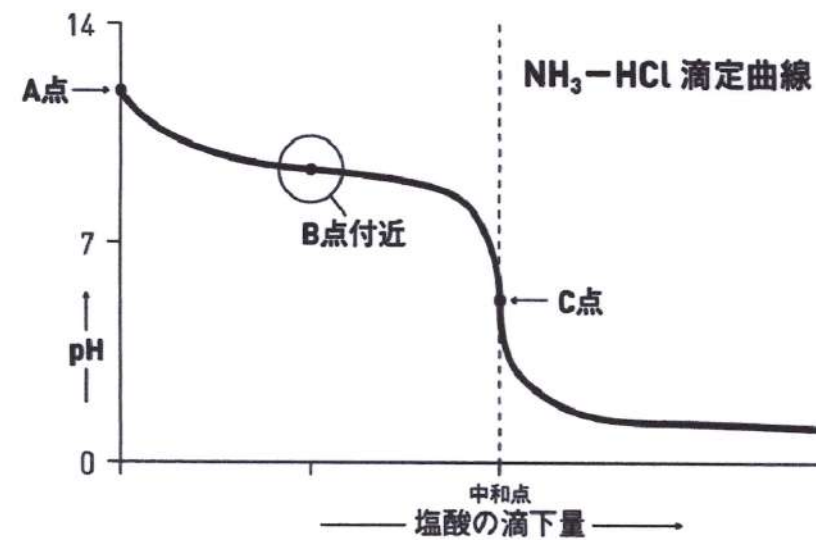


「アンモニアとその塩の水溶液」で必要な知識

〔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および pH は次のように表される。

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、このアンモニア水の水酸化物イオン濃度および pH は次のように表される

ただし、 K_b はアンモニアの電離定数である。

〔C点：塩化アンモニウム水溶液〕

濃度を x (mol/L) とすると、この塩化アンモニウム水溶液の水酸化物イオン濃度および pH は次のように表される。

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。

〔注〕 pH の式は、 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ のときの式。

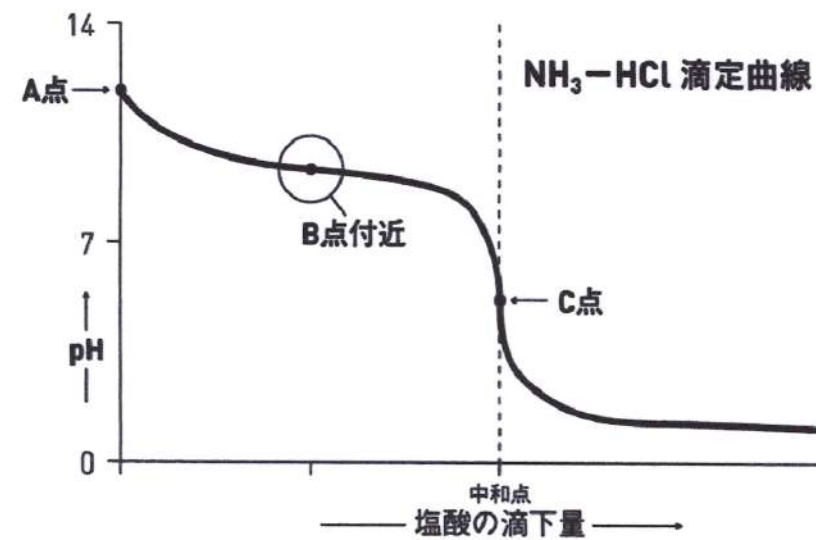
「アンモニアとその塩の水溶液」で必要な知識

〔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および pH は次のように表される。

$$[\text{OH}^-] = \frac{C_b}{1 + \frac{C_s}{K_b}} \quad \text{pH} = 14 + \log_{10} [\text{OH}^-]$$

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、このアンモニア水の水酸化物イオン濃度および pH は次のように表される。

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

$$\text{pH} = 14 + \log_{10} \sqrt{CK_b}$$

ただし、 K_b はアンモニアの電離定数である。

〔C点：塩化アンモニウム水溶液〕

濃度を x (mol/L) とすると、この塩化アンモニウム水溶液の水酸化物イオン濃度および pH は次のように表される。

$$[\text{H}^+] = \sqrt{K_a x} \quad \text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$$

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。

〔注〕 pH の式は、 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ のときの式。

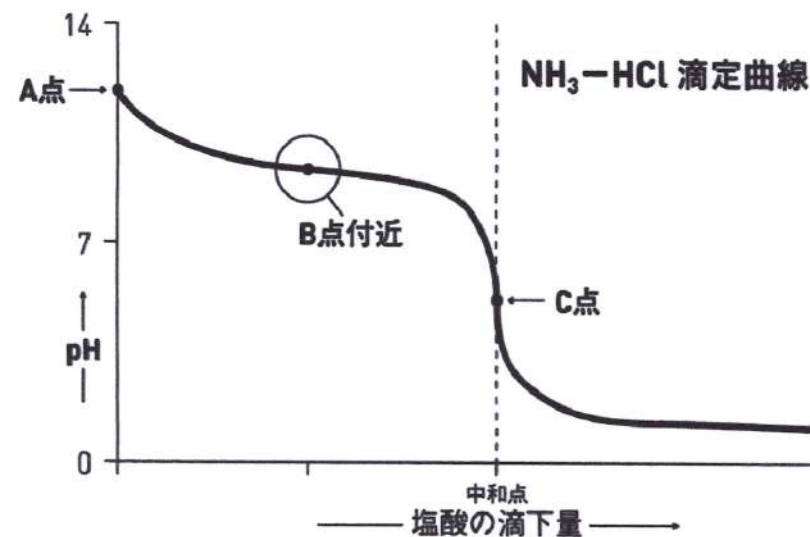
「アンモニアとその塩の水溶液」で必要な知識

〔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および pH 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、このアンモニア水の水酸化物イオン濃度および pH は次のように表される。

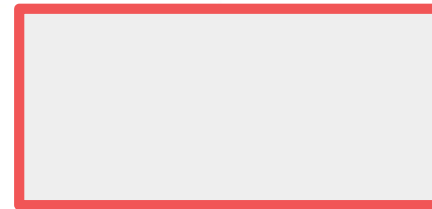
$$[\text{OH}^-] = \sqrt{CK_b}$$

$$\text{pH} = 14 + \log_{10} \sqrt{CK_b}$$

ただし、 K_b はアンモニアの電離定数である。

〔C点：塩化アンモニウム水溶液〕

濃度を x (mol/L) とすると、この塩化アンモニウム水溶液の水酸化物イオン濃度および pH は次のように表される。



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。

〔注〕 pH の式は、 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ のときの式。

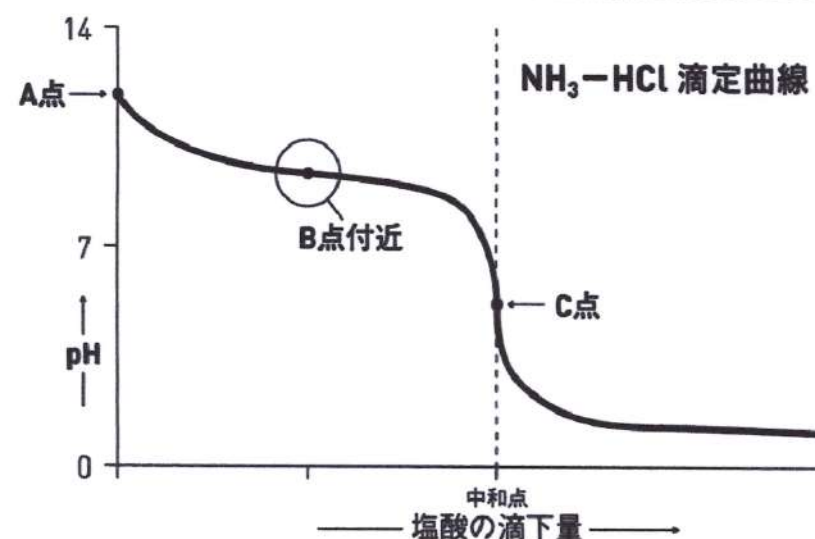
「アンモニアとその塩の水溶液」で必要な知識

—[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および pH 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、このアンモニア水の水酸化物イオン濃度および pH は次のように表される。

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

$$\text{pH} = 14 + \log_{10} \sqrt{CK_b}$$

ただし、 K_b はアンモニアの電離定数である。

—[C点：塩化アンモニウム水溶液]—

濃度を x (mol/L) とすると、この塩化アンモニウム水溶液の水酸化物イオン濃度および pH は次のように表される。

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_b \cdot K_w}{x}}$$

$$\text{pH} = 14 + \log_{10} \sqrt{\frac{K_b \cdot K_w}{x}}$$

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。

② pH の式は、 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ のときの式。

【アンモニア-塩酸滴定曲線】

I ある温度において、 $C(\text{mol/L})$ のアンモニア水がある。同温度におけるアンモニアの電離定数を K_b とおく。このとき、同アンモニア水の水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ を、 C と K_b とを用いて表せ。ただし、電離度は 1 に比べて極めて小さいとする。

【アンモニア-塩酸滴定曲線】

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

—(バランスシート)—

『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \quad \dots\dots (\text{I 式})$$

step2 式への代入

Ⅱ 式を $x (x > 0)$ について整理すると,

$$x = \sqrt{CK_b} \quad \text{よって, } [\text{OH}^-] = x = \sqrt{CK_b}$$

解答

← 導けたら、記憶しておこう！

【アンモニア-塩酸滴定曲線】

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

(バランスシート)

	NH_3	+	H_2O	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	OH^-
電離前	C				0		0
電離	$-x$				$+x$		$+x$
平衡時	$C-x(\text{mol/L})$				$x(\text{mol/L})$		$x(\text{mol/L})$

『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \quad \dots\dots(\text{I 式})$$

step2 式への代入

Ⅱ 式を $x(x > 0)$ について整理すると,

$$x = \sqrt{CK_b} \quad \text{よって, } [\text{OH}^-] = x = \sqrt{CK_b}$$

解答

← 導けたら、記憶しておこう！

【アンモニア-塩酸滴定曲線】

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

(バランスシート)

	NH_3	+	H_2O	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	OH^-
電離前	C				0		0
電離	$-x$				$+x$		$+x$
平衡時	$C-x(\text{mol/L})$				$x(\text{mol/L})$		$x(\text{mol/L})$

『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \quad \dots\dots(\text{I 式})$$

step2 式への代入

$$K_b = \frac{x \times x}{C-x} = \frac{x^2}{C-x} \doteq \frac{x^2}{C} \quad \dots\dots(\text{II 式})$$

濃度が極めて薄い場合を除けば、アンモニア水では一般にアンモニアの電離度は小さく、ふつう x は C に比べて極めて小さい ($C \gg x$) ため、 $C-x \doteq C$ と近似できる。

