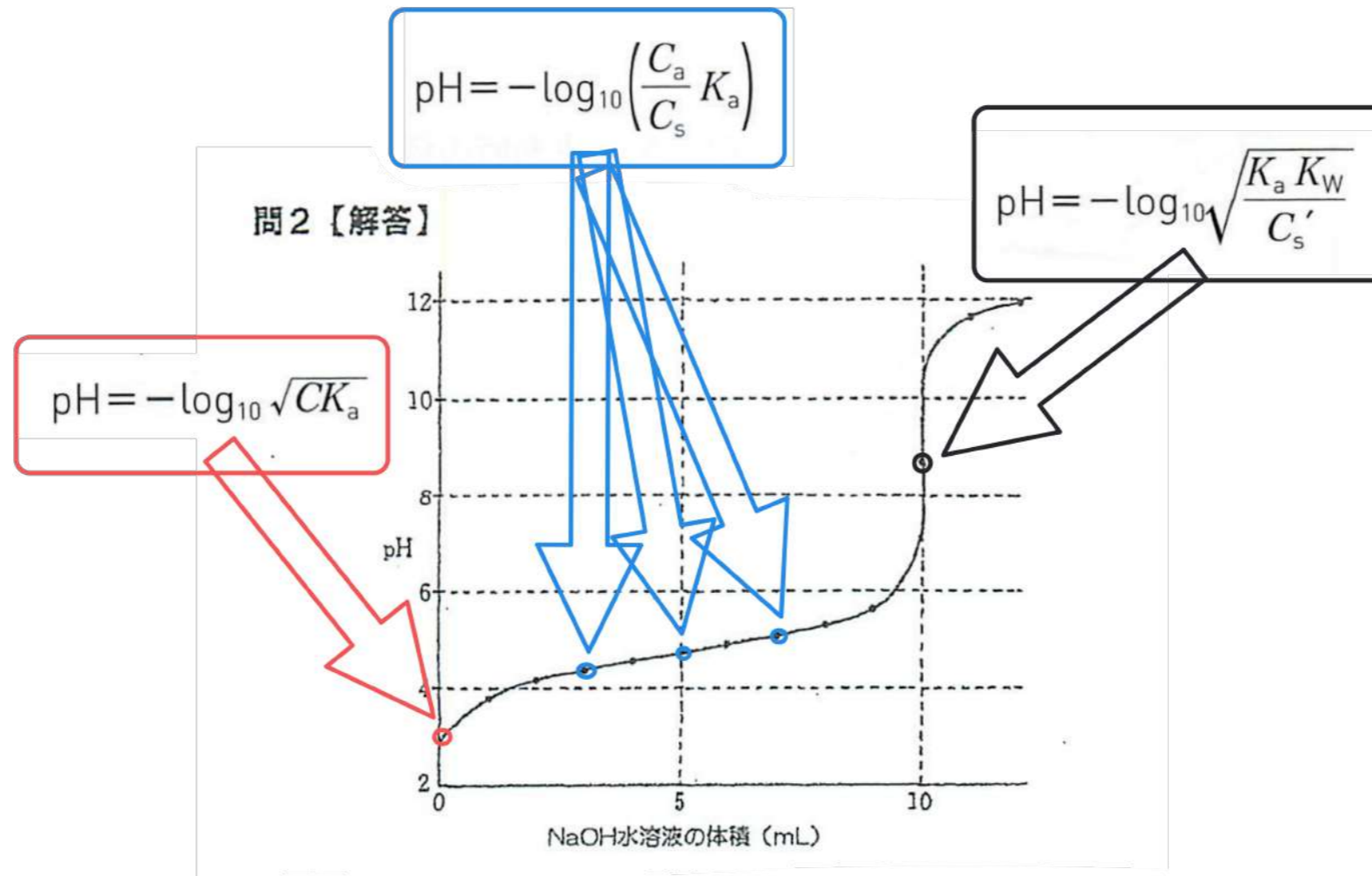
$$\therefore \text{pH} = -\log[H^+] = \frac{1}{2} (\log A - \log K - \log K_w)$$

問2【解答】





僕ならまとめてある式を使って計算するかな？



僕ならまとめてある式を使って計算するかな？

【解説】 まず、 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  の酢酸水溶液の pH を求めると、

$$\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = K$$

において、酢酸は弱酸であるので、  
 $[\text{CH}_3\text{COOH}] \doteq 0.1 (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1})$  とすると

$$\frac{[\text{H}^+]^2}{0.1} = 10^{-4.70} \quad [\text{H}^+] = 10^{-2.85} \quad \text{pH} = 2.85$$

となる。

この酢酸水溶液に、 $0.1\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  の水酸化ナトリウム水溶液を **1 mL 滴下したとき**、(8)式に代入すると、

$$\begin{aligned} \text{pH} &\doteq -\log 10^{-4.70} + \log \frac{\frac{0.1 \times 1}{1000} \times \frac{1000}{11}}{\frac{0.1 \times 10}{1000} \times \frac{1000}{11} - \frac{0.1 \times 1}{1000} \times \frac{1000}{11}} \\ &= 4.70 + \log \frac{1}{9} = 4.70 - 2\log 3 \\ &= 4.70 - 2 \times 0.48 = 3.74 \end{aligned}$$

となる。以下同様に、**2 mL では pH=4.10**、**3 mL では 4.33**、**4 mL では 4.52**、**5 mL では 4.70**、**6 mL では 4.88**、**7 mL では 5.07**、**8 mL では 5.30**、**9 mL では 5.66** となる。

【解説】 まず、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  の酢酸水溶液の pH を求めると、  

$$\frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = K$$
 において、酢酸は弱酸であるので、  
 $[\text{CH}_3\text{COOH}] \approx 0.1 \text{ (mol} \cdot \text{L}^{-1})$  とすると  

$$\frac{[\text{H}^+]^2}{0.1} = 10^{-4.70} \quad [\text{H}^+] = 10^{-2.85} \quad \text{pH} = 2.85$$

となる。

この酢酸水溶液に、 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  の水酸化ナトリウム水溶液を **1 mL 滴下したとき**、(8)式に代入すると、

$$\begin{aligned} \text{pH} &\approx -\log 10^{-4.70} + \log \frac{\frac{0.1 \times 1}{1000} \times \frac{1000}{11}}{\frac{0.1 \times 10}{1000} \times \frac{1000}{11} - \frac{0.1 \times 1}{1000} \times \frac{1000}{11}} \\ &= 4.70 + \log \frac{1}{9} = 4.70 - 2 \log 3 \\ &= 4.70 - 2 \times 0.48 = 3.74 \end{aligned}$$

となる。以下同様に、**2 mL では pH=4.10, 3 mL では 4.33, 4 mL では 4.52, 5 mL では 4.70, 6 mL では 4.88, 7 mL では 5.07, 8 mL では 5.30, 9 mL では 5.66** となる。

中和点の 10 mL では、問 1 の解答でもある(11)式より、

$$\text{pH} = \frac{1}{2} \left\{ \log \left( \frac{0.1 \times 10}{1000} \times \frac{1000}{20} \right) - \log 10^{-4.70} - \log 1.00 \times 10^{-14} \right\} = 8.70$$

となる。11 mL では

$$[\text{OH}^-] = \frac{0.1 \times (11 - 10)}{1000} \times \frac{1000}{21} = \frac{1}{210}$$

$$[\text{H}^+] = 210 \times 1.00 \times 10^{-14} = 21 \times 10^{-13}$$

$$\text{pH} = 13 - \log 3 - \log 7 = 11.67$$

となる。12 mL では

$$[\text{OH}^-] = \frac{0.1 \times (12 - 10)}{1000} \times \frac{1000}{22} = \frac{1}{110}$$

$$[\text{H}^+] = 110 \times 1.00 \times 10^{-14} = 11 \times 10^{-13}$$

$$\text{pH} = 13 - \log 3 - \log 11 = 11.96$$

となる。



中和点の 10 mL では, 問 1 の解答でもある(11)式より、

$$\text{pH} \doteq \frac{1}{2} \left\{ \log \left( \frac{0.1 \times 10}{1000} \times \frac{1000}{20} \right) - \log 10^{-4.70} - \log 1.00 \times 10^{-14} \right\} = 8.70$$

となる。11 mL では

$$[\text{OH}^-] = \frac{0.1 \times (11 - 10)}{1000} \times \frac{1000}{21} = \frac{1}{210}$$

$$[\text{H}^+] = 210 \times 1.00 \times 10^{-14} = 21 \times 10^{-13}$$

$$\text{pH} = 13 - \log 3 - \log 7 = 11.67$$

となる。12 mL では

$$[\text{OH}^-] = \frac{0.1 \times (12 - 10)}{1000} \times \frac{1000}{22} = \frac{1}{110}$$

$$[\text{H}^+] = 110 \times 1.00 \times 10^{-14} = 11 \times 10^{-13}$$

$$\text{pH} = 13 - \log 3 - \log 11 = 11.96$$

となる。

単なる NaOH 水溶液  
の pH の計算

## この問題は 東京医科歯科大学 の過去問題です。

単純な情報の整理と圧力の釣り合い、  
情報のファントホッフの法則への代入。  
問われているのは問6のみと言って  
過言ではない。問2～問5は誘導である。

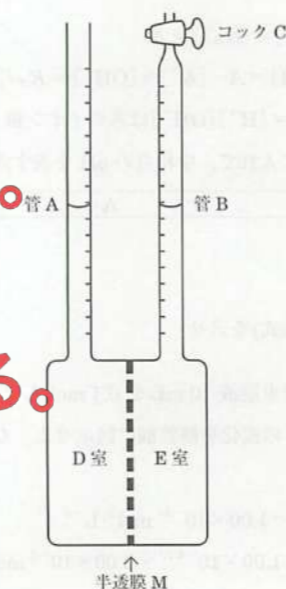
2 次の図は浸透圧を測定する装置である。A, Bは断面積  $2.00 \text{ cm}^2$  の鉛直な管, Cはコックである。左室Dと右室Eは体積が等しく, 分子量100以上の物質が通過できない半透膜Mで仕切られている。

この装置を用いて温度  $23^\circ\text{C}$ , 大気圧  $1040 \text{ cm}$  水柱で行った実験1~4について以下の各問に答えよ。この問題では, 圧力の単位を“ $\text{cm}$  水柱”で表し, これは高さ  $1 \text{ cm}$  の水柱がその底面におよぼす圧力である。この単位を用いると,  $23^\circ\text{C}$  では, 気体定数を  $R$ , 絶対温度を  $T$  とするとき,

$$RT = 2.52 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{cm} \text{ 水柱/mol}$$

である。また, 次の事項は無視し, 数値は有効数字3桁で解答せよ。

- (1) 溶質を加えたことによる溶液の体積および密度の変化。
- (2) 水の蒸気圧および空気が水に溶けることの影響。
- (3) インベルターゼおよび阻害剤が浸透圧に及ぼす影響。



(実験1)

あとで行う酵素反応のための緩衝溶液を左室Dに入れて液面がAの中程にくるようにした。次にコックCを開き, ほぼ同体積の水を右室Eに入れて放置した。最初はA内の液面が上昇したが, やがて下降して, 左右の液面の高さが等しくなって静止した。したがって, この緩衝溶液の浸透圧はこの装置による測定に影響しないことが確認された。

# この問題は 東京医科歯科大学 の過去問題です。

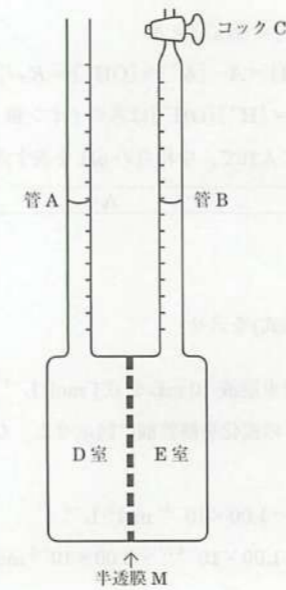
2 次の図は浸透圧を測定する装置である。A, Bは断面積  $2.00 \text{ cm}^2$  の鉛直な管, Cはコックである。左室Dと右室Eは体積が等しく, 分子量100以上の物質が通過できない半透膜Mで仕切られている。

この装置を用いて温度  $23^\circ\text{C}$ , 大気圧  $1040 \text{ cm}$  水柱で行った実験1~4について以下の各問いに答えよ。この問題では, 圧力の単位を“ $\text{cm}$  水柱”で表し, これは高さ  $1 \text{ cm}$  の水柱がその底面におよぼす圧力である。この単位を用いると,  $23^\circ\text{C}$  では, 気体定数を  $R$ , 絶対温度を  $T$  とするとき,

$$RT = 2.52 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{cm} \text{ 水柱/mol}$$

である。また, 次の事項は無視し, 数値は有効数字3桁で解答せよ。

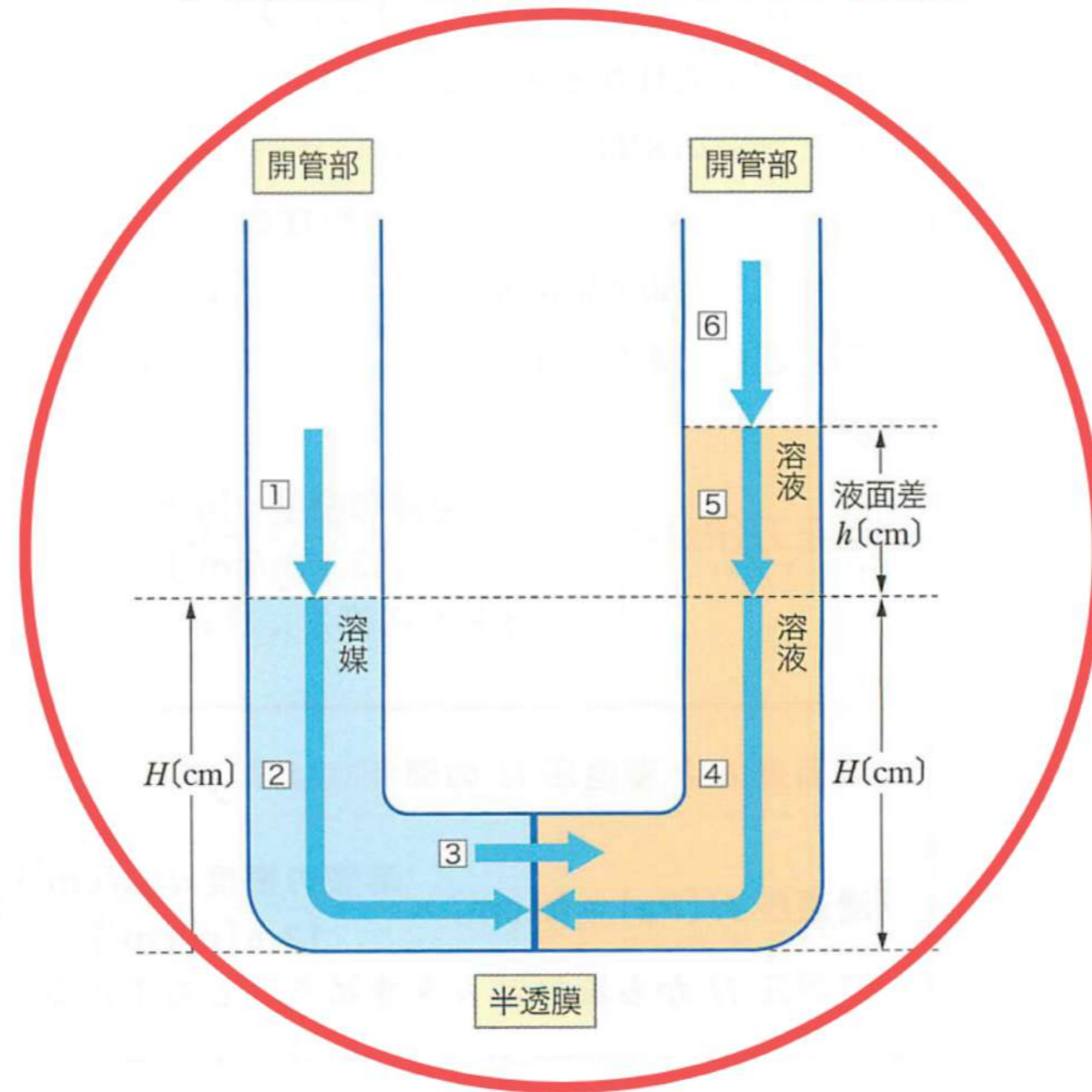
- (1) 溶質を加えたことによる溶液の体積および密度の変化。
- (2) 水の蒸気圧および空気が水に溶けることの影響。
- (3) インベルターゼおよび阻害剤が浸透圧に及ぼす影響。



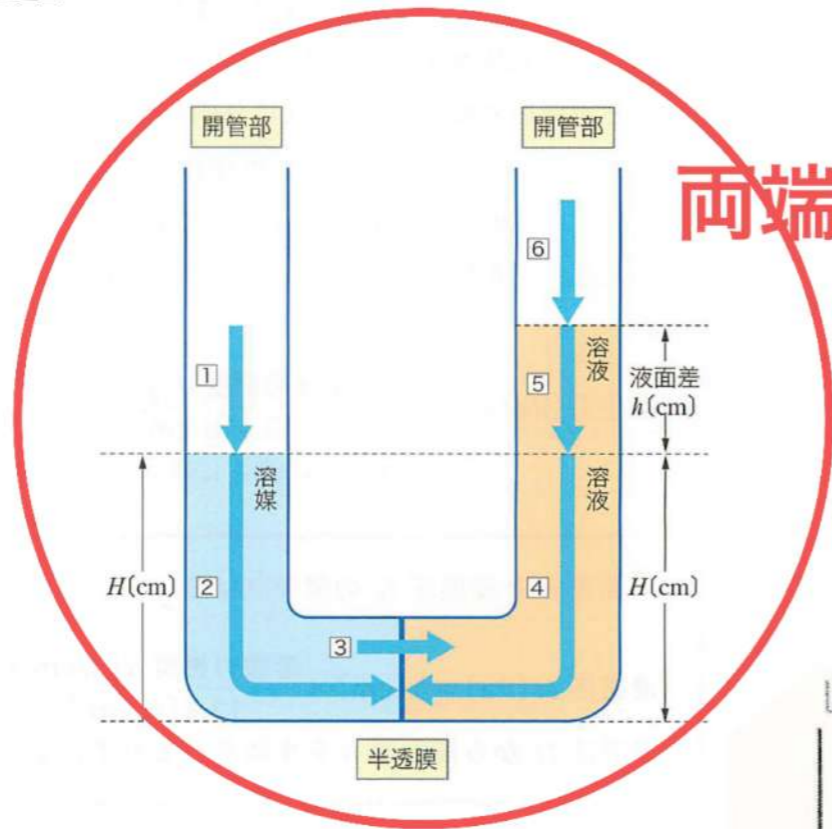
(実験1)

あとで行う酵素反応のための緩衝溶液を左室Dに入れて液面がAの中程にくるようにした。次にコックCを開き, ほぼ同体積の水を右室Eに入れて放置した。最初はA内の液面が上昇したが, やがて下降して, 左右の液面の高さが等しくなって静止した。したがって, この緩衝溶液の浸透圧はこの装置による測定に影響しないことが確認された。

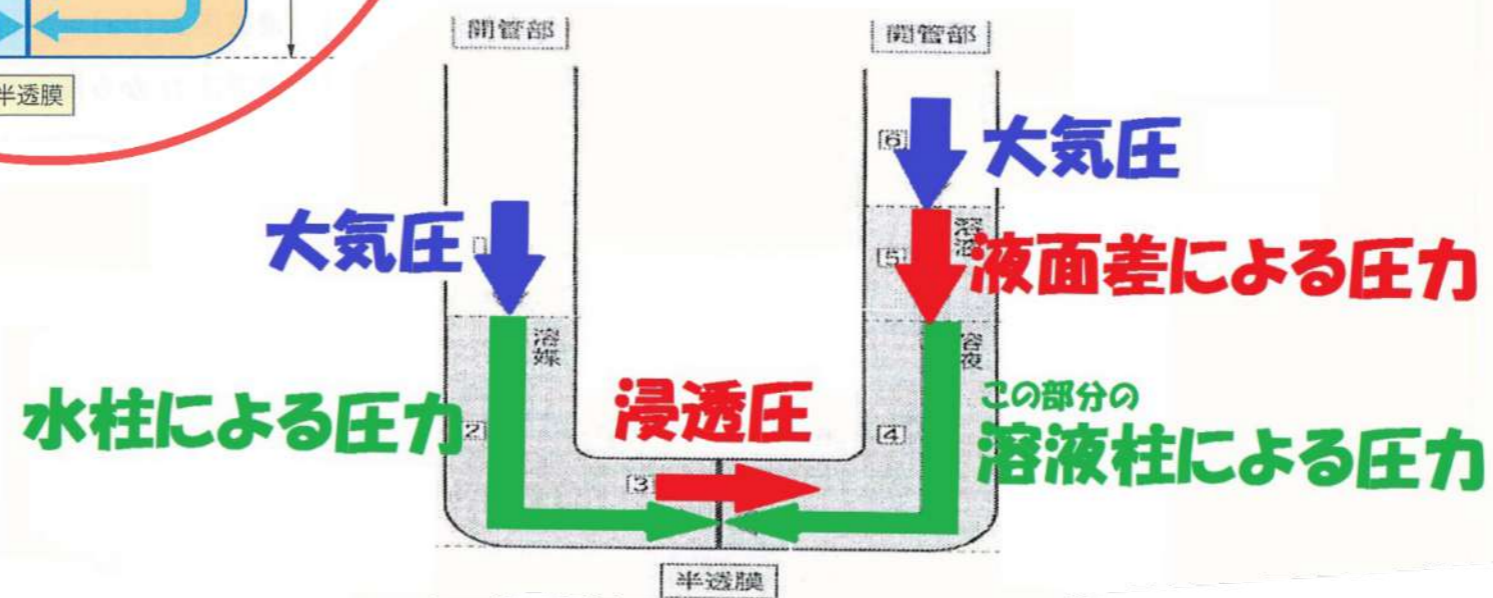
## 両端とも開管である場合



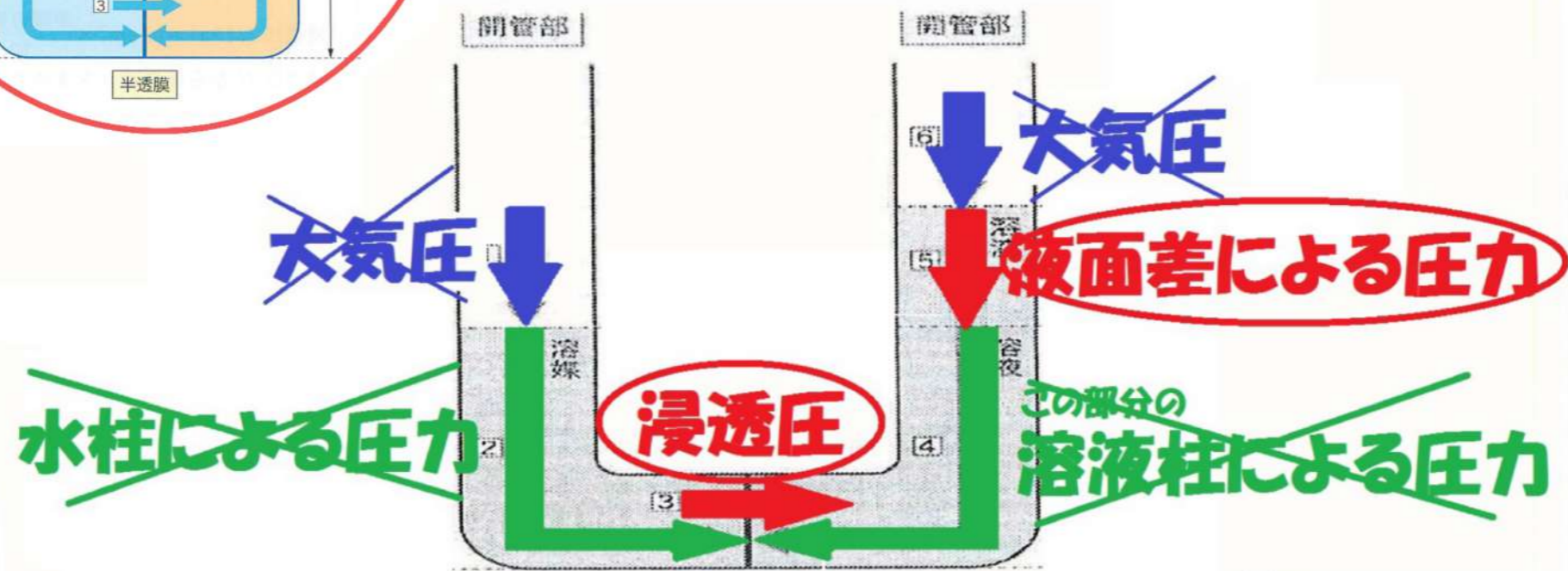
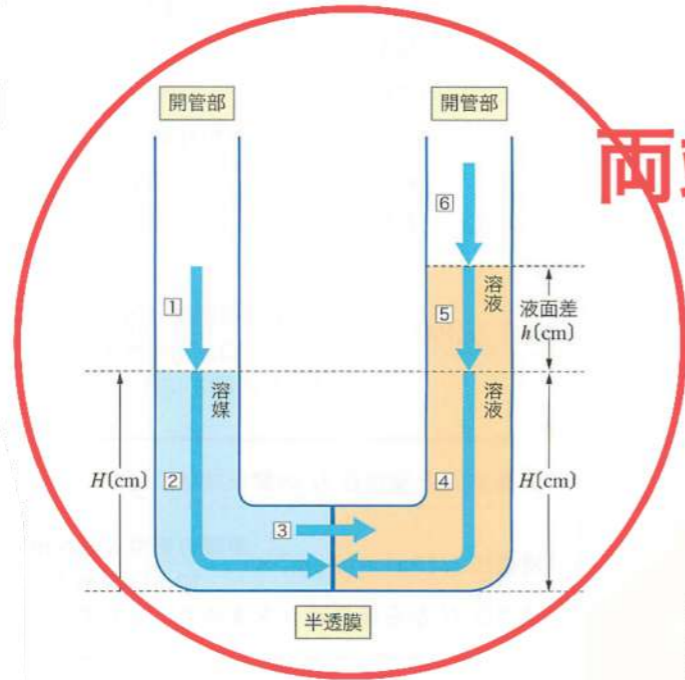


