

# 電離平衡というと

1価: 酢酸、アンモニア水

2価: 炭酸、硫化水素水溶液

3価: リン酸

有機酸: アミノ酸



# プリントにあります。

理解して身に付けておくべき事柄の一覧です♥

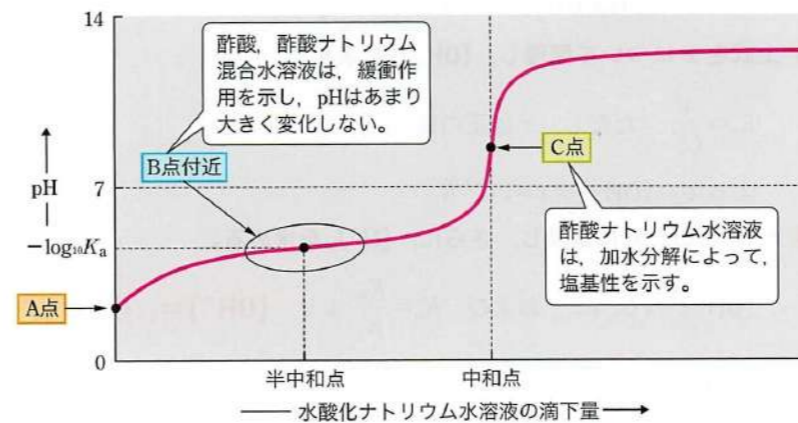
## ■ CH<sub>3</sub>COOH-NaOH 滴定曲線

**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。

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

ただし、 $K_a$  は酢酸の電離定数である。



**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  $[H^+]$  は次のように表される。

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

すなわち pH は、

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

によって求められる。

ただし、 $K_a$  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  $C_s'$  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。

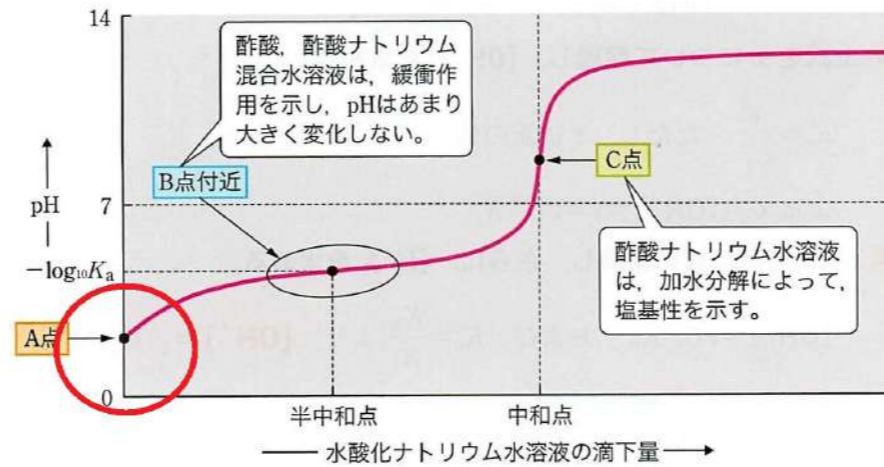
ただし、 $K_a$  は酢酸の電離定数、 $K_w$  は水のイオン積である。

■ 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 mol/L とし，酢酸ナトリウムの濃度を C' mol/L とする

**では、まず、  
 酢酸aqについて整理しましょう。**

ただし、 $K_a$  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  $[H^+]$  は次のように表される。

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

すなわち pH は，

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

によって求められる。

ただし、 $K_a$  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  $C_s'$  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。



## 化学平衡の量的な関係に関する問題を解く手順は？

- ① 平衡時の各物質の濃度を整理する。
- ② 整理した結果を、化学平衡の法則(平衡定数の式)に代入する。

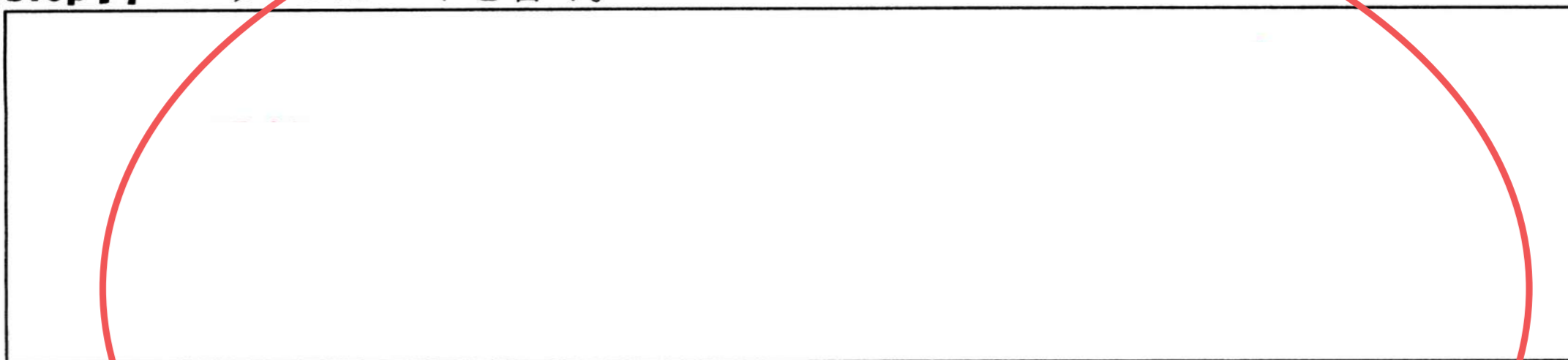
が基本♡

濃度を  $C \text{ mol/L}$  とおく。

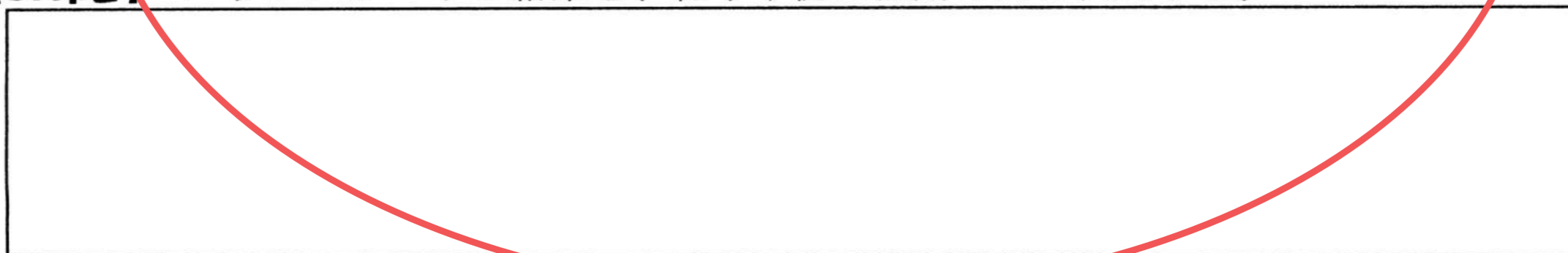
## 酢酸水溶液について、用いる式の導入

問1 酢酸水溶液について

**[step1]** バランスシートを書く。



**[step2]** バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入する。



濃度を  $C \text{ mol/L}$  とおく。

## 酢酸水溶液について、用いる式の導入

問1 酢酸水溶液について

【step1】 バランスシートを書く。



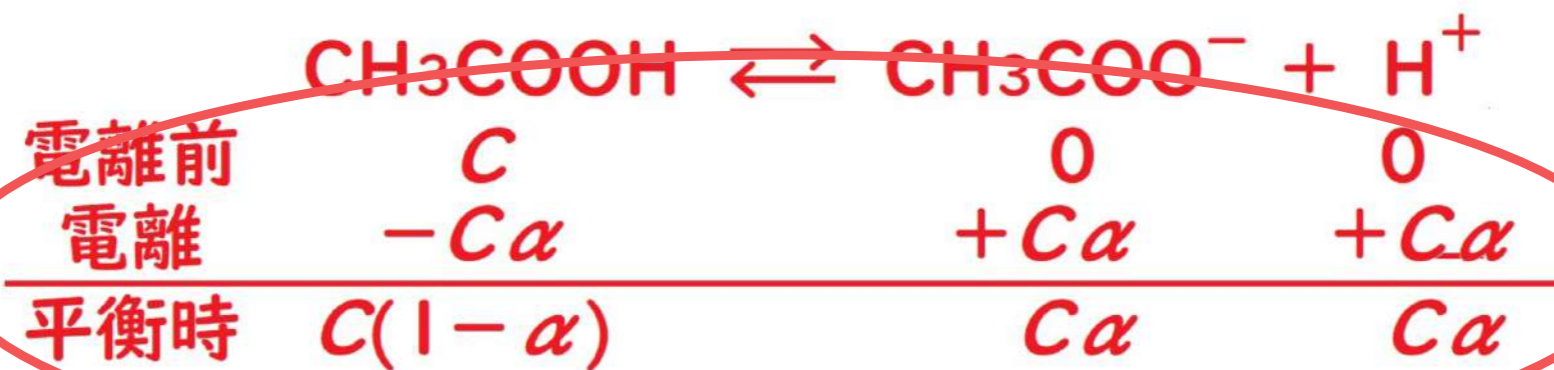
【step2】 バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入する。

濃度を  $C \text{ mol/L}$  とおく。

## 酢酸水溶液について、用いる式の導入

問1 酢酸水溶液について

【step1】 バランスシートを書く。



【step2】 バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入する。

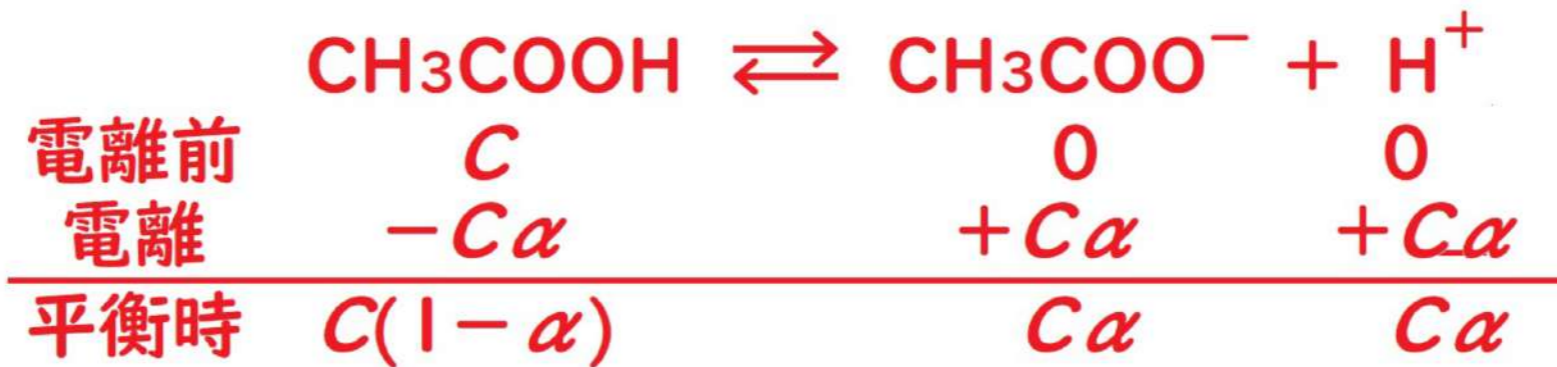


濃度を  $C \text{ mol/L}$  とおく。

## 酢酸水溶液について、用いる式の導入

問1 酢酸水溶液について

【step1】 バランスシートを書く。



【step2】 バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入する。

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

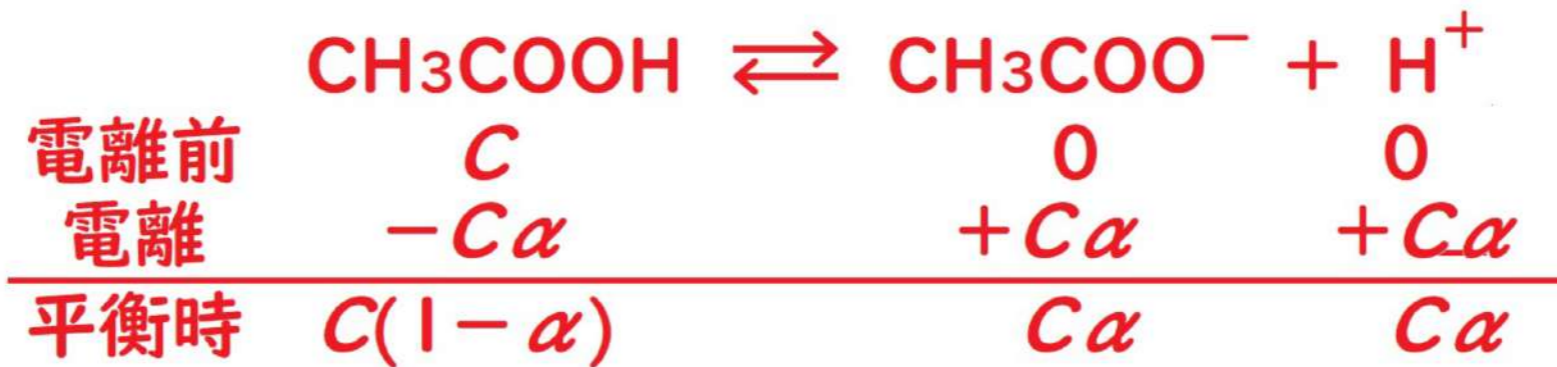


濃度を  $C \text{ mol/L}$  とおく。

## 酢酸水溶液について、用いる式の導入

問1 酢酸水溶液について

【step1】 バランスシートを書く。

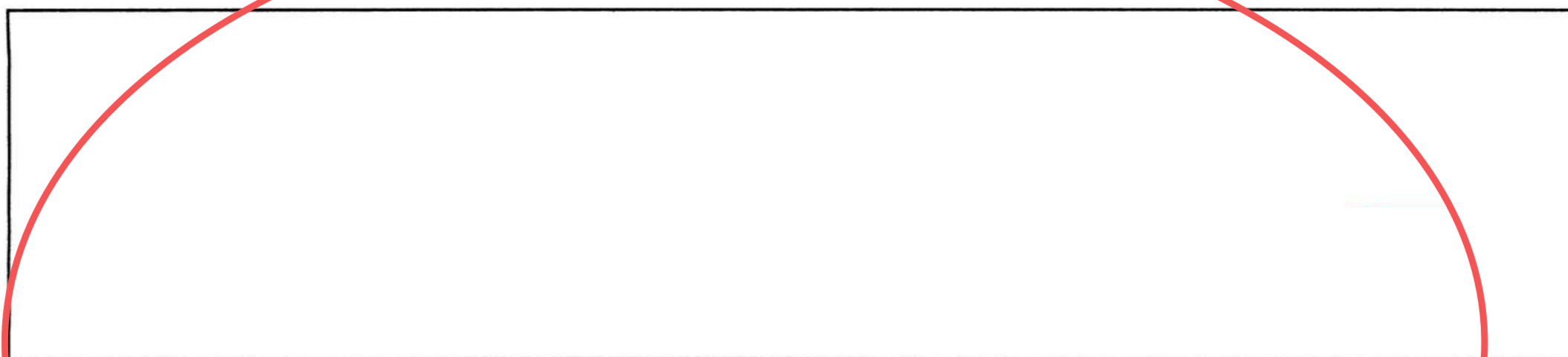


【step2】 バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入する。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{C\alpha \times C\alpha}{C(1-\alpha)} = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha}$$

# 酢酸水溶液について、用いる式の導入

**【step3】** 【step 2】で得られた関係式を、『 $0 < \alpha \ll 1$ 』という条件の下で、 $\alpha$ について解く。また、 $[H^+]$ について整理する。



発展的考察

**【step4】** ここまでに得られた知見を整理しておく。→別紙の滴定曲線のA点

# 酢酸水溶液について、用いる式の導入

**【step3】** 【step 2】で得られた関係式を、『 $0 < \alpha \ll 1$ 』という条件の下で、 $\alpha$ について解く。また、 $[H^+]$ について整理する。

$$K_a = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \doteq C\alpha^2$$

↑  
 $\alpha \ll 1$

発展的考察

**【step4】** ここまでに得られた知見を整理しておく。 → 別紙の滴定曲線のA点



# 酢酸水溶液について、用いる式の導入

**【step3】** 【step 2】で得られた関係式を、『 $0 < \alpha \ll 1$ 』という条件の下で、 $\alpha$ について解く。また、 $[H^+]$ について整理する。

$$K_a = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \doteq C\alpha^2 \xrightarrow{(0 < \alpha \leq 1)} \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$$