II 式を $x(x > 0)$ について整理すると、

$$x = \sqrt{CK_b} \quad \text{よって、} [\text{OH}^-] = x = \sqrt{CK_b}$$

解答

← 導けたら、記憶しておこう！

【アンモニア-塩酸滴定曲線】

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

(バランスシート)

	NH_3	+	H_2O	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	OH^-
電離前	C				0		0
電離	$-x$				$+x$		$+x$
平衡時	$C-x(\text{mol/L})$				$x(\text{mol/L})$		$x(\text{mol/L})$

『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \quad \dots\dots (\text{I 式})$$

step2 式への代入

$$K_b = \frac{x \times x}{C-x} = \frac{x^2}{C-x} \doteq \frac{x^2}{C} \quad \dots\dots (\text{II 式})$$

濃度が極めて薄い場合を除けば、アンモニア水では一般にアンモニアの電離度は小さく、ふつう x は C に比べて極めて小さい ($C \gg x$) ため、 $C-x \doteq C$ と近似できる。

II 式を $x(x > 0)$ について整理すると、

$$x = \sqrt{CK_b} \quad \text{よって、} [\text{OH}^-] = x = \sqrt{CK_b}$$

解答 $[\text{OH}^-] = \sqrt{CK_b}$ ← 導けたら、記憶しておこう！

Ⅱ ある温度において、アンモニアと塩化アンモニウムとの混合水溶液がある。アンモニアの濃度は C_b (mol/L), 塩化アンモニウムの濃度は C_s (mol/L) であり、両濃度はあまり大きくは離れていない。また、同温度におけるアンモニアの電離定数を K_b とおく。このとき、同混合水溶液の水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ を、 C_b および C_s と K_b とを用いて表せ。

【アンモニア-塩酸滴定曲線 II】

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

—(バランスシート(その1))—

—(バランスシート(その2))—

『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \dots\dots (I \text{ 式})$$

step2 式への代入

II 式を x について整理すると、

$$x = \frac{C_b}{C_s} K_b \text{ よって,}$$

解答

← 導けたら、記憶しておこう！

【アンモニア-塩酸滴定曲線 II】

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

(バランスシート(その1))

	NH_3	+	H_2O	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	OH^-
電離前	C_b				0		0
電離	$-x$				$+x$		$+x$
平衡時	$C_b - x(\text{mol/L})$				$x(\text{mol/L})$		$x(\text{mol/L})$

(バランスシート(その2))

『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \quad \dots\dots (\text{I 式})$$

step2 式への代入

Ⅱ 式を x について整理すると、

$$x = \frac{C_b}{C_s} K_b \quad \text{よって,}$$

解答

← 導けたら、記憶しておこう！

【アンモニア-塩酸滴定曲線 II】

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

(バランスシート(その1))

	NH_3	+	H_2O	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	OH^-
電離前	C_b				0		0
電離	$-x$				$+x$		$+x$
平衡時	$C_b - x(\text{mol/L})$				$x(\text{mol/L})$		$x(\text{mol/L})$

(バランスシート(その2))

	NH_4Cl	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	Cl^-
電離前	C_s		0		0
電離	$-C_s$		$+C_s$		$+C_s$
電離後	0 (mol/L)		$C_s(\text{mol/L})$		$C_s(\text{mol/L})$

『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \dots\dots (I \text{ 式})$$

step2 式への代入

II 式を x について整理すると、

$$x = \frac{C_b}{C_s} K_b \text{ よって,}$$

解答

← 導けたら、記憶しておこう！

【アンモニア-塩酸滴定曲線 II】

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

(バランスシート(その1))

	NH_3	+	H_2O	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	OH^-
電離前	C_b				0		0
電離	$-x$				$+x$		$+x$
平衡時	$C_b - x(\text{mol/L})$				$x(\text{mol/L})$		$x(\text{mol/L})$

(バランスシート(その2))

	NH_4Cl	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	Cl^-
電離前	C_s		0		0
電離	$-C_s$		$+C_s$		$+C_s$
電離後	0(mol/L)		$C_s(\text{mol/L})$		$C_s(\text{mol/L})$

『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \quad \dots\dots(\text{I 式})$$

step2 式への代入

アンモニウムイオン NH_4^+ については、アンモニアの電離によって生じた分(x)だけではなく、塩化アンモニウムの電離によって生じた分(C_s)を合計した上で代入する。この場合の「化学平衡の法則」は、この混合水溶液について成立しているので、合計を代入するのは当然のことである。

$$K_b = \frac{(C_s + x) \times x}{C_b - x} \approx \frac{C_s}{C_b} x \quad \dots\dots(\text{II 式})$$

濃度が極めて薄い場合を除けば、アンモニア水溶液では一般にアンモニアの電離度は小さく、ふつうは x は C_b に比べて極めて小さい($C_b \gg x$)ため、 $C_b - x \approx C_b$ と近似できる(ちなみに、この混合水溶液中では、アンモニアの電離度はさらに小さい)。また、題意に C_b と C_s とはあまり大きくは離れていないとあるので、 $C_s \gg x$ でもあり、 $C_s + x \approx C_s$ と近似できる。

II 式を x について整理すると、

$$x = \frac{C_b}{C_s} K_b \quad \text{よって、}$$

解答

← 導いたら、記憶しておこう！

【アンモニア-塩酸滴定曲線 II】

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

(バランスシート(その1))

	NH_3	+	H_2O	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	OH^-
電離前	C_b				0		0
電離	$-x$				$+x$		$+x$
平衡時	$C_b - x(\text{mol/L})$				$x(\text{mol/L})$		$x(\text{mol/L})$

(バランスシート(その2))

	NH_4Cl	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	Cl^-
電離前	C_s		0		0
電離	$-C_s$		$+C_s$		$+C_s$
電離後	0(mol/L)		$C_s(\text{mol/L})$		$C_s(\text{mol/L})$

『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \quad \dots\dots(\text{I 式})$$

step2 式への代入

アンモニウムイオン NH_4^+ については、アンモニアの電離によって生じた分(x)だけではなく、塩化アンモニウムの電離によって生じた分(C_s)を合計した上で代入する。この場合の「化学平衡の法則」は、この混合水溶液について成立しているので、合計を代入するのは当然のことである。

$$K_b = \frac{(C_s + x) \times x}{C_b - x} \approx \frac{C_s}{C_b} x \quad \dots\dots(\text{II 式})$$

濃度が極めて薄い場合を除けば、アンモニア水溶液では一般にアンモニアの電離度は小さく、ふつうは x は C_b に比べて極めて小さい($C_b \gg x$)ため、 $C_b - x \approx C_b$ と近似できる(ちなみに、この混合水溶液中では、アンモニアの電離度はさらに小さい)。また、題意に C_b と C_s とはあまり大きくは離れていないとあるので、 $C_s \gg x$ でもあり、 $C_s + x \approx C_s$ と近似できる。

II 式を x について整理すると、

$$x = \frac{C_b}{C_s} K_b \quad \text{よって、} [\text{OH}^-] = x = \frac{C_b}{C_s} K_b$$

解答

← 導いたら、記憶しておこう！

【アンモニア-塩酸滴定曲線 II】

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

(バランスシート(その1))

	NH_3	+	H_2O	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	OH^-
電離前	C_b				0		0
電離	$-x$				$+x$		$+x$
平衡時	$C_b - x(\text{mol/L})$				$x(\text{mol/L})$		$x(\text{mol/L})$

(バランスシート(その2))

	NH_4Cl	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	Cl^-
電離前	C_s		0		0
電離	$-C_s$		$+C_s$		$+C_s$
電離後	0(mol/L)		$C_s(\text{mol/L})$		$C_s(\text{mol/L})$

『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} \quad \dots\dots(\text{I 式})$$

step2 式への代入

アンモニウムイオン NH_4^+ については、アンモニアの電離によって生じた分(x)だけではなく、塩化アンモニウムの電離によって生じた分(C_s)を合計した上で代入する。この場合の「化学平衡の法則」は、この混合水溶液について成立しているので、合計を代入するのは当然のことである。

$$K_b = \frac{(C_s + x) \times x}{C_b - x} \approx \frac{C_s}{C_b} x \quad \dots\dots(\text{II 式})$$

濃度が極めて薄い場合を除けば、アンモニア水溶液では一般にアンモニアの電離度は小さく、ふつうは x は C_b に比べて極めて小さい($C_b \gg x$)ため、 $C_b - x \approx C_b$ と近似できる(ちなみに、この混合水溶液中では、アンモニアの電離度はさらに小さい)。また、題意に C_b と C_s とはあまり大きくは離れていないとあるので、 $C_s \gg x$ でもあり、 $C_s + x \approx C_s$ と近似できる。

II 式を x について整理すると、

$$x = \frac{C_b}{C_s} K_b \quad \text{よって、} [\text{OH}^-] = x = \frac{C_b}{C_s} K_b$$

解答 $[\text{OH}^-] = \frac{C_b}{C_s} K_b \leftarrow$ 導けたら、記憶しておこう！

Ⅲ ある温度において、 $x(\text{mol/L})$ の塩化アンモニウム水溶液がある。同温度におけるアンモニアの電離定数を K_b 、水のイオン積を K_w とおく。このとき、同塩化アンモニウム水溶液の水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ を、 x と K_b 、 K_w を用いて表せ。

【アンモニア-塩酸滴定曲線 Ⅲ】

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

—(バランスシート(その1))—

—(バランスシート(その2))—

『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \quad \dots\dots (\text{I 式})$$

step2 式への代入 I 式に、平衡時の値を代入し、整理しよう。

Ⅱ 式を $y (y > 0)$ について整理すると、 $y = \sqrt{xK_h}$ よって、水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ は、 $[\text{H}^+] = y = \sqrt{xK_h}$ となるので、水酸化物イオン濃度は、

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{K_w}{\sqrt{xK_h}} = \sqrt{\frac{K_w^2}{xK_h}} \quad \dots\dots (\text{Ⅲ 式})$$

【アンモニア-塩酸滴定曲線 Ⅲ】

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

(バランスシート(その1))

	NH_4Cl	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	Cl^-
電離前	x		0		0
電離	$-x$		$+x$		$+x$
電離後	0(mol/L)		$x(\text{mol/L})$		$x(\text{mol/L})$

(バランスシート(その2))

『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \dots\dots(\text{I 式})$$

step2 式への代入 I 式に、平衡時の値を代入し、整理しよう。

Ⅱ 式を $y(y > 0)$ について整理すると、 $y = \sqrt{xK_h}$ よって、水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ は、 $[\text{H}^+] = y = \sqrt{xK_h}$ となるので、水酸化物イオン濃度は、

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{K_w}{\sqrt{xK_h}} = \sqrt{\frac{K_w^2}{xK_h}} \dots\dots(\text{Ⅲ 式})$$

【アンモニア-塩酸滴定曲線 Ⅲ】

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

(バランスシート(その1))