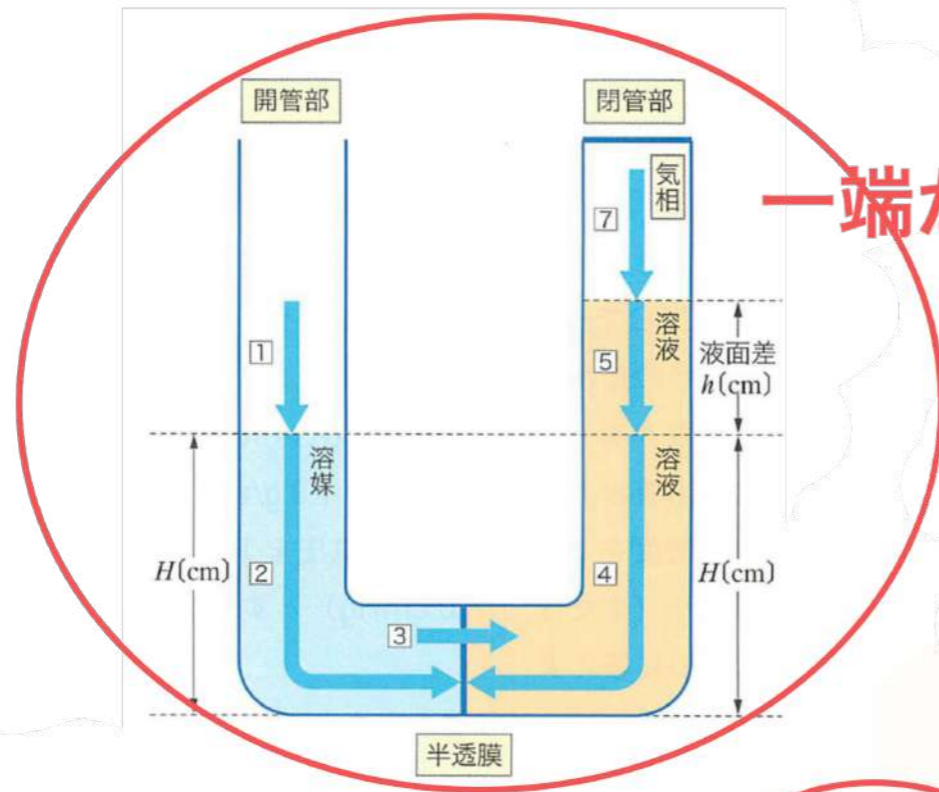


両端とも開管である場合

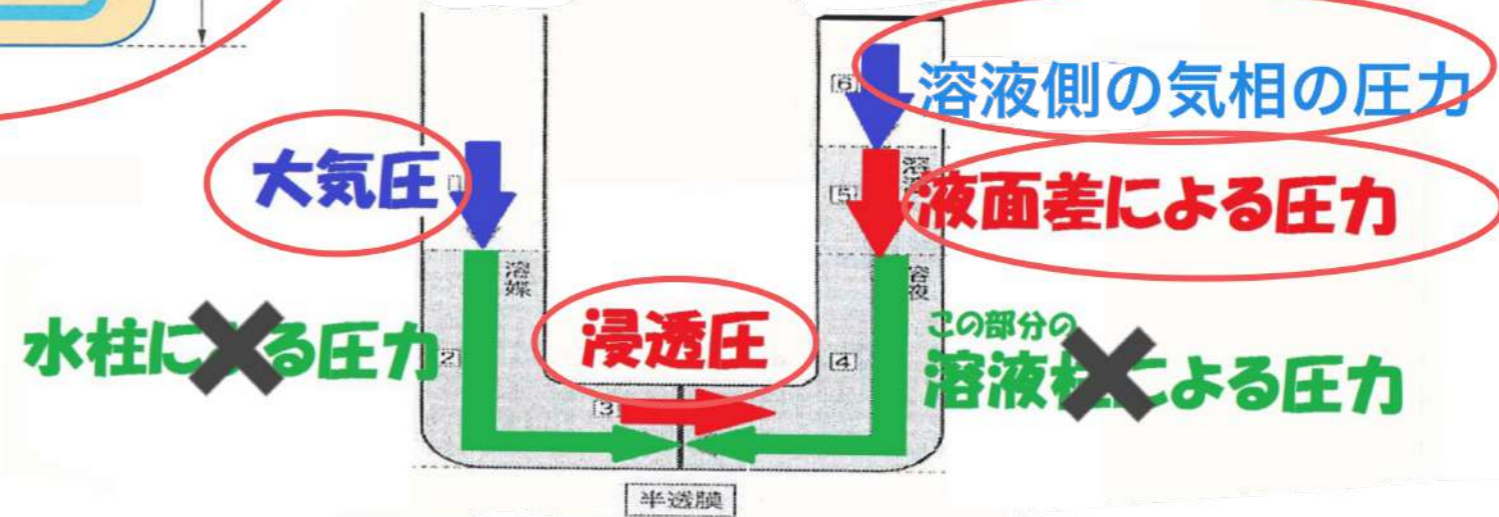


両端とも開管である場合

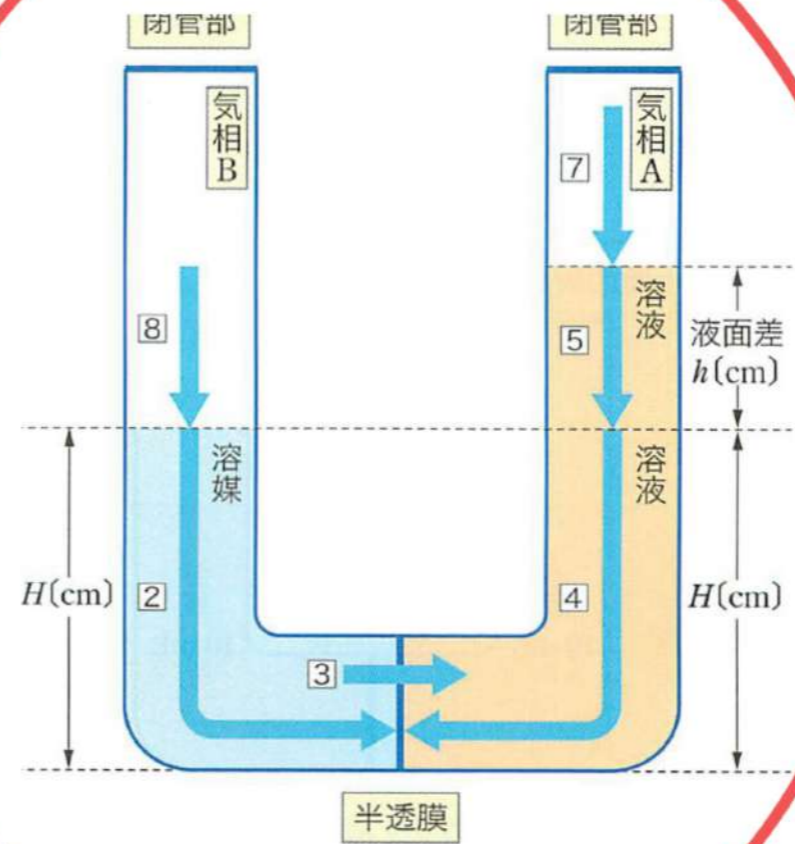




一端が閉管である場合



両端とも閉管である場合は？





問1 下線のことから、この緩衝溶液の溶質についてどんなことがわかるか。

(実験2)

次にコック C を閉じた。このとき B 内の空気の体積は  $50.0 \text{ cm}^3$  であった。この状態で左室 D にスクロースを入れ、溶解させて放置すると左右の液面の高さの差は  $2.00 \text{ cm}$  となった。

問2 B 内の空気の圧力はいくらか(空気は理想気体とせよ)。

問3 スクロースを加えたことにより、左室 D 内の溶液の浸透圧はいくら増加したか。

問1 下線のことから、この緩衝溶液の溶質についてどんなことがわかるか。

**第2問**

問1【解答】 溶質粒子(分子・イオン)がすべて式量100以下であることがわかる。

【解説】 はじめAの水面が上昇するのは、~~水の透過速度より溶質粒子の透過速度が小さいことによる。~~しかし、やがては同一濃度になるから液面の高さは等しくなる。溶質は半透膜を通過するのだから、その粒子の式量は100以下である。

問1 下線のことから、この緩衝溶液の溶質についてどんなことがわかるか。

**第2問**

問1 【解答】 溶質粒子(分子・イオン)がすべて式量100以下であることがわかる。

【解説】 はじめAの水面が上昇するのは、水の透過速度より溶質粒子の透過速度が

小さいことによる。 やがては同一濃度になるから液面の高さは等しくなる。溶質は半透膜を透過するのだから、その粒子の式量は100以下である。

**この部分の論述が求められることもありそう。**

問2 B内の空気の圧力はいくらか(空気は理想気体とせよ)。

問2【解答】 求める圧力を  $p$  (cm 水柱) とすると、

$$p \times (50.0 + 2.00) = 1040 \times 50.0$$

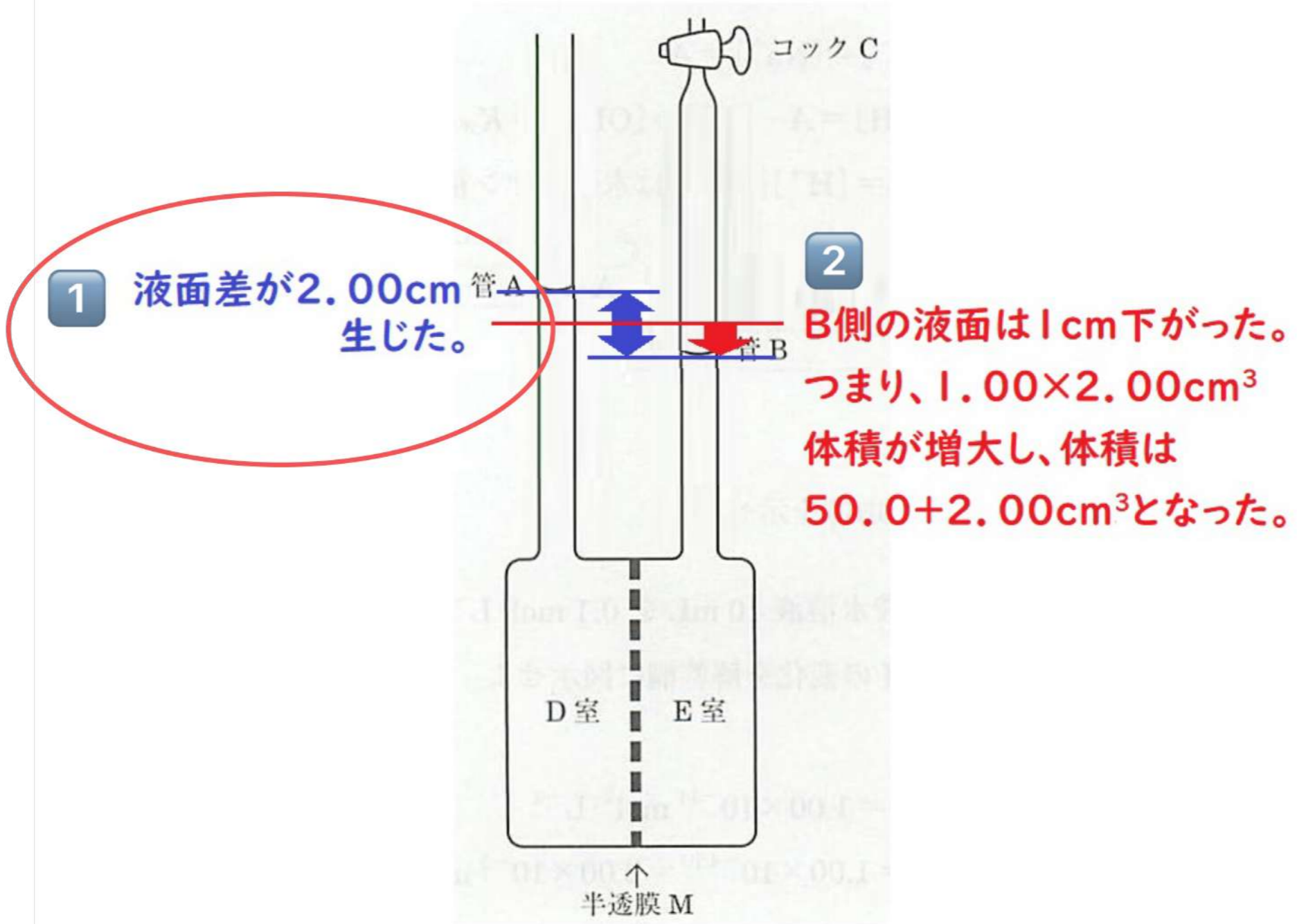
$$\therefore p = 1.0 \times 10^3 \text{ (cm 水柱)}$$

【解説】 水面の差が 2.00 cm になったのだから、

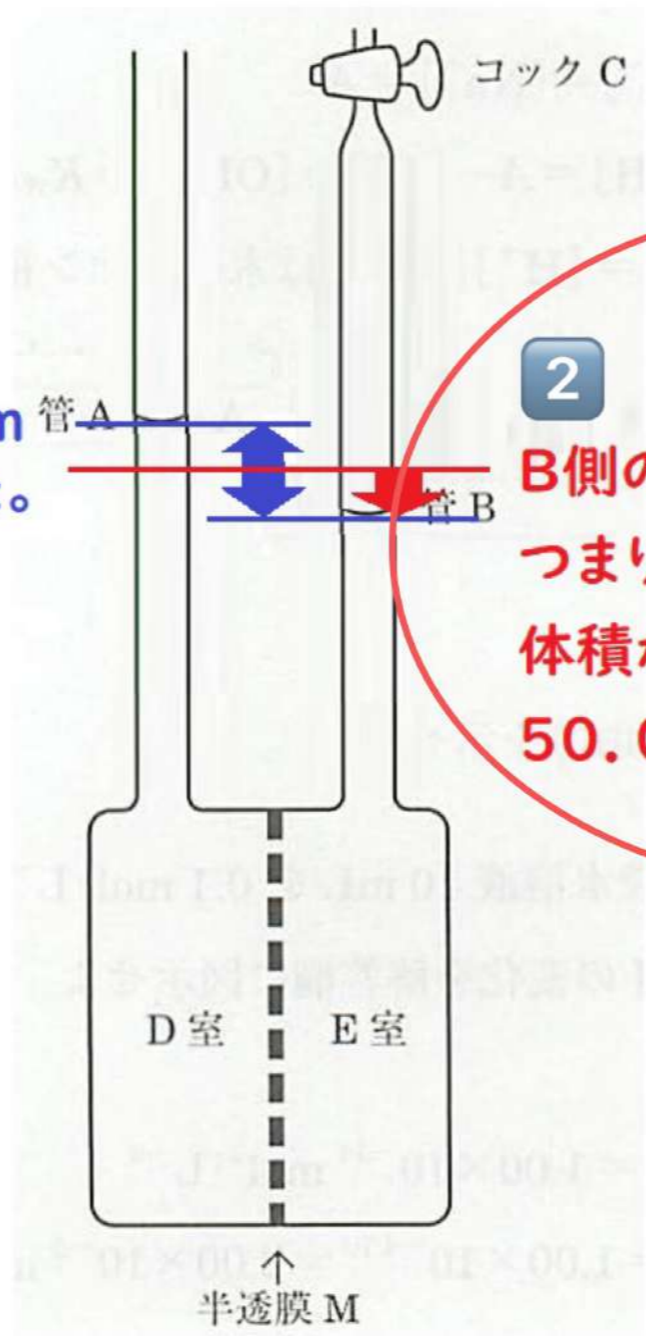
左右の各液面は 1.00 cm ずつ上下する。

B内の空気は  $1.00 \times 2.00 \text{ cm}^3$  だけ体積が増す。





1 液面差が2.00cm  
生じた。

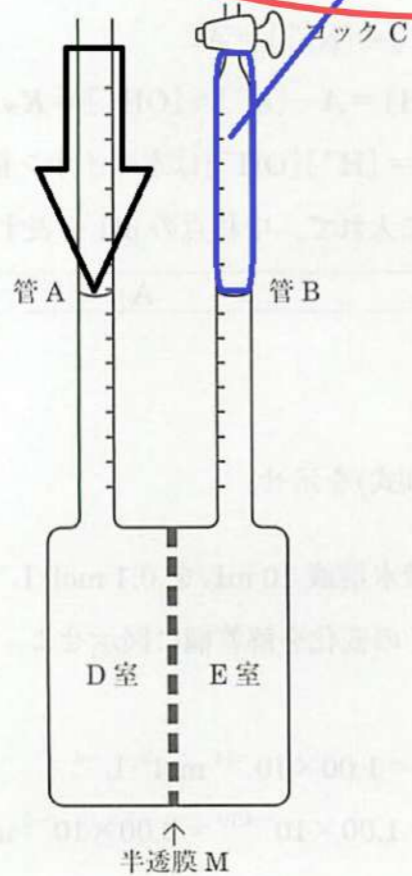


2 B側の液面は1cm下がった。  
つまり、 $1.00 \times 2.00 \text{ cm}^3$   
体積が増大し、体積は  
 $50.0 + 2.00 \text{ cm}^3$ となった。

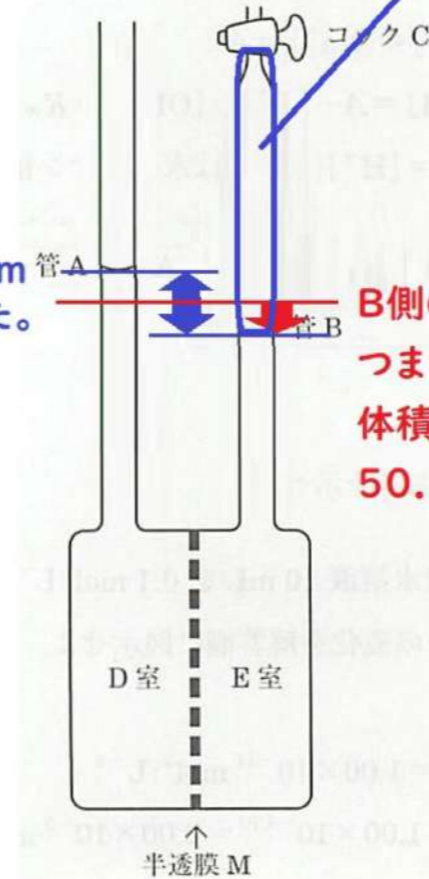
3 ボイルの法則より;  $p \times (50.0 + 2.00) = 1040 \times 50.0 \quad \therefore p = 1.0 \times 10^3 \text{ 水柱}$

1 体積;  $50.0 \text{ cm}^3$   
圧力; 大気圧と釣りあっているので  
 $1040 \text{ cm水柱}$

2 体積;  $50.0 + 2.00 \text{ cm}^3$   
圧力;  $p \text{ cm水柱}$



液面差が  $2.00 \text{ cm}$  生じた。

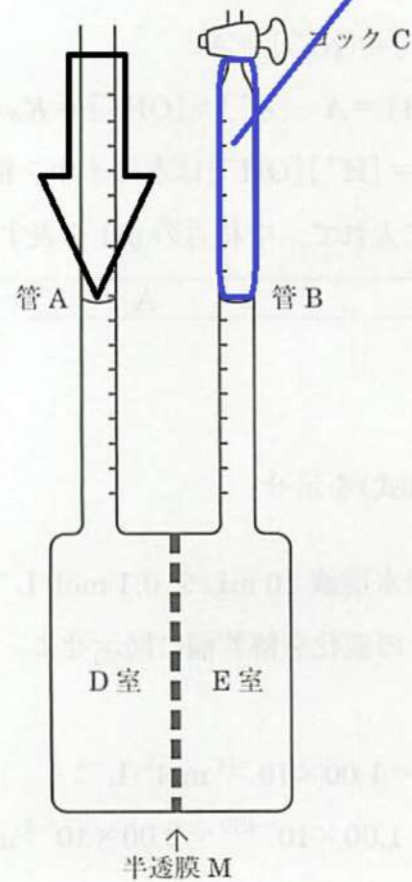


B側の液面は  $1 \text{ cm}$  下がった。  
つまり、 $1.00 \times 2.00 \text{ cm}^3$   
体積が増大し、体積は  
 $50.0 + 2.00 \text{ cm}^3$  となった。

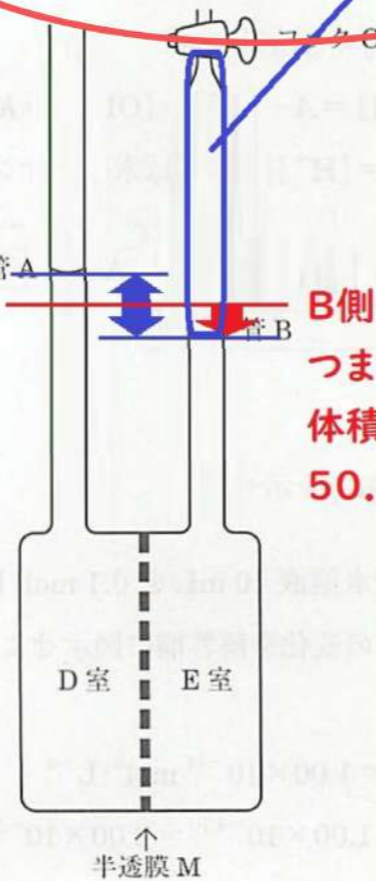
3 ボイルの法則より;  $p \times (50.0 + 2.00) = 1040 \times 50.0 \quad \therefore p = 1.0 \times 10^3$  水柱

1 体積;  $50.0 \text{ cm}^3$   
圧力; 大気圧と釣りあっているので  
 $1040 \text{ cm水柱}$

2 体積;  $50.0 + 2.00 \text{ cm}^3$   
圧力;  $p \text{ cm水柱}$



液面差が  $2.00 \text{ cm}$  生じた。



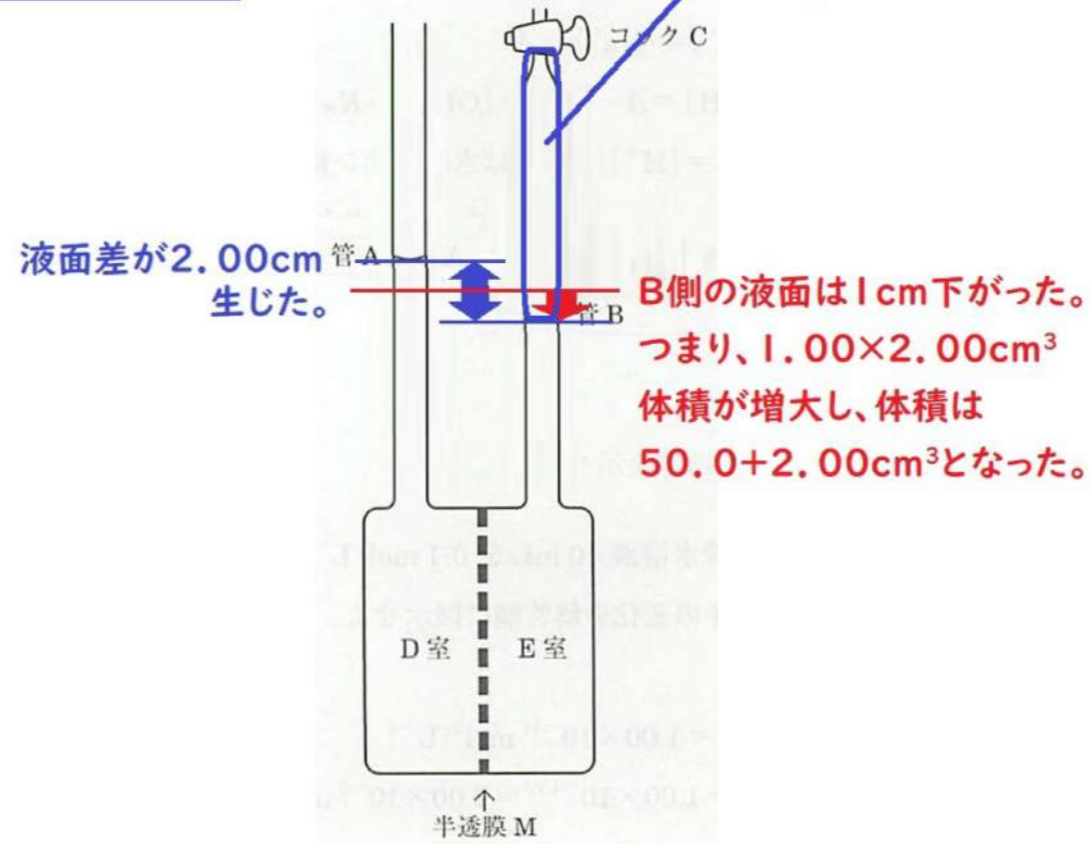
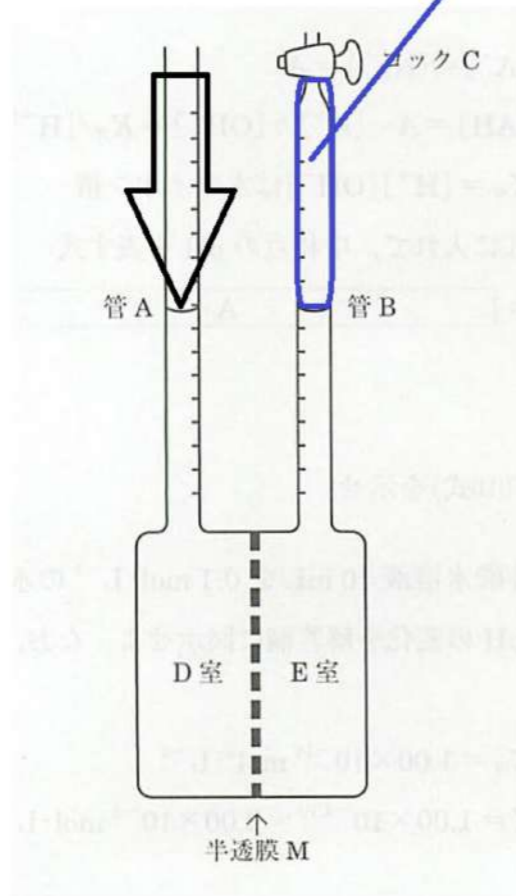
B側の液面は  $1 \text{ cm}$  下がった。  
つまり、 $1.00 \times 2.00 \text{ cm}^3$   
体積が増大し、体積は  
 $50.0 + 2.00 \text{ cm}^3$  となった。



3 ボイルの法則より;  $p \times (50.0 + 2.00) = 1040 \times 50.0 \quad \therefore p = 1.0 \times 10^3 \text{ 水柱}$