$\uparrow$   
 $\alpha \ll 1$

発展的考察

**【step4】** ここまでに得られた知見を整理しておく。 → 別紙の滴定曲線のA点

# 酢酸水溶液について、用いる式の導入

**【step3】** 【step 2】で得られた関係式を、『 $0 < \alpha \ll 1$ 』という条件の下で、 $\alpha$ について解く。また、 $[H^+]$ について整理する。

$$K_a = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \stackrel{\substack{\uparrow \\ \alpha \ll 1}}{=} C\alpha^2 \xrightarrow{(0 < \alpha \leq 1)} \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$$

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

発展的考察

**【step4】** ここまでに得られた知見を整理しておく。 → 別紙の滴定曲線のA点

**A点**：酢酸水溶液

濃度を  $C \text{ mol/L}$  とすると、酢酸水溶液の水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  は次のように表される。

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

すなわち pH は、

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

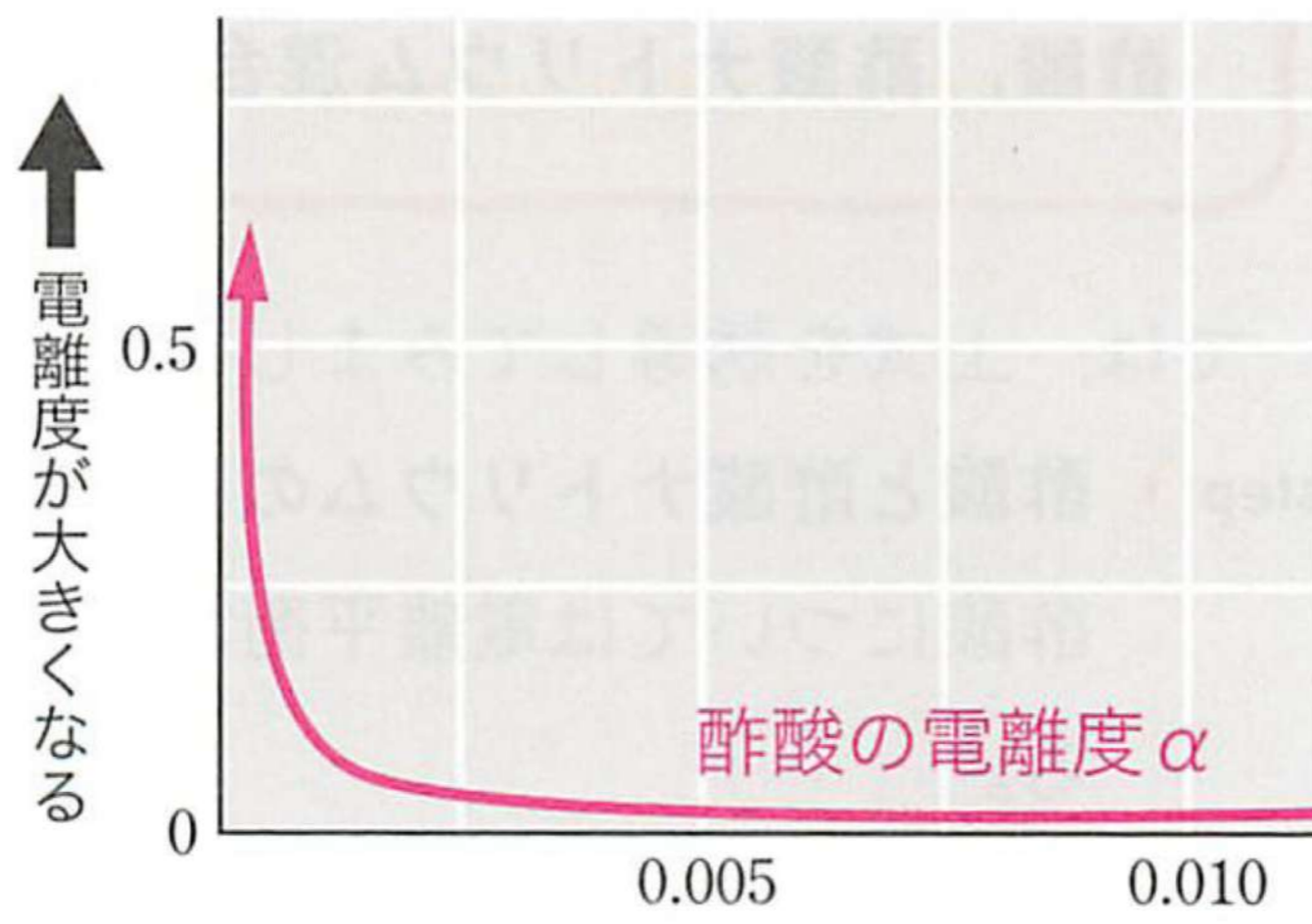
によって求められる。

ただし、 $K_a$  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。

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

**濃度が薄くなるほど  
電離度は大きくなる！**





← 濃度 (mol/L) が小さくなると

つまり、濃度が小さくなると、  
 $\alpha \ll 1$  とは言えなくなる。

# 酢酸水溶液について、用いる式の導入

**【step3】** 【step 2】で得られた関係式を、『 $0 < \alpha \ll 1$ 』という条件の下で、 $\alpha$ について解く。また、 $[H^+]$ について整理する。

$$K_a = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \stackrel{\substack{\uparrow \\ \alpha \ll 1}}{\doteq} C\alpha^2 \xrightarrow{(0 < \alpha \leq 1)} \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$$
$$\therefore [H^+] = C\alpha = \sqrt{CK_a}$$

発展的考察

$$K_a = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha}$$

**【step4】** ここまでに得られた知見を整理しておく。 → 別紙の滴定曲線のA点

# 酢酸水溶液について、用いる式の導入

**【step3】** 【step 2】で得られた関係式を、『 $0 < \alpha \ll 1$ 』という条件の下で、 $\alpha$ について解く。また、 $[H^+]$ について整理する。

$$K_a = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \stackrel{\substack{\uparrow \\ \alpha \ll 1}}{\doteq} C\alpha^2 \xrightarrow{(0 < \alpha \leq 1)} \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$$
$$\therefore [H^+] = C\alpha = \sqrt{CK_a}$$

発展的考察

$$K_a = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \Rightarrow C\alpha^2 + K_a\alpha - K_a = 0$$

**【step4】** ここまでに得られた知見を整理しておく。 → 別紙の滴定曲線のA点



# 酢酸水溶液について、用いる式の導入

**【step3】** 【step 2】で得られた関係式を、『 $0 < \alpha \ll 1$ 』という条件の下で、 $\alpha$ について解く。また、 $[H^+]$ について整理する。

$$K_a = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \stackrel{\substack{\uparrow \\ \alpha \ll 1}}{\doteq} C\alpha^2 \xrightarrow{(0 < \alpha \leq 1)} \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$$
$$\therefore [H^+] = C\alpha = \sqrt{CK_a}$$

発展的考察

$$K_a = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \Rightarrow C\alpha^2 + K_a\alpha - K_a = 0 \Rightarrow \alpha = \frac{-K_a + \sqrt{K_a^2 + 4CK_a}}{2C}$$

**【step4】** ここまでに得られた知見を整理しておく。 → 別紙の滴定曲線のA点

# 酢酸水溶液について、用いる式の導入

**【step3】** 【step 2】で得られた関係式を、『 $0 < \alpha \ll 1$ 』という条件の下で、 $\alpha$ について解く。また、 $[H^+]$ について整理する。

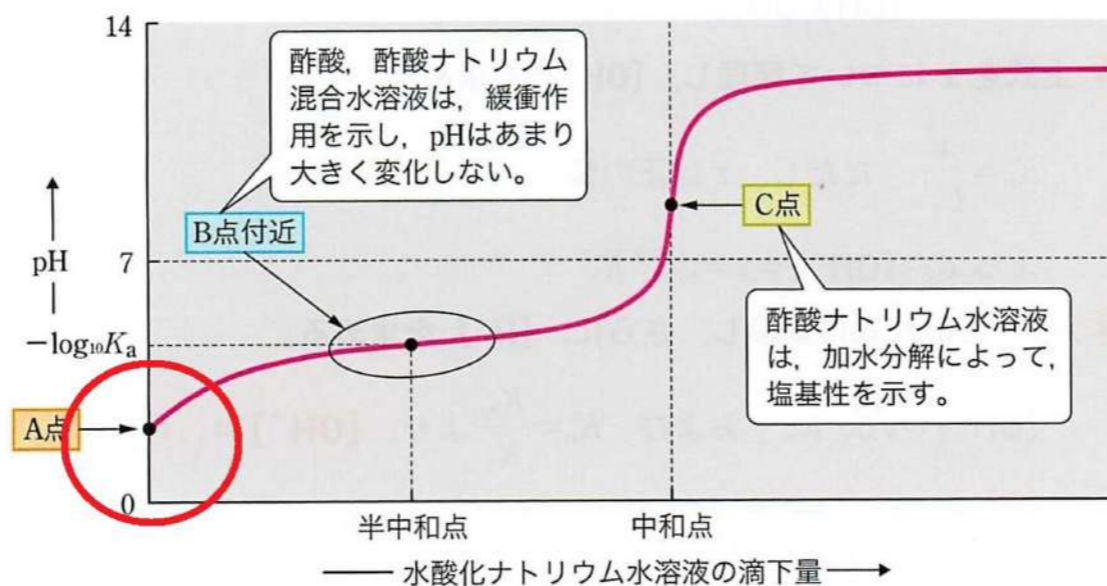
$$K_a = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \stackrel{\substack{\uparrow \\ \alpha \ll 1}}{\doteq} C\alpha^2 \xrightarrow{(0 < \alpha \leq 1)} \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C}}$$
$$\therefore [H^+] = C\alpha = \sqrt{CK_a}$$

## 発展的考察

$$K_a = \frac{C\alpha^2}{1-\alpha} \rightarrow C\alpha^2 + K_a\alpha - K_a = 0 \rightarrow \alpha = \frac{-K_a + \sqrt{K_a^2 + 4CK_a}}{2C}$$

$\alpha \ll 1$ が成立しないほど十分に濃度が薄いとき(例;  $C = K_a$ など)、近似式ではなく上式を用いる。

**【step4】** ここまでに得られた知見を整理しておく。→ 別紙の滴定曲線のA点



**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  $[H^+]$  は次のように表される。

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

すなわち pH は、

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

によって求められる。

ただし、 $K_a$  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  $C_s'$  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。



問1(1)の解答:上記【step3】の通り。

## 酢酸水溶液について、具体的な計算練習

問1(2)

上記【step 3】で得られた式を用いて計算する。

$$[H^+] = \sqrt{CK_a} = \sqrt{0.20 \times 2.0 \times 10^{-5}} = 2.0 \times 10^{-3} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(2.0 \times 10^{-3}) = 2.70$$

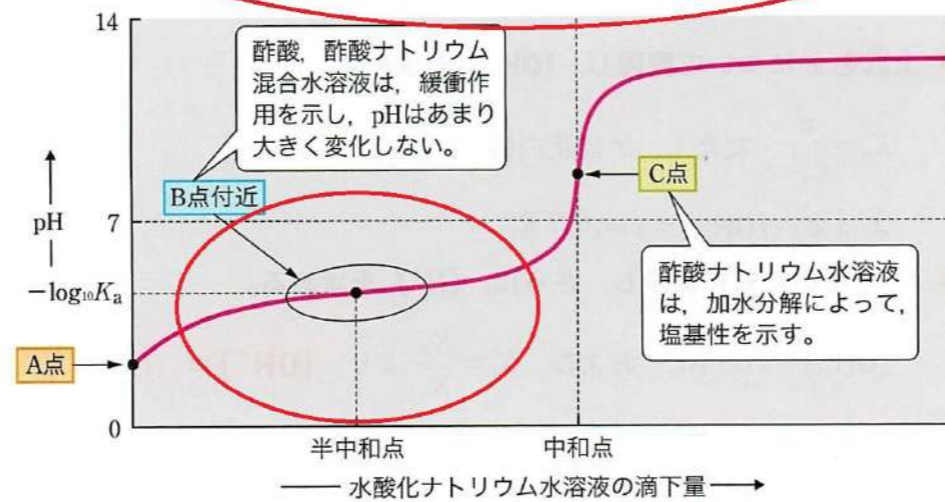
問1(2)の解答:2.7

### ■ 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。



**次は、酢酸 - 酢酸ナトリウム混合水溶液 (緩衝液) について考えてみることにしましょう。**

**(整理しましょう。)**

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， $K_a$  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。

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

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_a K_w}{C_s'}}$$
 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， $K_a$  は酢酸の電離定数， $K_w$  は水のイオン積である。

## 化学平衡の量的な関係に関する問題を解く手順は？

- ① 平衡時の各物質の濃度を整理する。
- ② 整理した結果を、化学平衡の法則(平衡定数の式)に代入する。

が基本！❤



酢酸-酢酸ナトリウム混合水溶液について、用いる式の導入  
濃度をそれぞれ  $C_a$  mol/L,  $C_s$  mol/L とおく。

問2 酢酸-酢酸ナトリウム混合水溶液について

**[step1]** バランスシートを書く。

A large empty rectangular box for writing the balance sheet, with a horizontal dashed line across the middle.
---

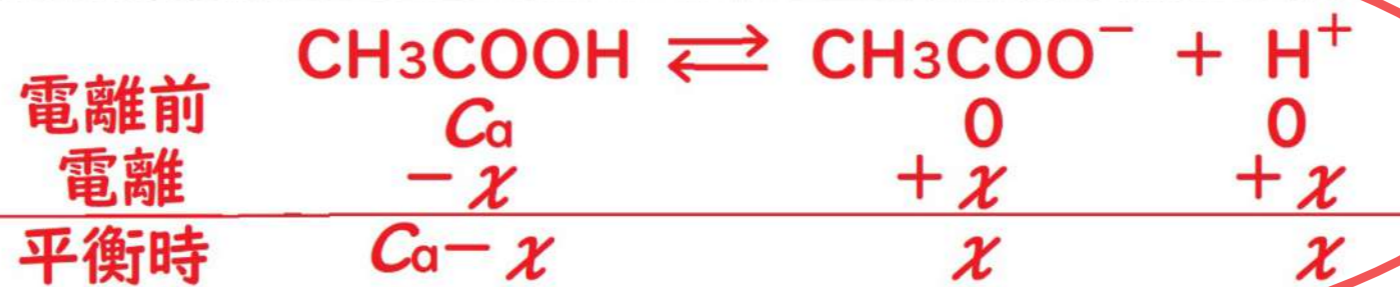
**[step2]** バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入し、近似・整理する。

A large empty rectangular box for writing the results of the balance sheet and the derivation of the equilibrium equation.
--

酢酸-酢酸ナトリウム混合水溶液について、用いる式の導入濃度をそれぞれ  $C_a$  mol/L,  $C_s$  mol/L とおく。

問2 ~~酢酸-酢酸ナトリウム混合水溶液について~~

**[step1]** バランスシートを書く。



ここは弱酸の電離平衡

**[step2]** バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入し、近似・整理する。

酢酸-酢酸ナトリウム混合水溶液について、用いる式の導入濃度をそれぞれ  $C_a$  mol/L,  $C_s$  mol/L とおく。

問2 酢酸-酢酸ナトリウム混合水溶液について

【step1】 バランスシートを書く。

	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$		
電離前	$C_a$	0	0
電離	$-\alpha$	$+\alpha$	$+\alpha$
平衡時	$C_a - \alpha$	$\alpha$	$\alpha$
-----			
	$\text{CH}_3\text{COONa} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+$		
電離前	$C_s$	0	0
電離	$-C_s$	$+C_s$	$+C_s$
電離後	0	$C_s$	$C_s$

【step2】 バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入し、近似・整理する。

ここは塩の完全電離です！



酢酸-酢酸ナトリウム混合水溶液について、用いる式の導入濃度をそれぞれ  $C_a$  mol/L,  $C_s$  mol/L とおく。

問2 酢酸-酢酸ナトリウム混合水溶液について

【step1】 バランスシートを書く。

	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$		
電離前	$C_a$	$0$	$0$
電離	$-\chi$	$+\chi$	$+\chi$
平衡時	$C_a - \chi$	$\chi$	$\chi$
-----			
	$\text{CH}_3\text{COONa} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+$		
電離前	$C_s$	$0$	$0$
電離	$-C_s$	$+C_s$	$+C_s$
電離後	$0$	$C_s$	$C_s$