	NH_4Cl	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	Cl^-
電離前	x		0		0
電離	$-x$		$+x$		$+x$
電離後	$0(\text{mol/L})$		$x(\text{mol/L})$		$x(\text{mol/L})$

(バランスシート(その2))

	NH_4^+	+	H_2O	$\rightleftharpoons$	NH_3	+	H_3O^+
最初	x				0		0
変化量	$-y$				$+y$		$+y$
平衡時	$x-y(\text{mol/L})$				$y(\text{mol/L})$		$y(\text{mol/L})$

『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \dots\dots(\text{I 式})$$

step2 式への代入 I 式に、平衡時の値を代入し、整理しよう。

Ⅱ 式を $y(y > 0)$ について整理すると、 $y = \sqrt{xK_h}$ よって、水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ は、 $[\text{H}^+] = y = \sqrt{xK_h}$ となるので、水酸化物イオン濃度は、

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{K_w}{\sqrt{xK_h}} = \sqrt{\frac{K_w^2}{xK_h}} \dots\dots(\text{Ⅲ 式})$$

【アンモニア-塩酸滴定曲線 Ⅲ】

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

(バランスシート(その1))

	NH_4Cl	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	Cl^-
電離前	x		0		0
電離	$-x$		$+x$		$+x$
電離後	$0(\text{mol/L})$		$x(\text{mol/L})$		$x(\text{mol/L})$

(バランスシート(その2))

	NH_4^+	+	H_2O	$\rightleftharpoons$	NH_3	+	H_3O^+
最初	x				0		0
変化量	$-y$				$+y$		$+y$
平衡時	$x-y(\text{mol/L})$				$y(\text{mol/L})$		$y(\text{mol/L})$

『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \quad \dots\dots(\text{I 式})$$

step2 式への代入 I 式に、平衡時の値を代入し、整理しよう。

$$K_h = \frac{y \times y}{x-y} = \frac{y^2}{x-y} \approx \frac{y^2}{x} \quad \dots\dots(\text{II 式})$$

アンモニウムイオンの水溶液では一般に加水分解の程度は小さく、ふつうは y は x に比べて極めて小さい ($x \gg y$) ため、 $x-y \approx x$ と近似できる。

II 式を $y(y > 0)$ について整理すると、 $y = \sqrt{xK_h}$ によって、水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ は、 $[\text{H}^+] = y = \sqrt{xK_h}$ となるので、水酸化物イオン濃度は、

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{K_w}{\sqrt{xK_h}} = \sqrt{\frac{K_w^2}{xK_h}} \quad \dots\dots(\text{III 式})$$

【アンモニア-塩酸滴定曲線 Ⅲ】

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

(バランスシート(その1))

	NH_4Cl	$\rightleftharpoons$	NH_4^+	+	Cl^-
電離前	x		0		0
電離	$-x$		$+x$		$+x$
電離後	$0(\text{mol/L})$		$x(\text{mol/L})$		$x(\text{mol/L})$

(バランスシート(その2))

	NH_4^+	+	H_2O	$\rightleftharpoons$	NH_3	+	H_3O^+
最初	x				0		0
変化量	$-y$				$+y$		$+y$
平衡時	$x-y(\text{mol/L})$				$y(\text{mol/L})$		$y(\text{mol/L})$

『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \dots\dots(\text{I 式})$$

step2 式への代入 I 式に、平衡時の値を代入し、整理しよう。

$$K_h = \frac{y \times y}{x-y} = \frac{y^2}{x-y} \doteq \frac{y^2}{x} \dots\dots(\text{II 式})$$

アンモニウムイオンの水溶液では一般に加水分解の程度は小さく、ふつうは y は x に比べて極めて小さい ($x \gg y$) ため、 $x-y \approx x$ と近似できる。

II 式を $y(y > 0)$ について整理すると、 $y = \sqrt{xK_h}$ よって、水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ は、 $[\text{H}^+] = y = \sqrt{xK_h}$ となるので、水酸化物イオン濃度は、

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{K_w}{\sqrt{xK_h}} = \sqrt{\frac{K_w^2}{xK_h}} \dots\dots(\text{III 式})$$

step3 式の変形

しかし、題意では、 $[\text{OH}^-]$ を、 x と K_b 、 K_w を用いて表すことを求めている。
そこで、 K_h を K_b と K_w とで表す必要がある。

「ここで、 K_h を K_b と K_w とで表してみよう。」

Ⅲ式にⅣ式を代入すると、求める水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ は、

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_w^2}{xK_h}} = \sqrt{\frac{K_w^2}{x \times \frac{K_w}{K_b}}} = \sqrt{\frac{K_w^2}{x} \times \frac{K_b}{K_w}} = \sqrt{\frac{K_b \cdot K_w}{x}}$$

解答

← 導いたら、記憶しておこう！

step3 式の変形

しかし、題意では、 $[\text{OH}^-]$ を、 x と K_a 、 K_w を用いて表すことを求めている。
そこで、 K_h を K_b と K_w とで表す必要がある。

ここで、 K_h を K_b と K_w とで表してみよう。

アンモニウムイオンの加水分解について、化学平衡の法則を式で表すと、

$$K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \dots\dots (\text{I 式})$$

であった。I 式の分母・分子に $[\text{OH}^-]$ を掛け、整理してみると、

$$\begin{aligned} K_h &= \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]} \\ &= \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]} = \frac{K_w}{K_b} \end{aligned}$$

上記のように、 $K_h = \frac{K_w}{K_b} \dots\dots (\text{IV 式})$ という関係が得られる。

III 式にIV 式を代入すると、求める水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ は、

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_w^2}{xK_h}} = \sqrt{\frac{K_w^2}{x \times \frac{K_w}{K_b}}} = \sqrt{\frac{K_w^2}{x} \times \frac{K_b}{K_w}} = \sqrt{\frac{K_b \cdot K_w}{x}}$$

解答

← 導けたら、記憶しておこう！

step3 式の変形

しかし、題意では、 $[\text{OH}^-]$ を、 x と K_b 、 K_w を用いて表すことを求めている。
そこで、 K_h を K_b と K_w とで表す必要がある。

ここで、 K_h を K_b と K_w とで表してみよう。

アンモニウムイオンの加水分解について、化学平衡の法則を式で表すと、

$$K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \quad \dots\dots (\text{I 式})$$

であった。I 式の分母・分子に $[\text{OH}^-]$ を掛け、整理してみると、

$$\begin{aligned} K_h &= \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]} \\ &= \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]} = \frac{K_w}{K_b} \end{aligned}$$

上記のように、 $K_h = \frac{K_w}{K_b} \quad \dots\dots (\text{IV 式})$ という関係が得られる。

III 式にIV 式を代入すると、求める水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ は、

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_w^2}{xK_h}} = \sqrt{\frac{K_w^2}{x \times \frac{K_w}{K_b}}} = \sqrt{\frac{K_w^2}{x} \times \frac{K_b}{K_w}} = \sqrt{\frac{K_b \cdot K_w}{x}}$$

解答

← 導いたら、記憶しておこう！

step3 式の変形

しかし、題意では、 $[\text{OH}^-]$ を、 x と K_b , K_w を用いて表すことを求めている。
そこで、 K_h を K_b と K_w とで表す必要がある。

ここで、 K_h を K_b と K_w とで表してみよう。

アンモニウムイオンの加水分解について、化学平衡の法則を式で表すと、

$$K_h = \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+]}{[\text{NH}_4^+]} \dots\dots (\text{I 式})$$

であった。I 式の分母・分子に $[\text{OH}^-]$ を掛け、整理してみると、

$$\begin{aligned} K_h &= \frac{[\text{NH}_3][\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]} \\ &= \frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]} = \frac{K_w}{K_b} \end{aligned}$$

上記のように、 $K_h = \frac{K_w}{K_b} \dots\dots (\text{IV 式})$ という関係が得られる。

III 式に IV 式を代入すると、求める水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ は、

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_w^2}{xK_h}} = \sqrt{\frac{K_w^2}{x \times \frac{K_w}{K_b}}} = \sqrt{\frac{K_w^2}{x} \times \frac{K_b}{K_w}} = \sqrt{\frac{K_b \cdot K_w}{x}}$$

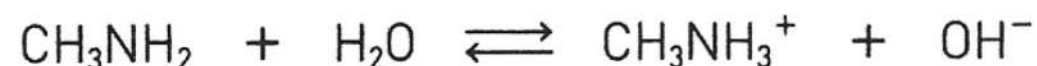
解答 $[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_b \cdot K_w}{x}} \leftarrow$ 導けたら、記憶しておこう！

【メチルアミンの水溶液】

【メチルアミンの水溶液】

次の文章を読み、以下の問いに答えよ。必要な場合には次の値を用いよ。原子量は、 $H=1.0$ 、 $C=12$ 、 $N=14$ とする。また、水のイオン積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ 、 $\log_{10} 4.4 = 0.643$ とする。

アンモニアやメチルアミンのような弱塩基は、水溶液中では弱酸と同じように、電離していない分子と電離して生じたイオンとの間に電離平衡が成立している。例えば、メチルアミンの水溶液中では次のような電離平衡が成立する。



このときの平衡定数を求めると、

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{NH}_3^+][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{NH}_2][\text{H}_2\text{O}]} \dots\dots (\text{式 A})$$

となる。 $[\text{H}_2\text{O}]$ は低濃度のメチルアミン水溶液では一定と考えてよいので、式 A は次のようになる。

$$K[\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{CH}_3\text{NH}_3^+][\text{OH}^-]}{[\text{CH}_3\text{NH}_2]} = K_b (\text{mol/L})$$

メチルアミン水溶液の場合には、この K_b をメチルアミンの電離定数といい、 25°C では $4.4 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ である。

問 3.1 g/L のメチルアミン水溶液の 25°C での pH を計算せよ。小数点以下第 1 位まで答えよ。ただし、電離度 α は、 $0 < \alpha \ll 1$ であるとみなしてよいものとする。

【メチルアミンの水溶液】

step1 情報の整理

メチルアミンという1価の弱塩基が題材となっており、しかも、『電離度 α は、 $0 < \alpha \ll 1$ であるとみなしてよいものとする』とあるので、内容的には、典型的な「アンモニア水」に関する問題と同一である。よって、

$$K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ のとき } \text{pH} = 14 + \log_{10}[\text{OH}^-]$$

を用いればよい。

メチルアミン CH_3NH_2 の分子量は31 であるから、題意より、

メチルアミンの濃度 :

メチルアミンの電離定数 :

である。

step2 式への代入

$$\text{pH} = 14 + \log_{10}[\text{OH}^-] = 14 + \log_{10}\sqrt{4.4 \times 10^{-5}}:$$

$$= 14 + \frac{1}{2} \log_{10}(4.4 \times 10^{-5}) = 11.82$$

解答 11.8

【メチルアミンの水溶液】

step1 情報の整理

メチルアミンという1価の弱塩基が題材となっており、しかも、『電離度 α は、 $0 < \alpha \ll 1$ であるとみなしてよいものとする』とあるので、内容的には、典型的な「アンモニア水」に関する問題と同一である。よって、

$$K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ のとき } \text{pH} = 14 + \log_{10} [\text{OH}^-]$$