1 体積;  $50.0 \text{ cm}^3$   
 圧力; 大気圧と釣りあっているので  
 1040 cm水柱

2 体積;  $50.0 + 2.00 \text{ cm}^3$   
 圧力;  $p \text{ cm水柱}$



加える前について:液面差は0であったが、(緩衝)  
溶液となっているので、浸透圧は0ではない。

問3 スクロースを加えたことにより、左室D内の溶液の浸透圧はいくら増加したか。

問3【解答・解説】

右の液面の高さに着眼する。

その高さは左の液面下 2.00 cm であるから浸透圧を  $\pi$  とすれば、

$$\pi + 1000 = 1040 + 2.00 \quad \therefore \pi = 42.0 \text{ (cm 水柱)}$$

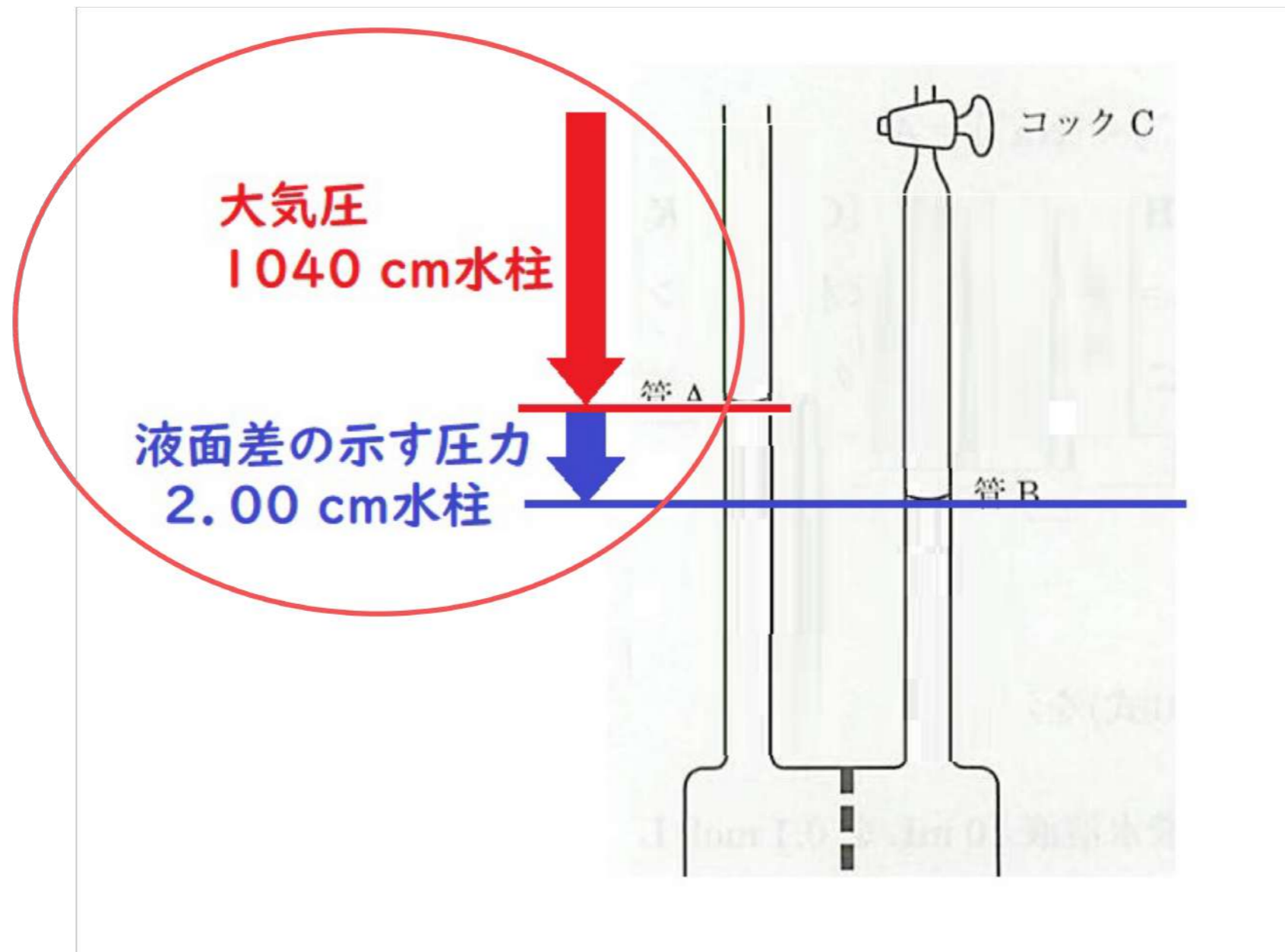
問3 スクロースを加えたことにより、左室D内の溶液の浸透圧はいくら増加したか。

問3【解答・解説】

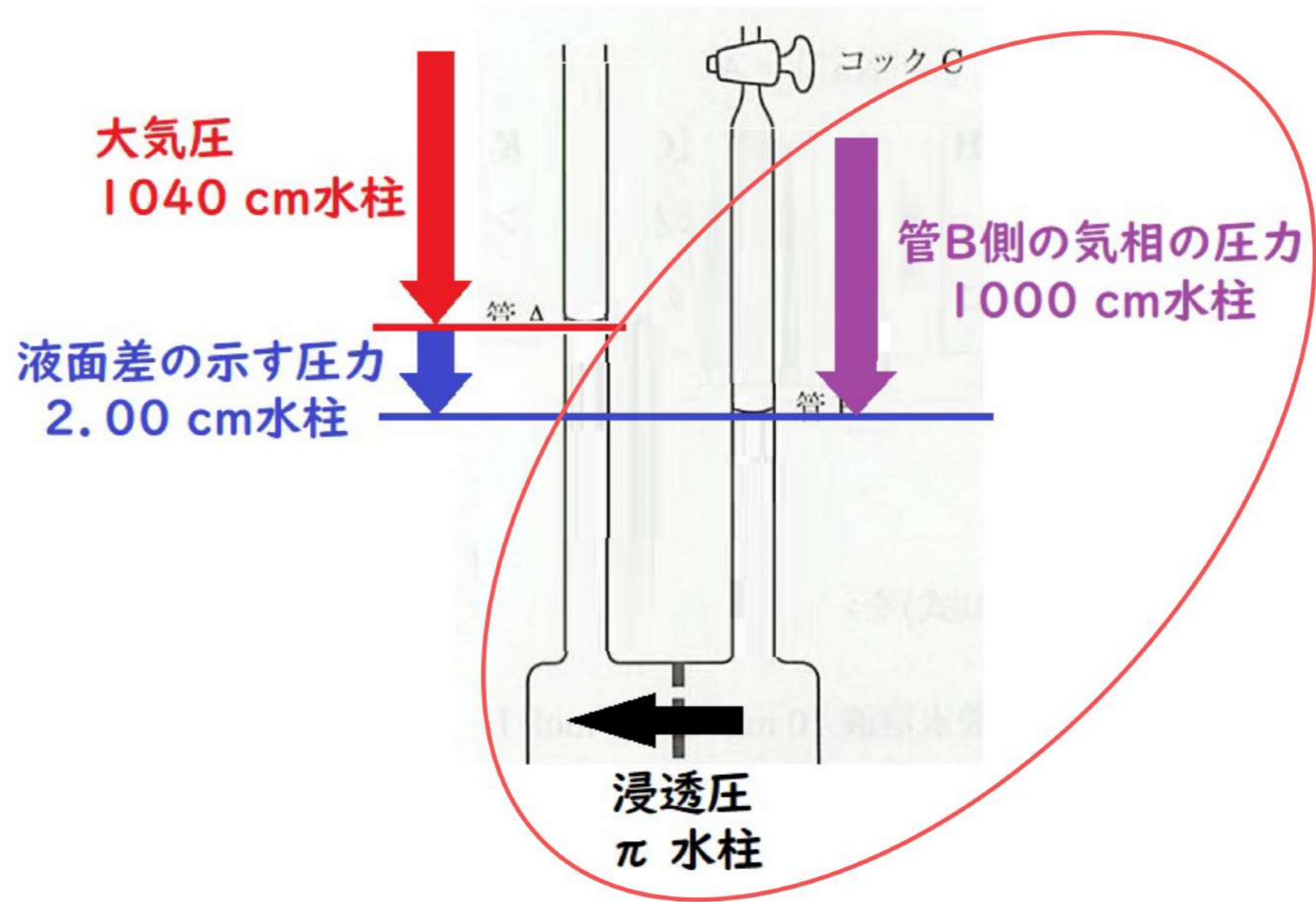
右の液面の高さに着眼する。

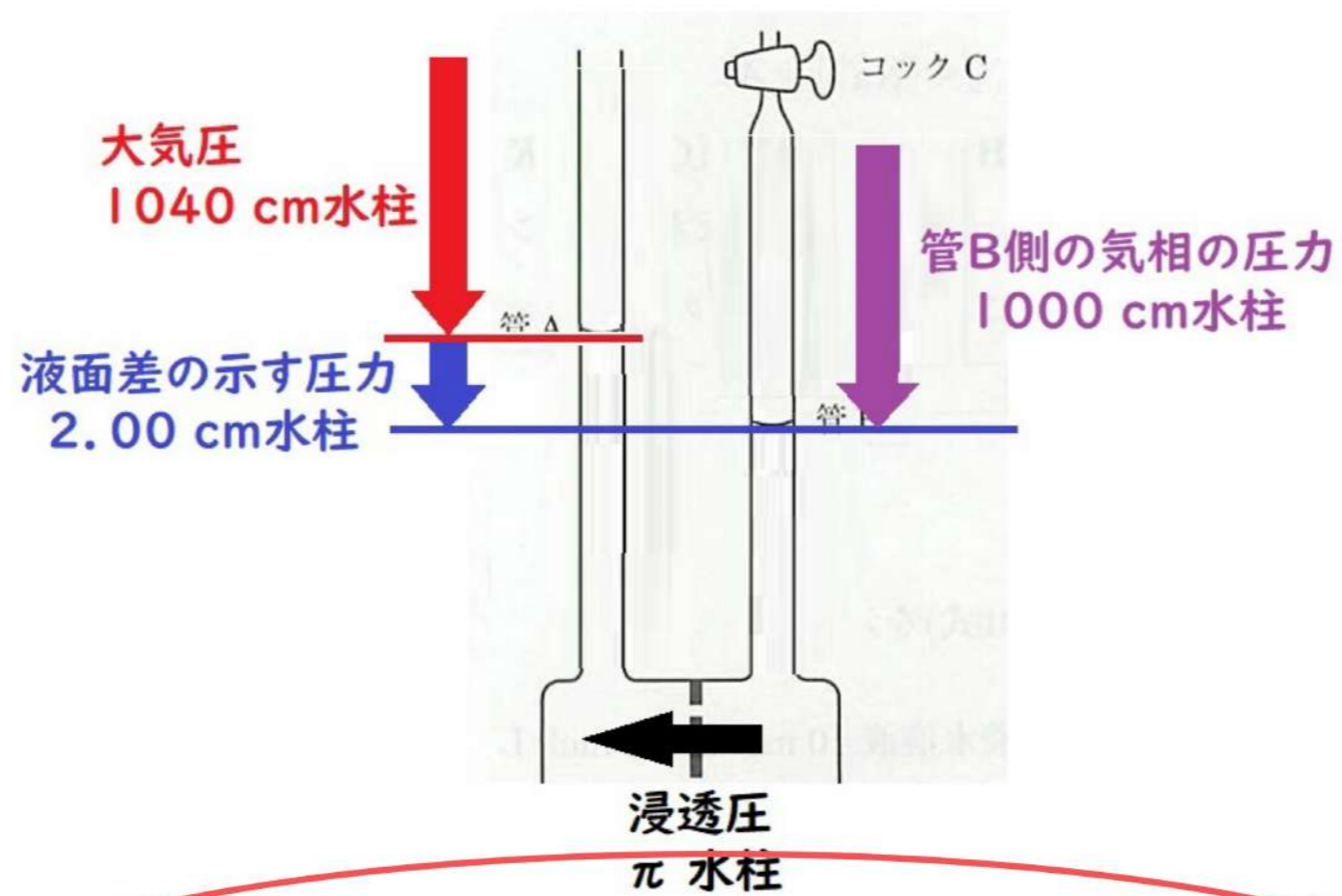
その高さは左の液面下 2.00 cm であるから浸透圧を  $\pi$  とすれば、

$$\pi + 1000 = 1040 + 2.00 \quad \therefore \pi = 42.0 (\text{cm 水柱})$$









$$\pi + 1000 = 1040 + 2.00$$

$$\therefore \pi = 42.0 \text{ cm水柱}$$

問4 スクロースの量を  $n$  [mol], 装置内の溶液の全体積を  $V$  [L]として  $n$  と  $V$  の関係式を作れ。

(実験3)

次にコック C を開けて放置すると左右の液面の高さの差は 36.0 cm となった。

問5  $n$  および  $V$  を求めよ。

問4【解答・解説】

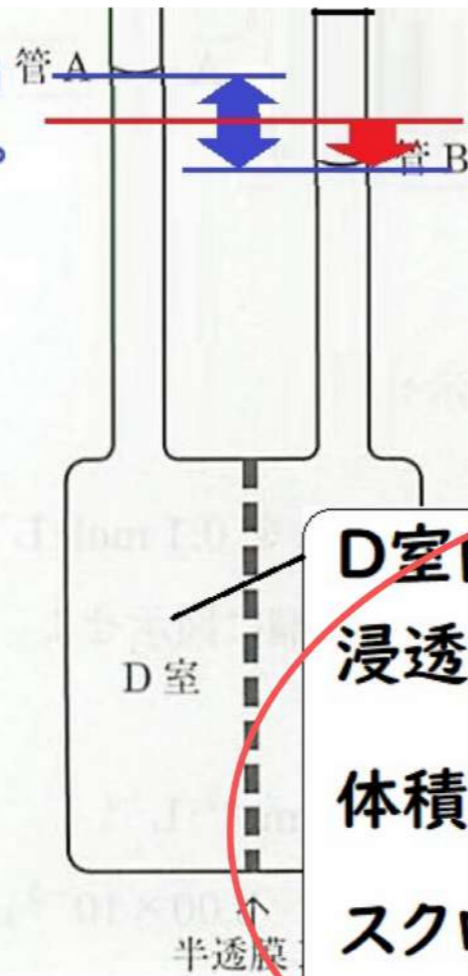
D室内の液の体積は $\left(\frac{V}{2} + 1.00 \times 2.00 \times 10^{-3}\right)$  L,  $\pi v = nRT$  の関係式より,

$$42.0 \times \left(\frac{V}{2} + 1.00 \times 2.00 \times 10^{-3}\right) = n \times 2.52 \times 10^4 \quad \dots\dots \textcircled{1}$$

$$\therefore V = 1.20 \times 10^3 n - 4.00 \times 10^{-3}$$



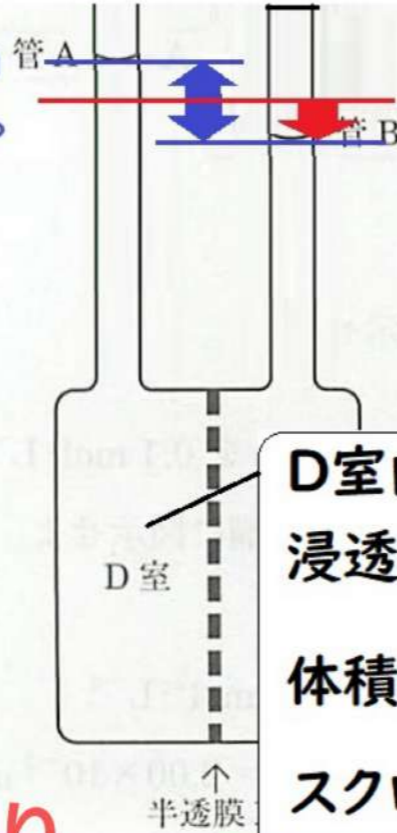
液面差が2.00cm  
生じた。



B側の液面は1cm下がった。  
つまり、 $1.00 \times 2.00 \text{ cm}^3$   
体積が増大し、体積は  
 $50.0 + 2.00 \text{ cm}^3$ となった。

D室内のスクロース水溶液  
浸透圧; 42.0 cm水柱 (前問の解答)  
体積;  $\frac{V}{2} + 1.00 \times 2.00 \times 10^{-3}$  L  
スクロースの物質質量;  $n$  [mol]  
 $RT$ ;  $2.52 \times 10^4$  L·cm水柱/mol

液面差が2.00cm  
生じた。



B側の液面は1cm下がった。  
つまり、 $1.00 \times 2.00 \text{ cm}^3$   
体積が増大し、体積は  
 $50.0 + 2.00 \text{ cm}^3$ となった。

D室内のスクロース水溶液  
浸透圧; 42.0 cm水柱 (前問の解答)  
体積;  $\frac{V}{2} + 1.00 \times 2.00 \times 10^{-3} \text{ L}$   
スクロースの物質質量;  $n [\text{mol}]$   
 $RT; 2.52 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{cm水柱} / \text{mol}$

$\pi V = nRT$ より

$$42.0 \times \left( \frac{V}{2} + 1.00 \times 2.00 \times 10^{-3} \right) = n \times 2.52 \times 10^4$$

問4 スクロースの量を  $n$  [mol], 装置内の溶液の全体積を  $V$  [L]として  $n$  と  $V$  の関係式を作れ。

(実験3)

次にコック C を開けて放置すると左右の液面の高さの差は 36.0 cm となった。

問5  $n$  および  $V$  を求めよ。

問5【解答・解説】

D室内の液の体積は  $\left(\frac{V}{2} + \frac{36.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3}\right)$  L, 浸透圧は 36.0 cm 水柱であるから,

$$36.0 \times \left(\frac{V}{2} + \frac{36.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3}\right) = n \times 2.52 \times 10^4 \quad \dots \dots \textcircled{2}$$

①, ②を解いて  $n = 3.40 \times 10^{-4}(\text{mol}), V = 0.404(\text{L})$



開放端 開放端

1

液面差が36.0cm  
生じた。  
両端が開放端なので、  
これは浸透圧が  
36.0 cm水柱である  
ことを意味する。



2

B側の液面は  $\frac{36.0}{2}$  cm下がった。  
つまり、 $\frac{36.0}{2} \times 2.00 \text{ cm}^3$   
E室内の水溶液の体積が減少した。

3

D室内のスクロース水溶液

浸透圧; 36.0 cm水柱

体積;  $\frac{V}{2} + \frac{36.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3} \text{ L}$

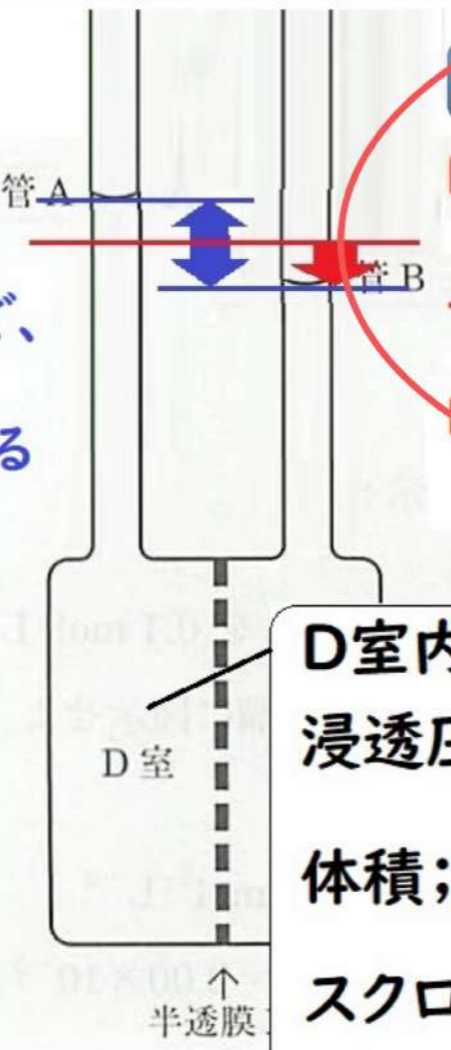
スクロースの物質質量;  $n$  [mol]

$RT$ ;  $2.52 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{cm水柱} / \text{mol}$

1

液面差が36.0cm  
生じた。  
両端が開放端なので、  
これは浸透圧が  
36.0 cm水柱である  
ことを意味する。

開放端 開放端



2

B側の液面は  $\frac{36.0}{2}$  cm下がった。  
つまり、 $\frac{36.0}{2} \times 2.00 \text{ cm}^3$   
E室内の水溶液の体積が減少した。

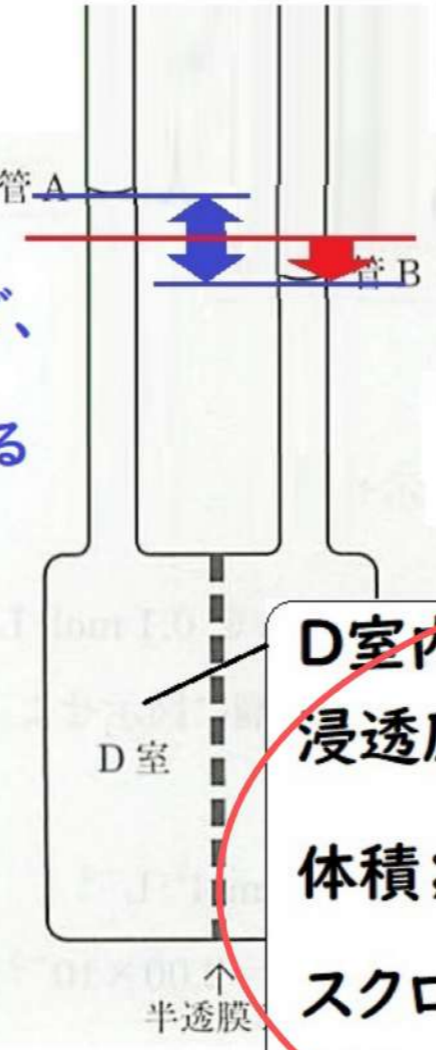
3

D室内のスクロース水溶液  
 浸透圧; 36.0 cm水柱  
 体積;  $\frac{V}{2} + \frac{36.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3} \text{ L}$   
 スクロースの物質質量;  $n$  [mol]  
 $RT$ ;  $2.52 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{cm水柱} / \text{mol}$

1

液面差が36.0cm  
生じた。  
両端が開放端なので、  
これは浸透圧が  
36.0 cm水柱である  
ことを意味する。

開放端 開放端



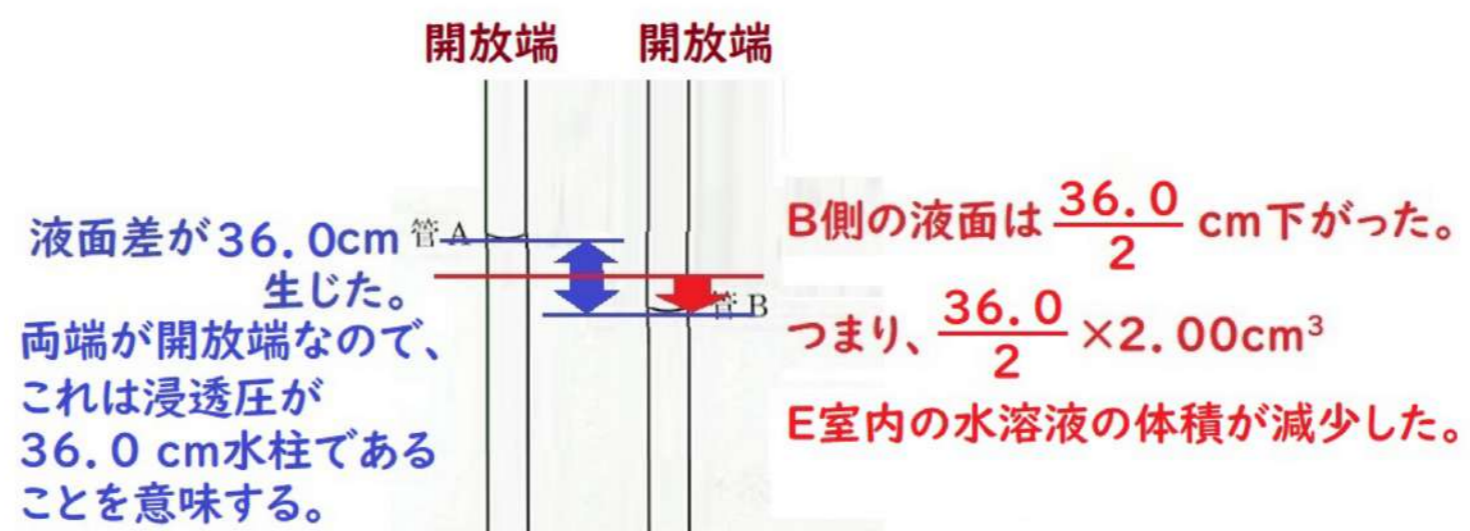
2

B側の液面は  $\frac{36.0}{2}$  cm下がった。  
つまり、 $\frac{36.0}{2} \times 2.00 \text{ cm}^3$   
E室内の水溶液の体積が減少した。

3

D室内のスクロース水溶液  
浸透圧; 36.0 cm水柱  
体積;  $\frac{V}{2} + \frac{36.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3}$  L  
スクロースの物質質量;  $n$  [mol]  
 $RT$ ;  $2.52 \times 10^4$  L·cm水柱/mol

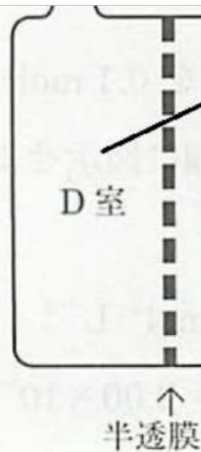




D室内のスクロース水溶液  
 浸透圧; 36.0 cm水柱  
 体積;  $\frac{V}{2} + \frac{36.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3}$  L  
 スクロースの物質質量;  $n$  [mol]  
 $RT$ ;  $2.52 \times 10^4$  L·cm水柱/mol

$$36.0 \times \left( \frac{V}{2} + \frac{36.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3} \right) = n \times 2.52 \times 10^4$$





D室内のスクロース水溶液

浸透圧; 36.0 cm水柱

体積;  $\frac{V}{2} + \frac{36.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3}$  L

スクロースの物質質量;  $n$  [mol]

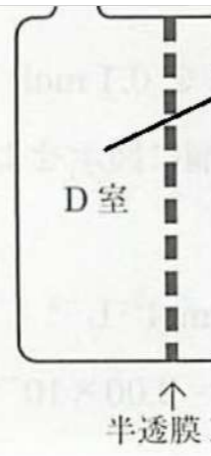
$RT$ ;  $2.52 \times 10^4$  L·cm水柱/mol

$$36.0 \times \left( \frac{V}{2} + \frac{36.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3} \right) = n \times 2.52 \times 10^4$$

問4で導いた式

$$42.0 \times \left( \frac{V}{2} + 1.00 \times 2.00 \times 10^{-3} \right) = n \times 2.52 \times 10^4$$

連立して解くと、 $n = 3.40 \times 10^{-4}$  (mol)、 $V = 0.404$  (L)

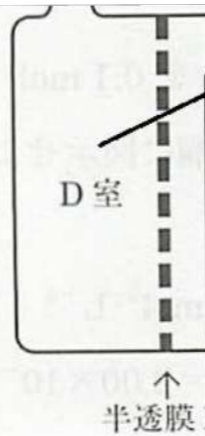


D室内のスクロース水溶液  
浸透圧; 36.0 cm水柱  
体積;  $\frac{V}{2} + \frac{36.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3}$  L  
スクロースの物質質量;  $n$  [mol]  
 $RT$ ;  $2.52 \times 10^4$  L·cm水柱/mol

$$36.0 \times \left( \frac{V}{2} + \frac{36.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3} \right) = n \times 2.52 \times 10^4$$

$$42.0 \times \left( \frac{V}{2} + 1.00 \times 2.00 \times 10^{-3} \right) = n \times 2.52 \times 10^4$$

連立して解くと、 $n = 3.40 \times 10^{-4}$  (mol)、 $V = 0.404$  (L)



D室内のスクロース水溶液

浸透圧; 36.0 cm水柱

体積;  $\frac{V}{2} + \frac{36.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3}$  L

スクロースの物質質量;  $n$  [mol]

$RT$ ;  $2.52 \times 10^4$  L·cm水柱/mol

$$36.0 \times \left( \frac{V}{2} + \frac{36.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3} \right) = n \times 2.52 \times 10^4$$

$$42.0 \times \left( \frac{V}{2} + 1.00 \times 2.00 \times 10^{-3} \right) = n \times 2.52 \times 10^4$$

連立して解くと、 $n = 3.40 \times 10^{-4}$  (mol)、 $V = 0.404$  (L)

問2~4といった誘導なしに解くことは出来たか？

(実験4)

次に左室 D に微量のインベルターゼを加えて酵素反応を進行させたが、途中で、酵素の作用を止める物質(阻害剤)を加えて反応を停止させ、放置すると左右の液面の高さの差は 42.0 cm となった。

問6 スクロースの何 % が分解されたか。



問6【解答・解説】

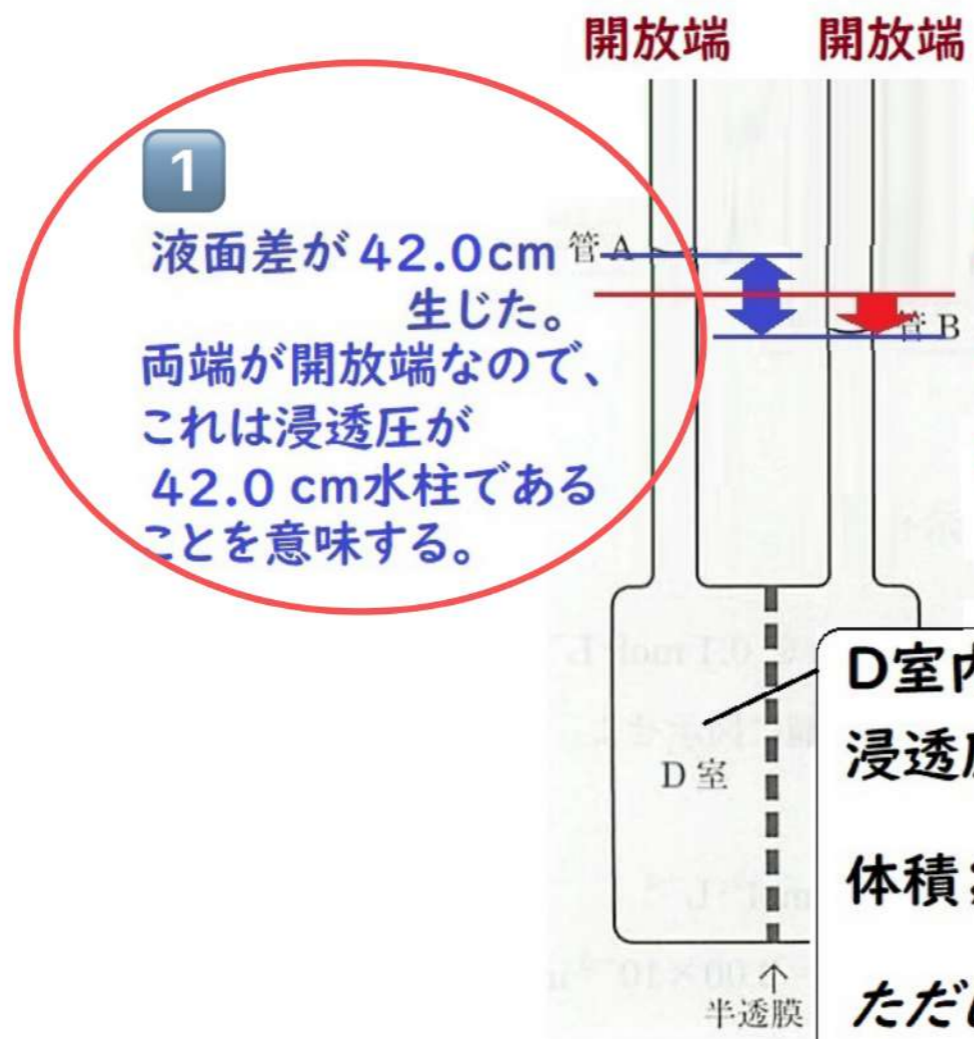
スクロースの $x\%$ が分解されたとすれば総モル数は $n\left(1 + \frac{x}{100}\right)$  molになる。

D室内の体積は $\left(\frac{V}{2} + \frac{42.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3}\right)$  L, 浸透圧は 42.0 cm であるから,

$$42.0 \times \left(\frac{V}{2} + \frac{42.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3}\right) = n\left(1 + \frac{x}{100}\right) \times 2.52 \times 10^4 \quad \dots\dots ③$$

$$③ \div ① \text{ より } \quad 1 + \frac{x}{100} = \left(\frac{V}{2} + 0.042\right) / \left(\frac{V}{2} + 0.002\right)$$

$$V = 0.404 \text{ を代入して } \quad x \doteq 19.6(\%)$$



**1**  
 液面差が42.0cm  
 生じた。  
 両端が開放端なので、  
 これは浸透圧が  
 42.0 cm水柱である  
 ことを意味する。

**2**  
 B側の液面は  $\frac{42.0}{2}$  cm下がった。  
 つまり、 $\frac{42.0}{2} \times 2.00 \text{cm}^3$   
 E室内の水溶液の体積が減少した。

**3**  
 D室内のスクロース水溶液  
 浸透圧; 42.0 cm水柱  
 体積;  $\frac{V}{2} + \frac{42.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3} \text{ L}$   
 ただし前問の結論より、 $V=0.404 \text{ (L)}$   
 スクロースの物質質量;  $n \left(1 + \frac{x}{100}\right) \text{ [mol]}$   
 $RT; 2.52 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{cm水柱} / \text{mol}$



1  
液面差が42.0cm  
生じた。  
両端が開放端なので、  
これは浸透圧が  
42.0 cm水柱である  
ことを意味する。

2  
B側の液面は  $\frac{42.0}{2}$  cm下がった。  
つまり、 $\frac{42.0}{2} \times 2.00 \text{ cm}^3$   
E室内の水溶液の体積が減少した。

3  
D室内のスクロース水溶液

浸透圧; 42.0 cm水柱

体積;  $\frac{V}{2} + \frac{42.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3} \text{ L}$

ただし前問の結論より、 $V=0.404 \text{ (L)}$

スクロースの物質質量;  $n \left(1 + \frac{\chi}{100}\right) \text{ [mol]}$

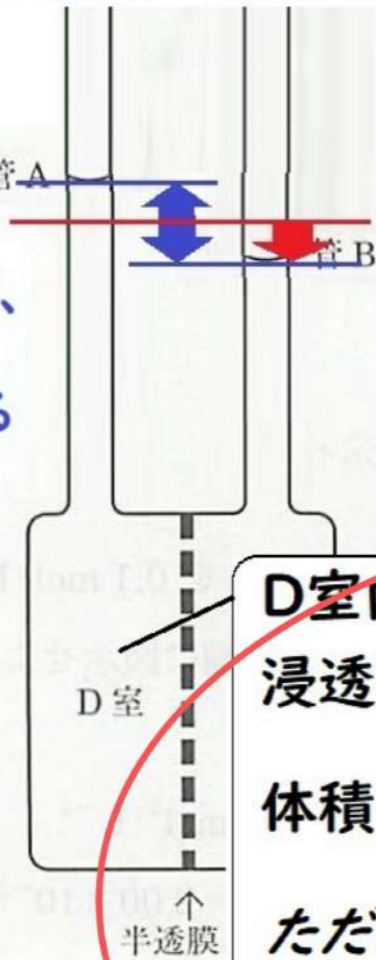
$RT; 2.52 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{cm水柱} / \text{mol}$



1

液面差が42.0cm  
生じた。  
両端が開放端なので、  
これは浸透圧が  
42.0 cm水柱である  
ことを意味する。

開放端 開放端



2

B側の液面は  $\frac{42.0}{2}$  cm下がった。  
つまり、 $\frac{42.0}{2} \times 2.00 \text{ cm}^3$   
E室内の水溶液の体積が減少した。