【step2】 バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入し、近似・整理する。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{(C_s + \chi) \times \chi}{C_a - \chi}$$

酢酸-酢酸ナトリウム混合水溶液について、用いる式の導入濃度をそれぞれ  $C_a$  mol/L,  $C_s$  mol/L とおく。

問2 酢酸-酢酸ナトリウム混合水溶液について

【step1】 バランスシートを書く。

	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$		
電離前	$C_a$	$0$	$0$
電離	$-x$	$+x$	$+x$
平衡時	$C_a - x$	$x$	$x$
-----			
	$\text{CH}_3\text{COONa} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+$		
電離前	$C_s$	$0$	$0$
電離	$-C_s$	$+C_s$	$+C_s$
電離後	$0$	$C_s$	$C_s$

【step2】 バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入し、近似・整理する。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{(C_s + x) \times x}{C_a - x} \doteq \frac{C_s}{C_a} x$$

$$C_a \gg x \text{ かつ } C_s \gg x$$

ちなみに、 $1000+1$ の1は消せても  
 $1000 \times 1$ の1は消せないよね。



3

$$C_a \gg x$$

2 平衡は左に偏る

1 共通イオン効果

電離前	$\text{CH}_3\text{COOH}$	$\rightleftharpoons$	$\text{CH}_3\text{COO}^-$	+	$\text{H}^+$
電離	$C_a$		0		0
	$-x$		$+x$		$+x$
平衡時	$C_a - x$		$x$		$x$
<hr/>					
電離前	$\text{CH}_3\text{COONa}$	$\longrightarrow$	$\text{CH}_3\text{COO}^-$	+	$\text{Na}^+$
電離	$C_s$		0		0
	$-C_s$		$+C_s$		$+C_s$
電離後	0		$C_s$		$C_s$

4

ほぼ同程度の濃度なら

$$C_s \gg x$$



酢酸-酢酸ナトリウム混合水溶液について、用いる式の導入濃度をそれぞれ  $C_a$  mol/L,  $C_s$  mol/L とおく。

問2 酢酸-酢酸ナトリウム混合水溶液について

【step1】 バランスシートを書く。

	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$		
電離前	$C_a$	$0$	$0$
電離	$-\chi$	$+\chi$	$+\chi$
平衡時	$C_a - \chi$	$\chi$	$\chi$
-----			
	$\text{CH}_3\text{COONa} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Na}^+$		
電離前	$C_s$	$0$	$0$
電離	$-C_s$	$+C_s$	$+C_s$
電離後	$0$	$C_s$	$C_s$

【step2】 バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入し、近似・整理する。

$$K_a = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{(C_s + \chi) \times \chi}{C_a - \chi} \doteq \frac{C_s}{C_a} \chi \quad \therefore \chi = \frac{C_a}{C_s} K_a$$

## 酢酸-酢酸ナトリウム混合水溶液について、用いる式の導入

**【step3】** 【step 2】で得られた関係式を  $[H^+]$  について整理する。

$$[H^+] = \chi = \frac{C_a}{C_s} K_a$$

**[step4]** ここまでに得られた知見を整理しておく。→ 別紙の滴定曲線のB点



**[step4]** ここまでに得られた知見を整理しておく。 → 別紙の滴定曲線のB点

**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。

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

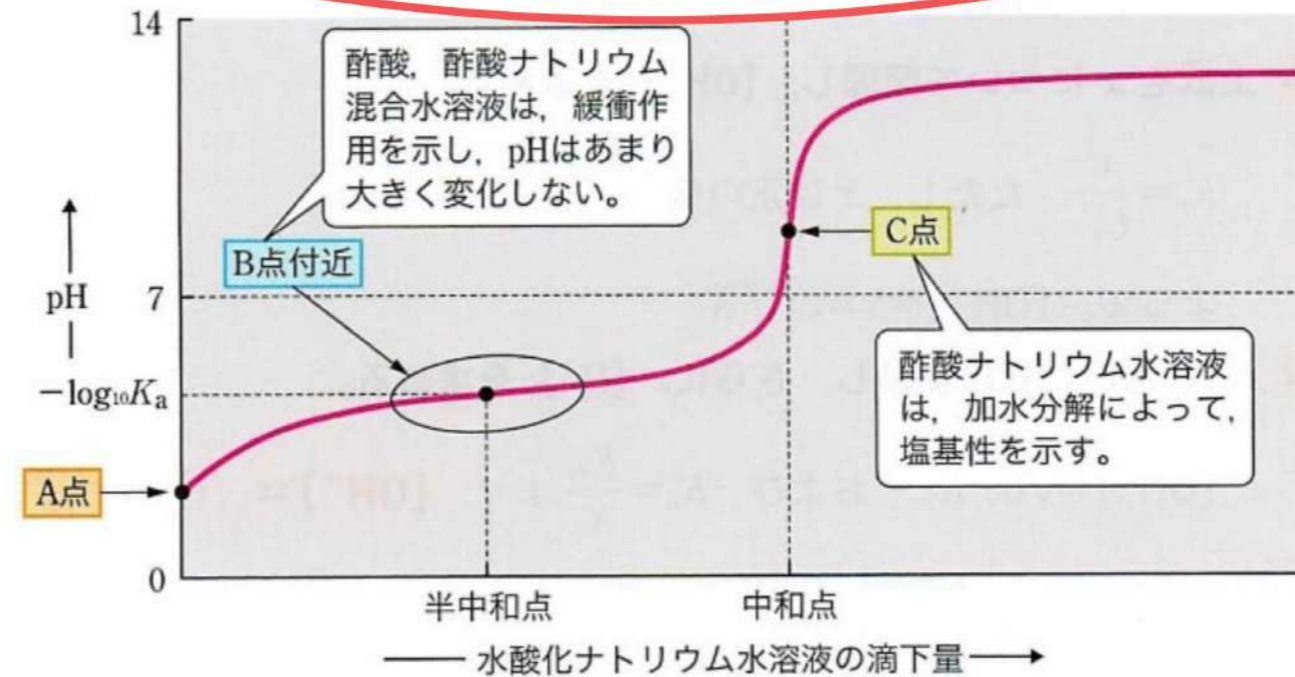
ただし， $K_a$  は酢酸の電離定数である。

### ■ 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。



**[step4]** ここまでに得られた知見を整理しておく。→ 別紙の滴定曲線のB点

**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。

### ポイント 1

緩衝液の水素イオン濃度(ひいてはpH)は、濃度の絶対値ではなく、濃度の比によって決まる。



**【step4】** ここまでに得られた知見を整理しておく。→ 別紙の滴定曲線のB点

**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。

### ポイント 1

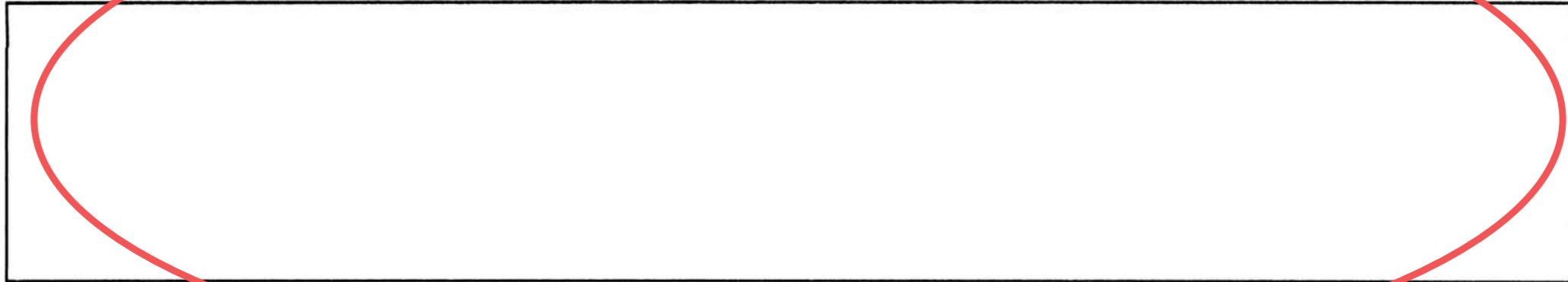
緩衝液の水素イオン濃度(ひいてはpH)は、  
濃度の絶対値ではなく、濃度の比によって決まる。

### ポイント 2

特に， $C_a = C_s$  の場合には， $[H^+] = K_a$  となる。

## 酢酸 - 酢酸ナトリウム混合水溶液について、 具体的な計算練習

**【step5】** 問2 (1) を上記【step 3】で得られた式を用いて計算する。

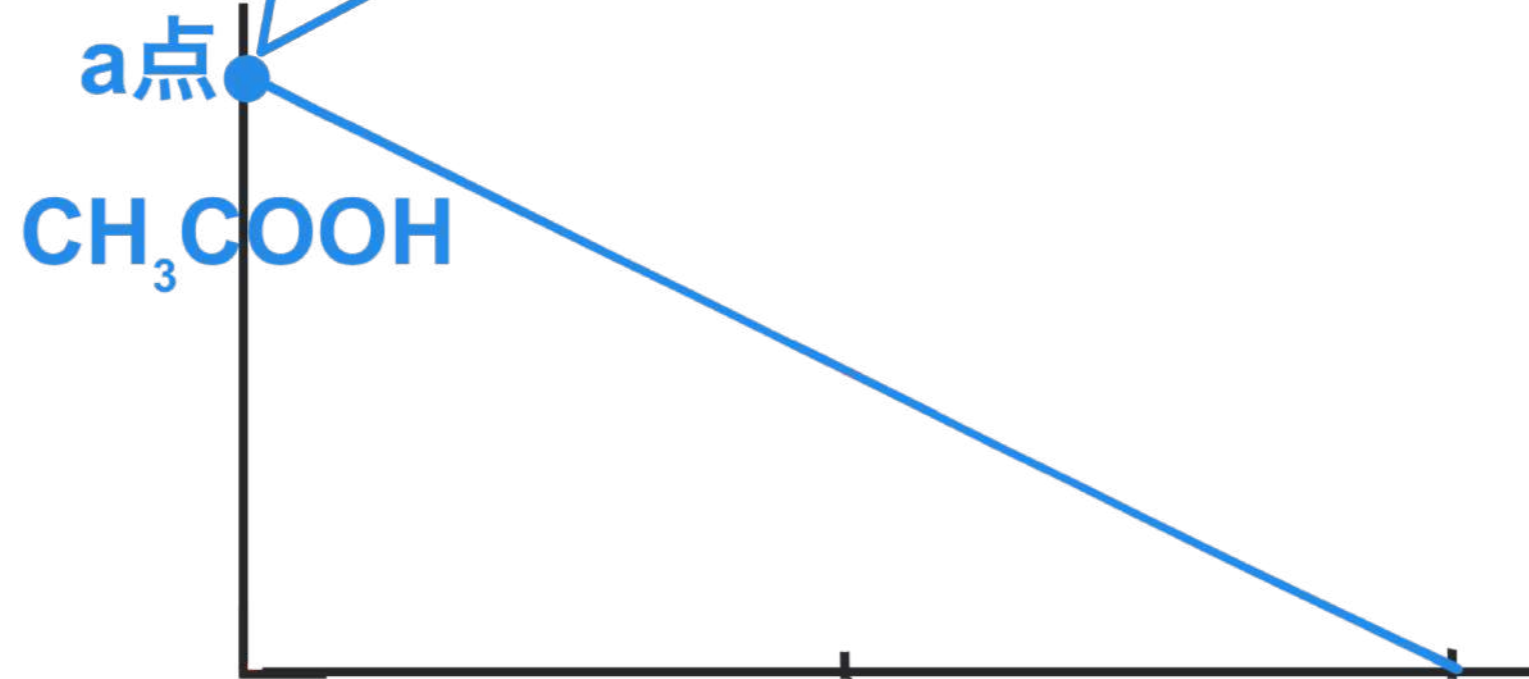
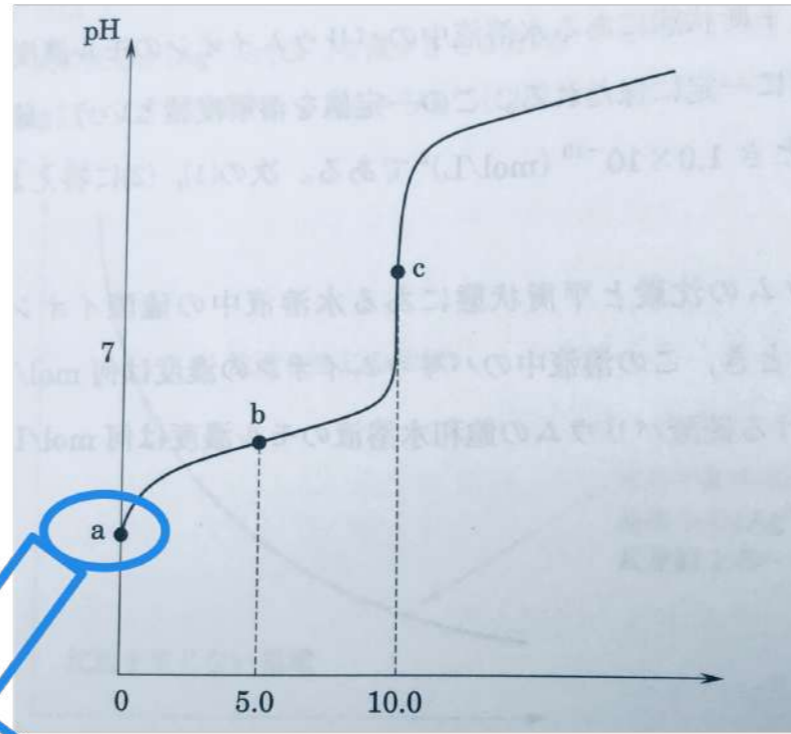


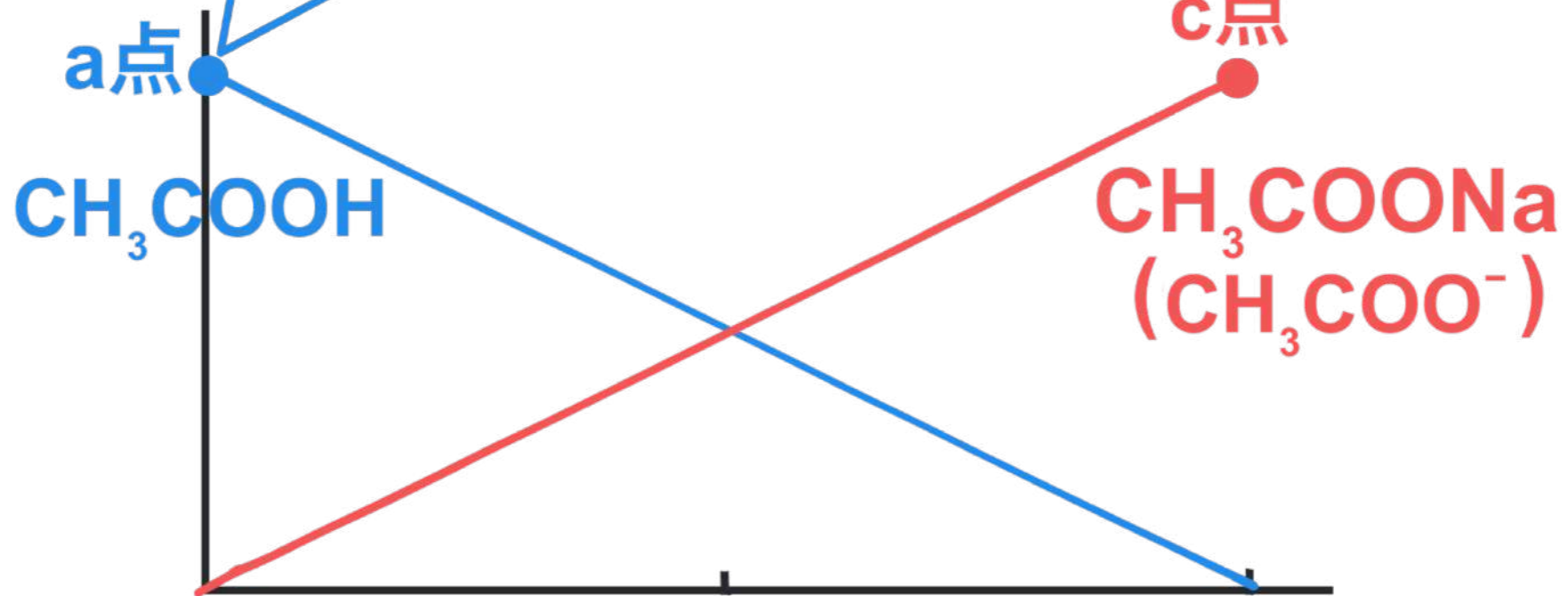
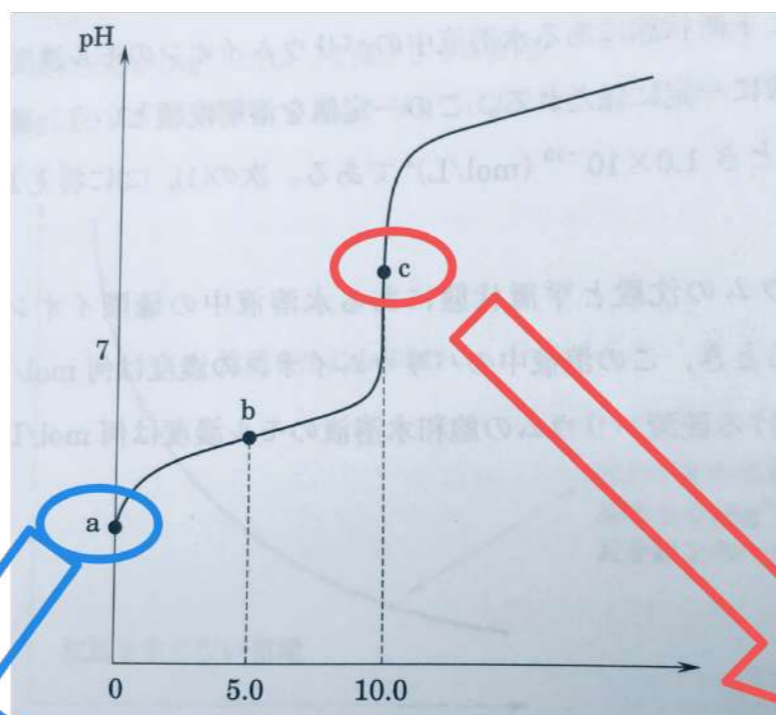
## 酢酸 - 酢酸ナトリウム混合水溶液について、 具体的な計算練習