を用いればよい。

メチルアミン CH_3NH_2 の分子量は31 であるから、題意より、

メチルアミンの濃度 :

メチルアミンの電離定数 :

である。

step2 式への代入

$$\text{pH} = 14 + \log_{10} [\text{OH}^-] = 14 + \log_{10} \sqrt{4.4 \times 10^{-5}}$$

$$= 14 + \frac{1}{2} \log_{10} (4.4 \times 10^{-5}) = 11.82$$

解答 11.8

【メチルアミンの水溶液】

step1 情報の整理

メチルアミンという1価の弱塩基が題材となっており、しかも、『電離度 α は、 $0 < \alpha \ll 1$ であるとみなしてよいものとする』とあるので、内容的には、典型的な「アンモニア水」に関する問題と同一である。よって、

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{CK_b}$$
$$K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ のとき } \text{pH} = 14 + \log_{10}[\text{OH}^-]$$

を用いればよい。

メチルアミン CH_3NH_2 の分子量は 31 であるから、題意より、

メチルアミンの濃度 : $C = \frac{\frac{3.1}{31}}{1} = 0.10 \text{ (mol/L)}$

メチルアミンの電離定数 :

である。

step2 式への代入

$$\begin{aligned} \text{pH} &= 14 + \log_{10}[\text{OH}^-] = 14 + \log_{10}\sqrt{4.4 \times 10^{-5}} \\ &= 14 + \frac{1}{2} \log_{10}(4.4 \times 10^{-5}) = 11.82 \end{aligned}$$

解答 11.8

【メチルアミンの水溶液】

step1 情報の整理

メチルアミンという1価の弱塩基が題材となっており、しかも、『電離度 α は、 $0 < \alpha \ll 1$ であるとみなしてよいものとする』とあるので、内容的には、典型的な「アンモニア水」に関する問題と同一である。よって、

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{CK_b}$$
$$K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ のとき } \text{pH} = 14 + \log_{10}[\text{OH}^-]$$

を用いればよい。

メチルアミン CH_3NH_2 の分子量は31 であるから、題意より、

$$\begin{aligned} \text{メチルアミンの濃度} &: C = \frac{\frac{3.1}{31}}{1} = 0.10 \text{ (mol/L)} \\ \text{メチルアミンの電離定数} &: K_b = 4.4 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)} \end{aligned}$$

である。

step2 式への代入

$$\begin{aligned} \text{pH} &= 14 + \log_{10}[\text{OH}^-] = 14 + \log_{10}\sqrt{4.4 \times 10^{-5}} \\ &= 14 + \frac{1}{2} \log_{10}(4.4 \times 10^{-5}) = 11.82 \end{aligned}$$

解答 11.8

【メチルアミンの水溶液】

step1 情報の整理

メチルアミンという1価の弱塩基が題材となっており、しかも、『電離度 α は、 $0 < \alpha \ll 1$ であるとみなしてよいものとする』とあるので、内容的には、典型的な「アンモニア水」に関する問題と同一である。よって、

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{CK_b}$$
$$K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ のとき } \text{pH} = 14 + \log_{10}[\text{OH}^-]$$

を用いればよい。

メチルアミン CH_3NH_2 の分子量は31 であるから、題意より、

$$\begin{aligned} \text{メチルアミンの濃度} & : C = \frac{\frac{3.1}{31}}{1} = 0.10 (\text{mol/L}) \\ \text{メチルアミンの電離定数} & : K_b = 4.4 \times 10^{-4} (\text{mol/L}) \end{aligned}$$

である。

step2 式への代入

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{CK_b} = \sqrt{0.10 \times 4.4 \times 10^{-4}} = \sqrt{4.4 \times 10^{-5}} (\text{mol/L})$$

$$\text{pH} = 14 + \log_{10}[\text{OH}^-] = 14 + \log_{10}\sqrt{4.4 \times 10^{-5}}$$

$$= 14 + \frac{1}{2} \log_{10}(4.4 \times 10^{-5}) = 11.82$$

解答 11.8

【メチルアミンの水溶液】

step1 情報の整理

メチルアミンという1価の弱塩基が題材となっており、しかも、『電離度 α は、 $0 < \alpha \ll 1$ であるとみなしてよいものとする』とあるので、内容的には、典型的な「アンモニア水」に関する問題と同一である。よって、

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{CK_b}$$
$$K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ のとき } \text{pH} = 14 + \log_{10}[\text{OH}^-]$$

を用いればよい。

メチルアミン CH_3NH_2 の分子量は31 であるから、題意より、

$$\begin{aligned} \text{メチルアミンの濃度} &: C = \frac{\frac{3.1}{31}}{1} = 0.10 (\text{mol/L}) \\ \text{メチルアミンの電離定数} &: K_b = 4.4 \times 10^{-4} (\text{mol/L}) \end{aligned}$$

である。

step2 式への代入

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{CK_b} = \sqrt{0.10 \times 4.4 \times 10^{-4}} = \sqrt{4.4 \times 10^{-5}} (\text{mol/L})$$

$$\begin{aligned} \text{pH} &= 14 + \log_{10}[\text{OH}^-] = 14 + \log_{10}\sqrt{4.4 \times 10^{-5}} \\ &= 14 + \frac{1}{2} \log_{10}(4.4 \times 10^{-5}) = 11.82 \end{aligned}$$

解答 11.8

注

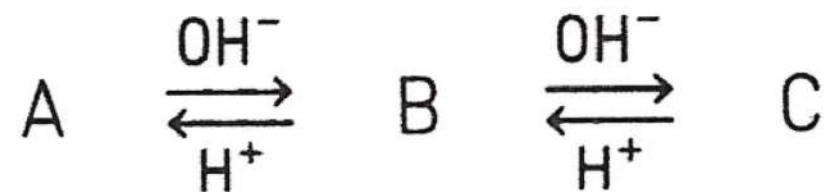
$K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ のとき,

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10} \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = -\log_{10} \frac{1.0 \times 10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = 14 + \log_{10}[\text{OH}^-]$$

【アミノ酸の水溶液】

【アミノ酸の水溶液】

下の式中の A, B, C は, それぞれ pH によってイオン化(電離)状態の異なるフェニルアラニン $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COOH}$ を示す。



ここでは, A を 2 価の酸とみなしたとき, その第一段階の電離平衡の電離定数 K_1 は, $K_1 = 10^{-1.8}(\text{mol/L})$, その第二段階の電離平衡の電離定数 K_2 は, $K_2 = 10^{-9.2}(\text{mol/L})$ であるものとする。

問 1 A から C の平衡混合物の総電荷(A, B, C がもつ電荷を足し合わせたもの)がゼロとなる pH を等電点という。フェニルアラニンの等電点を小数第 1 位まで求めよ。

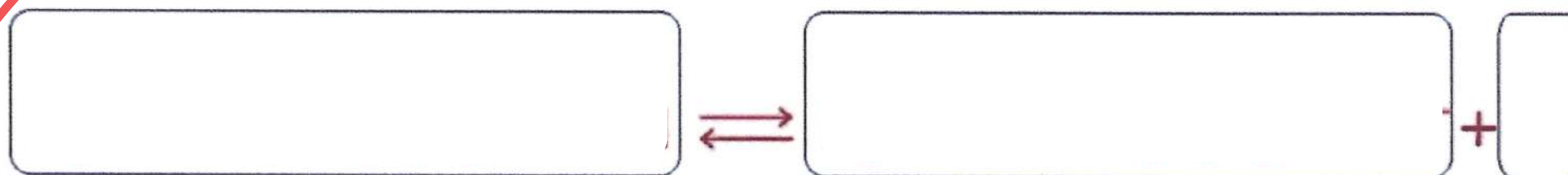
問 2 水溶液の pH が 4 のときに最も多く存在するイオン化状態のフェニルアラニンは A から C のどれか。

【アミノ酸の水溶液】

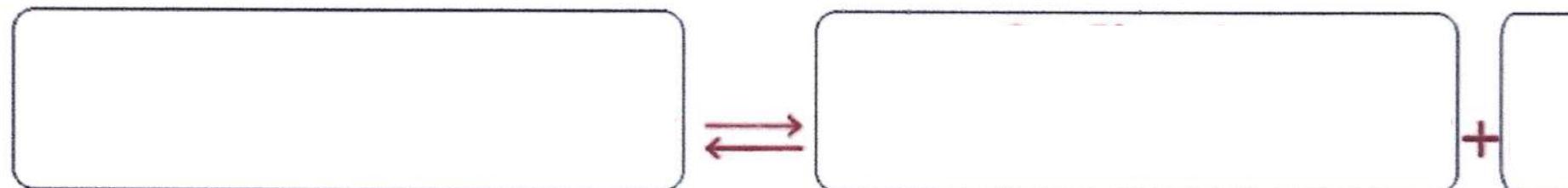
step I 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

—(バランスシート①)—



—(バランスシート②)—



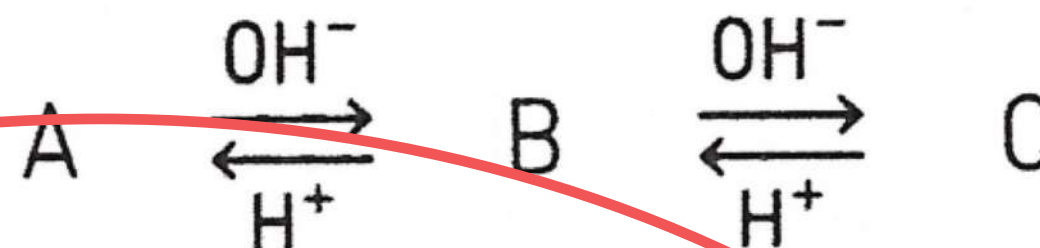
『次に、平衡定数の式を書こう』

—平衡定数の式①—

$$K_1 = \frac{[\text{H}_3\text{N}^+\text{-CH(CH}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{)-COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{N}^+\text{-CH(CH}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{)-COOH}]}$$

—平衡定数の式②—

$$K_2 = \frac{[\text{H}_2\text{N-CH(CH}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{)-COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{N}^+\text{-CH(CH}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{)-COO}^-]}$$