3

D室内のスクロース水溶液

浸透圧; 42.0 cm水柱

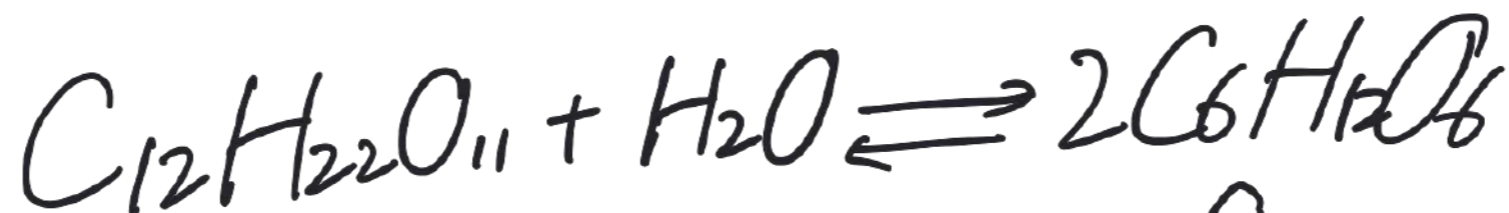
体積;  $\frac{V}{2} + \frac{42.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3} \text{ L}$

ただし前問の結論より、 $V=0.404 \text{ (L)}$

スクロースの物質質量;  $n \left(1 + \frac{x}{100}\right) \text{ [mol]}$

$RT; 2.52 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{cm水柱} / \text{mol}$



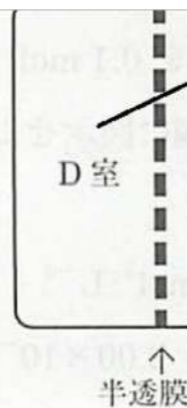


$$\begin{array}{r} n \\ - \frac{\alpha}{100}n \\ \hline n - \frac{\alpha}{100}n \end{array} \qquad \begin{array}{r} 0 \\ + \frac{2\alpha}{100}n \\ \hline \frac{2\alpha}{100}n \end{array}$$

$$\text{計 } n + \frac{\alpha}{100}n$$

おまじ

$$n \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right)$$



D室内のスクロース水溶液

浸透圧; 42.0 cm水柱

体積;  $\frac{V}{2} + \frac{42.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3}$  L

ただし前問の結論より、 $V=0.404$  (L)

スクロースの物質質量;  $n(1 + \frac{x}{100})$  [mol]

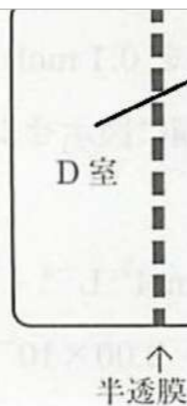
$RT; 2.52 \times 10^4$  L·cm水柱/mol

$$42.0 \times \left( \frac{V}{2} + \frac{42.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3} \right) = n \left( 1 + \frac{x}{100} \right) \times 2.52 \times 10^4$$

$$42.0 \times \left( \frac{V}{2} + 1.00 \times 2.00 \times 10^{-3} \right) = n \times 2.52 \times 10^4$$

$$V=0.404 \text{ (L)}$$

連立して解くと、 $x=19.6$  (%)



D室内のスクロース水溶液

浸透圧; 42.0 cm水柱

体積;  $\frac{V}{2} + \frac{42.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3}$  L

ただし前問の結論より、 $V=0.404$  (L)

スクロースの物質質量;  $n(1 + \frac{\chi}{100})$  [mol]

$RT; 2.52 \times 10^4$  L·cm水柱/mol

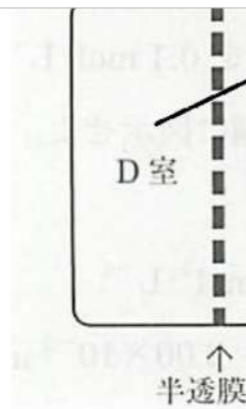
$$42.0 \times \left( \frac{V}{2} + \frac{42.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3} \right) = n \left( 1 + \frac{\chi}{100} \right) \times 2.52 \times 10^4$$

問4で導いた式

$$42.0 \times \left( \frac{V}{2} + 1.00 \times 2.00 \times 10^{-3} \right) = n \times 2.52 \times 10^4$$

$$V=0.404 \text{ (L)}$$

連立して解くと、 $\chi=19.6$  (%)



D室内のスクロース水溶液

浸透圧; 42.0 cm水柱

体積;  $\frac{V}{2} + \frac{42.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3}$  L

ただし前問の結論より、 $V=0.404$  (L)

スクロースの物質質量;  $n(1 + \frac{\chi}{100})$  [mol]

$RT; 2.52 \times 10^4$  L·cm水柱/mol

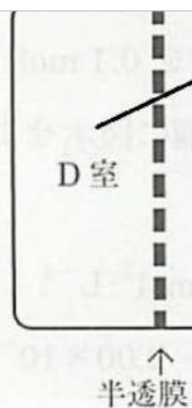
$$42.0 \times \left( \frac{V}{2} + \frac{42.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3} \right) = n \left( 1 + \frac{\chi}{100} \right) \times 2.52 \times 10^4$$

$$42.0 \times \left( \frac{V}{2} + 1.00 \times 2.00 \times 10^{-3} \right) = n \times 2.52 \times 10^4$$

$$V=0.404 \text{ (L)}$$

連立して解くと、 $\chi=19.6$  (%)





D室内のスクロース水溶液

浸透圧; 42.0 cm水柱

$$\text{体積; } \frac{V}{2} + \frac{42.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3} \text{ L}$$

ただし前問の結論より、 $V=0.404$  (L)

$$\text{スクロースの物質質量; } n \left(1 + \frac{x}{100}\right) \text{ [mol]}$$

$$RT; 2.52 \times 10^4 \text{ L} \cdot \text{cm水柱} / \text{mol}$$

$$42.0 \times \left( \frac{V}{2} + \frac{42.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3} \right) = n \left(1 + \frac{x}{100}\right) \times 2.52 \times 10^4$$

$$42.0 \times \left( \frac{V}{2} + 1.00 \times 2.00 \times 10^{-3} \right) = n \times 2.52 \times 10^4$$

$$V=0.404 \text{ (L)}$$

連立して解くと、 $x=19.6$  (%)



D室内のスクロース水溶液

浸透圧; 42.0 cm水柱

体積;  $\frac{V}{2} + \frac{42.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3}$  L

ただし前問の結論より、 $V=0.404$  (L)

スクロースの物質質量;  $n(1 + \frac{x}{100})$  [mol]

$RT; 2.52 \times 10^4$  L·cm水柱/mol

$$42.0 \times \left( \frac{V}{2} + \frac{42.0}{2} \times 2.00 \times 10^{-3} \right) = n \left( 1 + \frac{x}{100} \right) \times 2.52 \times 10^4$$

$$42.0 \times \left( \frac{V}{2} + 1.00 \times 2.00 \times 10^{-3} \right) = n \times 2.52 \times 10^4$$

$$V=0.404 \text{ (L)}$$

連立して解くと、 $x=19.6$  (%)

問2~5といった誘導なしに解くことは出来るか？

# この問題は 東京医科歯科大学 の過去問題です。

3 次の文を読み、以下の各問いに答えよ。数値は有効数字2桁で示せ(問2を除く)。

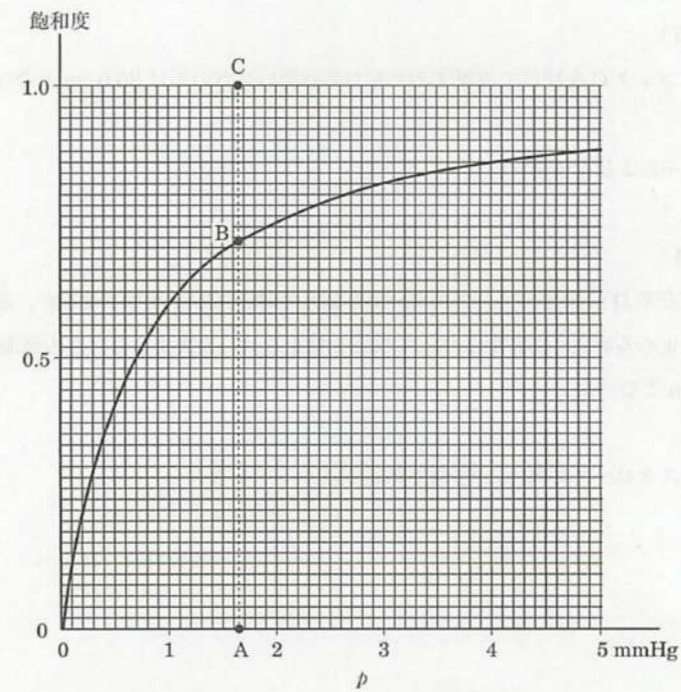
ミオグロビン(Mb)は酸素(O<sub>2</sub>)と可逆的に結合するタンパク質で、生体内においては酸素の貯蔵庫の役割を果たしている。ミオグロビンと酸素との反応は、



と表される(これ以外の反応は起こらないものとする)。ミオグロビン溶液と酸素(気体)が接触し平衡状態にあるとき、酸素の分圧を  $p$ 、溶液中の溶質のモル濃度を [ ] で表すことにする。このとき、酸素によるミオグロビンの飽和度は次式のように表される。

$$\text{飽和度} = \frac{[\text{MbO}_2]}{[\text{Mb}] + [\text{MbO}_2]}$$

20℃における  $p$  と飽和度に関して、次図のような結果が得られた。この場合、酸素はヘンリーの法則に従うので、 $k$  を比例定数とすると  $[\text{O}_2] = kp$  の関係が成り立つ。20℃における  $k$  の値は、 $1.8 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \cdot \text{mmHg}$  である。





この問題は  
東京医科歯科大学  
の過去問題です。

グラフの読み取りに過ぎない。

3 次の文を読み、以下の各問いに答えよ。数値は有効数字2桁で示せ(問2を除く)。

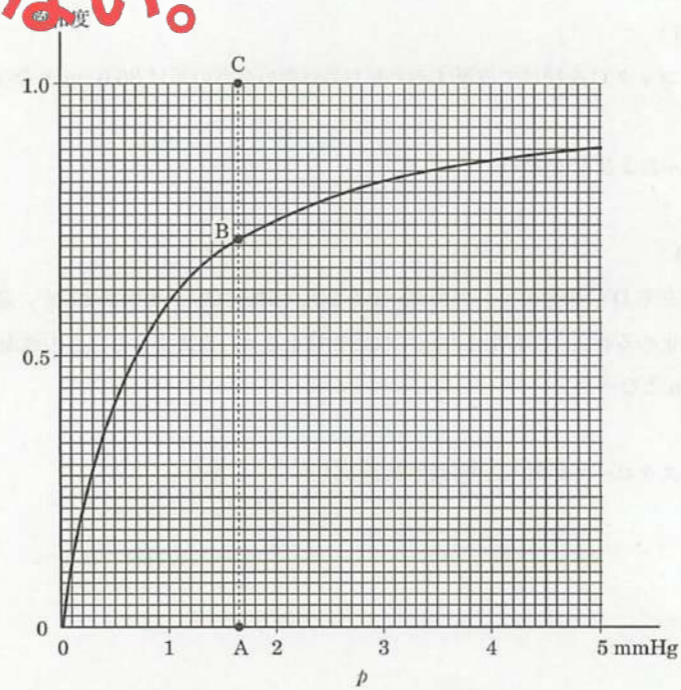
ミオグロビン(Mb)は酸素(O<sub>2</sub>)と可逆的に結合するタンパク質で、生体内においては酸素の貯蔵庫の役割を果たしている。ミオグロビンと酸素との反応は、



と表される(これ以外の反応は起こらないものとする)。ミオグロビン溶液と酸素(気体)が接触し平衡状態にあるとき、酸素の分圧を  $p$ 、溶液中の溶質のモル濃度を [ ] で表すことにする。このとき、酸素によるミオグロビンの飽和度は次式のように表される。

$$\text{飽和度} = \frac{[\text{MbO}_2]}{[\text{Mb}] + [\text{MbO}_2]}$$

20℃における  $p$  と飽和度に関して、次図のような結果が得られた。この場合、酸素はヘンリーの法則に従うので、 $k$  を比例定数とすると  $[\text{O}_2] = kp$  の関係が成り立つ。20℃における  $k$  の値は、 $1.8 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \cdot \text{mmHg}$  である。





問1 この結果がルシャトリエの法則と矛盾していないことを説明せよ。

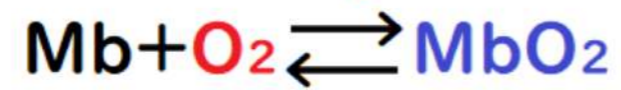
問2 酸素と結合しているミオグロビンの方が結合していないミオグロビンより多いのは  $p$  がどのような範囲にあるときか。不等式の形で示せ。

問3 図に例で示したように横軸上の任意の点  $A$  を通って横軸に対して垂線を引き、曲線および飽和度 1.0 の線との交点を  $B$ ,  $C$  とすると、 $\frac{AB}{BC}$  は何を表すか。

問1 この結果がルシャトリエの法則と矛盾していないことを説明せよ。

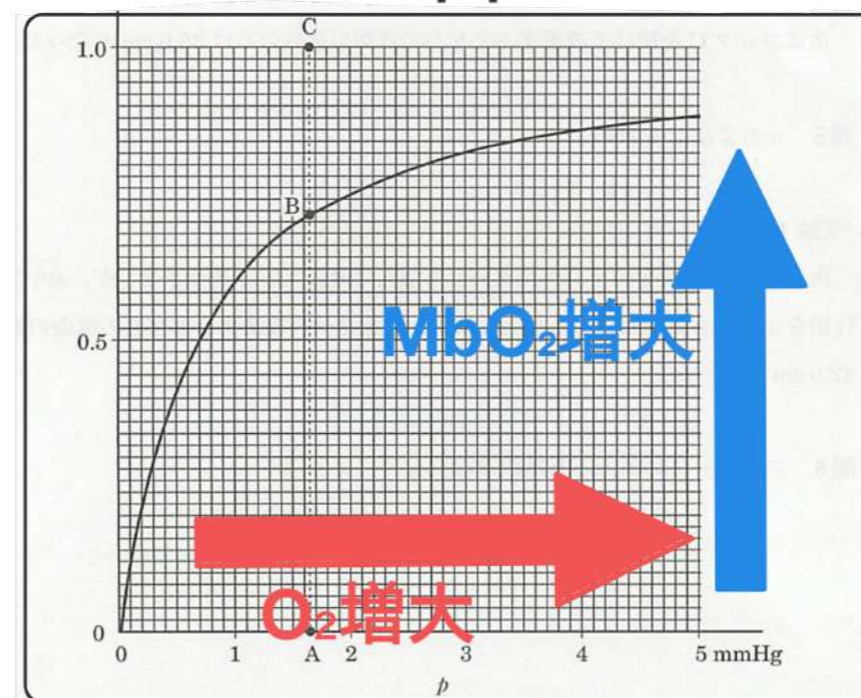
### ルシャトリエの法則

O<sub>2</sub>が増大すると、



MbO<sub>2</sub>が増大する方向  
に平衡は移動。

図



### 第3問

問1【解答】 グラフを見ると O<sub>2</sub> の分圧  $p$  が大きいほど飽和度が増加している。すなわち  $\text{Mb} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{MbO}_2$  の平衡は右向きに移動している。

問2 酸素と結合しているミオグロビンの方が結合していないミオグロビンより多いのは  $p$  がどのような範囲にあるときか。不等式の形で示せ。



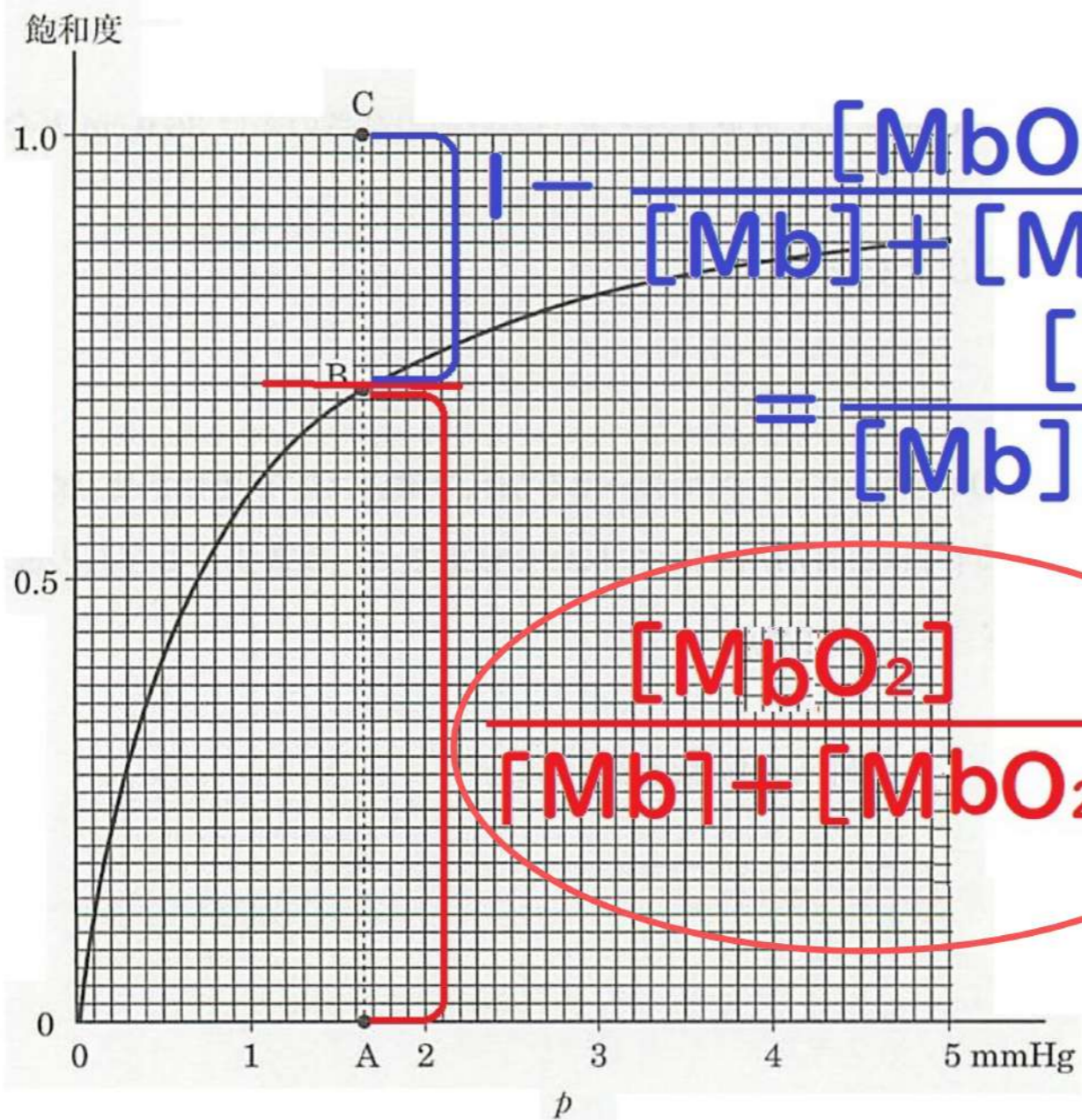
問2【解答】  $p > 0.7 \text{ mmHg}$

【解説】 飽和度が 0.5 以上になるときの  $p$  の値をグラフから読みとる。

問3 図に例で示したように横軸上の任意の点Aを通過して横軸に対して垂線を引き、曲線および飽和度1.0の線との交点をB, Cとすると、 $\frac{AB}{BC}$ は何を表すか。

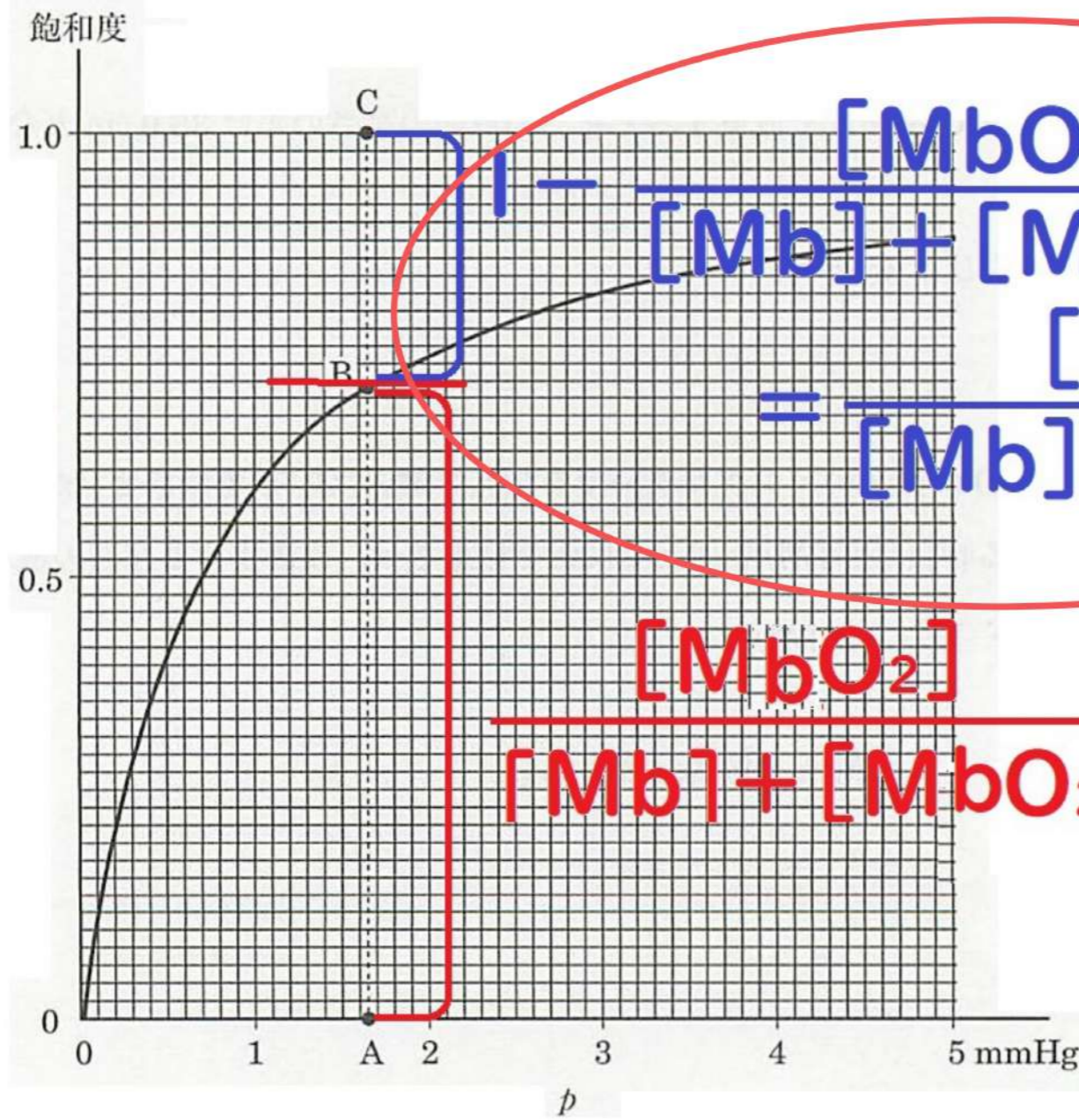
問3【解答】 酸素と結合したミオグロビン MbO<sub>2</sub> のモル濃度と、酸素と結合しないミオグロビン Mb のモル濃度との比  $[\text{MbO}_2]/[\text{Mb}]$  を表す。



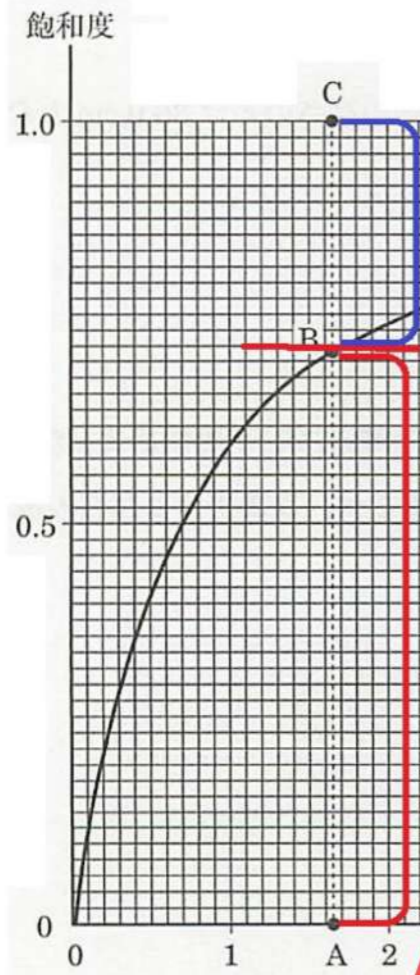


$$\frac{[\text{MbO}_2]}{[\text{Mb}] + [\text{MbO}_2]} = \frac{[\text{Mb}]}{[\text{Mb}] + [\text{MbO}_2]}$$

$$\frac{[\text{MbO}_2]}{[\text{Mb}] + [\text{MbO}_2]}$$







$$\frac{AB}{BC} = \frac{\frac{[MbO_2]}{[Mb] + [MbO_2]}}{\frac{[Mb]}{[Mb] + [MbO_2]}}$$

$$\frac{[MbO_2]}{[Mb] + [MbO_2]}$$

$$\frac{AB}{BC} = \frac{\frac{[MbO_2]}{[Mb] + [MbO_2]}}{\frac{[Mb]}{[Mb] + [MbO_2]}} = \frac{[MbO_2]}{[Mb]}$$

問4 固体のミオグロビン  $2.0 \times 10^{-4}$  mol を溶かして 1 L にした溶液と  $p = 2.0$  mmHg の酸素が  $20^\circ\text{C}$  で平衡状態にある。この溶液中の  $[\text{Mb}]$  と  $[\text{MbO}_2]$  を求めよ。



問4【解答】  $[\text{Mb}] = 5.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ ,  $[\text{MbO}_2] = 1.5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