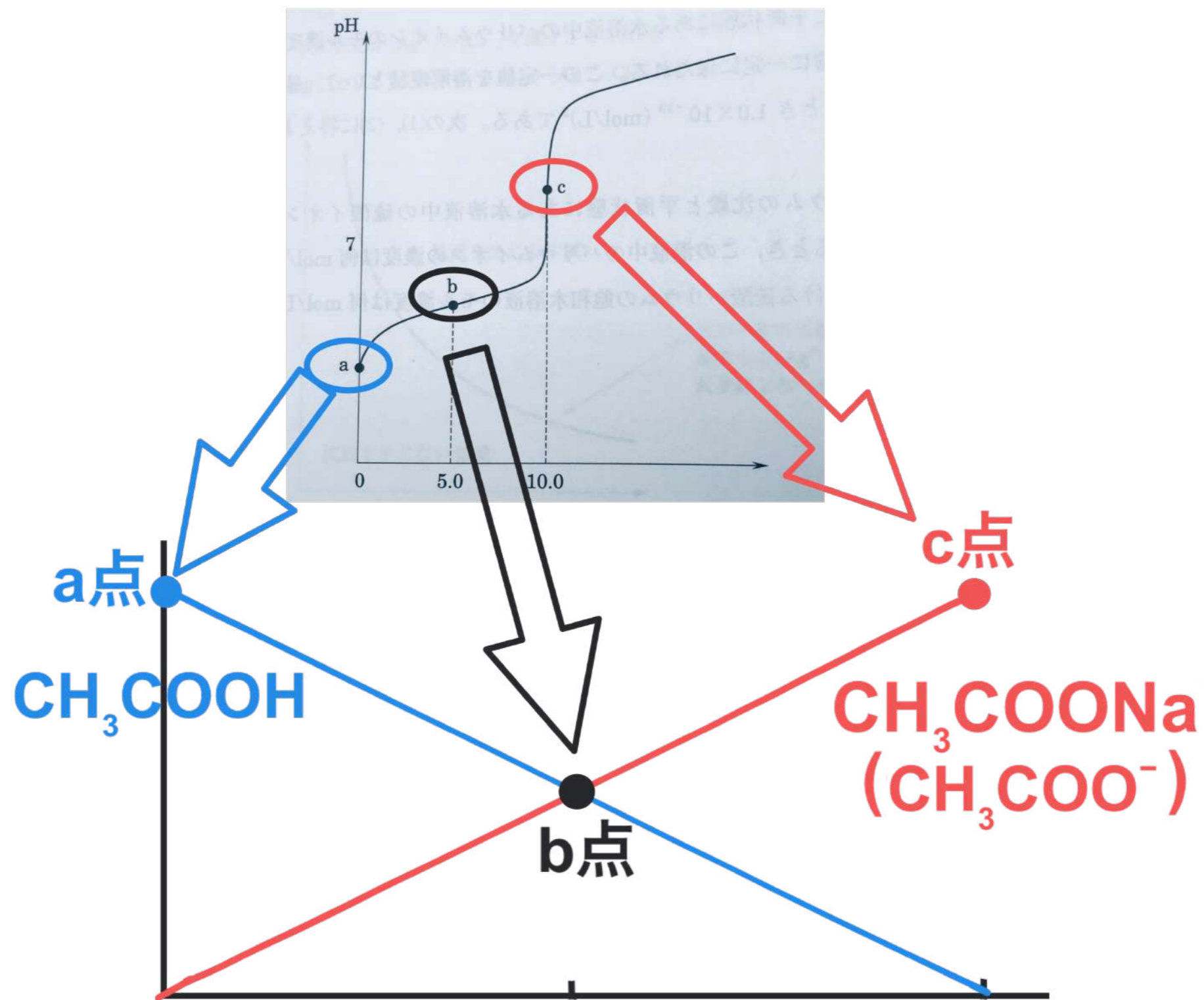
**【step5】** 問2 (1) を上記【step 3】で得られた式を用いて計算する。













## 酢酸 - 酢酸ナトリウム混合水溶液について、 具体的な計算練習

**【step5】** 問2 (1) を上記【step 3】で得られた式を用いて計算する。

b点では ~~$[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{CH}_3\text{COONa}]$~~   $\Rightarrow C_a = C_s$

$$[\text{H}^+] = \frac{C_a}{C_s} K_a = K_a = 2.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

## 酢酸 - 酢酸ナトリウム混合水溶液について、 具体的な計算練習

**【step5】** 問2 (1) を上記【step 3】で得られた式を用いて計算する。

b点では  $[\text{CH}_3\text{COOH}] = [\text{CH}_3\text{COONa}] \Rightarrow C_a = C_s$

$$[\text{H}^+] = \frac{C_a}{C_s} K_a = K_a = 2.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

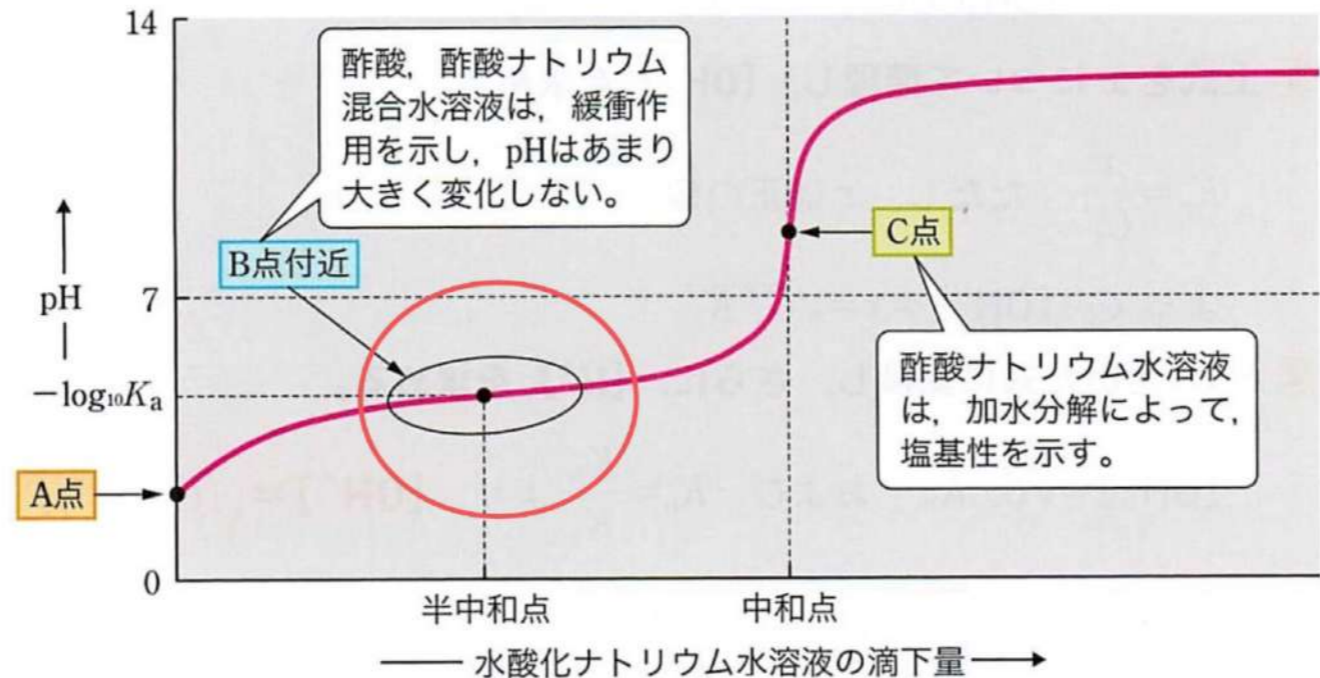
$$\text{pH} = -\log_{10}(2.0 \times 10^{-5}) = 4.70$$

酢酸－酢酸ナトリウム混合水溶液について、  
(応用編) 具体的な計算練習



同水溶液の緩衝作用を確認する！





曲線上のB点： $\text{CH}_3\text{COOH}$   
 $\text{CH}_3\text{COONa}$  混合 aq  
 緩衝作用をもつ溶液

我々の生命と深い関わりをもつ重要なテーマ

## 緩衝液

少量の酸や塩基を加えてもpHは大きく変化しない溶液のこと。

## 緩衝液

少量の酸や塩基を加えてもpHは大きく変化しない溶液のこと。

曲線上のB点： $\text{CH}_3\text{COOH}$   
 $\text{CH}_3\text{COONa}$  混合 aq



## 酢酸 - 酢酸ナトリウム混合水溶液について、具体的な計算練習

**【step6】** 問2 (2) で生じている反応について考察し、溶液内の状況を把握する。

生じている反応の考察 (量的関係)

溶液内の状況の把握

**【step7】** 問2 (2) を上記【step 3】で得られた式を用いて計算し、解答する。

問2の解答:(1)・・・4.7、(2)・・・-0.18(ここで、緩衝作用が確かめられた！)

## 酢酸 - 酢酸ナトリウム混合水溶液について、具体的な計算練習

**【step6】** 問2 (2) で生じている反応について考察し、溶液内の状況を把握する。

生じている反応の考察 (量的関係)



溶液内の状況の把握

**【step7】** 問2 (2) を上記【step 3】で得られた式を用いて計算し、解答する。

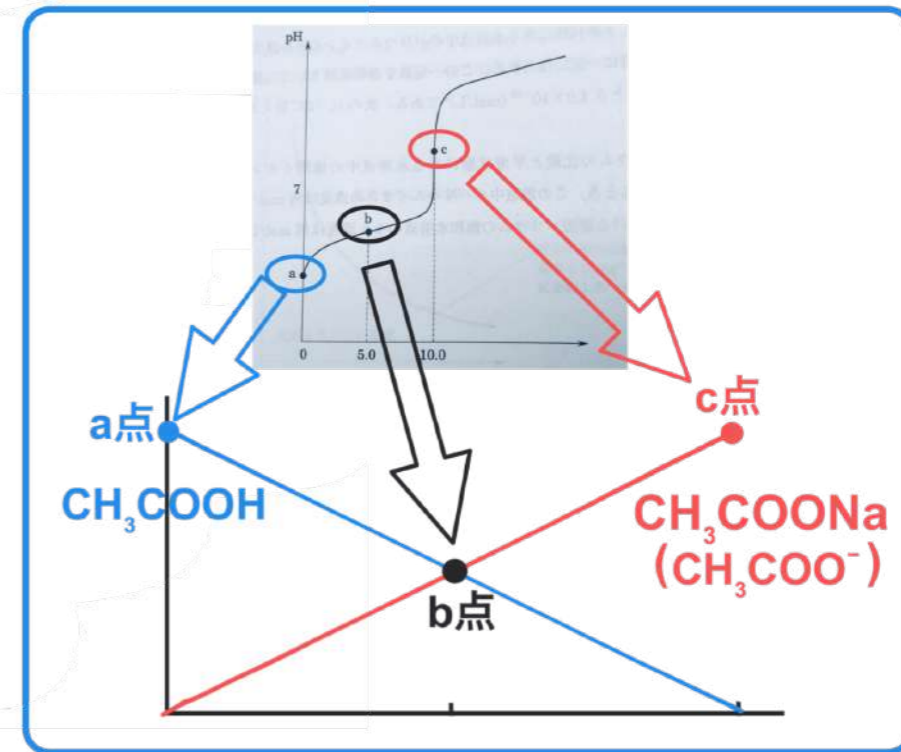
問2の解答:(1)・・・4.7、(2)・・・-0.18(ここで、緩衝作用が確かめられた！)

計15mL。『水溶液15mL』  
に惑わされないでね。

$$\text{最初のCH}_3\text{COOH: } 0.20 \times \frac{10.0}{1000} = 2.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{加えたNaOH} \quad : 0.20 \times \frac{5.0}{1000} = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

残ったCH<sub>3</sub>COOH :  $1.0 \times 10^{-3}$   
生成したCH<sub>3</sub>COONa :  $1.0 \times 10^{-3}$





## 酢酸 - 酢酸ナトリウム混合水溶液について、具体的な計算練習

**【step6】** 問2 (2) で生じている反応について考察し、溶液内の状況を把握する。

生じている反応の考察 (量的関係)



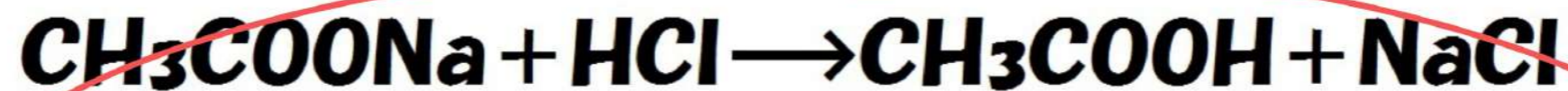
溶液内の状況の把握

**【step7】** 問2 (2) を上記【step 3】で得られた式を用いて計算し、解答する。

問2の解答:(1)・・・4.7、(2)・・・-0.18(ここで、緩衝作用が確かめられた！)

残った $\text{CH}_3\text{COOH}$  :  $1.0 \times 10^{-3}$

生成した $\text{CH}_3\text{COONa}$ :  $1.0 \times 10^{-3}$



加えたHCl:

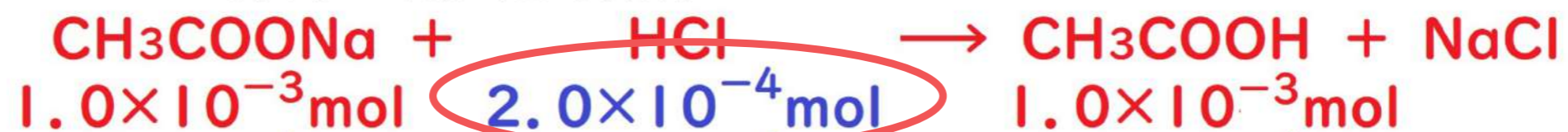
$$0.10 \times \frac{2.0}{1000}$$

$$= 2.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

## 酢酸 - 酢酸ナトリウム混合水溶液について、具体的な計算練習

**【step6】** 問2 (2) で生じている反応について考察し、溶液内の状況を把握する。

生じている反応の考察 (量的関係)