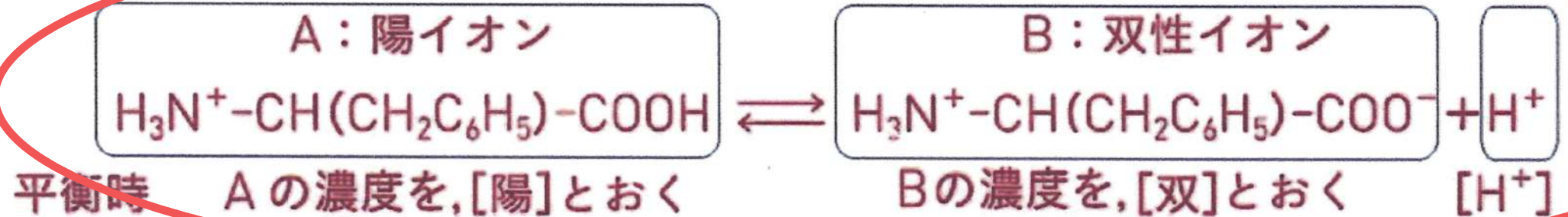


【アミノ酸の水溶液】

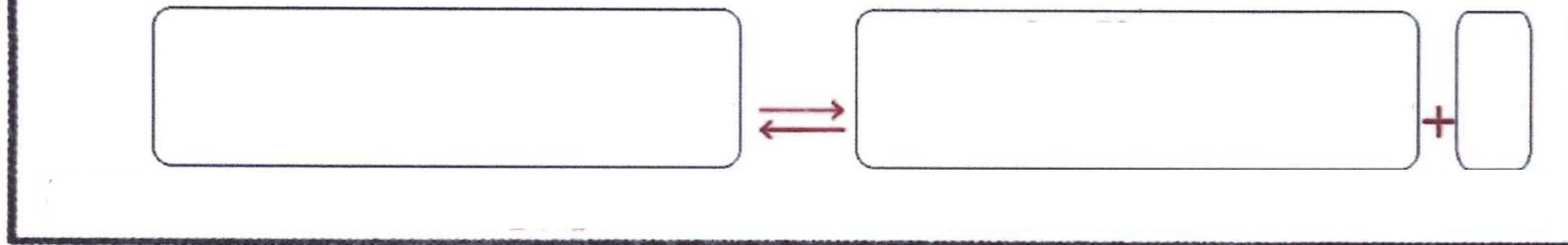
step I 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

—(バランスシート①)—



—(バランスシート②)—



『次に、平衡定数の式を書こう』

—平衡定数の式①—

$$K_1 = \frac{[\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COOH}]}$$

—平衡定数の式②—

$$K_2 = \frac{[\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COO}^-]}$$



【アミノ酸の水溶液】

step I 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

—(バランスシート①)—

A: 陽イオン



平衡時 A の濃度を, [陽] とおく

B: 双性イオン

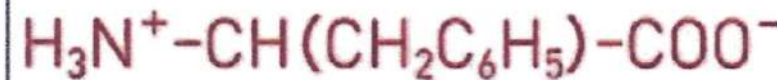


B の濃度を, [双] とおく [H⁺]



—(バランスシート②)—

B: 双性イオン



平衡時 B の濃度を, [双] とおく

C: 陰イオン



C の濃度を, [陰] とおく [H⁺]

『次に、平衡定数の式を書こう』

—平衡定数の式①—

$$K_1 = \frac{[\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COOH}]}$$

—平衡定数の式②—

$$K_2 = \frac{[\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COO}^-]}$$

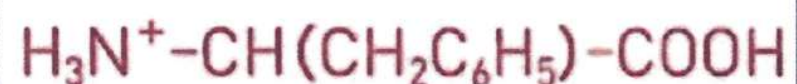
【アミノ酸の水溶液】

step I 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

—(バランスシート①)—

A : 陽イオン



平衡時 A の濃度を, [陽] とおく

B : 双性イオン



B の濃度を, [双] とおく [H⁺]

—(バランスシート②)—

B : 双性イオン



平衡時 B の濃度を, [双] とおく

C : 陰イオン



C の濃度を, [陰] とおく [H⁺]

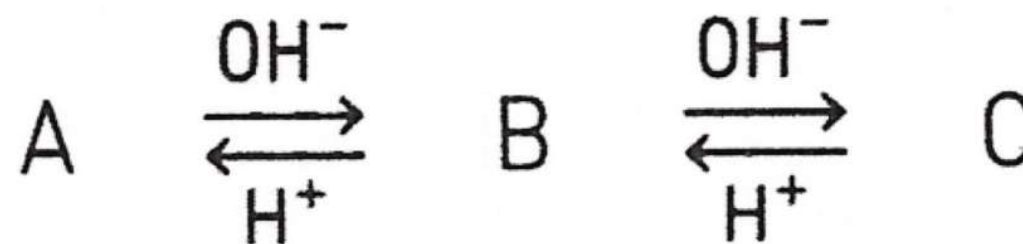
『次に、平衡定数の式を書こう』

平衡定数の式①

$$K_1 = \frac{[\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COOH}]}$$

平衡定数の式②

$$K_2 = \frac{[\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COO}^-]}$$

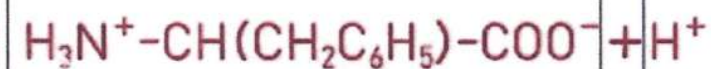


(バランスシート①)

A: 陽イオン



B: 双性イオン



(バランスシート②)

B: 双性イオン



C: 陰イオン



平衡時

Bの濃度を, [双] とおく

Cの濃度を, [陰] とおく

[H⁺]

『次に、平衡定数の式を書こう』

平衡定数の式①

$$K_1 = \frac{[\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COOH}]}$$

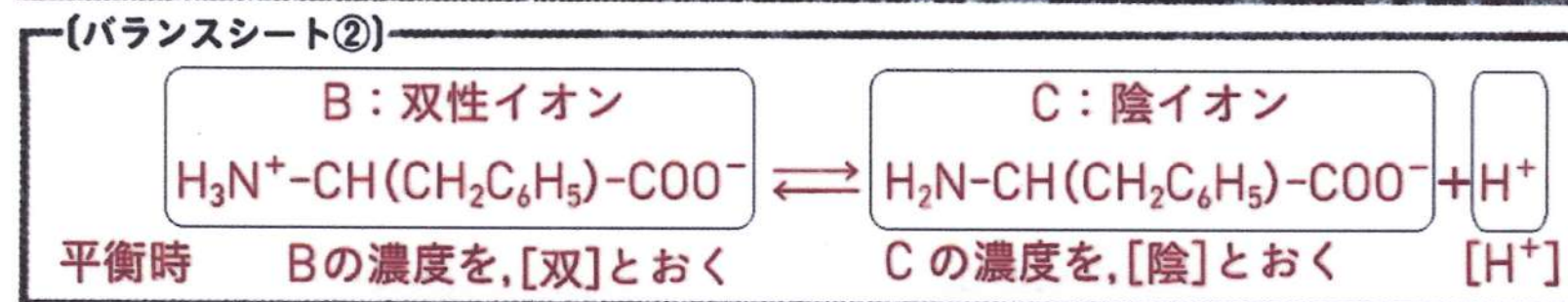
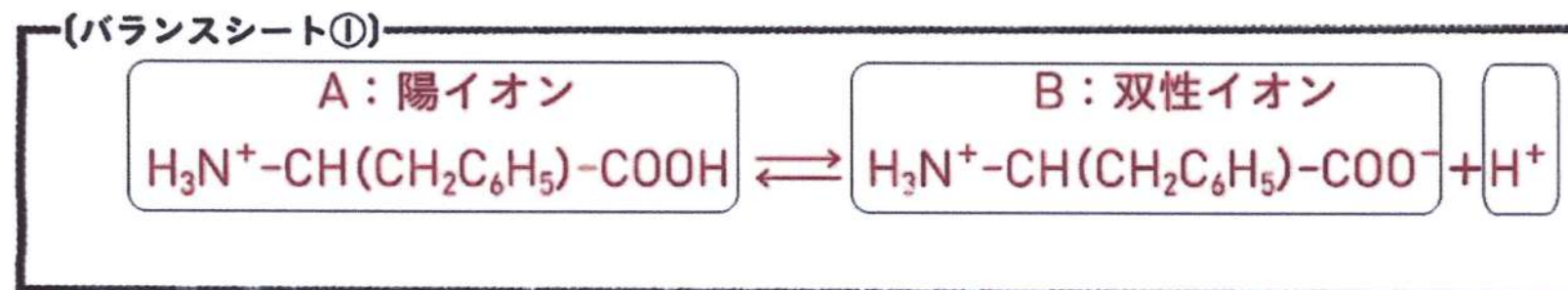
平衡定数の式②

$$K_2 = \frac{[\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COO}^-]}$$

step2 式への代入

……Ⅰ式 ただし、

……Ⅱ式 ただし、



『次に、平衡定数の式を書こう』

平衡定数の式①

$$K_1 = \frac{[\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COOH}]}$$

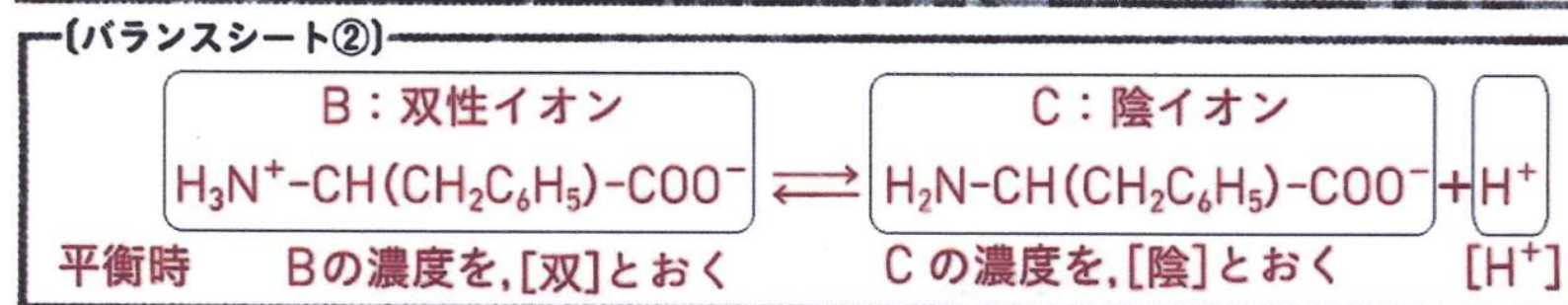
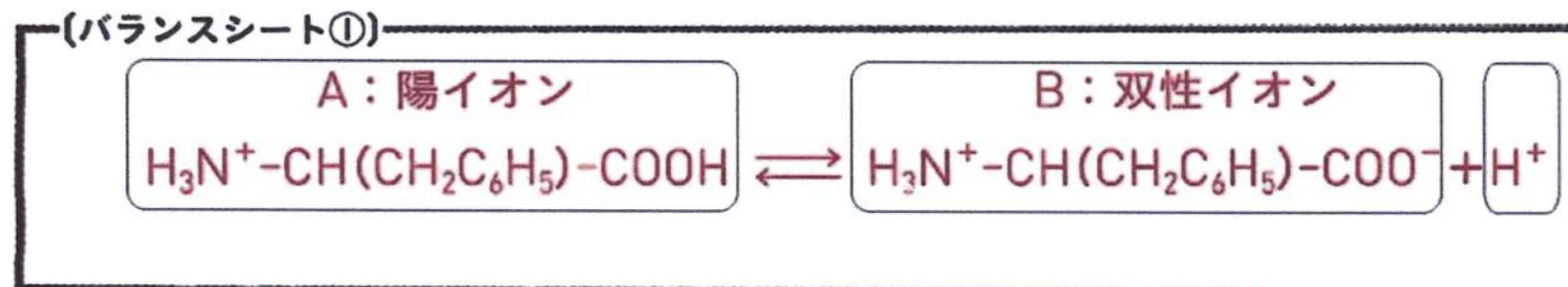
平衡定数の式②

$$K_2 = \frac{[\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COO}^-]}$$

step2 式への代入

$$K_1 = \frac{[\text{双性イオン}][\text{H}^+]}{[\text{陽イオン}]} \dots\dots \text{I 式 ただし、} K_1 = 10^{-1.8} (\text{mol/L})$$