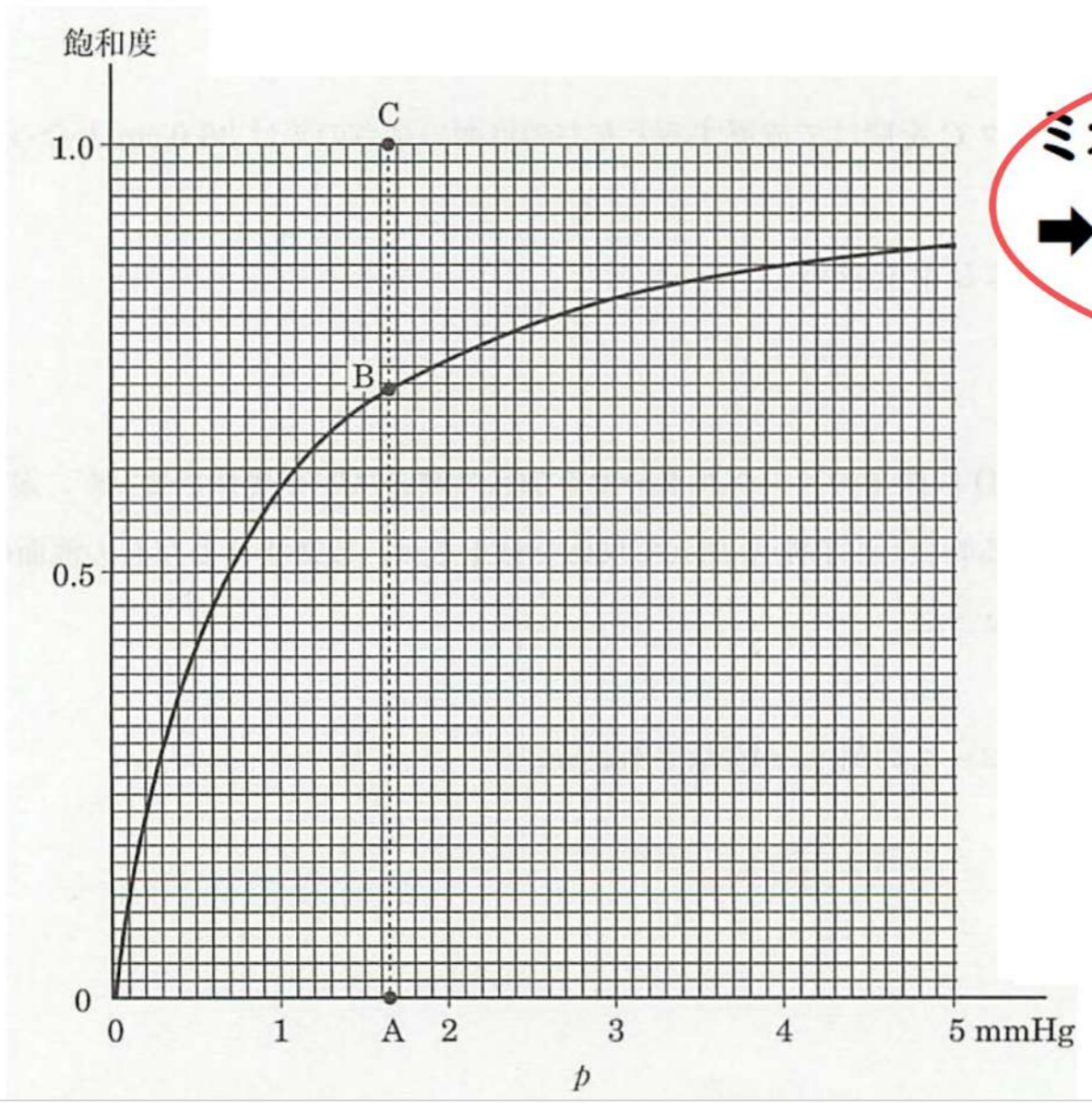
【解説】  $p = 2.0 \text{ mmHg}$  のとき, グラフより飽和度 = 0.75, すなわち

$$[\text{Mb}] : [\text{MbO}_2] = 0.25 : 0.75$$

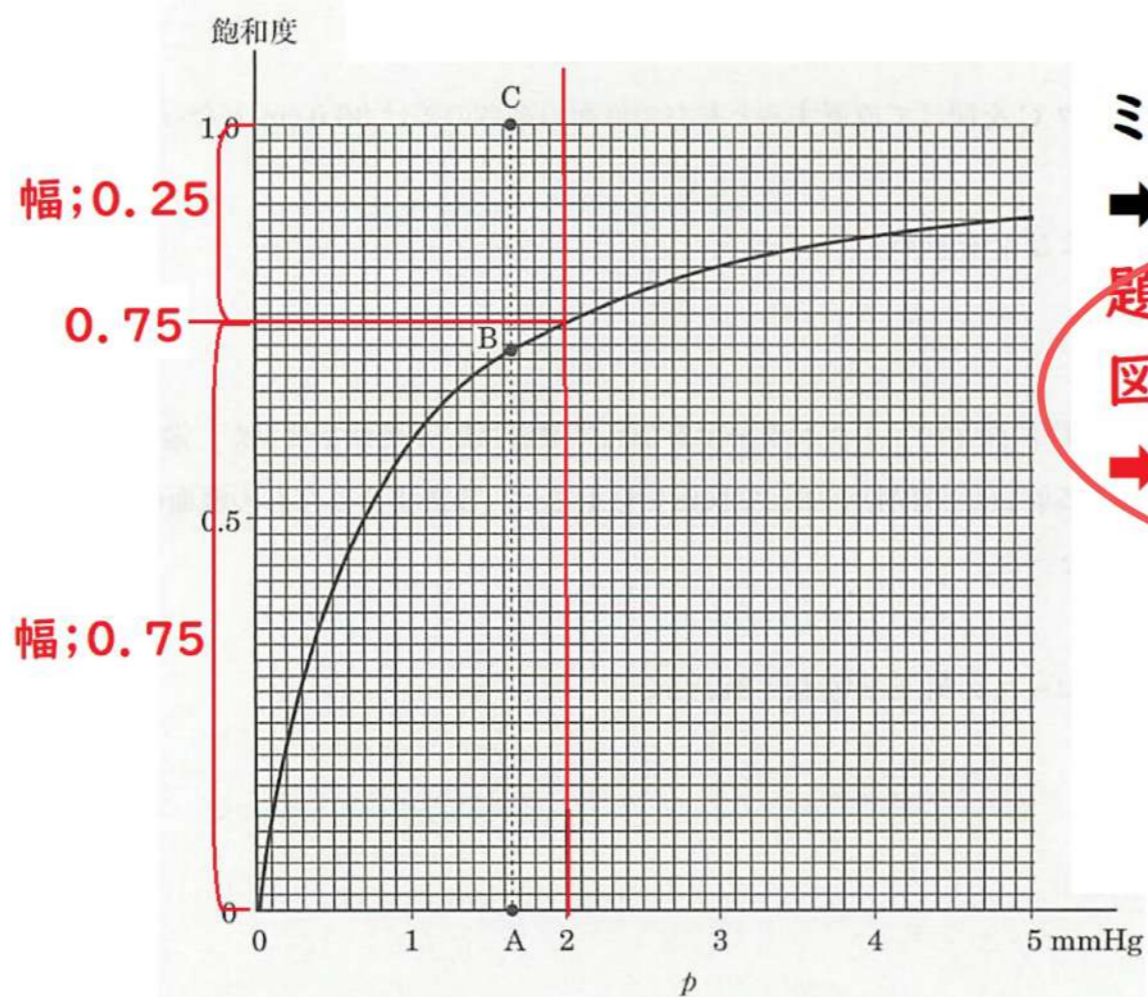
となる。したがって

$$[\text{Mb}] = 2.0 \times 10^{-4} \times 0.25 = 5.0 \times 10^{-5} (\text{mol/L})$$

$$[\text{MbO}_2] = 2.0 \times 10^{-4} \times 0.75 = 1.5 \times 10^{-4} (\text{mol/L})$$



ミオグロビンの総濃度  
⇒  $2.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$



ミオグロビンの総濃度

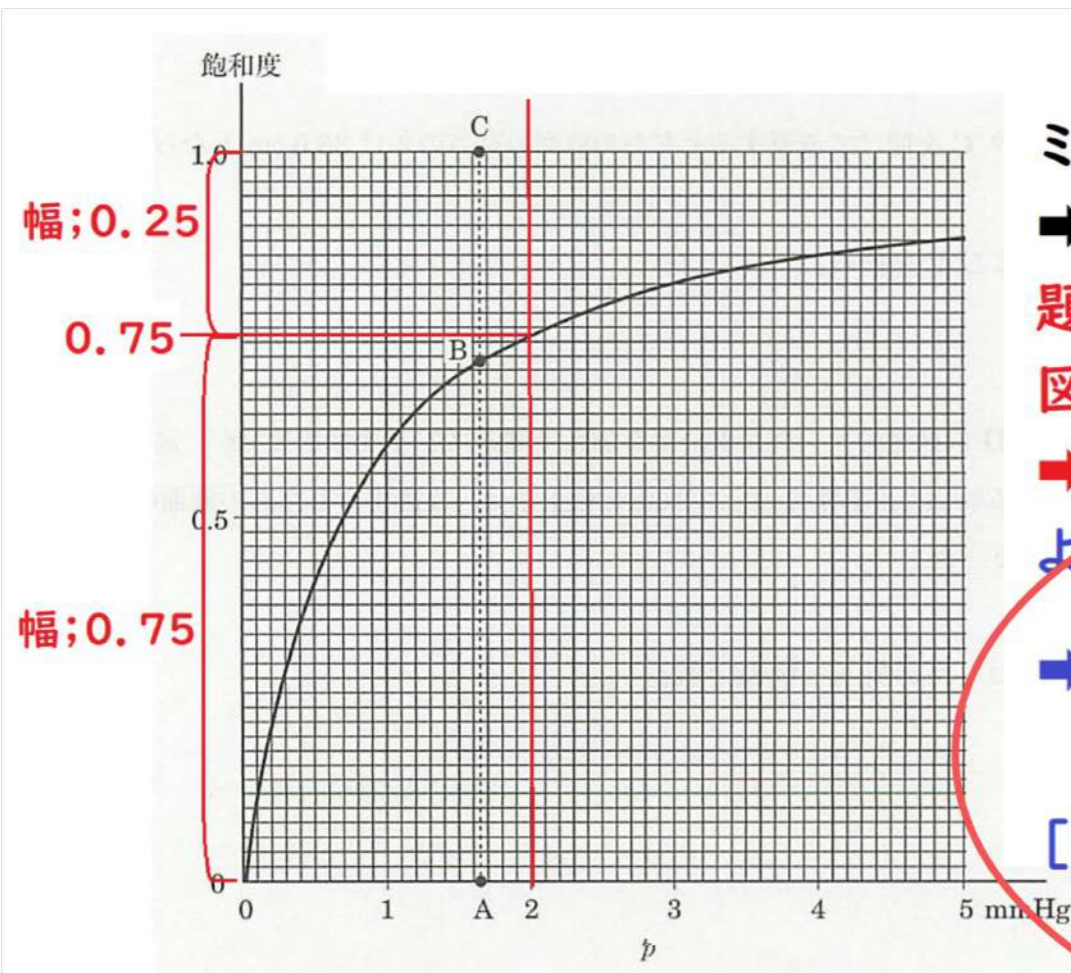
⇒  $2.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

題意の条件 ( $p = 2.0 \text{ mmHg}$ ) で

図から読み取った  $[\text{Mb}] : [\text{MbO}_2]$

⇒  $[\text{Mb}] : [\text{MbO}_2] = 0.25 : 0.75$





ミオグロビンの総濃度

⇒  $2.0 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

題意の条件 ( $p = 2.0 \text{ mmHg}$ ) で

図から読み取った  $[\text{Mb}] : [\text{MbO}_2]$

⇒  $[\text{Mb}] : [\text{MbO}_2] = 0.25 : 0.75$

よって、 $[\text{Mb}]$  と  $[\text{MbO}_2]$  は

⇒  $[\text{Mb}] = 2.0 \times 10^{-4} \times \frac{0.25}{0.25 + 0.75}$

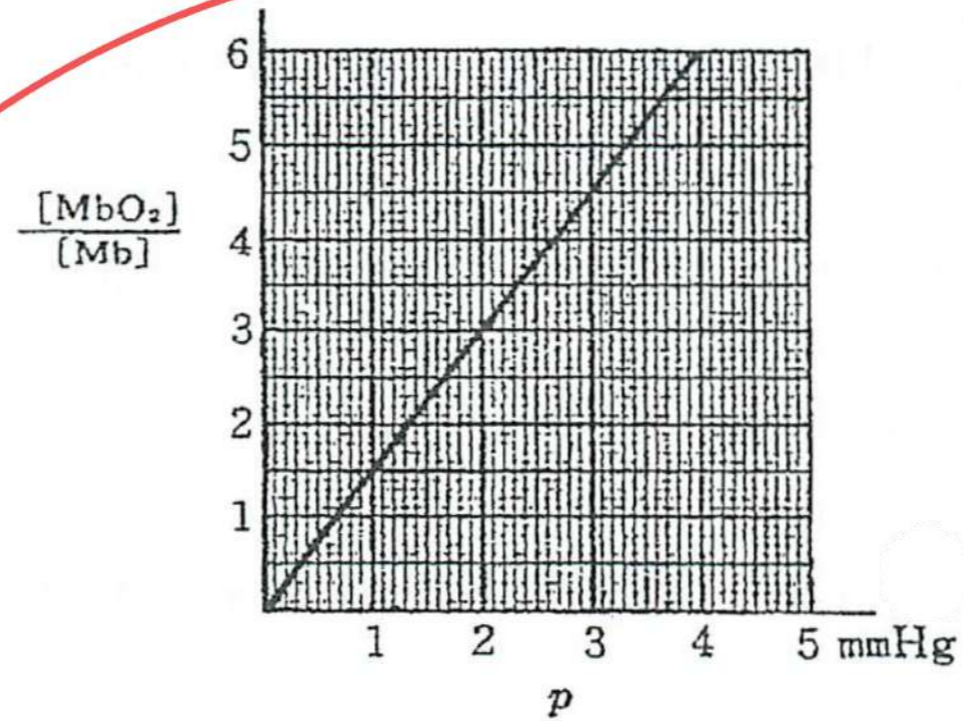
$[\text{MbO}_2] = 2.0 \times 10^{-4} \times \frac{0.75}{0.25 + 0.75}$



問5 図の結果から換算して  $p$  に対する  $\frac{[\text{MbO}_2]}{[\text{Mb}]}$  のグラフを解答欄に書き,  $p$  と

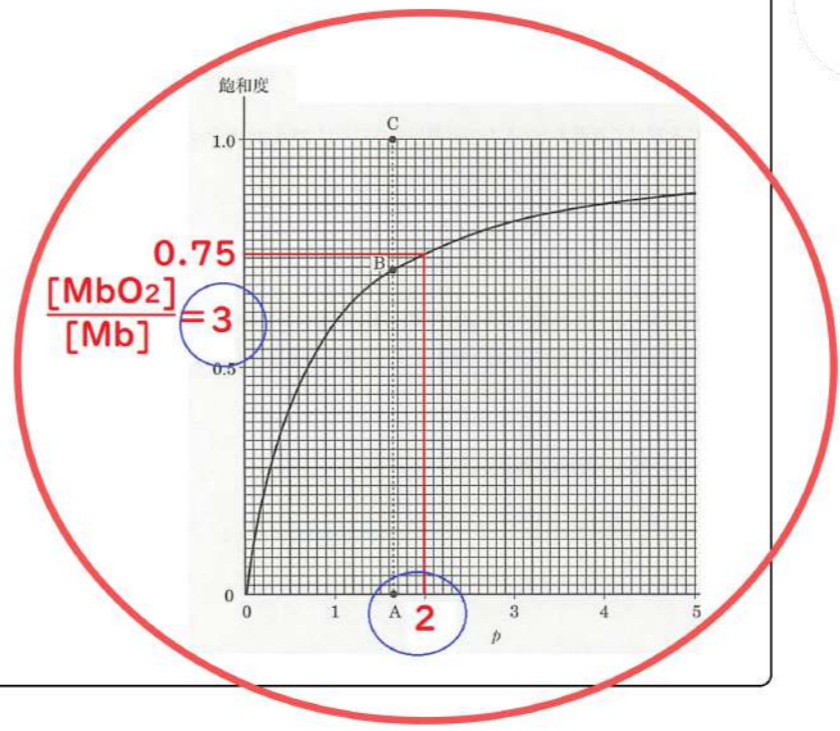
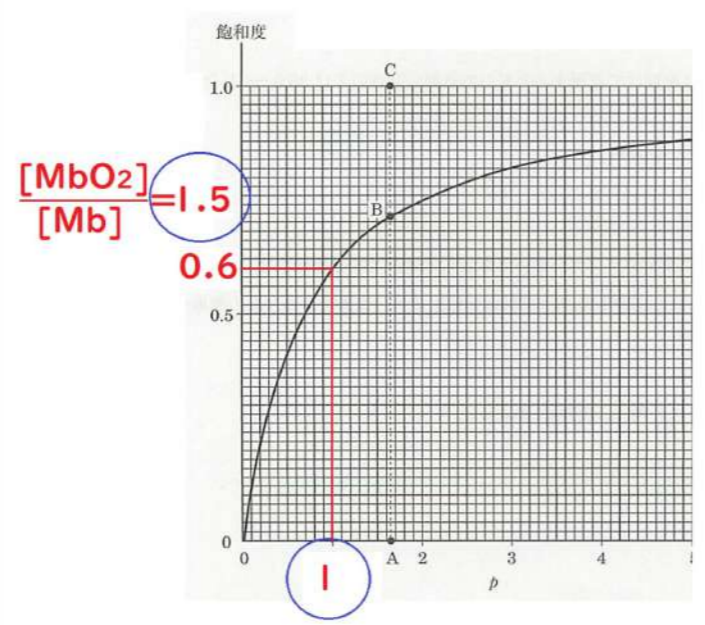
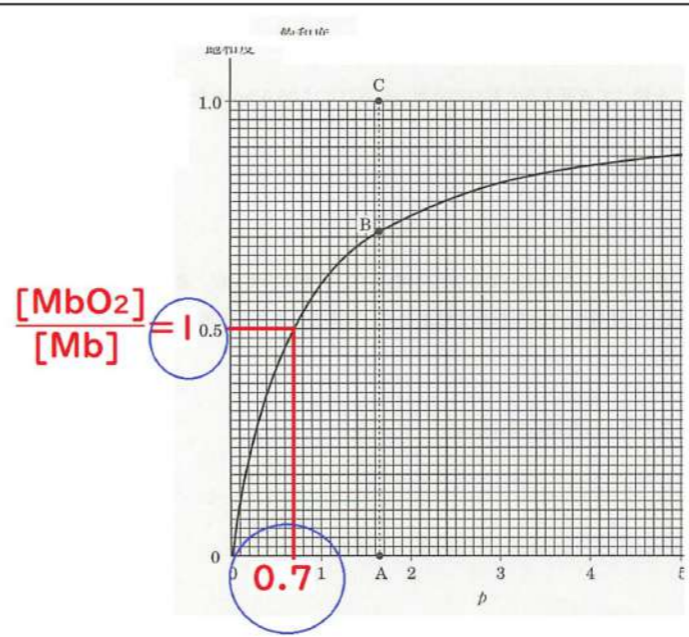
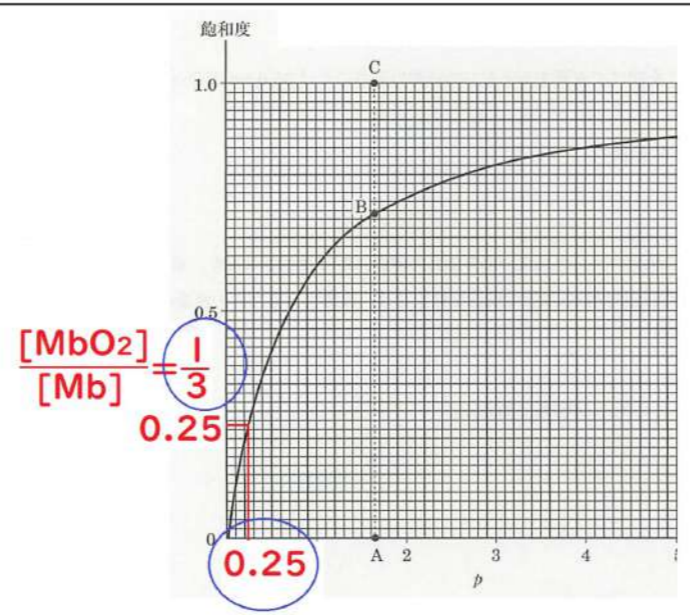
$\frac{[\text{MbO}_2]}{[\text{Mb}]}$  との関係を示す式で表せ。

問5【解答】 図は次の通り。

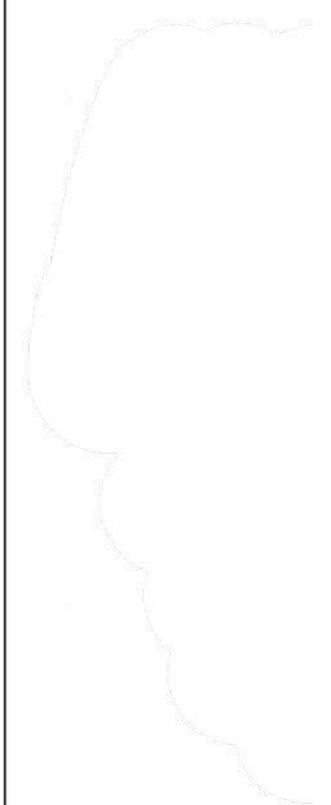
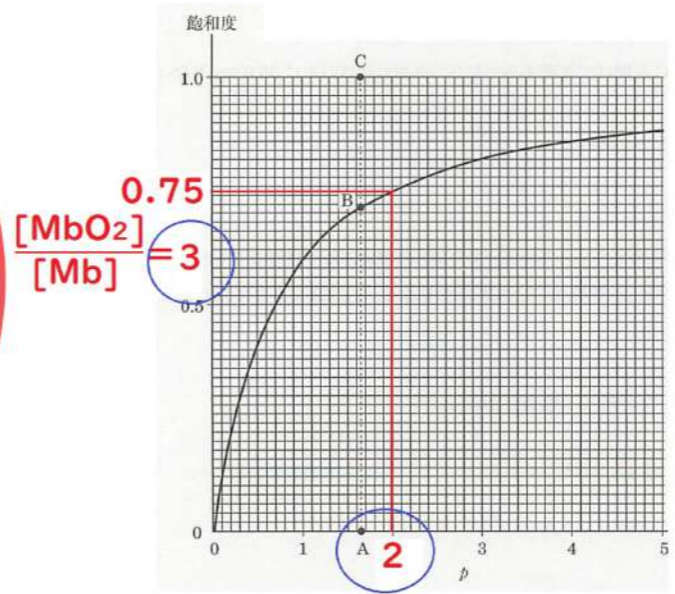
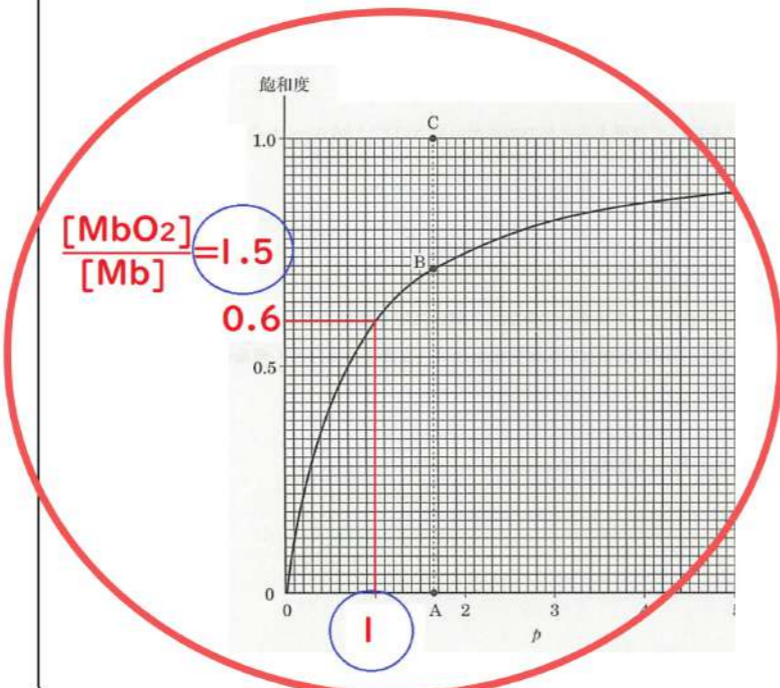
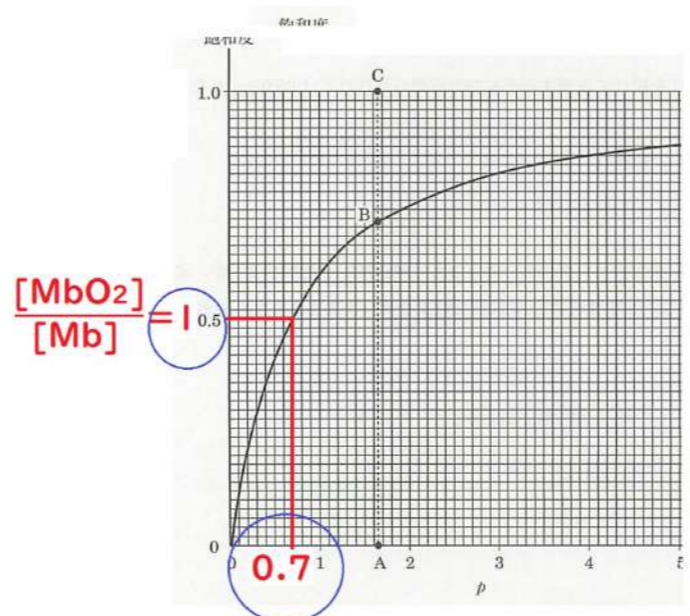
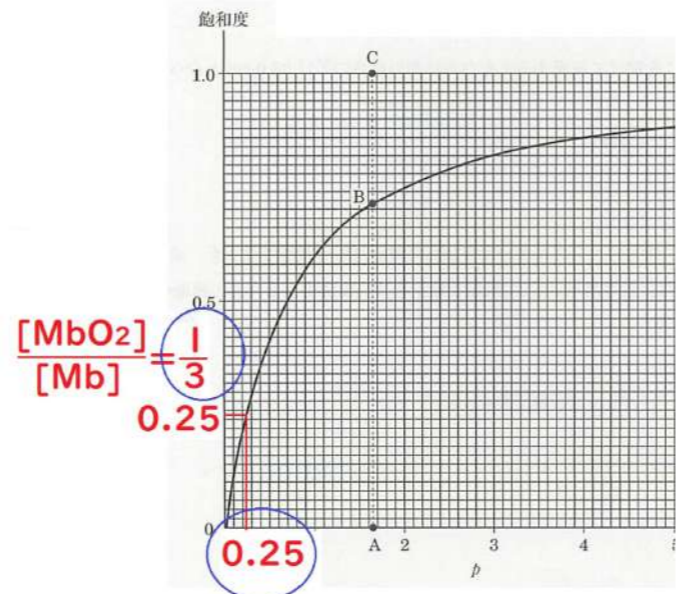


関係式は、
$$\frac{[MbO_2]}{[Mb]} = 1.5p$$

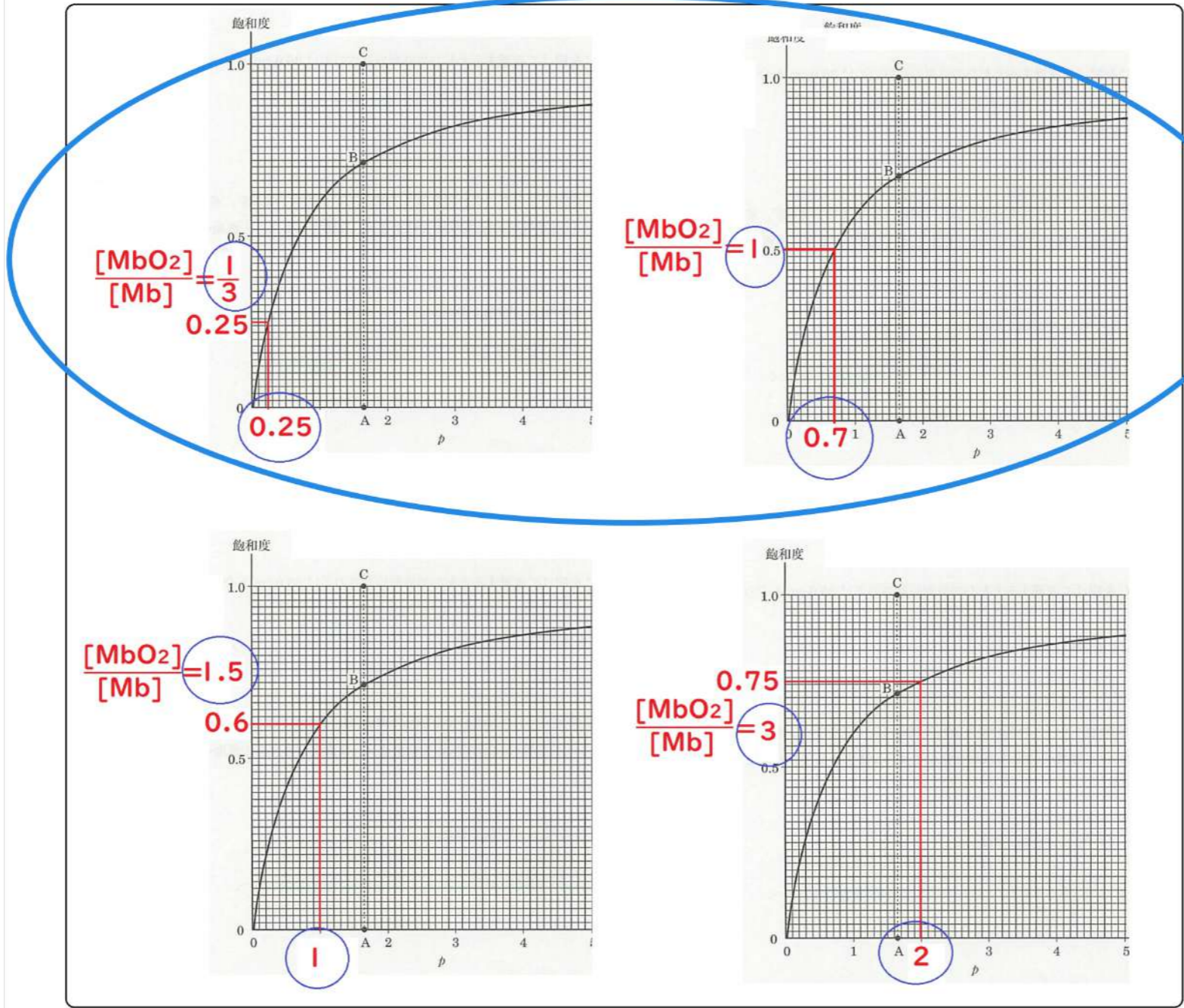
【解説】  $p=0, 0.7, 1, 2, \dots$  (mmHg) のとき、 $\frac{[MbO_2]}{[Mb]}$  は  $0, 1, 1.5, 3 \dots$  と変化するため、それをグラフに描く。関係式もグラフから読みとる。