溶液内の状況の把握

**【step7】** 問2 (2) を上記【step 3】で得られた式を用いて計算し、解答する。

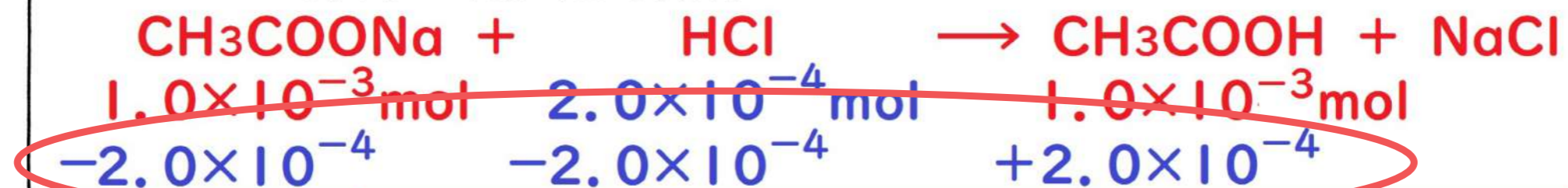
問2の解答:(1)・・・4.7、(2)・・・-0.18(ここで、緩衝作用が確かめられた！)



## 酢酸 - 酢酸ナトリウム混合水溶液について、具体的な計算練習

**【step6】** 問2 (2) で生じている反応について考察し、溶液内の状況を把握する。

生じている反応の考察 (量的関係)



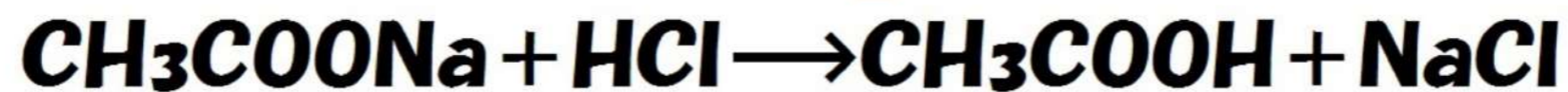
溶液内の状況の把握

**【step7】** 問2 (2) を上記【step 3】で得られた式を用いて計算し、解答する。

問2の解答:(1)・・・4.7、(2)・・・-0.18(ここで、緩衝作用が確かめられた！)

残った $\text{CH}_3\text{COOH}$  :  $1.0 \times 10^{-3}$

生成した $\text{CH}_3\text{COONa}$ :  $1.0 \times 10^{-3}$



加えたHCl:

$$0.10 \times \frac{2.0}{1000}$$

$$= 2.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

最終的な物質質量

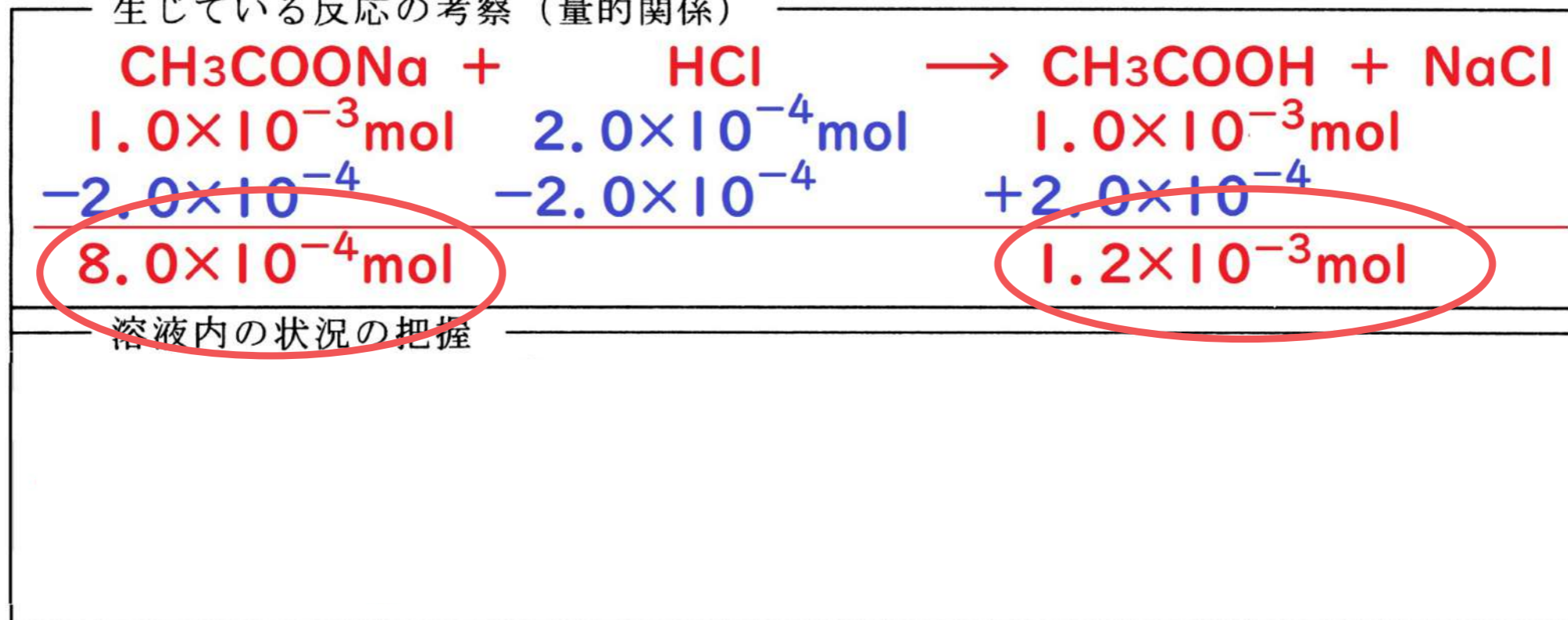
残った $\text{CH}_3\text{COOH}$  :  $1.2 \times 10^{-3}$

生成した $\text{CH}_3\text{COONa}$ :  $0.80 \times 10^{-3}$

## 酢酸 - 酢酸ナトリウム混合水溶液について、具体的な計算練習

**【step6】** 問2 (2) で生じている反応について考察し、溶液内の状況を把握する。

生じている反応の考察 (量的関係)



**【step7】** 問2 (2) を上記【step 3】で得られた式を用いて計算し、解答する。

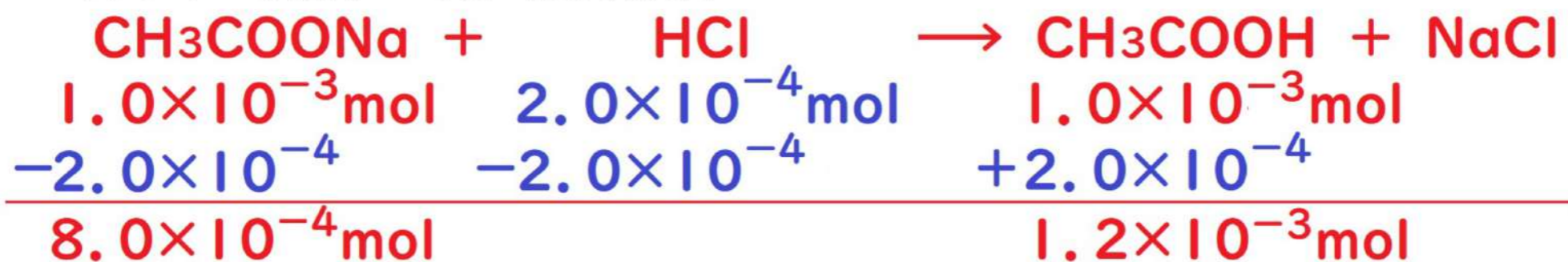
問2の解答:(1)・・・4.7、(2)・・・-0.18(ここで、緩衝作用が確かめられた！)



## 酢酸 - 酢酸ナトリウム混合水溶液について、具体的な計算練習

**【step6】** 問2 (2) で生じている反応について考察し、溶液内の状況を把握する。

生じている反応の考察 (量的関係)



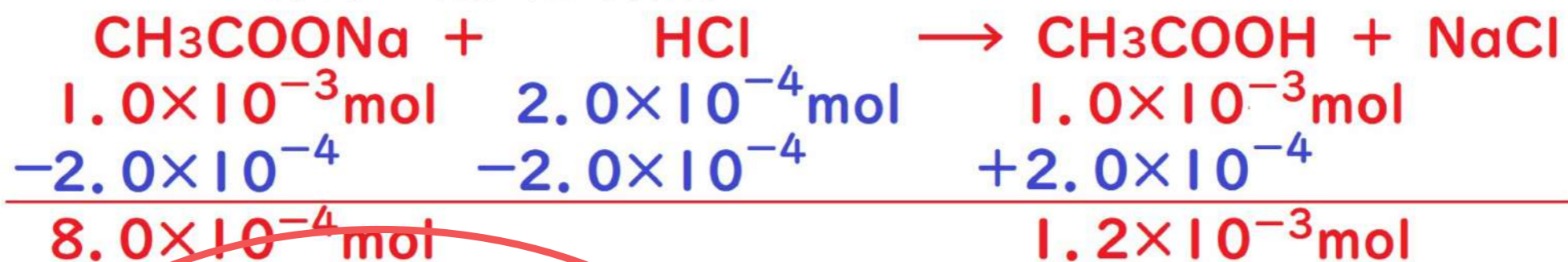
酢酸 - 酢酸ナトリウム混合水溶液であることは自明！  
よって、 $C_a$ と $C_s$ の比さえ分かれば計算できる！！



## 酢酸 - 酢酸ナトリウム混合水溶液について、具体的な計算練習

**【step6】** 問2 (2) で生じている反応について考察し、溶液内の状況を把握する。

生じている反応の考察 (量的関係)



溶液内の状況の把握

$$\frac{C_a}{C_s} = \frac{\frac{1.2 \times 10^{-3}}{V}}{\frac{8.0 \times 10^{-4}}{V}} = \frac{3}{2}$$

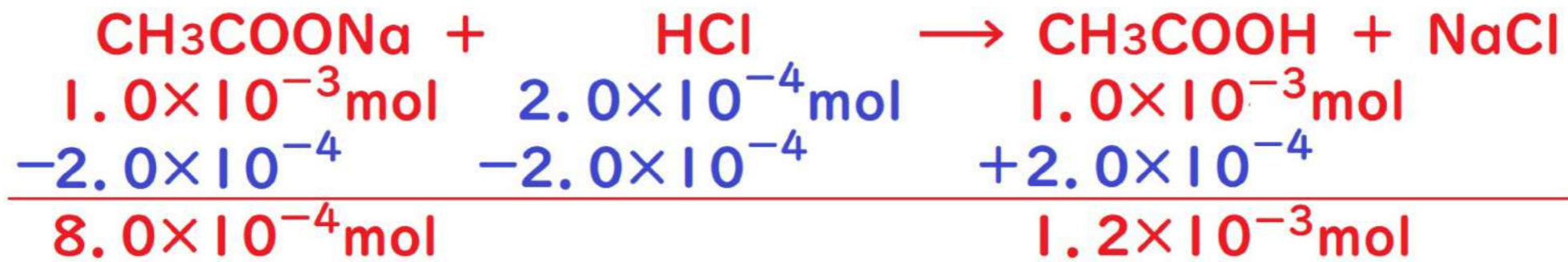
**【step7】** 問2 (2) を上記【step 3】で得られた式を用いて計算し、解答する。

問2の解答:(1)・・・4.7、(2)・・・-0.18(ここで、緩衝作用が確かめられた！)

## 酢酸 - 酢酸ナトリウム混合水溶液について、具体的な計算練習

**【step6】** 問2 (2) で生じている反応について考察し、溶液内の状況を把握する。

生じている反応の考察 (量的関係)



溶液内の状況の把握

$$\frac{C_a}{C_s} = \frac{\frac{1.2 \times 10^{-3}}{V}}{\frac{8.0 \times 10^{-4}}{V}} = \frac{3}{2}$$

の  $\left. \begin{array}{l} \text{CH}_3\text{COOH} \\ \text{CH}_3\text{COONa} \end{array} \right\}$  混合水溶液

**【step7】** 問2 (2) を上記【step 3】で得られた式を用いて計算し、解答する。

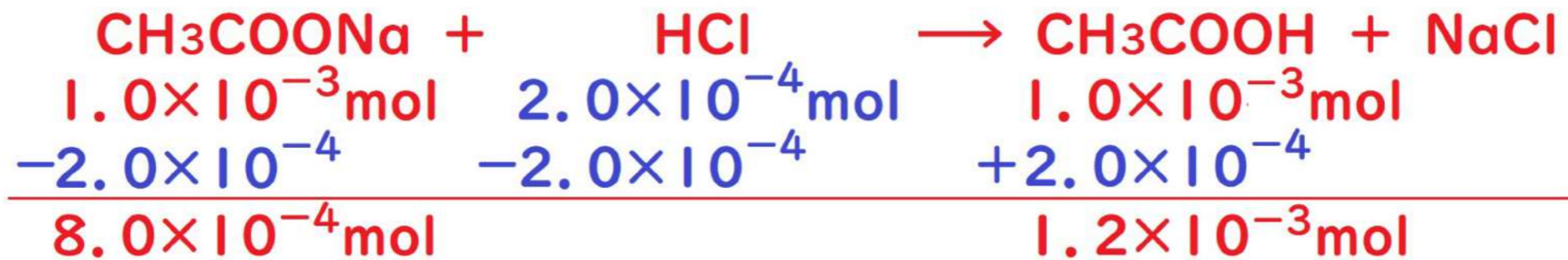
問2の解答:(1)・・・4.7、(2)・・・-0.18(ここで、緩衝作用が確かめられた！)



## 酢酸 - 酢酸ナトリウム混合水溶液について、具体的な計算練習

**【step6】** 問2 (2) で生じている反応について考察し、溶液内の状況を把握する。

生じている反応の考察 (量的関係)



溶液内の状況の把握

$$\frac{C_a}{C_s} = \frac{\frac{1.2 \times 10^{-3}}{V}}{\frac{8.0 \times 10^{-4}}{V}} = \frac{3}{2} \quad \text{の} \quad \left. \begin{array}{l} \text{CH}_3\text{COOH} \\ \text{CH}_3\text{COONa} \end{array} \right\} \text{混合水溶液}$$

**【step7】** 問2 (2) を上記【step 3】で得られた式を用いて計算し、解答する。

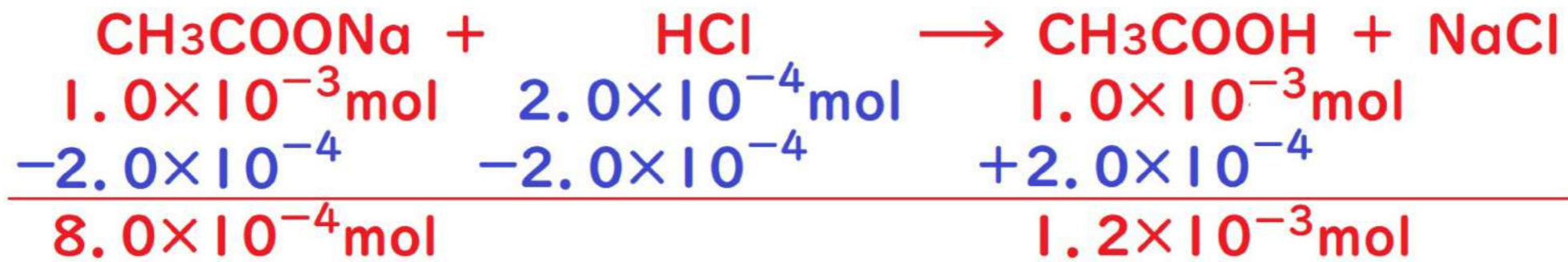
$$[\text{H}^+] = \frac{C_a}{C_s} K_a = \frac{3}{2} \times 2.0 \times 10^{-5} = 3.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

問2の解答:(1)・・・4.7、(2)・・・-0.18(ここで、緩衝作用が確かめられた！)

## 酢酸 - 酢酸ナトリウム混合水溶液について、具体的な計算練習

**【step6】** 問2 (2) で生じている反応について考察し、溶液内の状況を把握する。

生じている反応の考察 (量的関係)



溶液内の状況の把握

$$\frac{C_a}{C_s} = \frac{\frac{1.2 \times 10^{-3}}{V}}{\frac{8.0 \times 10^{-4}}{V}} = \frac{3}{2} \quad \text{の} \quad \left. \begin{array}{l} \text{CH}_3\text{COOH} \\ \text{CH}_3\text{COONa} \end{array} \right\} \text{混合水溶液}$$

**【step7】** 問2 (2) を上記【step 3】で得られた式を用いて計算し、解答する。

$$[\text{H}^+] = \frac{C_a}{C_s} K_a = \frac{3}{2} \times 2.0 \times 10^{-5} = 3.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(3.0 \times 10^{-5}) = 4.52$$