$\dots\dots \text{II 式 ただし、}$



『次に、平衡定数の式を書こう』

平衡定数の式①

$$K_1 = \frac{[\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COOH}]}$$

平衡定数の式②

$$K_2 = \frac{[\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COO}^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{N}^+-\text{CH}(\text{CH}_2\text{C}_6\text{H}_5)-\text{COO}^-]}$$

step2 式への代入

$$K_1 = \frac{[\text{双性イオン}][\text{H}^+]}{[\text{陽イオン}]} \dots\dots \text{I 式 ただし、} K_1 = 10^{-1.8} (\text{mol/L})$$

$$K_2 = \frac{[\text{陰イオン}][\text{H}^+]}{[\text{双性イオン}]} \dots\dots \text{II 式 ただし、} K_2 = 10^{-9.2} (\text{mol/L})$$

ここ以降は数学(式変形、数値計算)にすぎない。

step3 問1(等電点を求める)について

から、題意の『A(陽イオン)からC(陰イオン)の pH($= -\log_{10}[\text{H}^+]$)~求めよ』は、『

』ときの $[\text{H}^+]$ を求め、pHを計算せよ』と言い換えることができる。
では、考えてみよう。 $[\text{陽}] = [\text{陰}]$ であるときの $[\text{H}^+]$ は、Ⅰ式、Ⅱ式より、次のように求められる。

Ⅰ式とⅡ式の左辺と右辺をそれぞれ掛け合わせると、

となり、さらに $[\text{陽}] = [\text{陰}]$ を考慮すると、

と求まる。よって、求めるpH(等電点)は、

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10}10^{-5.5} = 5.5 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

等電点の計算式 $\Rightarrow$

は必ず記憶しておこう!

ここ以降は数学(式変形、数値計算)にすぎない。

step3 問1(等電点を求める)について

B(双性イオン)の電荷は±0であるから、題意の『A(陽イオン)からC(陰イオン)の』
pH($= -\log_{10}[\text{H}^+]$)~求めよ』は、『

』ときの $[\text{H}^+]$ を求め、pHを計算せよ』と言い換えることができる。
では、考えてみよう。 $[\text{陽}] = [\text{陰}]$ であるときの $[\text{H}^+]$ は、Ⅰ式、Ⅱ式より、次のように求められる。

Ⅰ式とⅡ式の左辺と右辺をそれぞれ掛け合わせると、

となり、さらに $[\text{陽}] = [\text{陰}]$ を考慮すると、

と求まる。よって、求めるpH(等電点)は、

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10}10^{-5.5} = 5.5 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

等電点の計算式 $\Rightarrow$

は必ず記憶しておこう!

ここ以降は数学(式変形、数値計算)にすぎない。

step3 問1(等電点を求める)について

B(双性イオン)の電荷は±0であるから、題意の『A(陽イオン)からC(陰イオン)の平衡混合物の総電荷がゼロとなるpH($= -\log_{10}[\text{H}^+]$)~求めよ』は、『

ときの $[\text{H}^+]$ を求め、pHを計算せよ』と言い換えることができる。
では、考えてみよう。 $[\text{陽}] = [\text{陰}]$ であるときの $[\text{H}^+]$ は、Ⅰ式、Ⅱ式より、次のように求められる。

Ⅰ式とⅡ式の左辺と右辺をそれぞれ掛け合わせると、

となり、さらに $[\text{陽}] = [\text{陰}]$ を考慮すると、

と求まる。よって、求めるpH(等電点)は、

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10}10^{-5.5} = 5.5 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

等電点の計算式 $\Rightarrow$

は必ず記憶しておこう!

ここ以降は数学(式変形、数値計算)にすぎない。

step3 問1(等電点を求める)について

B(双性イオン)の電荷は±0であるから、題意の『A(陽イオン)からC(陰イオン)の平衡混合物の総電荷がゼロとなる $\text{pH}(=-\log_{10}[\text{H}^+])$ ~求めよ』は、『**[陽]**

= [陰]であるときの $[\text{H}^+]$ を求め、 pH を計算せよ』と言い換えることができる。
では、考えてみよう。 $[\text{陽}] = [\text{陰}]$ であるときの $[\text{H}^+]$ は、Ⅰ式、Ⅱ式より、次のように求められる。

Ⅰ式とⅡ式の左辺と右辺をそれぞれ掛け合わせると、

となり、さらに $[\text{陽}] = [\text{陰}]$ を考慮すると、

と求まる。よって、求める pH (等電点)は、

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10}10^{-5.5} = 5.5 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

等電点の計算式 $\Rightarrow$

は必ず記憶しておこう!

ここ以降は数学(式変形、数値計算)にすぎない。

step3 問1(等電点を求める)について

B(双性イオン)の電荷は±0であるから、題意の『A(陽イオン)からC(陰イオン)の平衡混合物の総電荷がゼロとなる $\text{pH}(=-\log_{10}[\text{H}^+])$ ~求めよ』は、『**[陽]=[陰]**であるときの $[\text{H}^+]$ を求め、 pH を計算せよ』と言い換えることができる。では、考えてみよう。**[陽]=[陰]**であるときの $[\text{H}^+]$ は、Ⅰ式、Ⅱ式より、次のように求められる。

Ⅰ式とⅡ式の左辺と右辺をそれぞれ掛け合わせると、

$$K_1 \times K_2 = \frac{\cancel{[\text{双}]}[\text{H}^+]}{[\text{陽}]} \times \frac{[\text{陰}][\text{H}^+]}{\cancel{[\text{双}]}} = \frac{[\text{陰}]}{[\text{陽}]} \times [\text{H}^+]^2$$

となり、さらに**[陽]=[陰]**を考慮すると、

$$K_1 = \frac{[\text{双性イオン}][\text{H}^+]}{[\text{陽イオン}]} \cdots \cdots \text{Ⅰ式} \quad \text{ただし、} K_1 = 10^{-1.8} (\text{mol/L})$$

$$K_2 = \frac{[\text{陰イオン}][\text{H}^+]}{[\text{双性イオン}]} \cdots \cdots \text{Ⅱ式} \quad \text{ただし、} K_2 = 10^{-9.2} (\text{mol/L})$$

ここ以降は数学(式変形、数値計算)にすぎない。

step3 問1(等電点を求める)について

B(双性イオン)の電荷は±0であるから、題意の『A(陽イオン)からC(陰イオン)の平衡混合物の総電荷がゼロとなる $\text{pH}(=-\log_{10}[\text{H}^+])$ ~求めよ』は、『**[陽]=[陰]**であるときの $[\text{H}^+]$ を求め、 pH を計算せよ』と言い換えることができる。では、考えてみよう。**[陽]=[陰]**であるときの $[\text{H}^+]$ は、Ⅰ式、Ⅱ式より、次のように求められる。

Ⅰ式とⅡ式の左辺と右辺をそれぞれ掛け合わせると、

$$K_1 \times K_2 = \frac{\cancel{[\text{双}]}[\text{H}^+]}{[\text{陽}]} \times \frac{[\text{陰}][\text{H}^+]}{\cancel{[\text{双}]}} = \frac{[\text{陰}]}{[\text{陽}]} \times [\text{H}^+]^2$$

となり、さらに **$[\text{陽}]=[\text{陰}]$** を考慮すると、

$$K_1 \times K_2 = [\text{H}^+]^2 \quad \text{より、} [\text{H}^+] = \sqrt{K_1 \times K_2} = \sqrt{10^{-1.8} \times 10^{-9.2}} = 10^{-5.5}$$

と求まる。よって、求める pH (等電点)は、

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10}10^{-5.5} = 5.5 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

等電点の計算式 $\Rightarrow$

は必ず記憶しておこう!

ここ以降は数学(式変形、数値計算)にすぎない。

step3 問1(等電点を求める)について

B(双性イオン)の電荷は±0であるから、題意の『A(陽イオン)からC(陰イオン)の平衡混合物の総電荷がゼロとなる $\text{pH}(=-\log_{10}[\text{H}^+]) \sim$ 求めよ』は、『**[陽]=[陰]**であるときの $[\text{H}^+]$ を求め、 pH を計算せよ』と言い換えることができる。では、考えてみよう。**[陽]=[陰]**であるときの $[\text{H}^+]$ は、Ⅰ式、Ⅱ式より、次のように求められる。

Ⅰ式とⅡ式の左辺と右辺をそれぞれ掛け合わせると、

$$K_1 \times K_2 = \frac{\cancel{[\text{双}]}[\text{H}^+]}{[\text{陽}]} \times \frac{[\text{陰}][\text{H}^+]}{\cancel{[\text{双}]}} = \frac{[\text{陰}]}{[\text{陽}]} \times [\text{H}^+]^2$$

となり、さらに **[陽]=[陰]** を考慮すると、

$$K_1 \times K_2 = [\text{H}^+]^2 \quad \text{より、} [\text{H}^+] = \sqrt{K_1 \times K_2} = \sqrt{10^{-1.8} \times 10^{-9.2}} = 10^{-5.5}$$

と求まる。よって、求める pH (等電点)は、

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10}10^{-5.5} = 5.5 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

等電点の計算式 $\Rightarrow$

は必ず記憶しておこう!

ここ以降は数学(式変形、数値計算)にすぎない。

step3 問1(等電点を求める)について

B(双性イオン)の電荷は±0であるから、題意の『A(陽イオン)からC(陰イオン)の平衡混合物の総電荷がゼロとなる $\text{pH}(=-\log_{10}[\text{H}^+])$ ~求めよ』は、『**[陽]=[陰]**であるときの $[\text{H}^+]$ を求め、 pH を計算せよ』と言い換えることができる。では、考えてみよう。**[陽]=[陰]**であるときの $[\text{H}^+]$ は、Ⅰ式、Ⅱ式より、次のように求められる。

Ⅰ式とⅡ式の左辺と右辺をそれぞれ掛け合わせると、

$$K_1 \times K_2 = \frac{\cancel{[\text{双}]}[\text{H}^+]}{[\text{陽}]} \times \frac{[\text{陰}]\cancel{[\text{双}]}}{[\text{陽}]} = \frac{[\text{陰}]}{[\text{陽}]} \times [\text{H}^+]^2$$

となり、さらに **[陽]=[陰]** を考慮すると、

$$K_1 \times K_2 = [\text{H}^+]^2 \quad \text{より、} [\text{H}^+] = \sqrt{K_1 \times K_2} = \sqrt{10^{-1.8} \times 10^{-9.2}} = 10^{-5.5}$$

と求まる。よって、求める pH (等電点)は、

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10}10^{-5.5} = 5.5 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

等電点の計算式 $\Rightarrow -\log_{10} \sqrt{K_1 \times K_2}$ は必ず記憶しておこう!

step4 問2 (各イオンの比を求める) について

$[H^+]$ が分かれば、イオンの比が分かる! $\Rightarrow$ 必ず記憶しておこう!