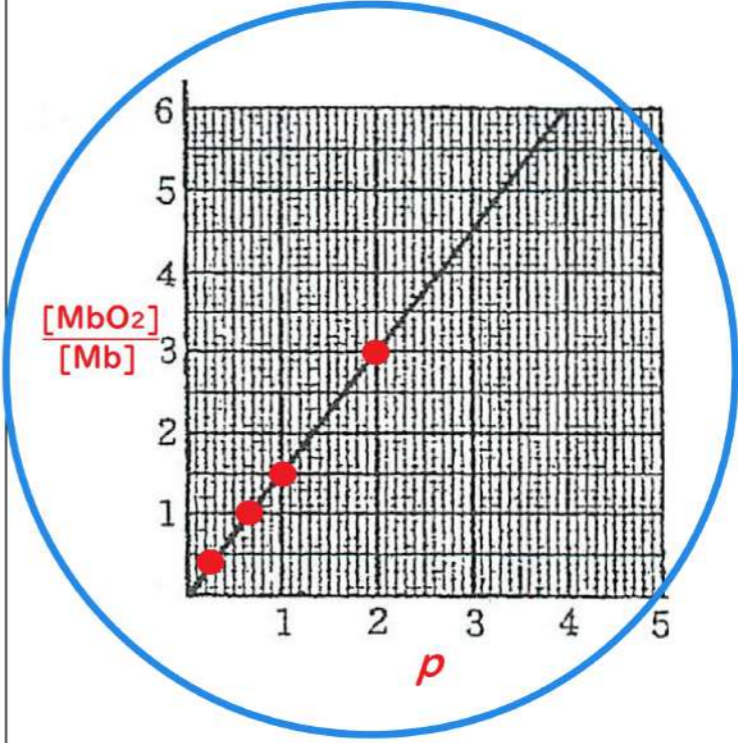
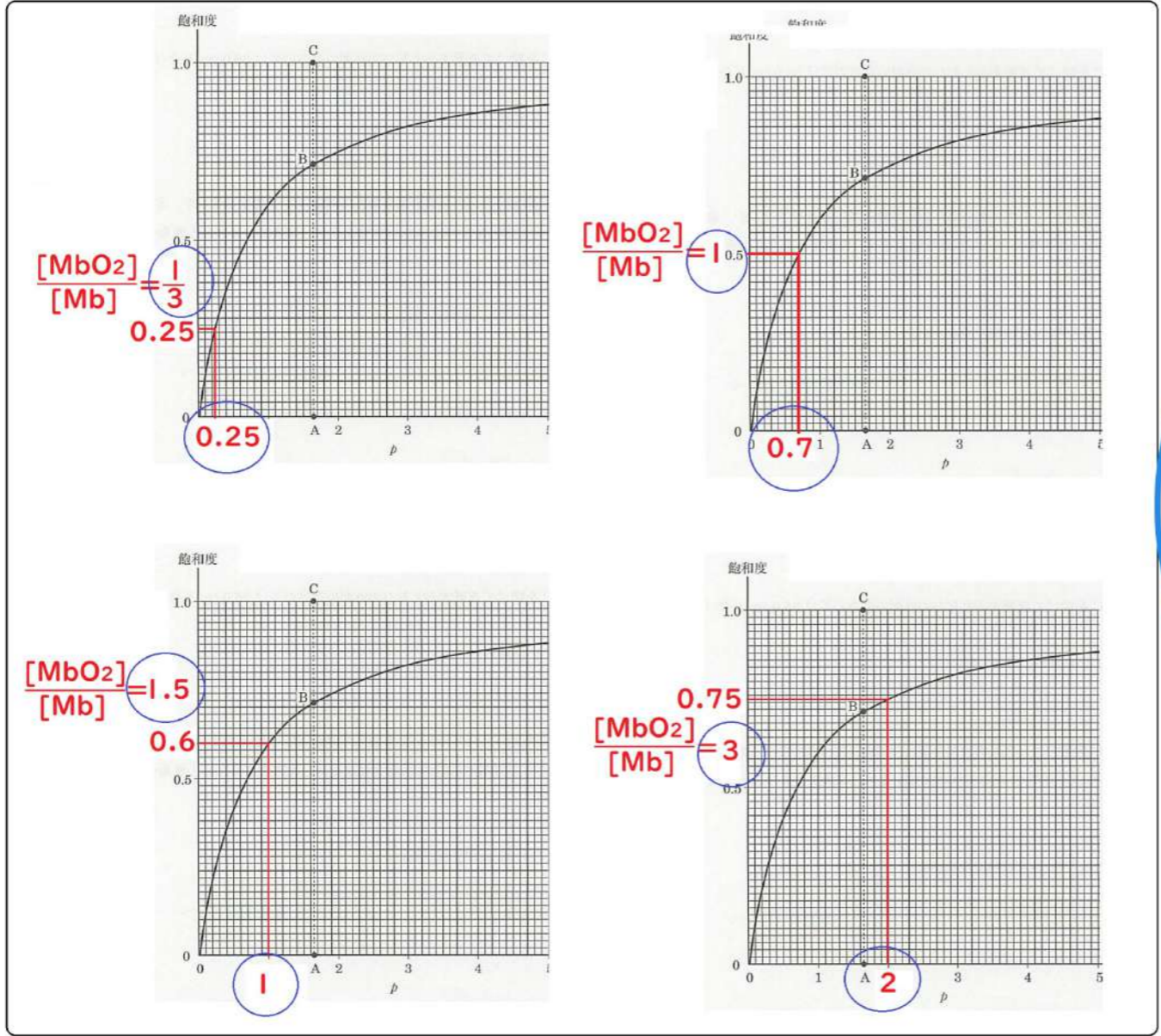




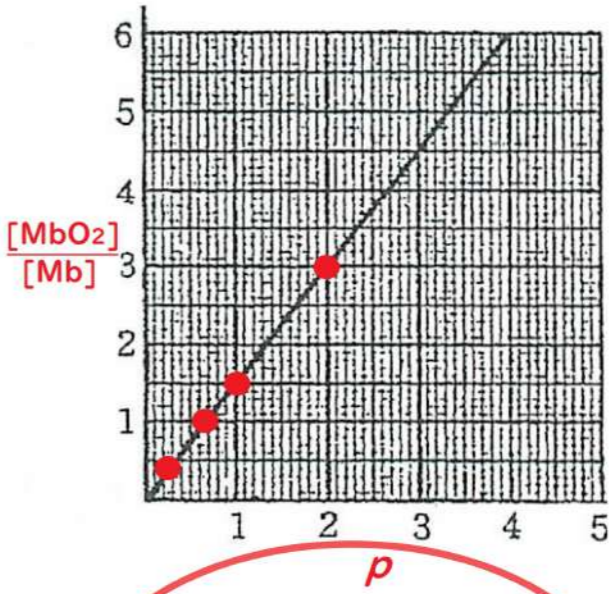
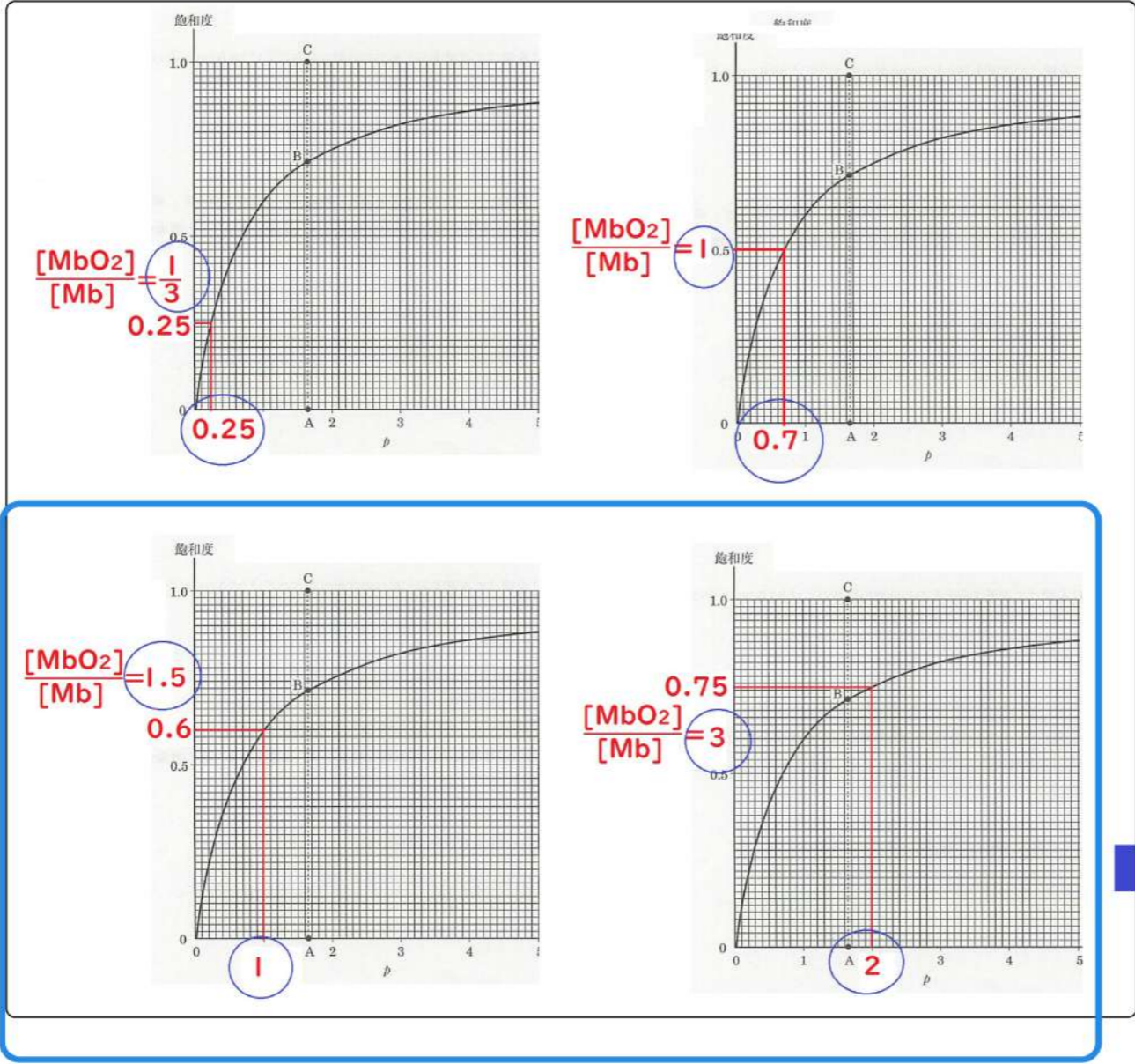












$$\frac{[\text{MbO}_2]}{[\text{Mb}]} = 1.5p$$

問6 次式で表される  $K$  を(1)の反応の平衡定数という。20℃における  $K$  の値を求めよ。

$$K = \frac{[\text{MbO}_2]}{[\text{Mb}][\text{O}_2]}$$



問6【解答】  $8.3 \times 10^5 (\text{mol/L})^{-1}$

【解説】  $[\text{O}_2] = kp = 1.8 \times 10^{-6} \times 2.0 = 3.6 \times 10^{-6} (\text{mol/L}),$

$[\text{Mb}] = 5.0 \times 10^{-5} (\text{mol/L}), [\text{MbO}_2] = 1.5 \times 10^{-4} (\text{mol/L})$ であるから

$$K = \frac{[\text{MbO}_2]}{[\text{Mb}][\text{O}_2]} = \frac{1.5 \times 10^{-4}}{5.0 \times 10^{-5} \times 3.6 \times 10^{-6}} \doteq 8.3 \times 10^5 (\text{mol/L})^{-1}$$

### 【問4の検討と結論】

題意の条件 ( $p=2.0\text{mmHg}$ ) で

図から読み取った  $[\text{Mb}] : [\text{MbO}_2]$

$$\rightarrow [\text{Mb}] : [\text{MbO}_2] = 0.25 : 0.75$$

よって、 $[\text{Mb}]$  と  $[\text{MbO}_2]$  は

$$\rightarrow [\text{Mb}] = 2.0 \times 10^{-4} \times \frac{0.25}{0.25 + 0.75} = 5.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{MbO}_2] = 2.0 \times 10^{-4} \times \frac{0.75}{0.25 + 0.75} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)}$$

### 【問4の検討と結論】

題意の条件( $p=2.0\text{mmHg}$ )で  
図から読み取った  $[\text{Mb}] : [\text{MbO}_2]$   
→  $[\text{Mb}] : [\text{MbO}_2] = 0.25 : 0.75$

よって、 $[\text{Mb}]$ と $[\text{MbO}_2]$ は

$$\rightarrow [\text{Mb}] = 2.0 \times 10^{-4} \times \frac{0.25}{0.25 + 0.75} = 5.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{MbO}_2] = 2.0 \times 10^{-4} \times \frac{0.75}{0.25 + 0.75} = 1.5 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)}$$

### 【さらに】

$$[\text{O}_2] = kp = 1.8 \times 10^{-6} \times 2.0 \\ = 3.6 \times 10^{-6} \text{ (mol/L)}$$

### 【問4の検討と結論】

題意の条件 ( $p=2.0\text{mmHg}$ ) で  $\longrightarrow$   $[\text{O}_2]=kp=1.8\times 10^{-6}\times 2.0$   
図から読み取った  $[\text{Mb}]:[\text{MbO}_2]$   $=3.6\times 10^{-6}\text{(mol/L)}$   
 $\rightarrow [\text{Mb}]:[\text{MbO}_2]=0.25:0.75$

よって、 $[\text{Mb}]$ と $[\text{MbO}_2]$ は

$$\rightarrow [\text{Mb}]=2.0\times 10^{-4}\times \frac{0.25}{0.25+0.75}=5.0\times 10^{-5}\text{(mol/L)}$$

$$[\text{MbO}_2]=2.0\times 10^{-4}\times \frac{0.75}{0.25+0.75}=1.5\times 10^{-4}\text{(mol/L)}$$

### 【さらに】

これらの数値を化学平衡の法則に代入するのみ。

$$K=\frac{[\text{MbO}_2]}{[\text{Mb}][\text{O}_2]}=\frac{1.5\times 10^{-4}}{5.0\times 10^{-5}\times 3.6\times 10^{-6}}\doteq 8.3\times 10^5\text{(mol/L)}^{-1}$$



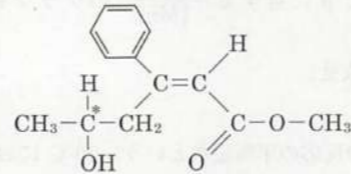
# 読む時間を取らなくて大丈夫ですか？

以下の問題は、解説講義において用いる補充問題である。よって、時間内に①～③の答案作成が終了した場合や担当講師に指示された場合を除き、これらの問題を解く必要はない。

次の実験1から実験7を読み、下記の間1～間7に答えよ。原子量はH=1, C=12, O=16とする。

炭素、水素、酸素からなり、分子量234の化合物Aがある。化合物Aには幾何異性体は存在するが、光学異性体は存在しない。構造式や不斉炭素原子の表示(\*)を求められた場合は、下記の例にならって書け。ただし、光学異性体は区別しない。

(例)



実験1 A 117 mg を完全に燃焼させたところ、二酸化炭素 286 mg と水 63 mg が生成した。

実験2 A に対して適切な触媒を用いて水素を付加させると、分子量が2.0増加した化合物Bが得られた。Bは不斉炭素原子を1つもつことがわかった。

実験3 Bに水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したのち、希塩酸を加えて酸性にしたところ、化合物C, D, Eが得られた。これらはいずれも不斉炭素原子をもたないことがわかった。また、Eはジカルボン酸であった。

実験4 空気中で熱した銅線にCの蒸気を触れさせたところ、化合物Fが得られた。

実験5 Fにフェーリング液を加えて穏やかに加熱すると、赤色沈殿が生じた。

実験6 Fを水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させると、ヨウ化ナトリウムと水とともに特有の臭気をもつ黄色結晶とナトリウム塩Gが生じた。

実験7 Dに塩化鉄(III)水溶液を加えたところ、特有の呈色反応を示した。

問1 Aの分子式を記せ。

**補充問題**問1【解答】  $C_{13}H_{14}O_4$ 【解説】 A の分子式を  $C_nH_mO_l$  とする。

117.0mg の A を完全に燃焼させたところ、二酸化炭素 286.0mg が生成したから、

$$\frac{117.0 \times 10^{-3}}{234.0} \times n = \frac{286.0 \times 10^{-3}}{44} \times 1 \quad \therefore n = 13$$

117.0mg の A を完全に燃焼させたところ、水 63.0mg が生成したから、

$$\frac{117.0 \times 10^{-3}}{234.0} \times m = \frac{63.0 \times 10^{-3}}{18} \times 2 \quad \therefore m = 14$$

A の分子量が 234.0 であるから、

$$l = \frac{234.0 - (12 \times 13 + 1 \times 14)}{16} = 4$$

従って、A の分子式は  $C_{13}H_{14}O_4$  (不飽和数: 7) である。

問2 実験5のイオン反応式を記せ。

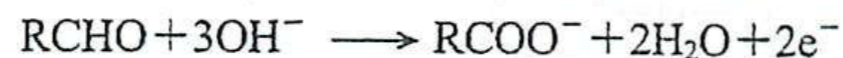
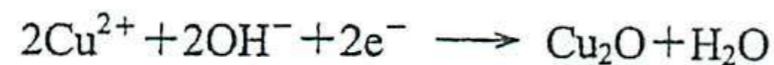




【解説】 フェーリング液は、 $\text{CuSO}_4$ 水溶液（A液）と酒石酸ナトリウムカリウム（ロッシェル塩） $\text{KOOCCCH}(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{COONa}$ と水酸化ナトリウムとの混合水溶液（B液）を、使用直前に等量混合した溶液である。

還元性をもつ物質にフェーリング液を加えて加熱すると、フェーリング液中の $\text{Cu}^{2+}$ が還元されて、酸化銅(II) $\text{Cu}_2\text{O}$ の赤褐色の沈殿が生じる。

アルデヒド $\text{RCHO}$ にフェーリング液を加えて加熱すると、以下のように反応する。それぞれの半電池反応式は、

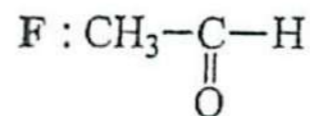


半電池反応式から電子 $\text{e}^-$ を消去してイオン反応式とすると、



問3 C, F の構造式を記せ。

問3【解答】 C : CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-OH

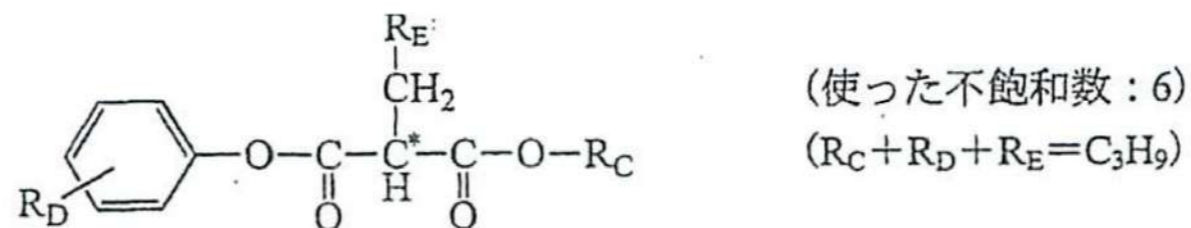


【解説】 [Bの構造の推定]

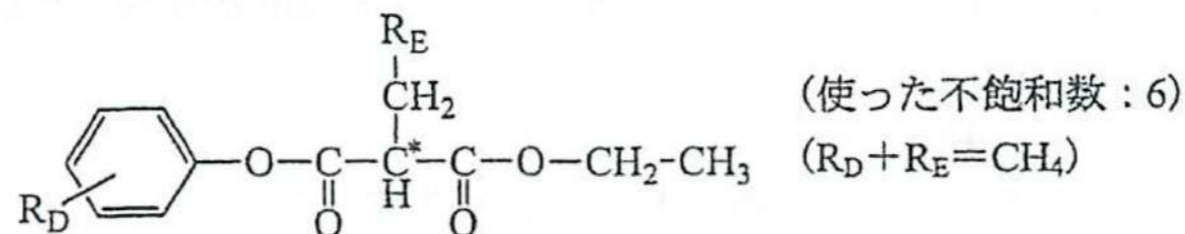
実験2より、Aに水素を付加させて得られたBの分子式はC<sub>13</sub>H<sub>16</sub>O<sub>4</sub>（不飽和数：6）であり、Bには不斉炭素原子を1つもつ。

実験3～7：Bを加水分解するとC、D、Eが得られる。Dはフェノール類であり、不斉炭素原子がない。（最低炭素数C<sub>6</sub>）Eはジカルボン酸であり、不斉炭素原子がない。などの情報が得られる。

D、Eに関するこれらの情報、Bの加水分解でさらにCが生じたことと、さらにBに1つの不斉炭素原子があることから、Bには少なくとも次の構造があると推定できる。



さらに、CはC<sub>3</sub>以下であり、不斉炭素原子がなく、その酸化生成物Fがフェーリング液を還元し、ヨードホルム反応を示すので、Fはアセトアルデヒド、Cはエタノールと決まる。つまり、R<sub>C</sub>=C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>となる。



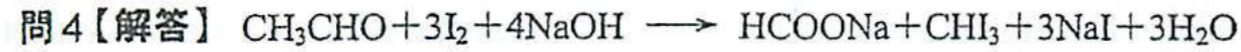
問4 実験6の化学反応式を記せ。

問5 **D**, **E**の構造式を記せ。

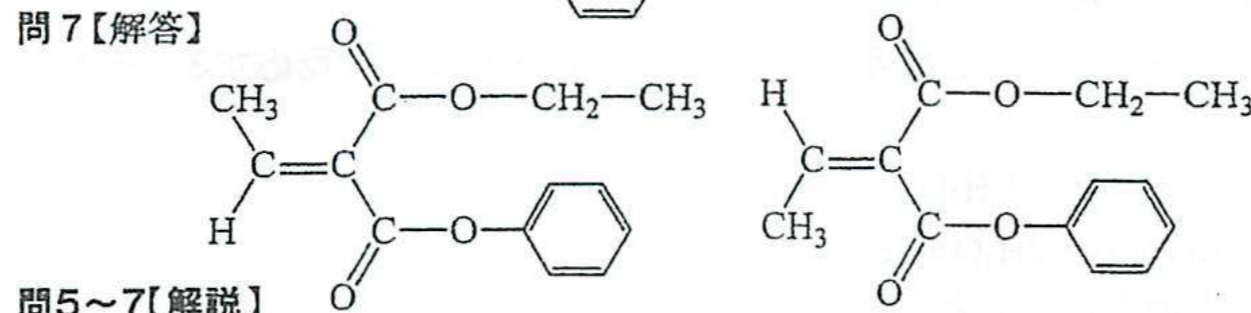
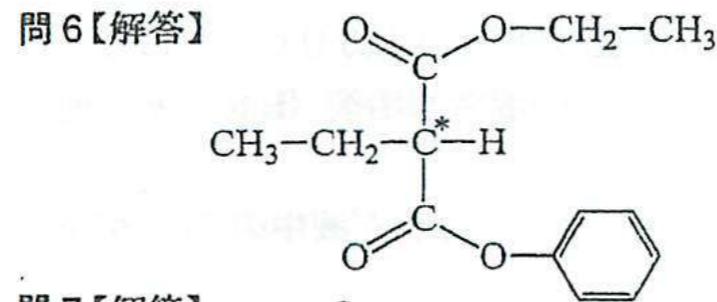
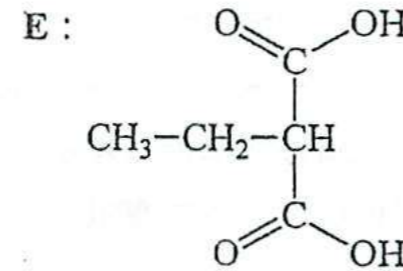
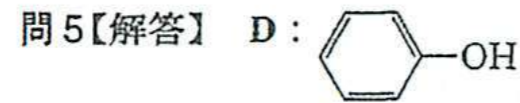
問6 **B**の構造式を書き, 不斉炭素原子に\*印を付けよ。

問7 **A**としてふさわしい幾何異性体の構造式を2つ記せ。



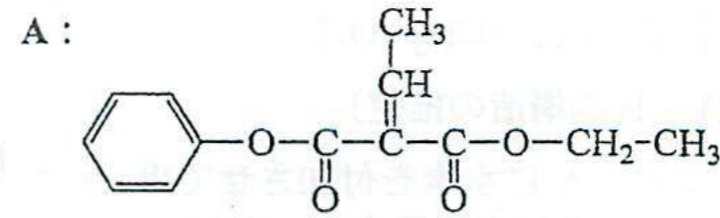
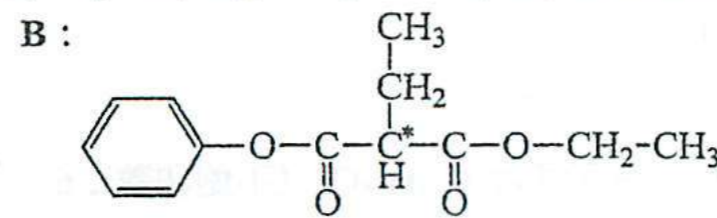


【解説】 メチルケトン構造 ( $\text{CH}_3\text{CO}-\text{R}$  :  $\text{R}$  は H 原子か C 原子ではじまる原子団) をもつ化合物に、水酸化ナトリウム  $\text{NaOH}$  水溶液 (または炭酸ナトリウム  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  水溶液) とヨウ素  $\text{I}_2$  を加え加熱すると、ヨードホルム  $\text{CHI}_3$  (特異臭をもつ黄色沈殿) が生成する。この反応をヨードホルム反応という。



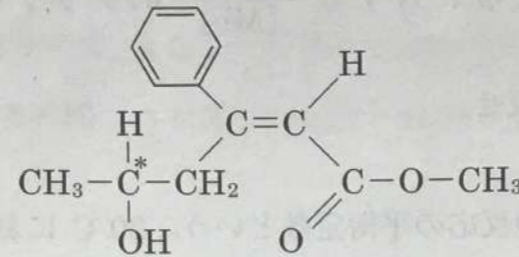
問5~7【解説】

最後に、化合物 A には幾何異性体は存在するが、光学異性体は存在しないことを考慮すると、 $\text{R}_D = \text{H}$ ,  $\text{R}_E = \text{CH}_3$  であり、A, B の構造が次の様に決定する。



炭素、水素、酸素からなり、分子量 234 の化合物 **A** がある。化合物 **A** には幾何異性体は存在するが、光学異性体は存在しない。構造式や不斉炭素原子の表示(\*)を求められた場合は、下記の例にならって書け。ただし、光学異性体は区別しない。

(例)



実験1 **A** 117 mg を完全に燃焼させたところ、二酸化炭素 286 mg と水 63 mg が生成した。

実験2 **A** に対して適切な触媒を用いて水素を付加させると、分子量が 2.0 増加した化合物 **B** が得られた。**B** は不斉炭素原子を 1 つもつことがわかった。

実験3 **B** に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したのち、希塩酸を加えて酸性にしたところ、化合物 **C**、**D**、**E** が得られた。これらはいずれも不斉炭素原子をもたないことがわかった。また、**E** はジカルボン酸であった。

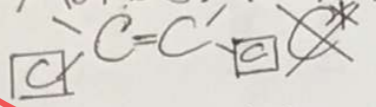
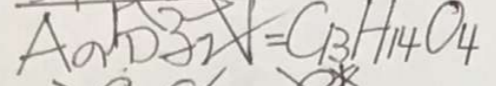
実験4 空気中で熱した銅線に **C** の蒸気を触れさせたところ、化合物 **F** が得られた。

実験5 **F** にフェーリング液を加えて穏やかに加熱すると、赤色沈殿が生じた。

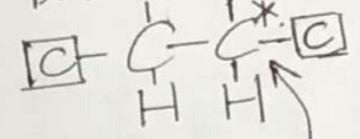
実験6 **F** を水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させると、ヨウ化ナトリウムと水とともに特有の臭気をもつ黄色結晶とナトリウム塩 **G** が生じた。

実験7 **D** に塩化鉄(III)水溶液を加えたところ、特有の呈色反応を示した。

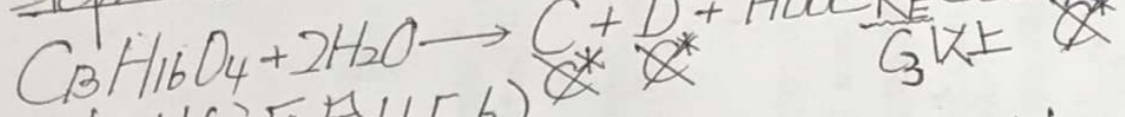
Step 1 (実験 1) (注意)



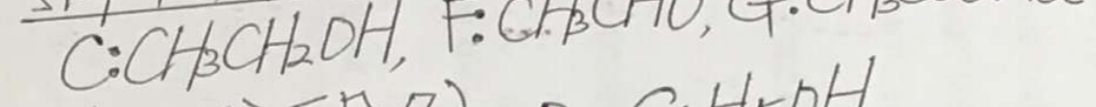
Step 2 (実験 2)



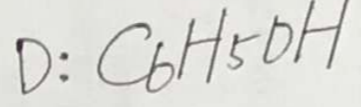
Step 3 (実験 3)



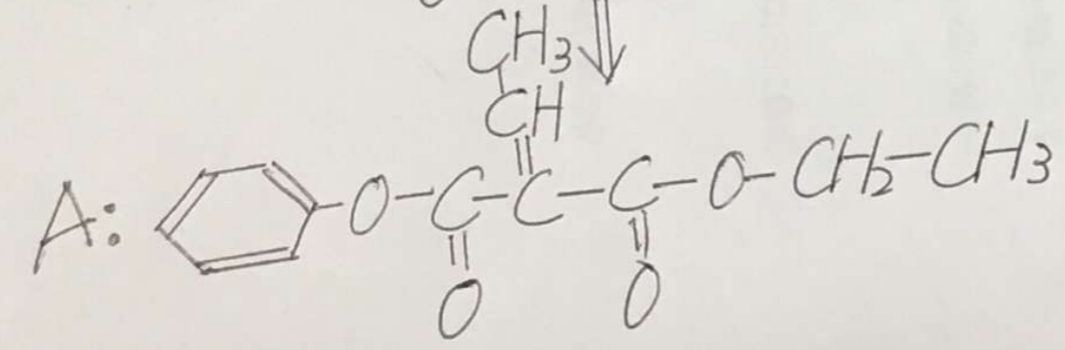
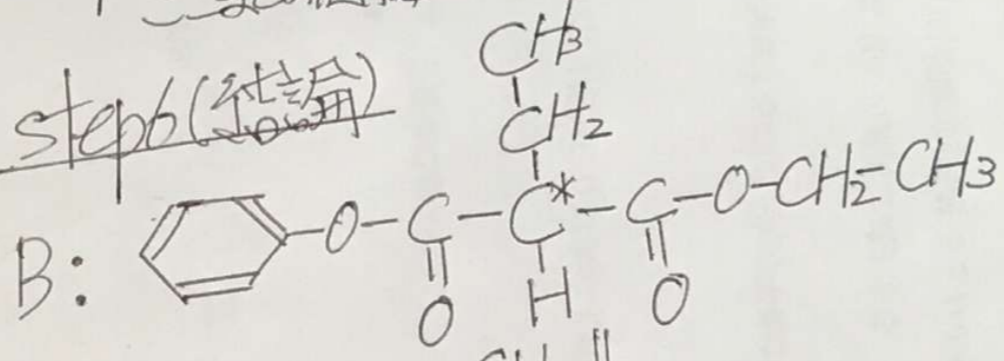
Step 4 (実験 4, 5, 6)