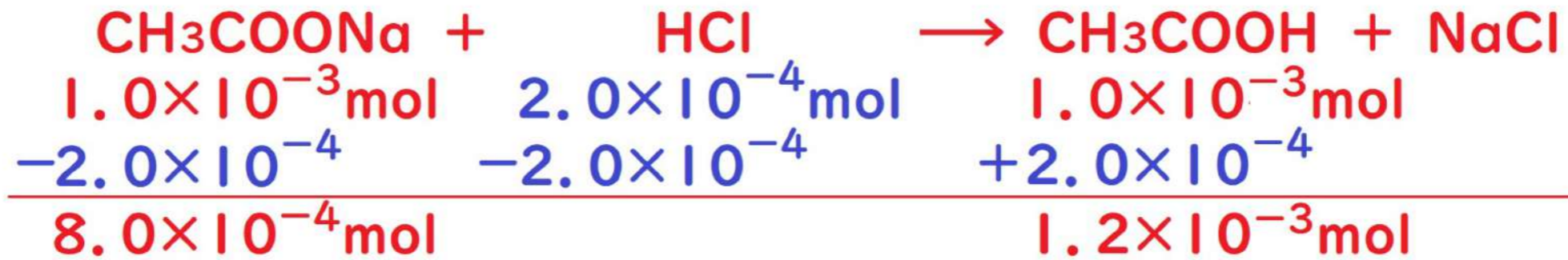
問2の解答:(1)・・・4.7、(2)・・・-0.18(ここで、緩衝作用が確かめられた！)



## 酢酸 - 酢酸ナトリウム混合水溶液について、具体的な計算練習

**【step6】** 問2 (2) で生じている反応について考察し、溶液内の状況を把握する。

生じている反応の考察 (量的関係)



溶液内の状況の把握

$$\frac{C_a}{C_s} = \frac{\frac{1.2 \times 10^{-3}}{V}}{\frac{8.0 \times 10^{-4}}{V}} = \frac{3}{2} \quad \text{の} \quad \left. \begin{array}{l} \text{CH}_3\text{COOH} \\ \text{CH}_3\text{COONa} \end{array} \right\} \text{混合水溶液}$$

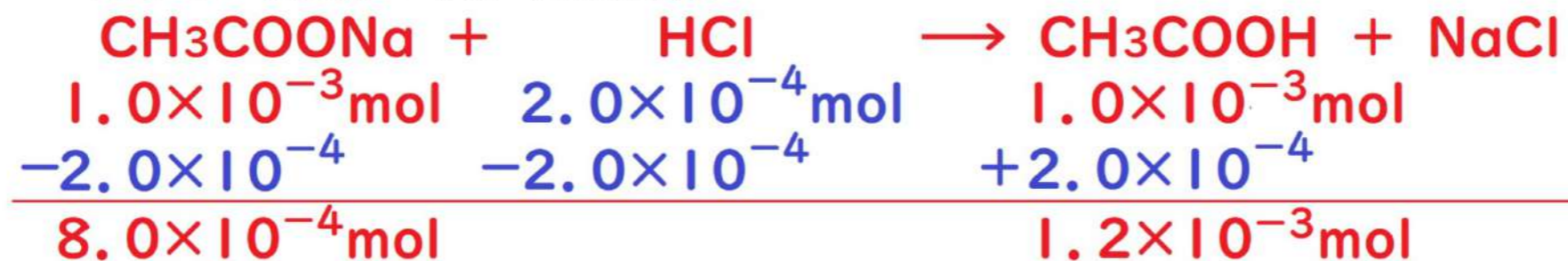
**【step7】** 問2 (2) を上記【step 3】で得られた式を用いて計算し、解答する。

$$\begin{aligned}
 [\text{H}^+] &= \frac{C_a}{C_s} K_a = \frac{3}{2} \times 2.0 \times 10^{-5} = 3.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)} \\
 \text{pH} &= -\log_{10}(3.0 \times 10^{-5}) = 4.52 \quad \text{pHの変化} = -0.18
 \end{aligned}$$

問2の解答:(1)・・・4.7、(2)・・・-0.18(ここで、緩衝作用が確かめられた！)

**【step6】** 問2 (2) で生じている反応について考察し、溶液内の状況を把握する。

生じている反応の考察 (量的関係)



溶液内の状況の把握

$$\frac{C_a}{C_s} = \frac{\frac{1.2 \times 10^{-3}}{V}}{\frac{8.0 \times 10^{-4}}{V}} = \frac{3}{2} \text{ の } \left. \begin{array}{l} \text{CH}_3\text{COOH} \\ \text{CH}_3\text{COONa} \end{array} \right\} \text{混合水溶液}$$

**【step7】** 問2 (2) を上記【step 3】で得られた式を用いて計算し、解答する。

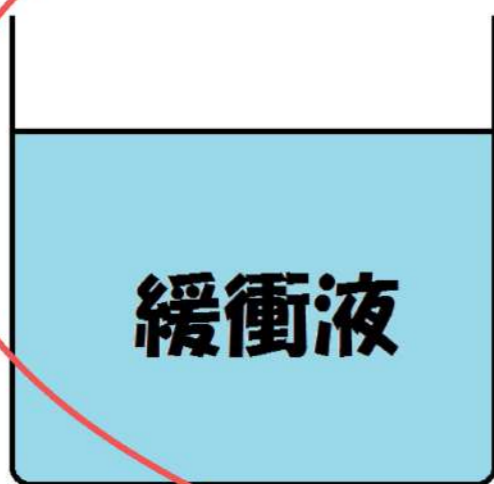
$$[\text{H}^+] = \frac{C_a}{C_s} K_a = \frac{3}{2} \times 2.0 \times 10^{-5} = 3.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(3.0 \times 10^{-5}) = 4.52 \quad \text{pHの变化} = -0.18$$

問2の解答:(1)・・・4.7、(2)・・・-0.18(ここで、緩衝作用が確かめられた!)

  
**本当に?**

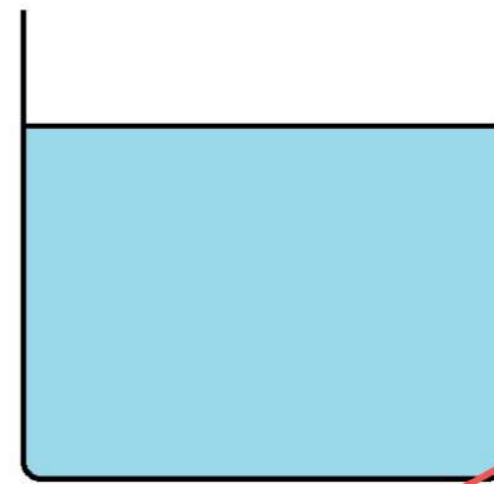
**pH = 4.70**



**+ HCl**



**pH = 4.52**





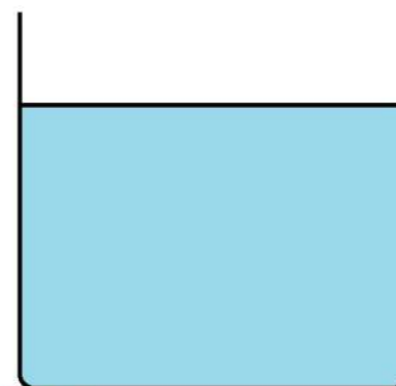
**pH = 4.70**



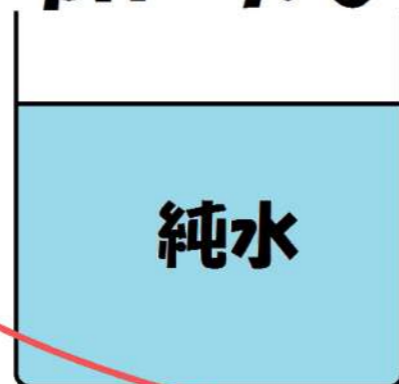
緩衝液

**+ HCl**  
→

**pH = 4.52**



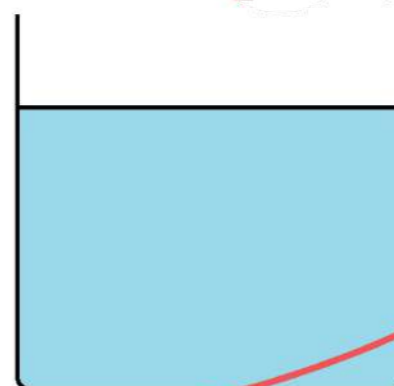
**pH = 7.0**



純水

**+ HCl**  
→

**pH = ?**





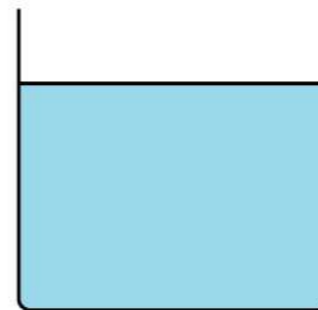
**pH=4.70**



**+HCl**



**pH=4.52**



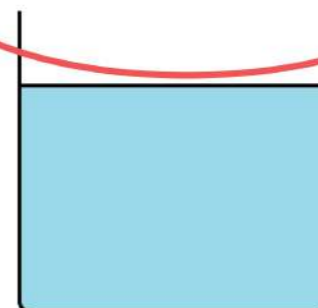
**pH=7.0**



**+HCl**

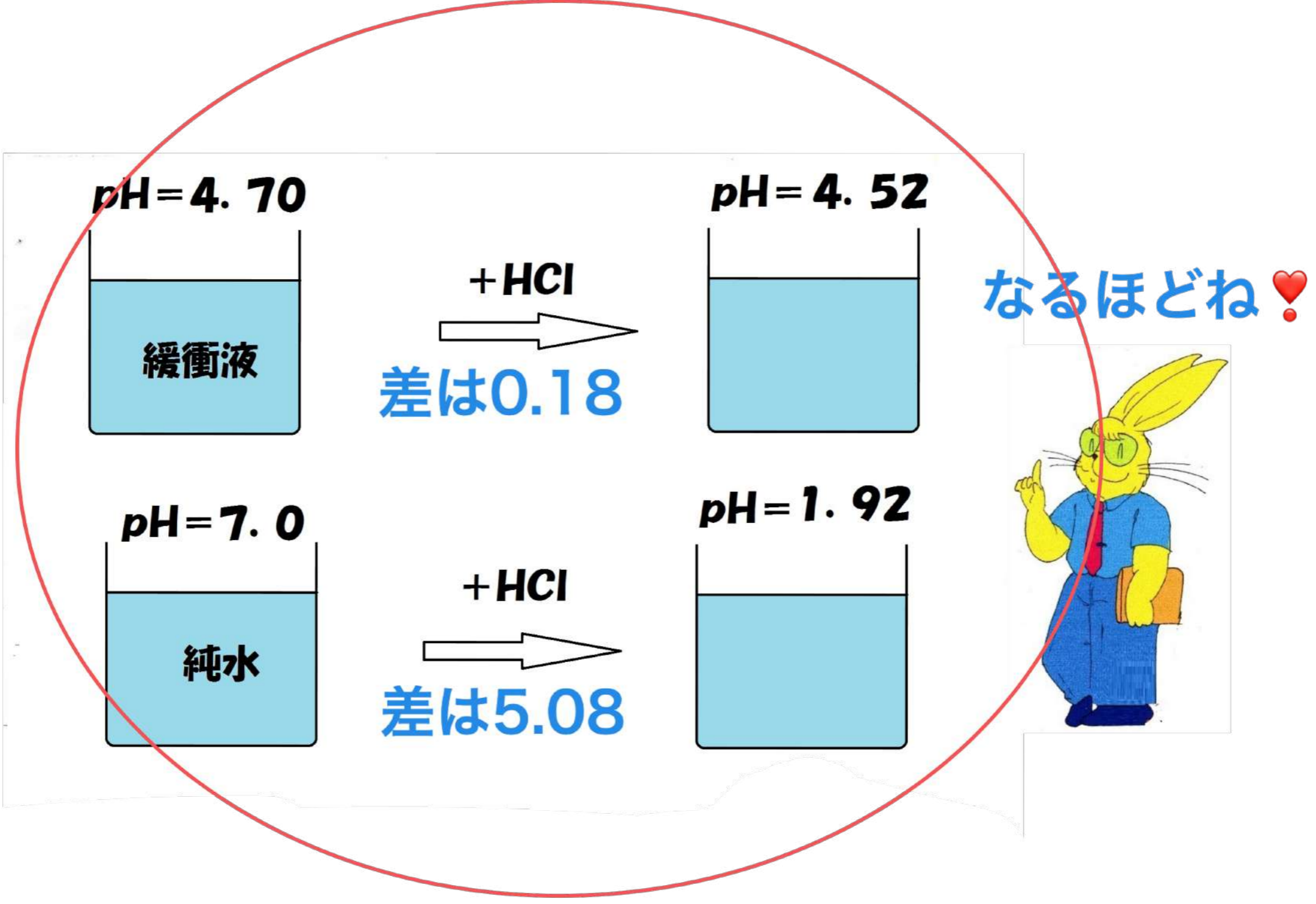


**pH=1.92**



**15ml に0.10 mol/LのHClを2.0mL加えたので、**

$$-\log_{10} \frac{0.10 \times \frac{2.0}{1000} \text{ mol}}{\frac{15.0 + 2.0}{1000} \text{ L}} = 1.92$$



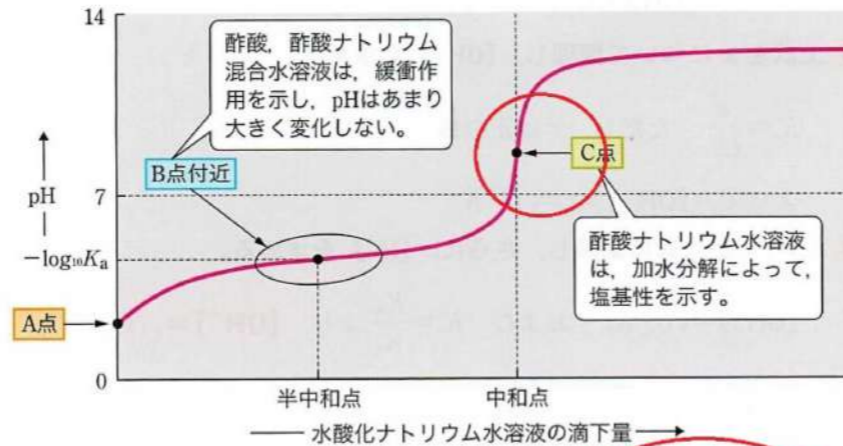
■ CH<sub>3</sub>COOH—NaOH 滴定曲線

B点付近：酢酸，酢酸ナトリウム混合水溶液

**最後に、中和点(酢酸ナトリウム水溶液)について整理しましょう。**

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

ただし、 $K_a$  は酢酸の電離定数である。



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  $[H^+]$  は次のように表される。

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

すなわち pH は、

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

によって求められる。

ただし、 $K_a$  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  $C_s'$  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。

## 化学平衡の量的な関係に関する問題を解く手順は？

- ① 平衡時の各物質の濃度を整理する。
- ② 整理した結果を、化学平衡の法則(平衡定数の式)に代入する。

が基本♡



## 酢酸ナトリウム水溶液について、用いる式の導入

問3 **酢酸ナトリウム水溶液について**

**【step1】** 加水分解に関するバランスシートを書く。

**【step2】** バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入し、近似・整理する。

**【step3】** 【step 2】 で得られた関係式を再整理する。

## 酢酸ナトリウム水溶液について、用いる式の導入

問3 酢酸ナトリウム水溶液について

【step1】 加水分解に関するバランスシートを書く。



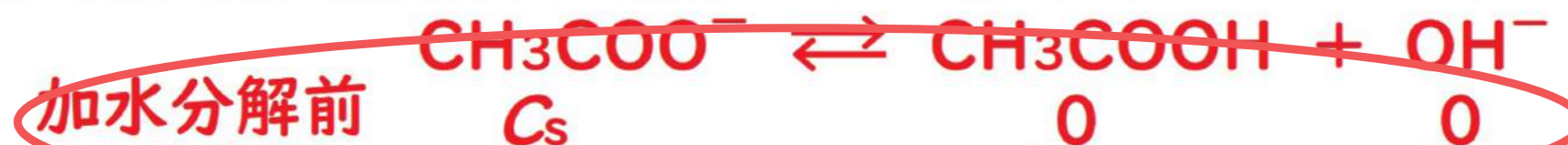
【step2】 バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入し、近似・整理する。