……Ⅰ式 ただし、

……Ⅱ式 ただし、

題意の『pHが4のとき』は、『 $[H^+] = 10^{-4}$ のとき』と言い換えることができる。

すなわち、pHが4のときの各イオンの濃度の比は、

であり、pHが4のときに最も多く存在するイオン化状態のフェニルアラニンは、B(双性イオン) $\leftarrow$ 問2の答 であると判定できる。

解答 問1 5.5 問2 B

step4 問2 (各イオンの比を求める) について

[H⁺] が分かれば、イオンの比が分かる! ⇒ 必ず記憶しておこう!

……Ⅰ式 ただし、

……Ⅱ式 ただし、

題意の『pHが4のとき』は、『[H⁺]=10⁻⁴のとき』と言い換えることができる。

すなわち、pHが4のときの各イオンの濃度の比は、

であり、pHが4のときに最も多く存在するイオン化状態のフェニルアラニンは、B(双性イオン) ← 問2の答 であると判定できる。

解答 問1 5.5 問2 B

step4 問2 (各イオンの比を求める) について

$[H^+]$ が分かれば、イオンの比が分かる! → 必ず記憶しておこう!

$$K_1 = \frac{[\text{双性イオン}][H^+]}{[\text{陽イオン}]} \dots\dots \text{I 式} \quad \text{ただし、} K_1 = 10^{-1.8} (\text{mol/L})$$

$\dots\dots$ II 式 ただし、

題意の『pHが4のとき』は、『 $[H^+] = 10^{-4}$ のとき』と言い換えることができる。

すなわち、pHが4のときの各イオンの濃度の比は、

であり、pHが4のときに最も多く存在するイオン化状態のフェニルアラニンは、B(双性イオン) ← 問2の答 であると判定できる。

解答 問1 5.5 問2 B

step4 問2 (各イオンの比を求める) について

$[H^+]$ が分かれば、イオンの比が分かる! $\Rightarrow$ 必ず記憶しておこう!

$$K_1 = \frac{[\text{双性イオン}][H^+]}{[\text{陽イオン}]} \dots\dots \text{I 式} \quad \text{ただし、} K_1 = 10^{-1.8} (\text{mol/L})$$

$$K_2 = \frac{[\text{陰イオン}][H^+]}{[\text{双性イオン}]} \dots\dots \text{II 式} \quad \text{ただし、} K_2 = 10^{-9.2} (\text{mol/L})$$

題意の『pHが4のとき』は、『 $[H^+] = 10^{-4}$ のとき』と言い換えることができる。

すなわち、pHが4のときの各イオンの濃度の比は、

であり、pHが4のときに最も多く存在するイオン化状態のフェニルアラニンは、B(双性イオン) $\longleftarrow$ 問2の答 であると判定できる。

解答 問1 5.5 問2 B

step4 問2 (各イオンの比を求める) について

$[H^+]$ が分かれば、イオンの比が分かる! $\Rightarrow$ 必ず記憶しておこう!

$$K_1 = \frac{[\text{双性イオン}][H^+]}{[\text{陽イオン}]} \dots\dots \text{I 式} \quad \text{ただし、} K_1 = 10^{-1.8} (\text{mol/L})$$

$$K_2 = \frac{[\text{陰イオン}][H^+]}{[\text{双性イオン}]} \dots\dots \text{II 式} \quad \text{ただし、} K_2 = 10^{-9.2} (\text{mol/L})$$

題意の『pHが4のとき』は、『 $[H^+] = 10^{-4}$ のとき』と言い換えることができる。

$$K_1 = \frac{[\text{双}][H^+]}{[\text{陽}]} \quad \text{より、} \quad \frac{[\text{双}]}{[\text{陽}]} = \frac{K_1}{[H^+]} = \frac{10^{-1.8}}{10^{-4}} = \frac{1}{10^{-2.2}}$$

すなわち、pHが4のときの各イオンの濃度の比は、

であり、pHが4のときに最も多く存在するイオン化状態のフェニルアラニンは、B(双性イオン) $\leftarrow$ 問2の答 であると判定できる。

解答 問1 5.5 問2 B

step4 問2 (各イオンの比を求める) について

$[H^+]$ が分かれば、イオンの比が分かる! $\Rightarrow$ 必ず記憶しておこう!

$$K_1 = \frac{[\text{双性イオン}][H^+]}{[\text{陽イオン}]} \dots\dots \text{I 式} \quad \text{ただし、} K_1 = 10^{-1.8} (\text{mol/L})$$

$$K_2 = \frac{[\text{陰イオン}][H^+]}{[\text{双性イオン}]} \dots\dots \text{II 式} \quad \text{ただし、} K_2 = 10^{-9.2} (\text{mol/L})$$

題意の『pHが4のとき』は、『 $[H^+] = 10^{-4}$ のとき』と言い換えることができる。

$$K_1 = \frac{[\text{双}][H^+]}{[\text{陽}]} \quad \text{より、} \quad \frac{[\text{双}]}{[\text{陽}]} = \frac{K_1}{[H^+]} = \frac{10^{-1.8}}{10^{-4}} = \frac{1}{10^{-2.2}}$$
$$K_2 = \frac{[\text{陰}][H^+]}{[\text{双}]} \quad \text{より、} \quad \frac{[\text{陰}]}{[\text{双}]} = \frac{K_2}{[H^+]} = \frac{10^{-9.2}}{10^{-4}} = \frac{10^{-5.2}}{1}$$

すなわち、pHが4のときの各イオンの濃度の比は、

であり、pHが4のときに最も多く存在するイオン化状態のフェニルアラニンは、B(双性イオン) $\leftarrow$ 問2の答 であると判定できる。

解答 問1 5.5 問2 B

step4 問2 (各イオンの比を求める) について

$[H^+]$ が分かれば、イオンの比が分かる! $\Rightarrow$ 必ず記憶しておこう!

$$K_1 = \frac{[\text{双性イオン}][H^+]}{[\text{陽イオン}]} \dots\dots \text{I 式} \quad \text{ただし、} K_1 = 10^{-1.8} (\text{mol/L})$$

$$K_2 = \frac{[\text{陰イオン}][H^+]}{[\text{双性イオン}]} \dots\dots \text{II 式} \quad \text{ただし、} K_2 = 10^{-9.2} (\text{mol/L})$$

題意の『pHが4のとき』は、『 $[H^+] = 10^{-4}$ のとき』と言い換えることができる。

$$K_1 = \frac{[\text{双}][H^+]}{[\text{陽}]} \quad \text{より、} \quad \frac{[\text{双}]}{[\text{陽}]} = \frac{K_1}{[H^+]} = \frac{10^{-1.8}}{10^{-4}} = \frac{1}{10^{-2.2}}$$
$$K_2 = \frac{[\text{陰}][H^+]}{[\text{双}]} \quad \text{より、} \quad \frac{[\text{陰}]}{[\text{双}]} = \frac{K_2}{[H^+]} = \frac{10^{-9.2}}{10^{-4}} = \frac{10^{-5.2}}{1}$$

すなわち、pHが4のときの各イオンの濃度の比は、

$$[\text{陽}] : [\text{双}] : [\text{陰}] = 10^{-2.2} : 1 : 10^{-5.2}$$

であり、pHが4のときに最も多く存在するイオン化状態のフェニルアラニンは、B(双性イオン) $\leftarrow$ 問2の答 であると判定できる。

解答 問1 5.5 問2 B

step4 問2 (各イオンの比を求める)について

$[H^+]$ が分かれば、イオンの比が分かる! $\Rightarrow$ 必ず記憶しておこう!

$$K_1 = \frac{[\text{双性イオン}][H^+]}{[\text{陽イオン}]} \dots\dots \text{I 式} \quad \text{ただし、} K_1 = 10^{-1.8} (\text{mol/L})$$

$$K_2 = \frac{[\text{陰イオン}][H^+]}{[\text{双性イオン}]} \dots\dots \text{II 式} \quad \text{ただし、} K_2 = 10^{-9.2} (\text{mol/L})$$

題意の『pHが4のとき』は、『 $[H^+] = 10^{-4}$ のとき』と言い換えることができる。

$$K_1 = \frac{[\text{双}][H^+]}{[\text{陽}]} \quad \text{より、} \quad \frac{[\text{双}]}{[\text{陽}]} = \frac{K_1}{[H^+]} = \frac{10^{-1.8}}{10^{-4}} = \frac{1}{10^{-2.2}}$$
$$K_2 = \frac{[\text{陰}][H^+]}{[\text{双}]} \quad \text{より、} \quad \frac{[\text{陰}]}{[\text{双}]} = \frac{K_2}{[H^+]} = \frac{10^{-9.2}}{10^{-4}} = \frac{10^{-5.2}}{1}$$