Step 5 (実験 7)



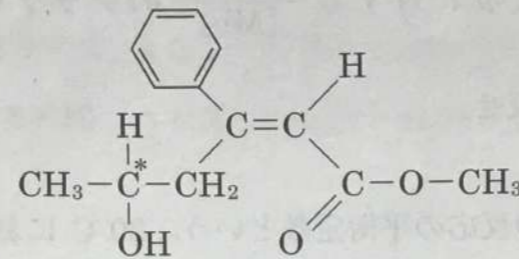
Step 6 (総論)





炭素, 水素, 酸素からなり, 分子量 234 の化合物 **A** がある。化合物 **A** には幾何異性体は存在するが, 光学異性体は存在しない。構造式や不斉炭素原子の表示(\*)を求められた場合は, 下記の例にならって書け。ただし, 光学異性体は区別しない。

(例)



実験1 **A** 117 mg を完全に燃焼させたところ, 二酸化炭素 286 mg と水 63 mg が生成した。

実験2 **A** に対して適切な触媒を用いて水素を付加させると, 分子量が 2.0 増加した化合物 **B** が得られた。**B** は不斉炭素原子を 1 つもつことがわかった。

実験3 **B** に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したのち, 希塩酸を加えて酸性にしたところ, 化合物 **C**, **D**, **E** が得られた。これらはいずれも不斉炭素原子をもたないことがわかった。また, **E** はジカルボン酸であった。

実験4 空気中で熱した銅線に **C** の蒸気を触れさせたところ, 化合物 **F** が得られた。

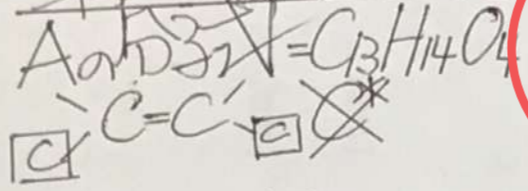
実験5 **F** にフェーリング液を加えて穏やかに加熱すると, 赤色沈殿が生じた。

実験6 **F** を水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させると, ヨウ化ナトリウムと水とともに特有の臭気をもつ黄色結晶とナトリウム塩 **G** が生じた。

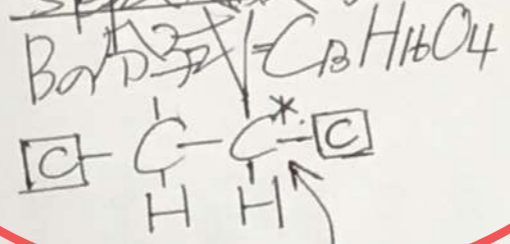
実験7 **D** に塩化鉄(III)水溶液を加えたところ, 特有の呈色反応を示した。



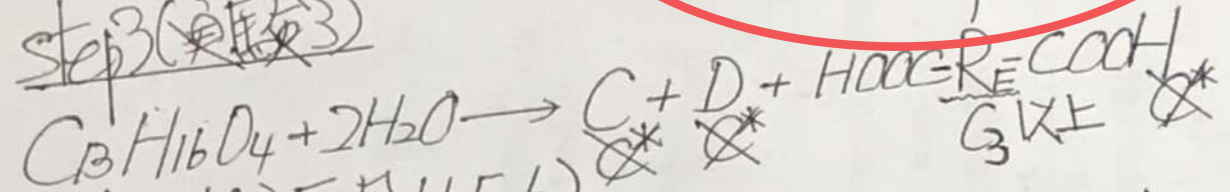
Step 1 (実験1) (得意)



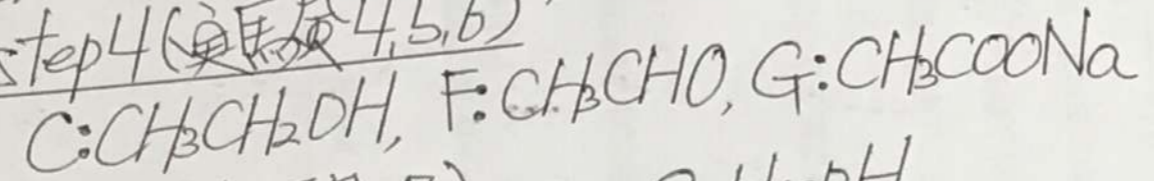
Step 2 (実験2)



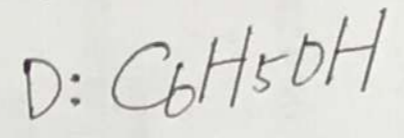
Step 3 (実験3)



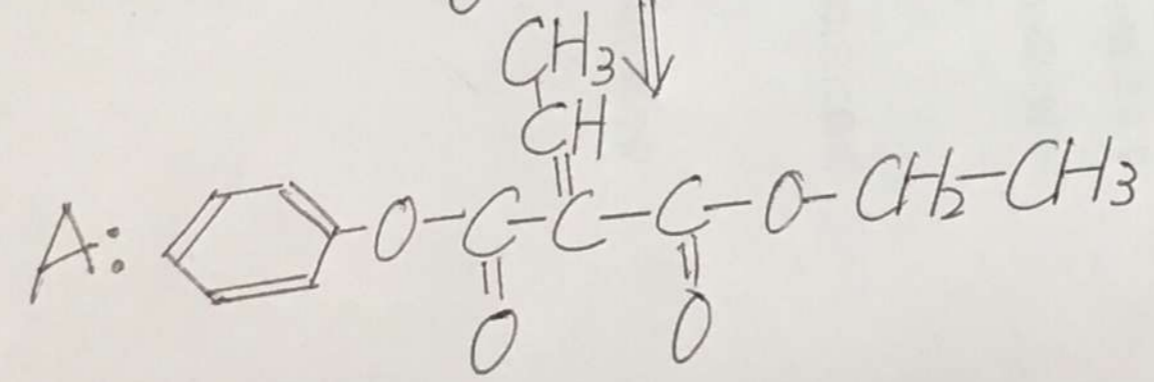
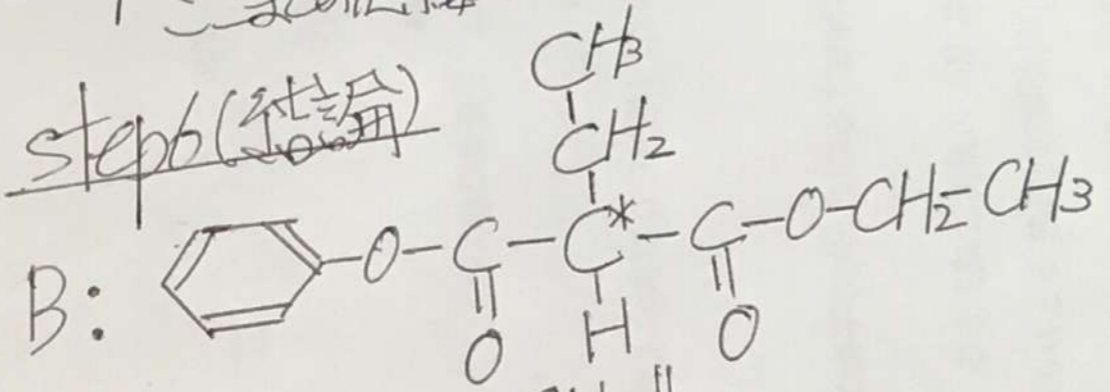
Step 4 (実験4, 5, 6)



Step 5 (実験7)  
二つの化合物

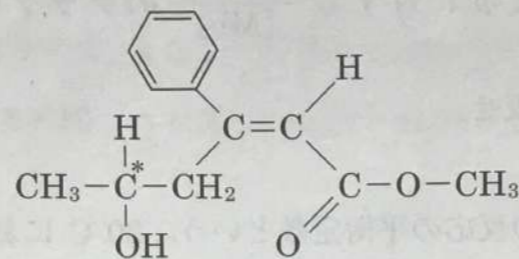


Step 6 (討論)



炭素, 水素, 酸素からなり, 分子量 234 の化合物 **A** がある。化合物 **A** には幾何異性体は存在するが, 光学異性体は存在しない。構造式や不斉炭素原子の表示(\*)を求められた場合は, 下記の例にならって書け。ただし, 光学異性体は区別しない。

(例)



実験1 **A** 117 mg を完全に燃焼させたところ, 二酸化炭素 286 mg と水 63 mg が生成した。

実験2 **A** に対して適切な触媒を用いて水素を付加させると, 分子量が 2.0 増加した化合物 **B** が得られた。**B** は不斉炭素原子を 1 つもつことがわかった。

実験3 **B** に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したのち, 希塩酸を加えて酸性にしたところ, 化合物 **C**, **D**, **E** が得られた。これらはいずれも不斉炭素原子をもたないことがわかった。また, **E** はジカルボン酸であった。

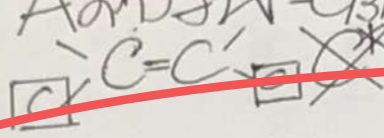
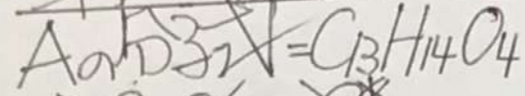
実験4 空気中で熱した銅線に **C** の蒸気を触れさせたところ, 化合物 **F** が得られた。

実験5 **F** にフェーリング液を加えて穏やかに加熱すると, 赤色沈殿が生じた。

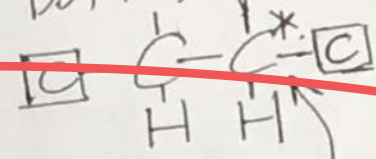
実験6 **F** を水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させると, ヨウ化ナトリウムと水とともに特有の臭気をもつ黄色結晶とナトリウム塩 **G** が生じた。

実験7 **D** に塩化鉄(III)水溶液を加えたところ, 特有の呈色反応を示した。

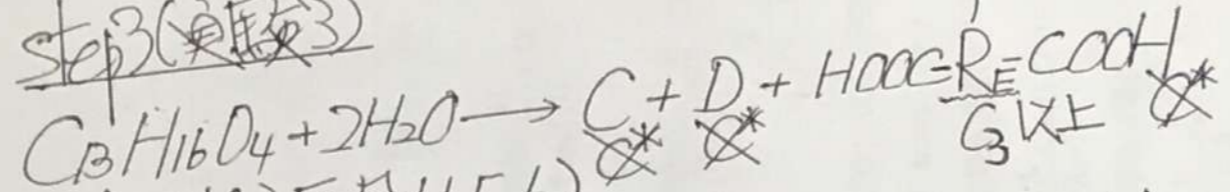
Step 1 (実験1) (試料)



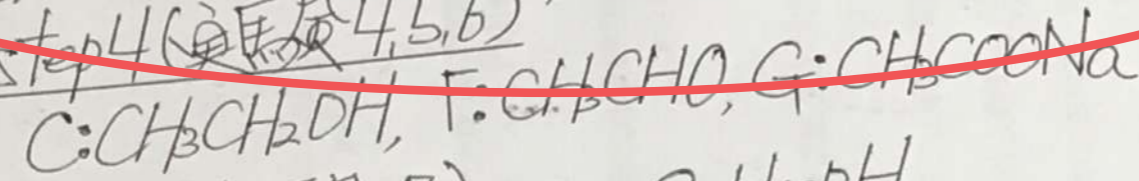
Step 2 (実験2)



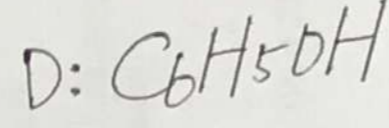
Step 3 (実験3)



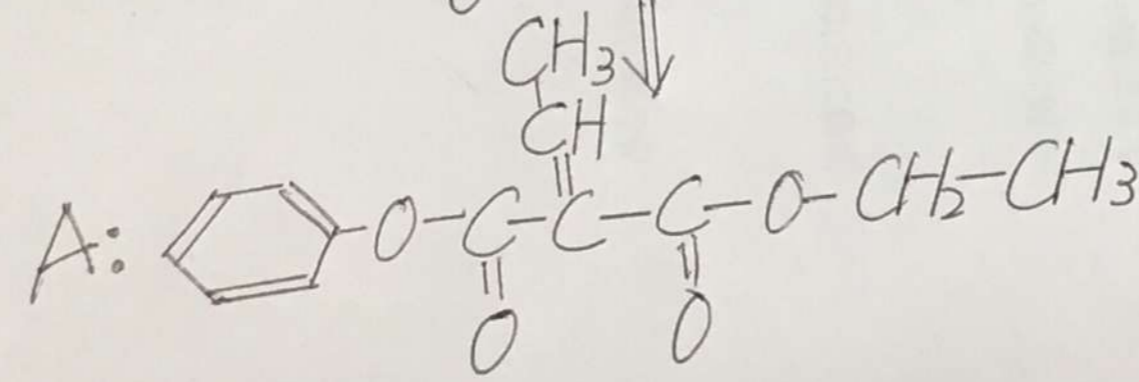
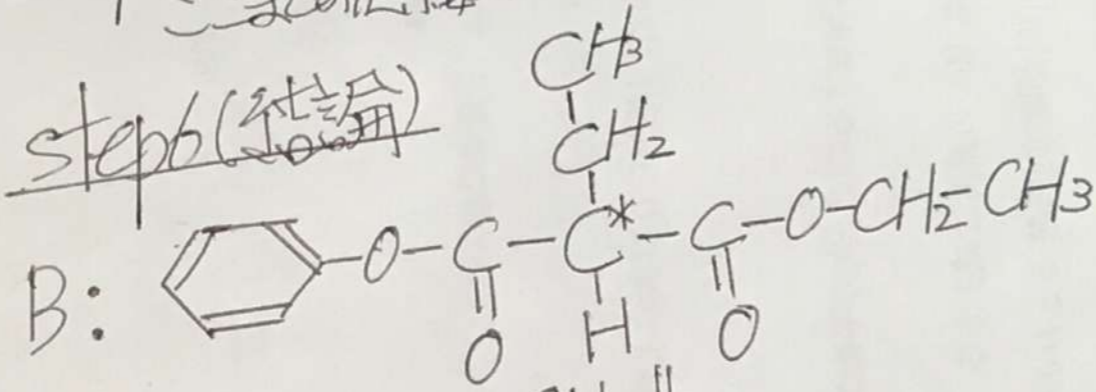
Step 4 (実験4, 5, 6)



Step 5 (実験7)  
二つの化合物



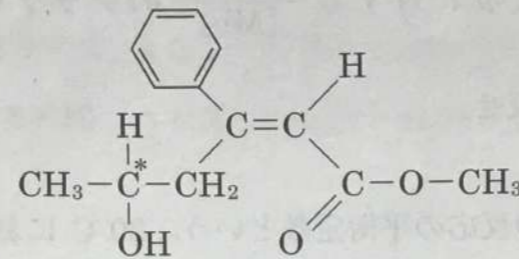
Step 6 (討論)





炭素, 水素, 酸素からなり, 分子量 234 の化合物 **A** がある。化合物 **A** には幾何異性体は存在するが, 光学異性体は存在しない。構造式や不斉炭素原子の表示(\*)を求められた場合は, 下記の例にならって書け。ただし, 光学異性体は区別しない。

(例)



実験1 **A** 117 mg を完全に燃焼させたところ, 二酸化炭素 286 mg と水 63 mg が生成した。

実験2 **A** に対して適切な触媒を用いて水素を付加させると, 分子量が 2.0 増加した化合物 **B** が得られた。**B** は不斉炭素原子を 1 つもつことがわかった。

実験3 **B** に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したのち, 希塩酸を加えて酸性にしたところ, 化合物 **C**, **D**, **E** が得られた。これらはいずれも不斉炭素原子をもたないことがわかった。また, **E** はジカルボン酸であった。

実験4 空気中で熱した銅線に **C** の蒸気を触れさせたところ, 化合物 **F** が得られた。

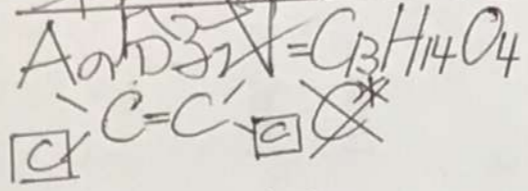
実験5 **F** にフェーリング液を加えて穏やかに加熱すると, 赤色沈殿が生じた。

実験6 **F** を水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させると, ヨウ化ナトリウムと水とともに特有の臭気をもつ黄色結晶とナトリウム塩 **G** が生じた。

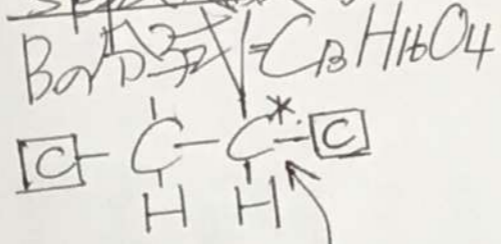
実験7 **D** に塩化鉄(III)水溶液を加えたところ, 特有の呈色反応を示した。



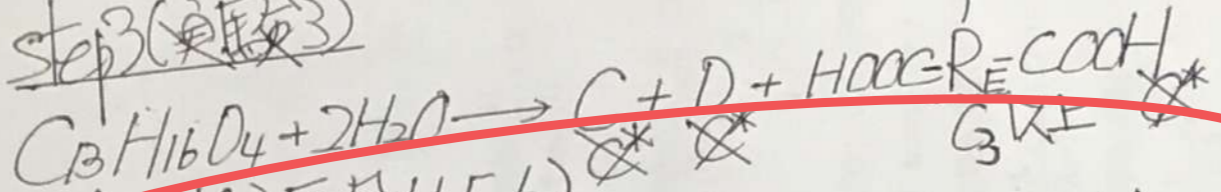
Step 1 (実験1) (推定)



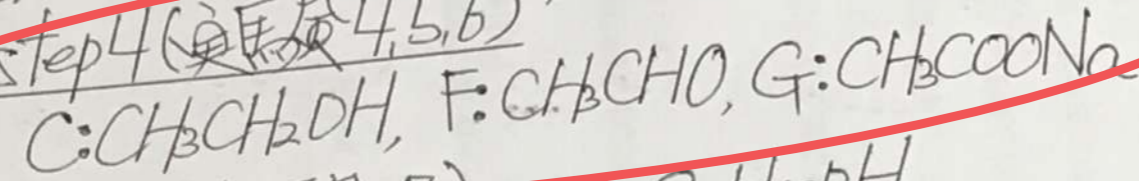
Step 2 (実験2)



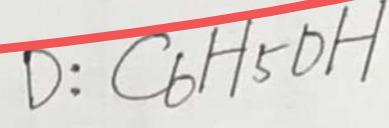
Step 3 (実験3)



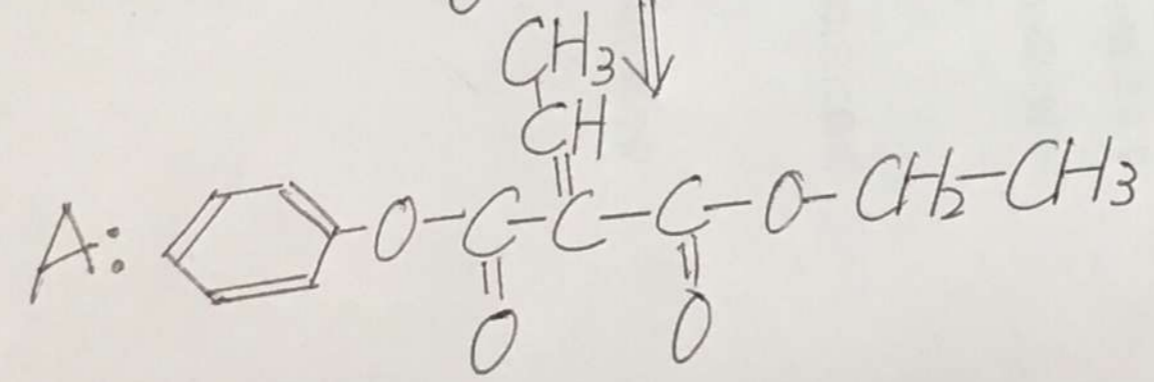
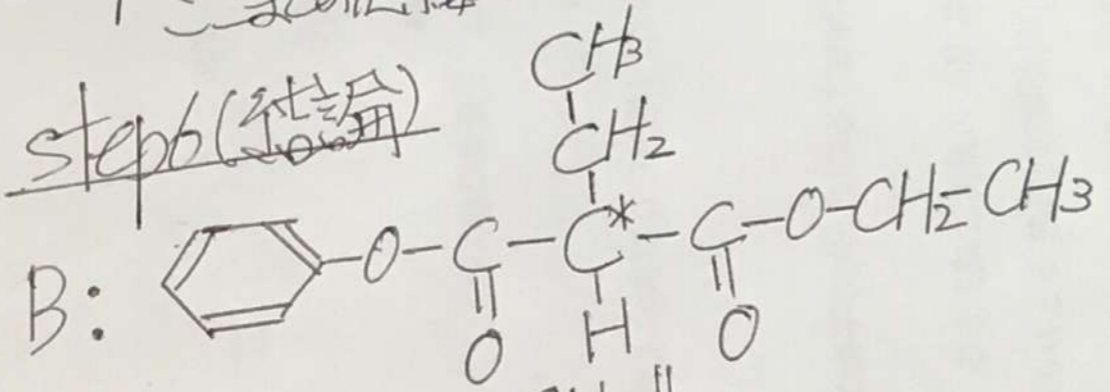
Step 4 (実験4, 5, 6)



Step 5 (実験7)  
二つの化合物

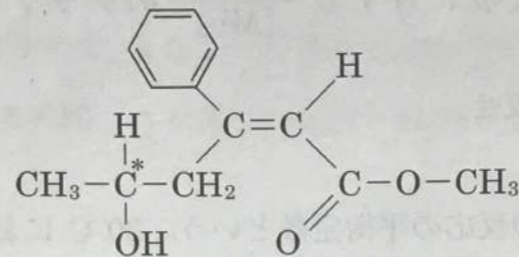


Step 6 (推定)



炭素, 水素, 酸素からなり, 分子量 234 の化合物 **A** がある。化合物 **A** には幾何異性体は存在するが, 光学異性体は存在しない。構造式や不斉炭素原子の表示(\*)を求められた場合は, 下記の例にならって書け。ただし, 光学異性体は区別しない。

(例)



実験1 **A** 117 mg を完全に燃焼させたところ, 二酸化炭素 286 mg と水 63 mg が生成した。

実験2 **A** に対して適切な触媒を用いて水素を付加させると, 分子量が 2.0 増加した化合物 **B** が得られた。**B** は不斉炭素原子を 1 つもつことがわかった。

実験3 **B** に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したのち, 希塩酸を加えて酸性にしたところ, 化合物 **C**, **D**, **E** が得られた。これらはいずれも不斉炭素原子をもたないことがわかった。また, **E** はジカルボン酸であった。

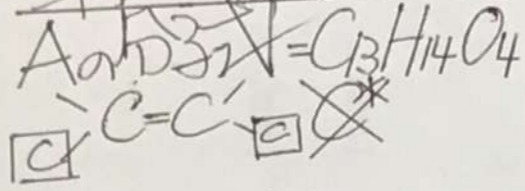
実験4 空気中で熱した銅線に **C** の蒸気を触れさせたところ, 化合物 **F** が得られた。

実験5 **F** にフェーリング液を加えて穏やかに加熱すると, 赤色沈殿が生じた。

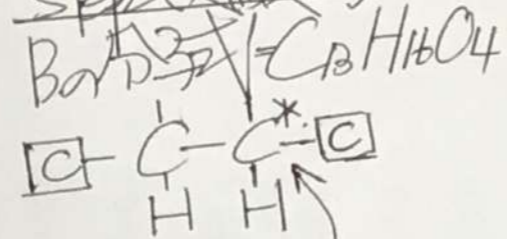
実験6 **F** を水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させると, ヨウ化ナトリウムと水とともに特有の臭気をもつ黄色結晶とナトリウム塩 **G** が生じた。

実験7 **D** に塩化鉄(III)水溶液を加えたところ, 特有の呈色反応を示した。

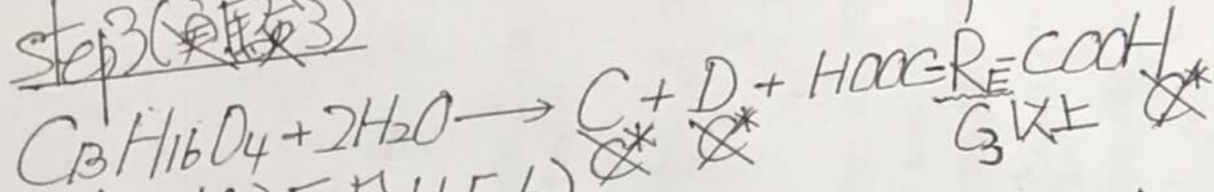
Step 1 (実験1) (得意)



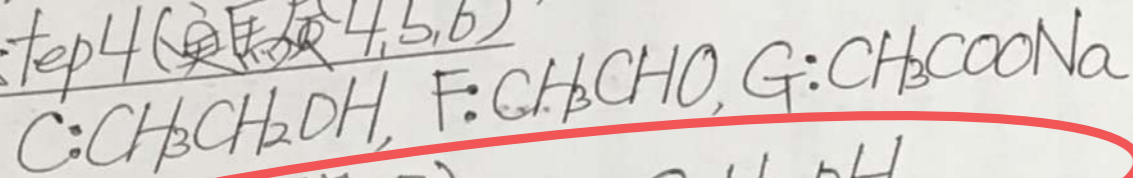
Step 2 (実験2)



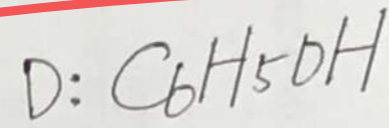
Step 3 (実験3)



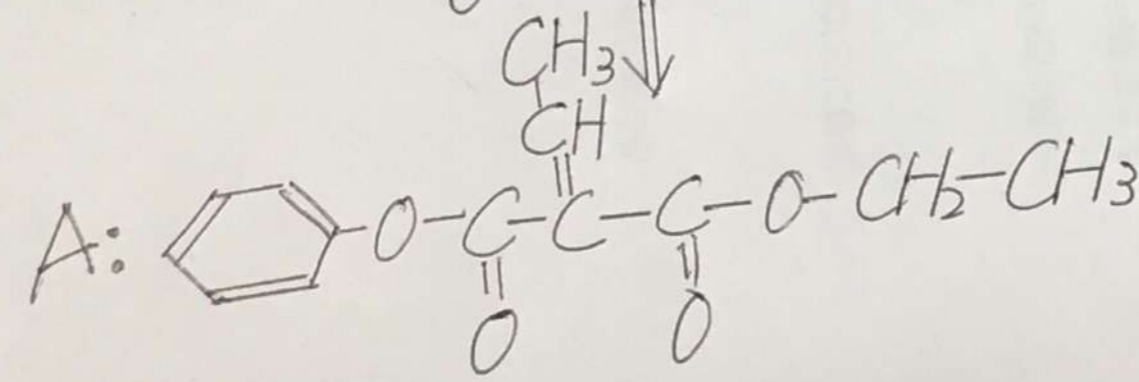
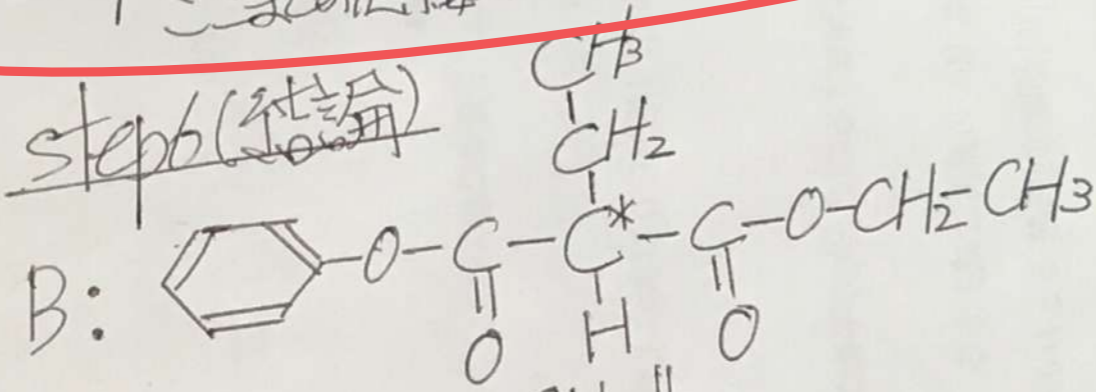
Step 4 (実験4, 5, 6)



Step 5 (実験7)

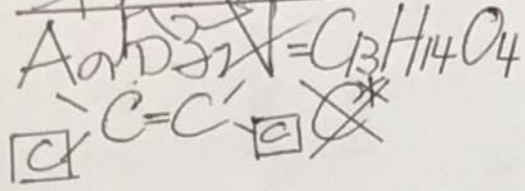


Step 6 (社論)