【step3】 【step 2】 で得られた関係式を再整理する。

# 酢酸ナトリウム水溶液について、用いる式の導入

## 問3 酢酸ナトリウム水溶液について

【step1】 加水分解に関するバランスシートを書く。



【step2】 バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入し、近似・整理する。

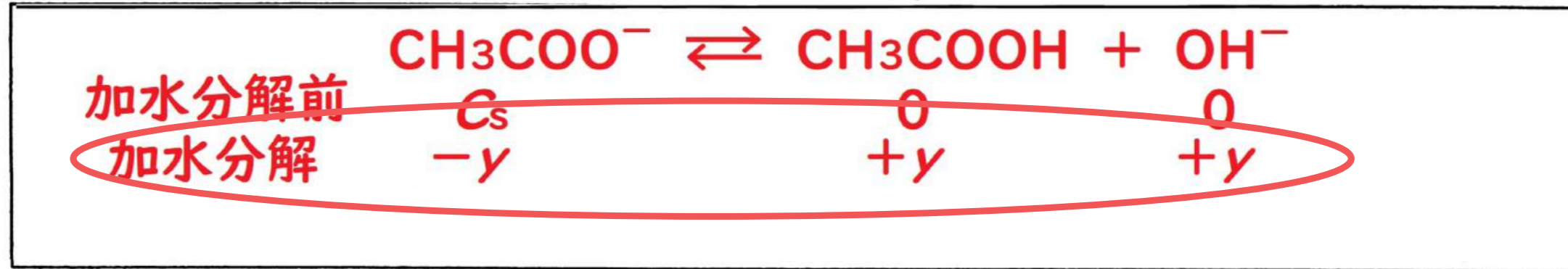
【step3】 【step 2】 で得られた関係式を再整理する。



# 酢酸ナトリウム水溶液について、用いる式の導入

## 問3 酢酸ナトリウム水溶液について

【step1】 加水分解に関するバランスシートを書く。



【step2】 バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入し、近似・整理する。

【step3】 【step 2】 で得られた関係式を再整理する。

# 酢酸ナトリウム水溶液について、用いる式の導入

## 問3 酢酸ナトリウム水溶液について

【step1】 加水分解に関するバランスシートを書く。

	$\text{CH}_3\text{COO}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{CH}_3\text{COOH}$	+	$\text{OH}^-$
加水分解前	$C_s$		0		0
加水分解	$-y$		$+y$		$+y$
平衡時	$C_s - y$		$y$		$y$

【step2】 バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入し、近似・整理する。

【step3】 【step 2】 で得られた関係式を再整理する。

# 酢酸ナトリウム水溶液について、用いる式の導入

## 問3 酢酸ナトリウム水溶液について

【step1】 加水分解に関するバランスシートを書く。

	$\text{CH}_3\text{COO}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{CH}_3\text{COOH}$	+	$\text{OH}^-$
加水分解前	$C_s$		0		0
加水分解	$-y$		$+y$		$+y$
平衡時	$C_s - y$		$y$		$y$

【step2】 バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入し、近似・整理する。

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

【step3】 【step 2】 で得られた関係式を再整理する。



# 酢酸ナトリウム水溶液について、用いる式の導入

## 問3 酢酸ナトリウム水溶液について

【step1】 加水分解に関するバランスシートを書く。



【step2】 バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入し、近似・整理する。

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{y \times y}{C_s - y}$$

【step3】 【step 2】 で得られた関係式を再整理する。

# 酢酸ナトリウム水溶液について、用いる式の導入

## 問3 酢酸ナトリウム水溶液について

【step1】 加水分解に関するバランスシートを書く。



【step2】 バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入し、近似・整理する。

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{y \times y}{C_s - y} \doteq \frac{y^2}{C_s}$$

【step3】 【step 2】 で得られた関係式を再整理する。

# 酢酸ナトリウム水溶液について、用いる式の導入

## 問3 酢酸ナトリウム水溶液について

【step1】 加水分解に関するバランスシートを書く。



【step2】 バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入し、近似・整理する。

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{y \times y}{C_s - y} \doteq \frac{y^2}{C_s} \Rightarrow y = \sqrt{C_s K_h}$$

【step3】 【step 2】 で得られた関係式を再整理する。



## 酢酸ナトリウム水溶液について、用いる式の導入

### 問3 酢酸ナトリウム水溶液について

【step1】 加水分解に関するバランスシートを書く。



【step2】 バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入し、近似・整理する。

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{y \times y}{C_s - y} \doteq \frac{y^2}{C_s} \Rightarrow y = \sqrt{C_s K_h}$$

【step3】 【step 2】 で得られた関係式を再整理する。

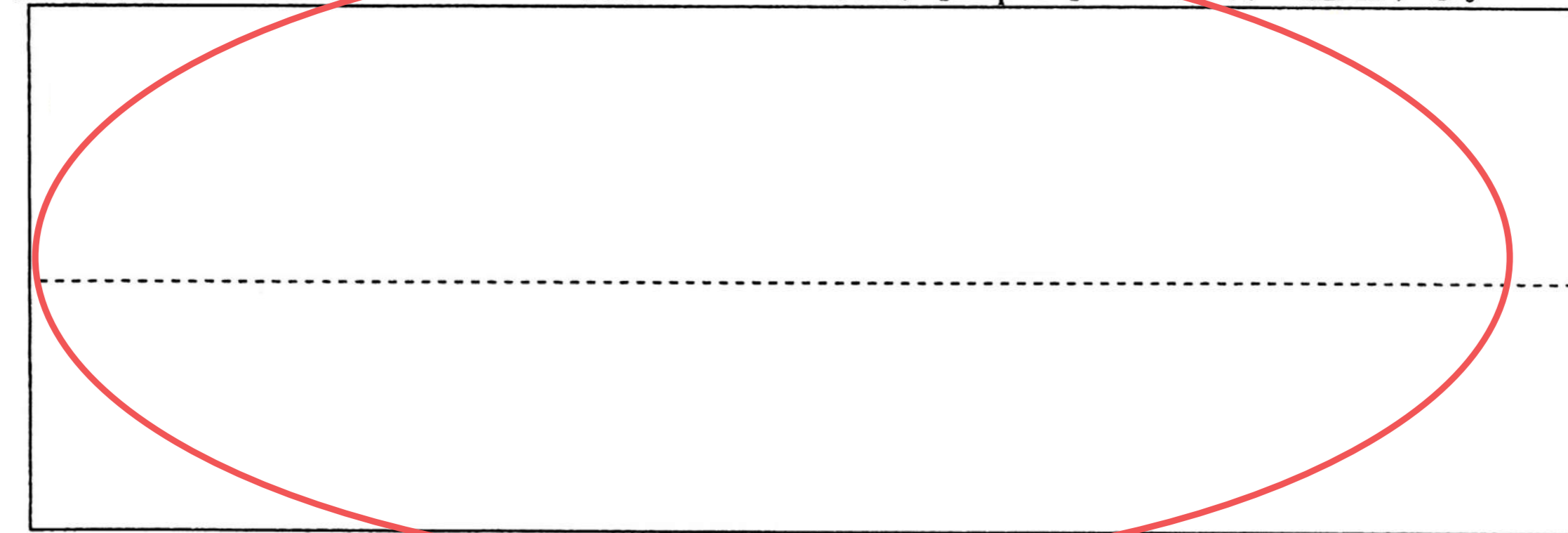
$$[\text{OH}^-] = y = \sqrt{C_s K_h}$$

## 酢酸ナトリウム水溶液について、用いる式の導入

**【step3】** 【step 2】で得られた関係式を再整理する。

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{C_s K_h}$$

**【step4】** ここで、 $K_h$ と $K_a$ の関係について考え、【step 3】の式を再々整理する。



**【step5】** ここまでに得られた知見を整理しておく。→ 別紙の滴定曲線のC点

## 酢酸ナトリウム水溶液について、用いる式の導入

**【step3】** 【step 2】 で得られた関係式を再整理する。

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{C_s K_h}$$

**【step4】** ここで、 $K_h$ と $K_a$ の関係について考え、【step 3】の式を再々整理する。

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$$

**【step5】** ここまでに得られた知見を整理しておく。 → 別紙の滴定曲線のC点



## 酢酸ナトリウム水溶液について、用いる式の導入

**【step3】** 【step 2】で得られた関係式を再整理する。

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{C_s K_h}$$

**【step4】** ここで、 $K_h$ と $K_a$ の関係について考え、【step 3】の式を再々整理する。

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{1}$$

**【step5】** ここまでに得られた知見を整理しておく。 → 別紙の滴定曲線のC点

## 酢酸ナトリウム水溶液について、用いる式の導入

**【step3】** 【step 2】 で得られた関係式を再整理する。

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{C_s K_h}$$

**【step4】** ここで、 $K_h$ と $K_a$ の関係について考え、【step 3】の式を再々整理する。

$$K_h = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{1}$$
$$= \frac{1}{K_a} \times K_w = \frac{K_w}{K_a}$$

**【step5】** ここまでに得られた知見を整理しておく。 → 別紙の滴定曲線のC点

$$K_h = \frac{K_w}{K_a}$$

または

$$K_w = K_a \times K_h$$

**は重要な知見！**



## 酢酸ナトリウム水溶液について、用いる式の導入

**【step3】** 【step 2】で得られた関係式を再整理する。

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{C_s K_h}$$

**【step4】** ここで、 $K_h$ と $K_a$ の関係について考え、【step 3】の式を再々整理する。

$$\begin{aligned} K_h &= \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{1} \\ &= \frac{1}{K_a} \times K_w = \frac{K_w}{K_a} \end{aligned}$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{C_s K_h} = \sqrt{C_s \times \frac{K_w}{K_a}}$$

**【step5】** ここまでに得られた知見を整理しておく。 → 別紙の滴定曲線のC点

## 酢酸ナトリウム水溶液について、用いる式の導入

**【step3】** 【step 2】 で得られた関係式を再整理する。

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{C_s K_h}$$

**【step4】** ここで、 $K_h$ と $K_a$ の関係について考え、【step 3】の式を再々整理する。

$$\begin{aligned} K_h &= \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} = \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{1} \\ &= \frac{1}{K_a} \times K_w = \frac{K_w}{K_a} \end{aligned}$$

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{C_s K_h} = \sqrt{C_s \times \frac{K_w}{K_a}} \quad \therefore [\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \sqrt{\frac{K_a K_w}{C_s}}$$

## 酢酸ナトリウム水溶液について、用いる式の導入 (別の導入方法: 幾分か発展的?)

【step2】 バランスシートの結果を、化学平衡の法則の式に代入し、近似・整理する。

$$\begin{aligned} K_a &= \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-] \times \frac{K_w}{[\text{OH}^-]}}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \\ &= \frac{(C_s - y) \times \frac{K_w}{y}}{y} \doteq \frac{C_s \cdot K_w}{y^2} \end{aligned}$$

【step3】 【step 2】 で得られた関係式を再整理する。

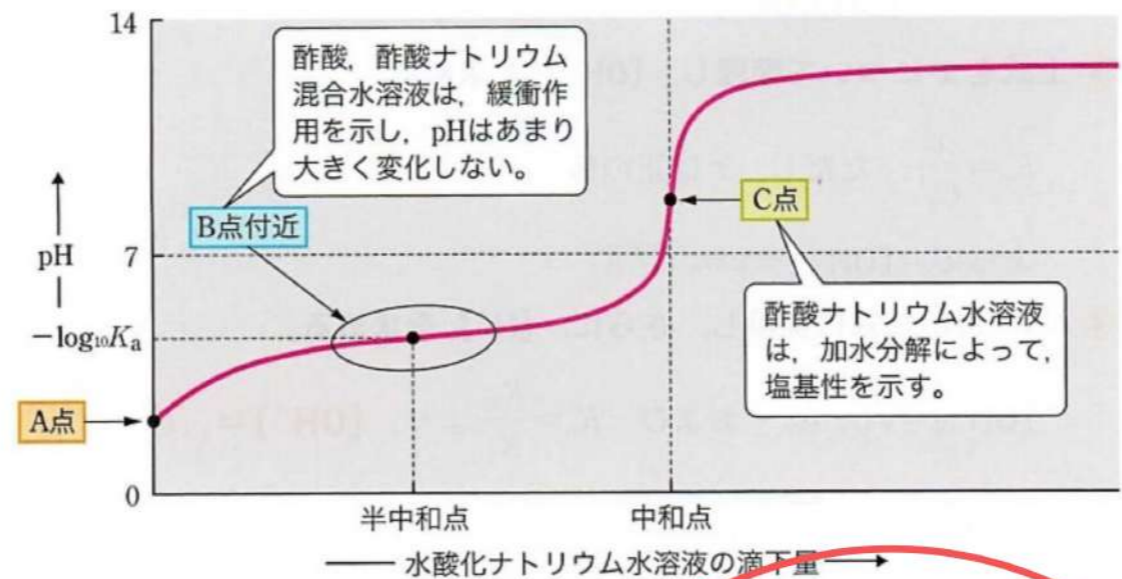
$$[\text{OH}^-] = y = \sqrt{\frac{C_s \cdot K_w}{K_a}}$$

【step4】 ここで、【step 3】 の式を再々整理する。

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \sqrt{\frac{K_a \cdot K_w}{C_s}}$$



**【step5】** ここまでに得られた知見を整理しておく。→ 別紙の滴定曲線のC点



**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  $[H^+]$  は次のように表される。

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

すなわち pH は、

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

によって求められる。

ただし、 $K_a$  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  $C_s'$  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、

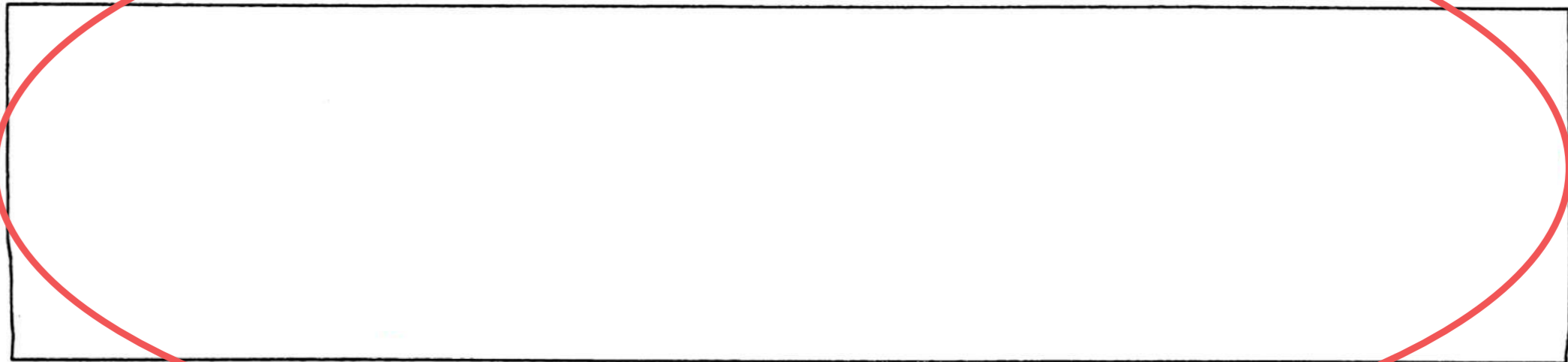
$$pH = -\log_{10} \sqrt{\frac{K_a K_w}{C_s'}}$$