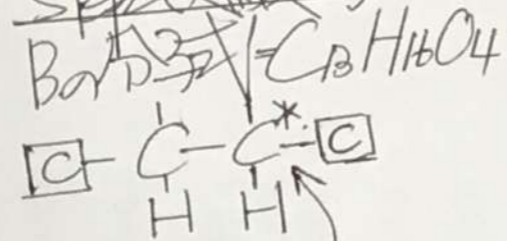




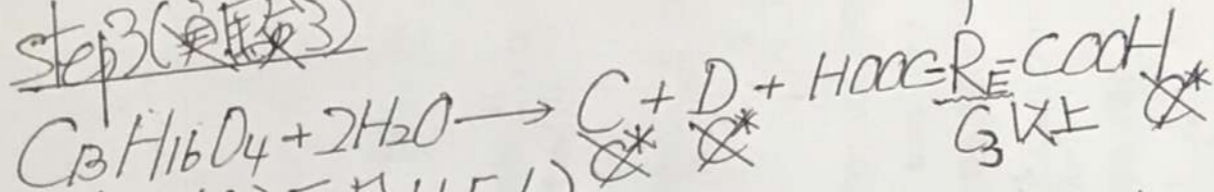
Step 1 (実験1) (試料)



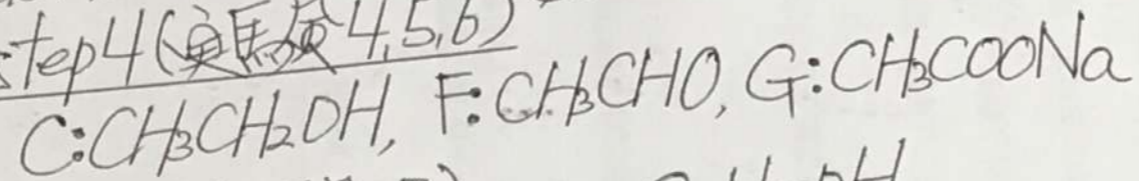
Step 2 (実験2)



Step 3 (実験3)

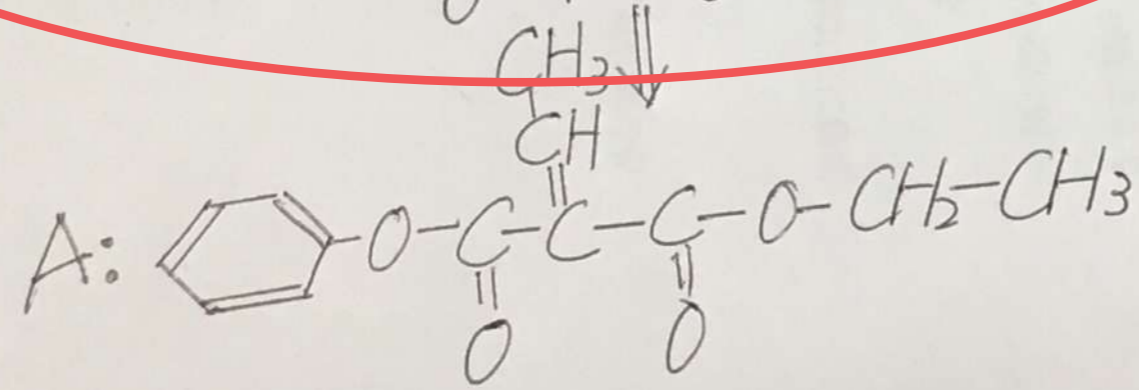
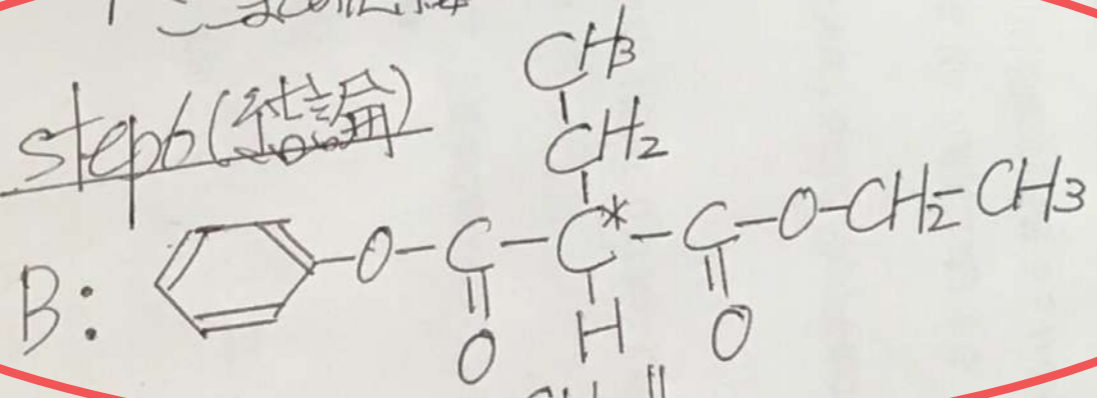


Step 4 (実験4, 5, 6)



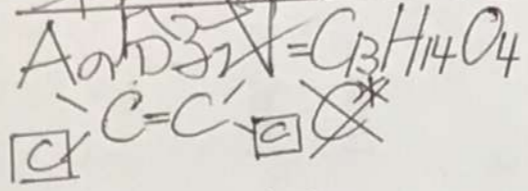
Step 5 (実験7) D:  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$   
三つの転換

Step 6 (討論)

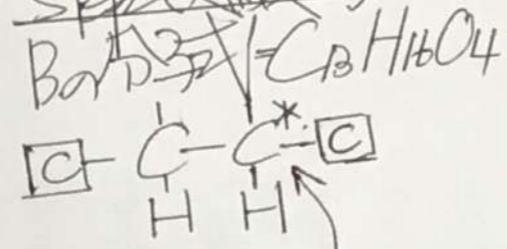




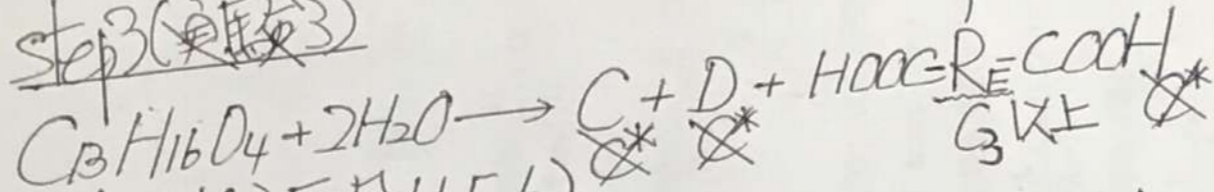
Step 1 (実験1) (試料)



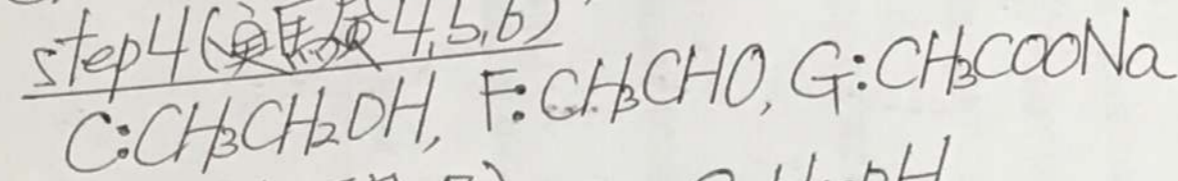
Step 2 (実験2)



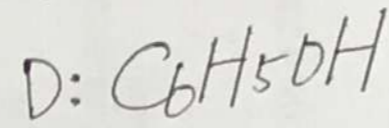
Step 3 (実験3)



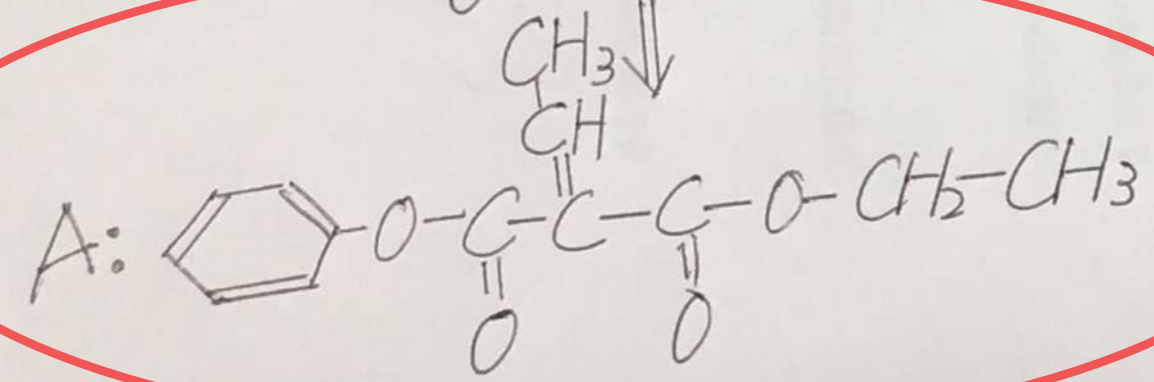
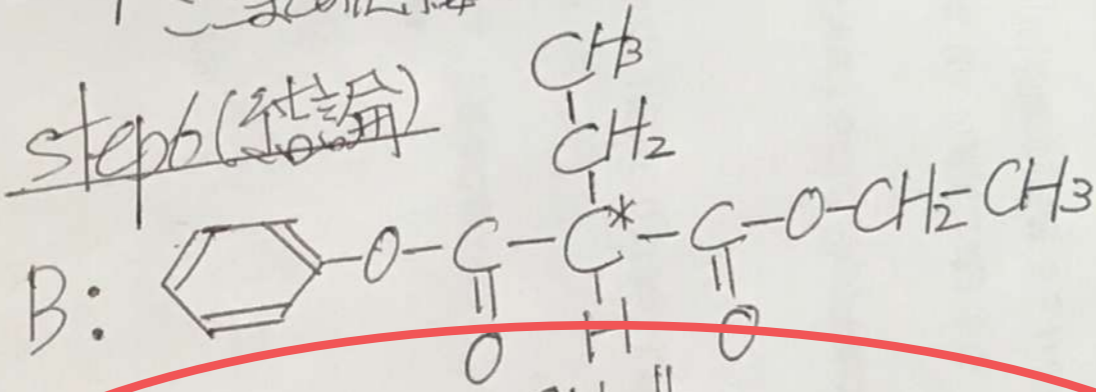
Step 4 (実験4, 5, 6)



Step 5 (実験7)  
二つの試料

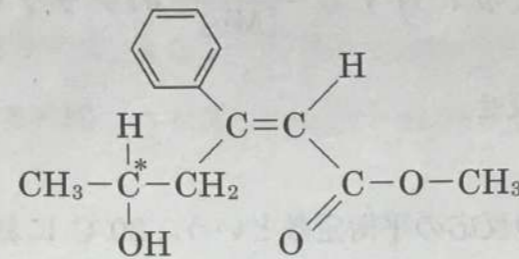


Step 6 (討論)



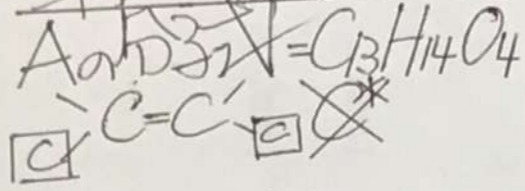
炭素, 水素, 酸素からなり, 分子量 234 の化合物 **A** がある。化合物 **A** には幾何異性体は存在するが, 光学異性体は存在しない。構造式や不斉炭素原子の表示(\*)を求められた場合は, 下記の例にならって書け。ただし, 光学異性体は区別しない。

(例)

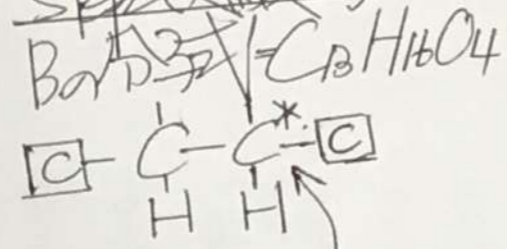


- 実験1 **A** 117 mg を完全に燃焼させたところ, 二酸化炭素 286 mg と水 63 mg が生成した。
- 実験2 **A** に対して適切な触媒を用いて水素を付加させると, 分子量が 2.0 増加した化合物 **B** が得られた。**B** は不斉炭素原子を 1 つもつことがわかった。
- 実験3 **B** に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したのち, 希塩酸を加えて酸性にしたところ, 化合物 **C**, **D**, **E** が得られた。これらはいずれも不斉炭素原子をもたないことがわかった。また, **E** はジカルボン酸であった。
- 実験4 空気中で熱した銅線に **C** の蒸気を触れさせたところ, 化合物 **F** が得られた。
- 実験5 **F** にフェーリング液を加えて穏やかに加熱すると, 赤色沈殿が生じた。
- 実験6 **F** を水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させると, ヨウ化ナトリウムと水とともに特有の臭気をもつ黄色結晶とナトリウム塩 **G** が生じた。
- 実験7 **D** に塩化鉄(III)水溶液を加えたところ, 特有の呈色反応を示した。

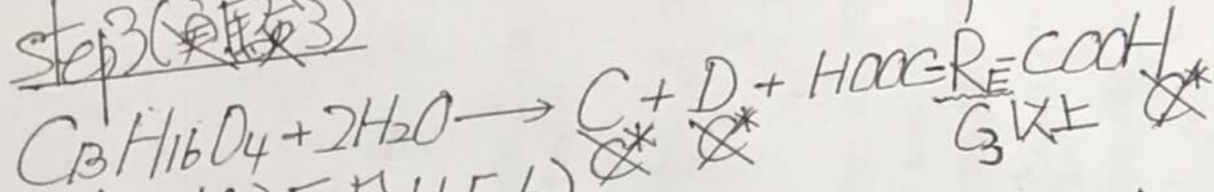
Step 1 (実験1) (推定)



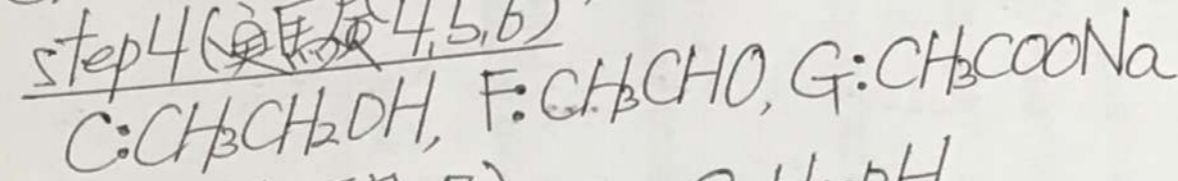
Step 2 (実験2)



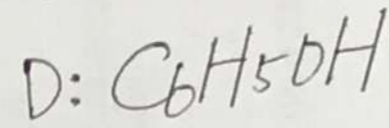
Step 3 (実験3)



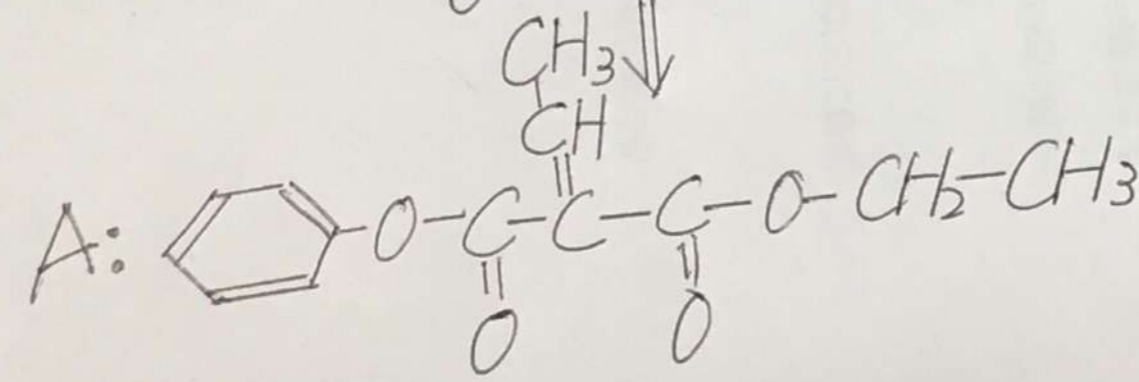
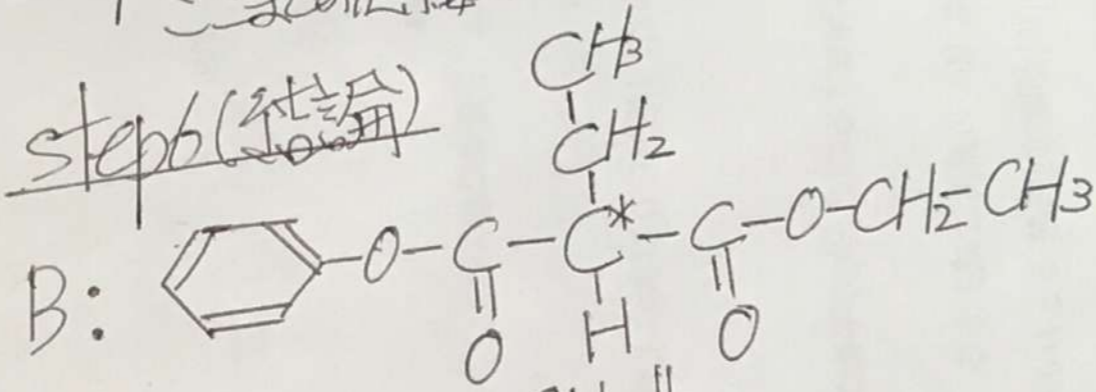
Step 4 (実験4, 5, 6)

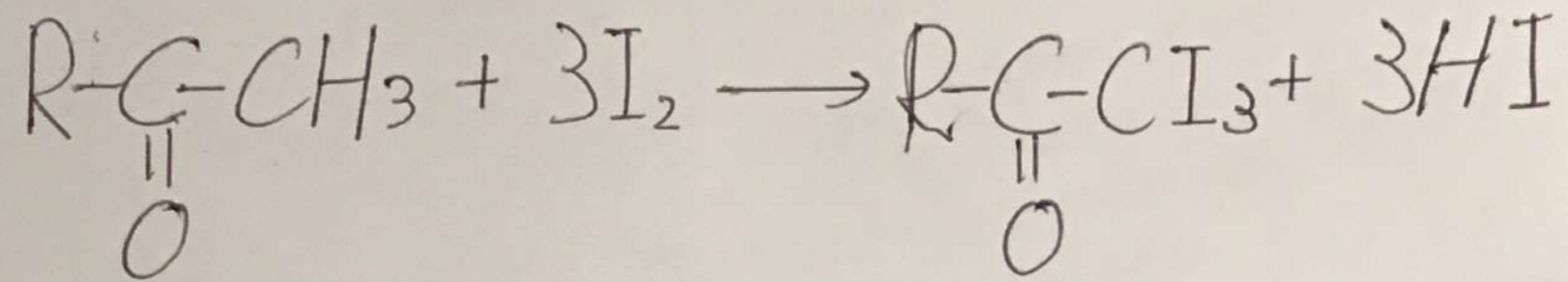


Step 5 (実験7)  
二つの化合物

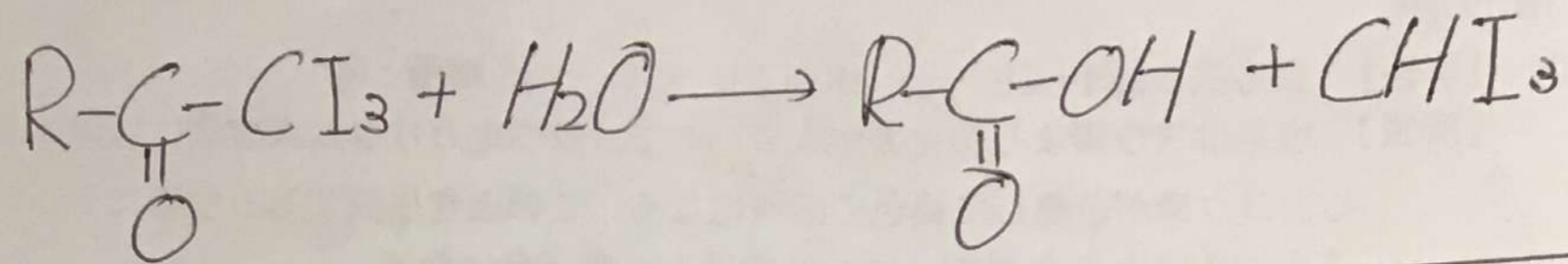
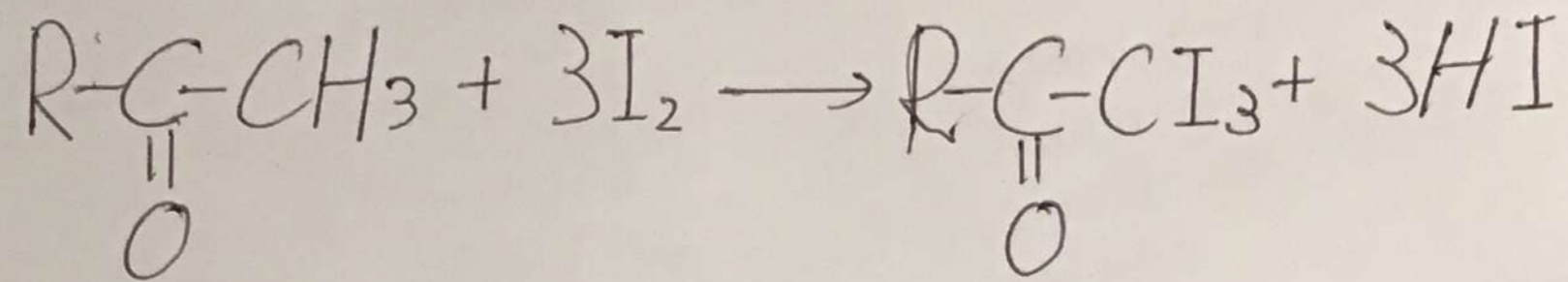


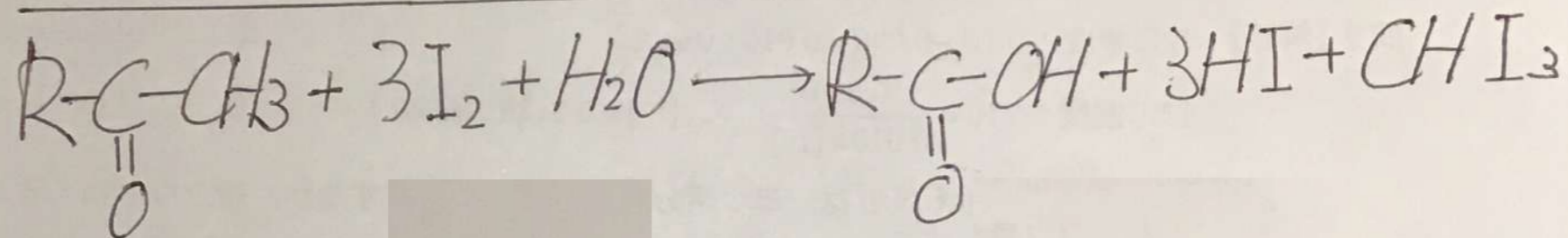
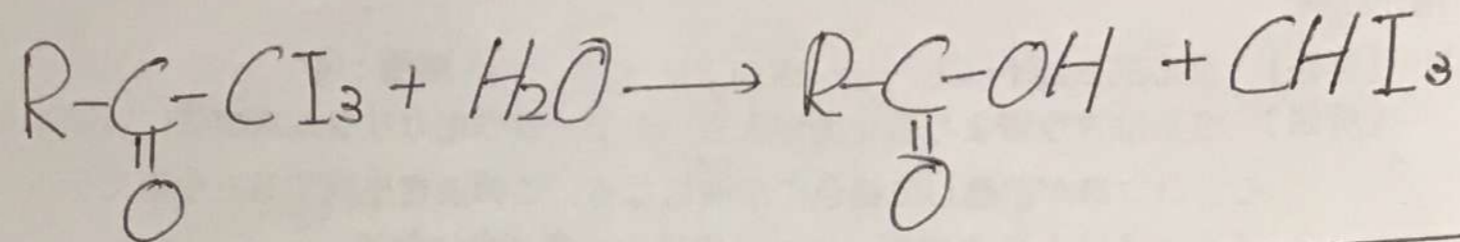
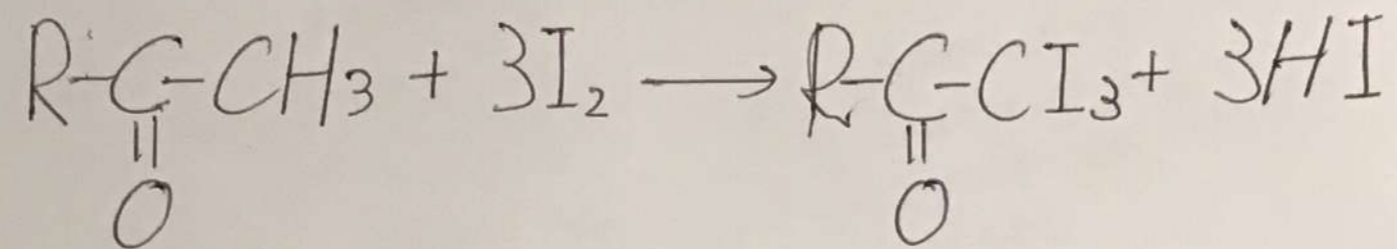
Step 6 (推定)

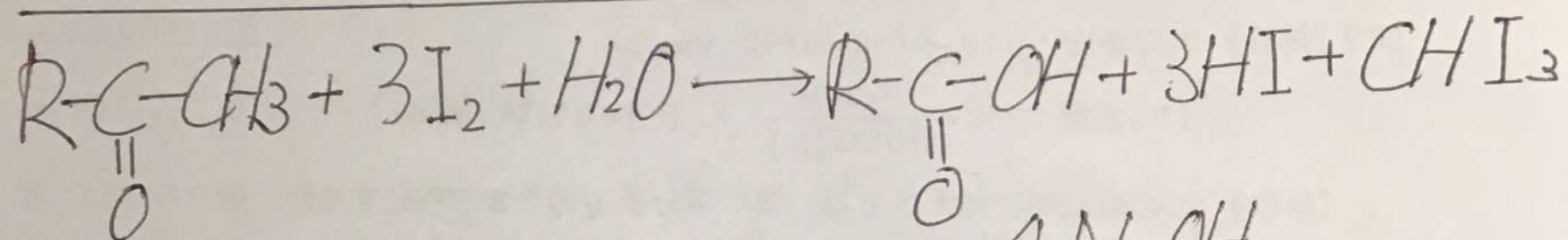
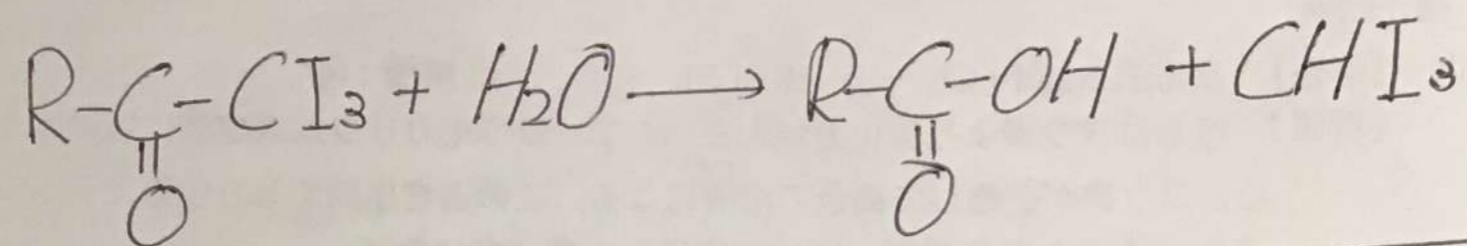
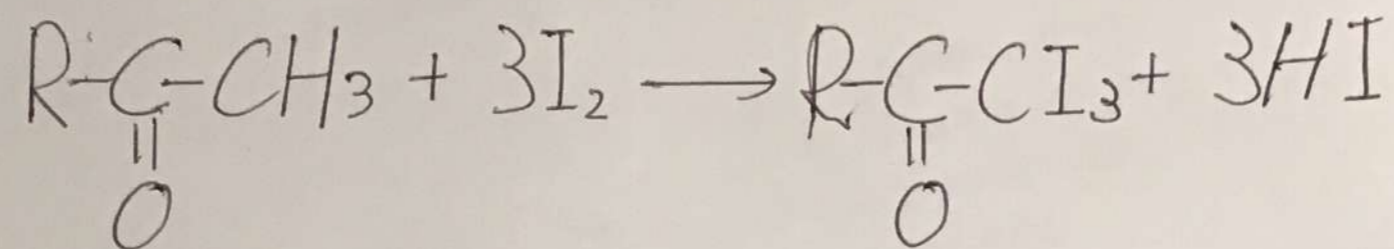






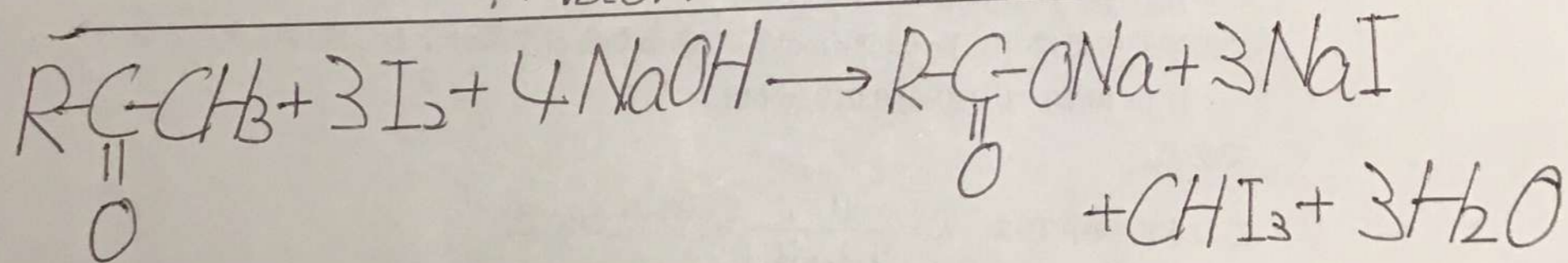






4NaOH

4NaOH







お疲れ様でした。