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。

## 酢酸ナトリウム水溶液について、 具体的な計算の練習

**問3** 上記【step 4】の後半で得られた式を用いて計算する。



**問3** 解答: 8.9



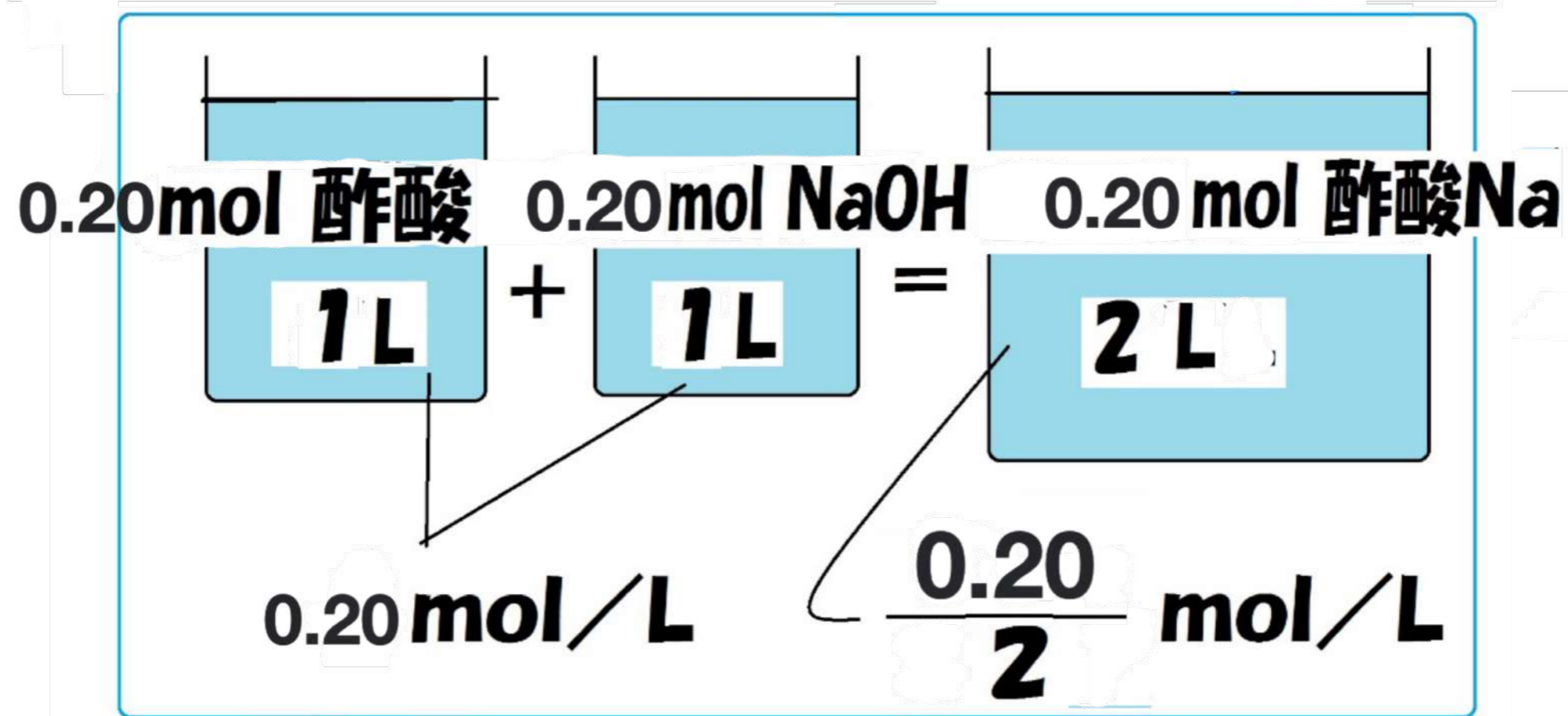
## 酢酸ナトリウム水溶液について、 具体的な計算の練習

問3 上記【step 4】の後半で得られた式を用いて計算する。

$$[\text{CH}_3\text{COONa}] = 0.10 \text{ (mol/L)}$$

理由は次ページ

問3 解答: 8.9



## 酢酸ナトリウム水溶液について、 具体的な計算の練習

問3 上記【step 4】の後半で得られた式を用いて計算する。

$$[\text{CH}_3\text{COONa}] = 0.10 \text{ (mol/L)}$$
$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_a K_w}{C_s}}$$

問3 解答: 8.9



## 酢酸ナトリウム水溶液について、 具体的な計算の練習

問3 上記【step 4】の後半で得られた式を用いて計算する。

$$[\text{CH}_3\text{COONa}] = 0.10 \text{ (mol/L)}$$
$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_a K_w}{C_s}} = \sqrt{\frac{2.0 \times 10^{-5} \times 1.0 \times 10^{-14}}{0.10}}$$

問3 解答: 8.9

## 酢酸ナトリウム水溶液について、 具体的な計算の練習

問3 上記【step 4】の後半で得られた式を用いて計算する。

$$[\text{CH}_3\text{COONa}] = 0.10 \text{ (mol/L)}$$
$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_a K_w}{C_s}} = \sqrt{\frac{2.0 \times 10^{-5} \times 1.0 \times 10^{-14}}{0.10}} = \sqrt{2.0 \times 10^{-9}}$$

問3 解答: 8.9

## 酢酸ナトリウム水溶液について、 具体的な計算の練習

問3 上記【step 4】の後半で得られた式を用いて計算する。

$$[\text{CH}_3\text{COONa}] = 0.10 \text{ (mol/L)}$$
$$[\text{H}^+] = \sqrt{\frac{K_a K_w}{C_s}} = \sqrt{\frac{2.0 \times 10^{-5} \times 1.0 \times 10^{-14}}{0.10}} = \sqrt{2.0 \times 10^{-9}}$$
$$\text{pH} = -\log_{10}(\sqrt{2.0 \times 10^{-9}}) = 8.85$$

問3 解答: 8.9



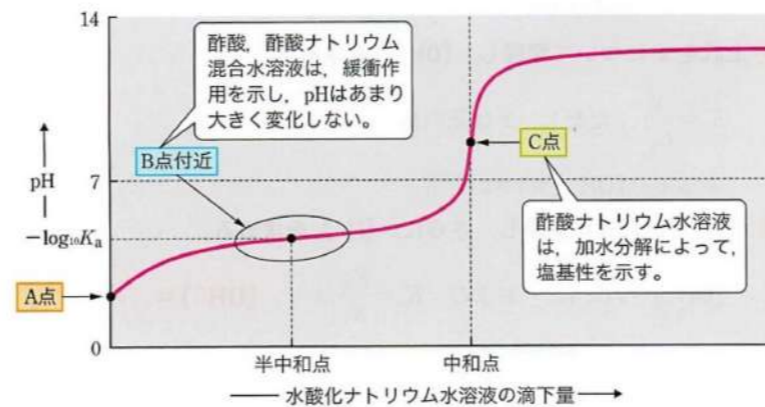
# 頻出ですよ！

## ■ 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。



**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  $[H^+]$  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， $K_a$  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  $C_s'$  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，

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

によって求められる。

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

**基本的な内容は、  
酢酸-NaOH滴定曲線とまったく同一です！**

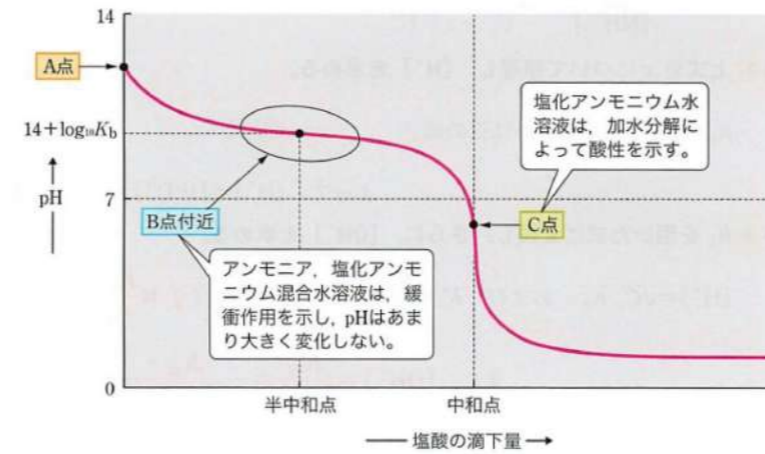
時間があるときに確認しておこう。

■  $\text{NH}_3\text{-HCl}$  滴定曲線

**B点付近**：アンモニア、塩化アンモニウム混合水溶液  
アンモニアの濃度を  $C_b$  mol/L とし、塩化アンモニウムの濃度を  $C_s$  mol/L とすると、この混合水溶液の水酸化物イオン濃度  $[\text{OH}^-]$  および pH (25°C) は次のように表される。

$$[\text{OH}^-] = \frac{C_b}{C_s} K_b, \quad \text{pH} = 14 + \log_{10} \left( \frac{C_b}{C_s} K_b \right)$$

ただし、 $K_b$  はアンモニアの電離定数である。



**A点**：アンモニア水  
濃度を  $C$  mol/L とすると、アンモニア水の水酸化物イオン濃度  $[\text{OH}^-]$  は次のように表される。

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{CK_b}$$

すなわち pH (25°C) は、  
 $\text{pH} = 14 + \log_{10} \sqrt{CK_b}$   
によって求められる。

ただし、 $K_b$  はアンモニアの電離定数である。ちなみに、アンモニアの電離度は、次のように表される。

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

**C点**：塩化アンモニウム水溶液  
濃度を  $C_s'$  mol/L とすると、塩化アンモニウム水溶液の水酸化物イオン濃度は次のように表される（ただし、水溶液の液性は酸性）。

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_b K_w}{C_s'}}$$

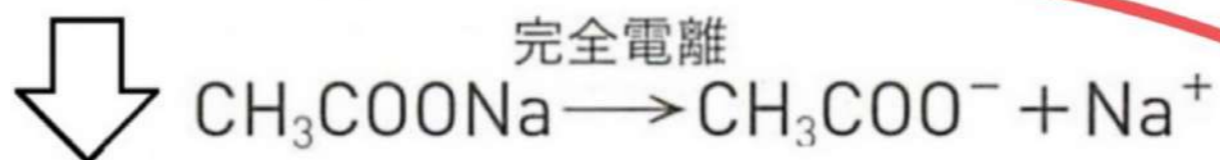
すなわち pH (25°C) は、  
 $\text{pH} = 14 + \log_{10} \sqrt{\frac{K_b K_w}{C_s'}}$   
によって求められる。

ただし、 $K_b$  はアンモニアの電離定数、 $K_w$  は水のイオン積である。

## 緩衝液

少量の酸や塩基を加えてもpHは大きく変化しない溶液のこと。

曲線上のB点： $\text{CH}_3\text{COOH}$  /  $\text{CH}_3\text{COONa}$  混合 aq



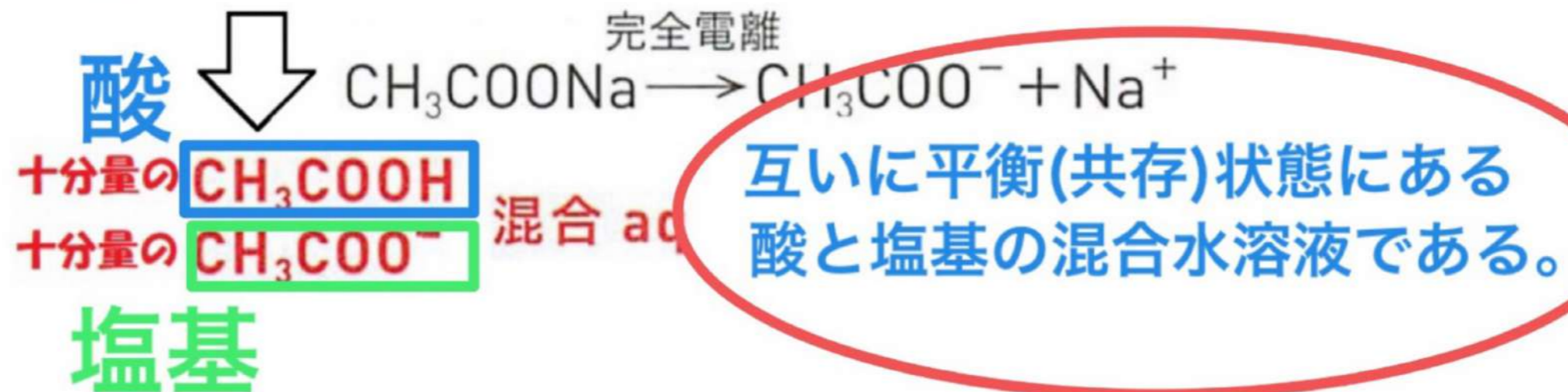
十分量の  $\text{CH}_3\text{COOH}$   
十分量の  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  混合 aq



# 緩衝液

少量の酸や塩基を加えてもpHは大きく変化しない溶液のこと。

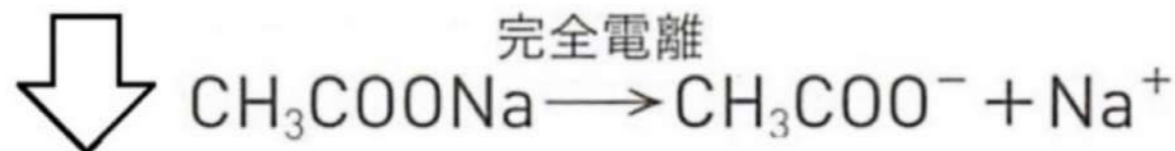
曲線上のB点： $\text{CH}_3\text{COOH}$  /  $\text{CH}_3\text{COONa}$  混合 aq



## 緩衝液

少量の酸や塩基を加えてもpHは大きく変化しない溶液のこと。

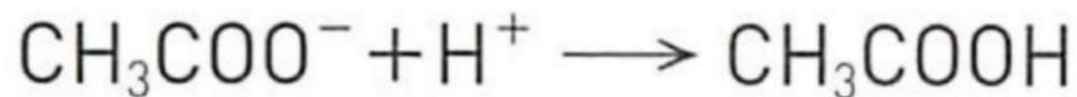
曲線上のB点： $\text{CH}_3\text{COOH}$   
 $\text{CH}_3\text{COONa}$  混合 aq



十分量の  $\text{CH}_3\text{COOH}$   
十分量の  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  混合 aq

互いに平衡(共存)状態にある  
酸と塩基の混合水溶液である。

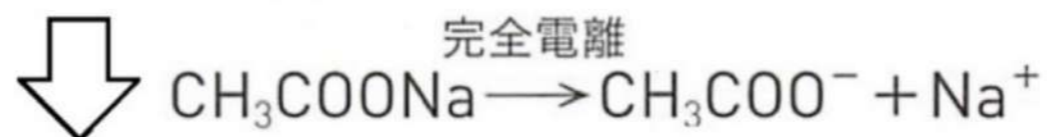
少量の塩酸を加えると、



## 緩衝液

少量の酸や塩基を加えてもpHは大きく変化しない溶液のこと。

曲線上のB点： $\text{CH}_3\text{COOH}$   
 $\text{CH}_3\text{COONa}$  混合 aq



十分量の  $\text{CH}_3\text{COOH}$   
十分量の  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  混合 aq 互いに平衡(共存)状態にある  
酸と塩基の混合水溶液である。

少量の塩酸を加えると、



少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、

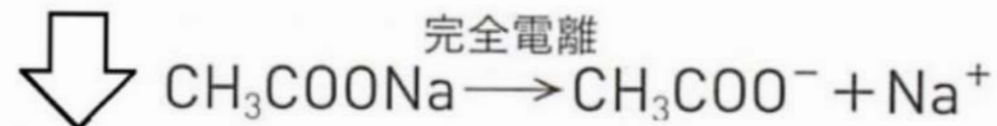




## 緩衝液

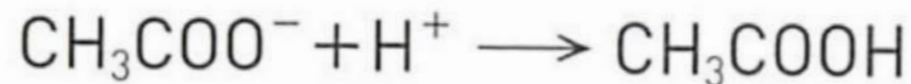
少量の酸や塩基を加えてもpHは大きく変化しない溶液のこと。

曲線上のB点： $\text{CH}_3\text{COOH}$   
 $\text{CH}_3\text{COONa}$  混合 aq



十分量の  $\text{CH}_3\text{COOH}$   
十分量の  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  混合 aq 互いに平衡(共存)状態にある  
酸と塩基の混合水溶液である。

少量の塩酸を加えると、



少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、



という反応が進んで  $[\text{H}^+]$  の増加が緩和される。  
 $[\text{OH}^-]$  の変化

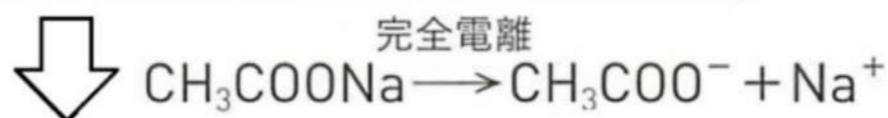
## 参考資料

### よりレベルアップした 緩衝液(緩衝作用)の説明

少量の酸や塩基を加えてもpHは大きく変化しない溶液のこと。

緩衝液

曲線上のB点： $\text{CH}_3\text{COOH}$   
 $\text{CH}_3\text{COONa}$  混合 aq



十分量の  $\text{CH}_3\text{COOH}$   
十分量の  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  混合 aq



少量の酸や塩基を加えても  $\frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$  は大きく変化しない。

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

すなわち、少量の酸や塩基を加えてもpHは大きく変化しない。

お疲れ様！