すなわち、pHが4のときの各イオンの濃度の比は、

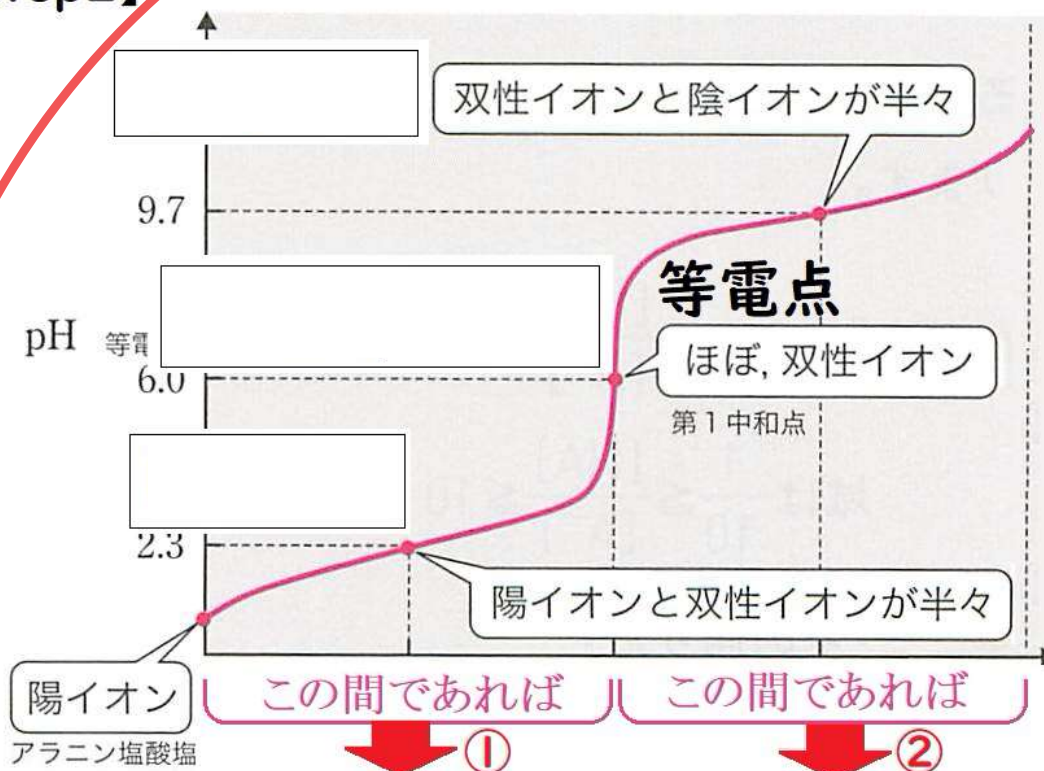
$$[\text{陽}] : [\text{双}] : [\text{陰}] = 10^{-2.2} : 1 : 10^{-5.2}$$

であり、pHが4のときに最も多く存在するイオン化状態のフェニルアラニンは、B(双性イオン) $\leftarrow$ 問2の答 であると判定できる。

解答 問1 5.5 問2 B

中性アミノ酸の塩酸塩-NaOH 滴定曲線

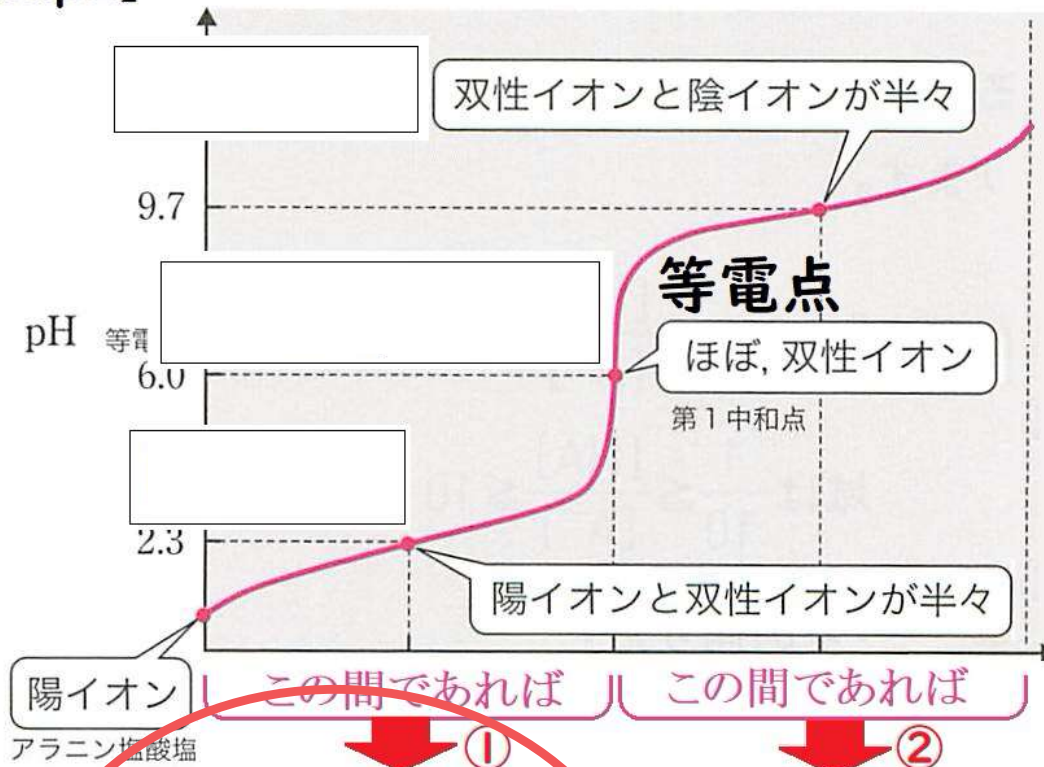
【step2】



【step1】

中性アミノ酸の塩酸塩-NaOH 滴定曲線

【step2】



【step1】

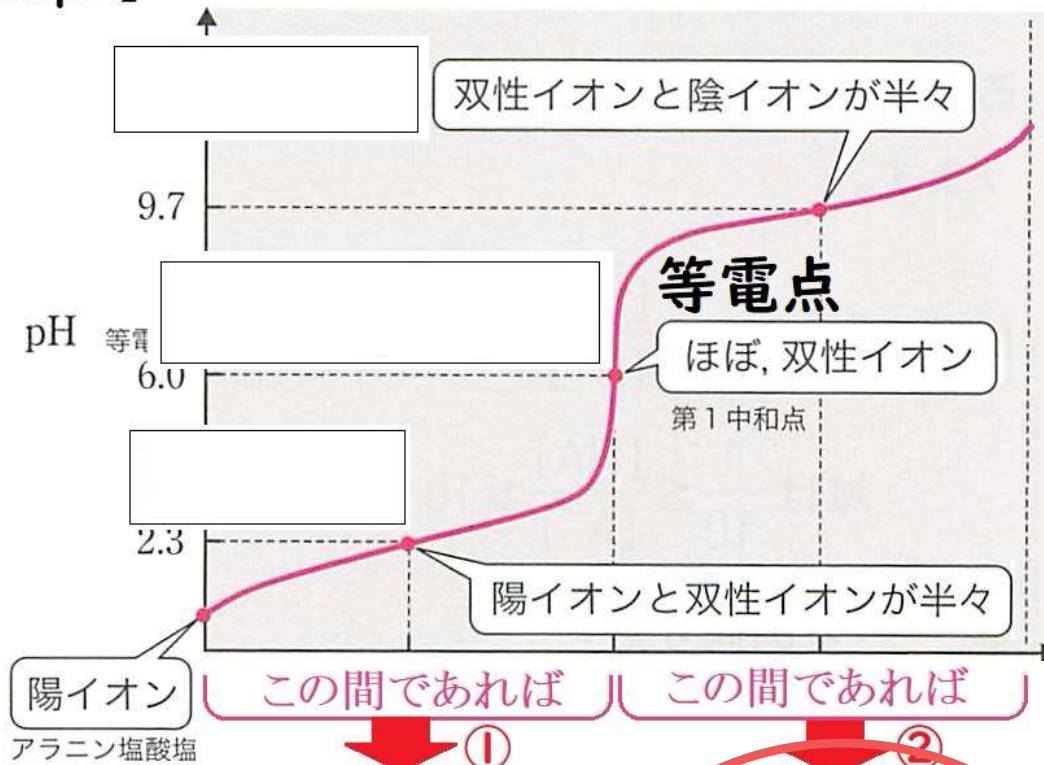
$$K_1 = \frac{[\text{双}][\text{H}^+]}{[\text{陽}]}$$

すなわち

$$\frac{K_1}{[\text{H}^+]} = \frac{[\text{双}]}{[\text{陽}]}$$

中性アミノ酸の塩酸塩-NaOH 滴定曲線

【step2】



【step1】

$$K_1 = \frac{[\text{双}][\text{H}^+]}{[\text{陽}]}$$

すなわち

$$\frac{K_1}{[\text{H}^+]} = \frac{[\text{双}]}{[\text{陽}]}$$

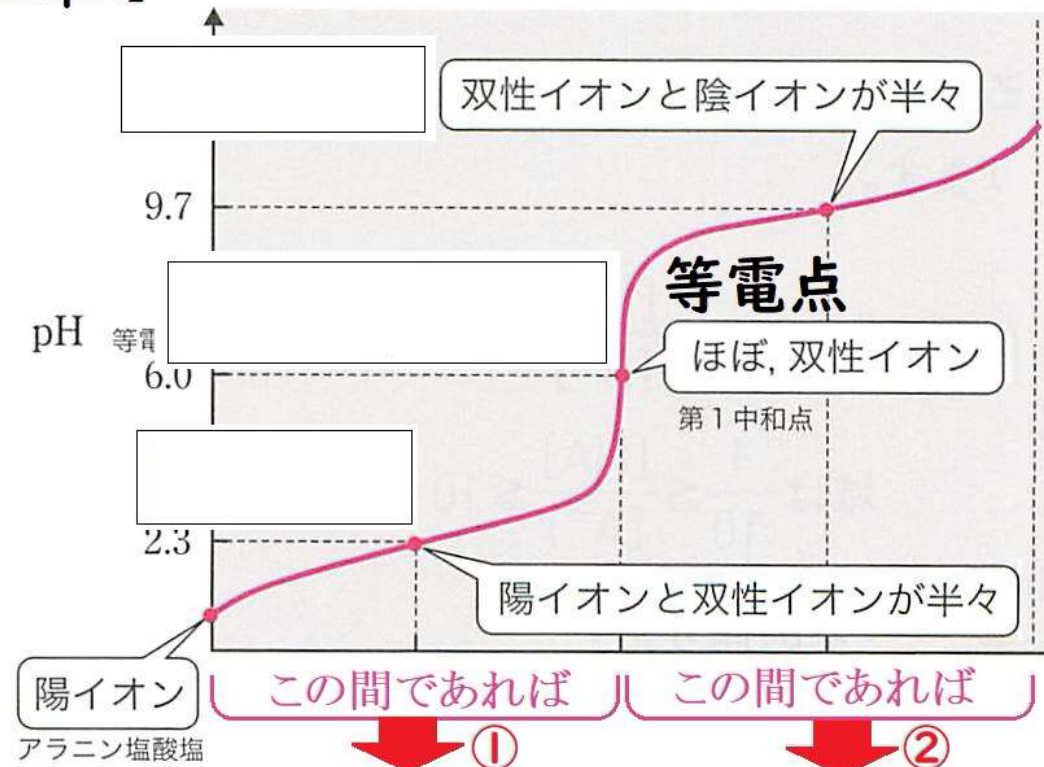
$$K_2 = \frac{[\text{陰}][\text{H}^+]}{[\text{双}]}$$

すなわち

$$\frac{K_2}{[\text{H}^+]} = \frac{[\text{陰}]}{[\text{双}]}$$

中性アミノ酸の塩酸塩-NaOH 滴定曲線

【step2】



【step1】

$$K_1 = \frac{[\text{双}][\text{H}^+]}{[\text{陽}]}$$

すなわち

$$\frac{K_1}{[\text{H}^+]} = \frac{[\text{双}]}{[\text{陽}]}$$

$$K_2 = \frac{[\text{陰}][\text{H}^+]}{[\text{双}]}$$

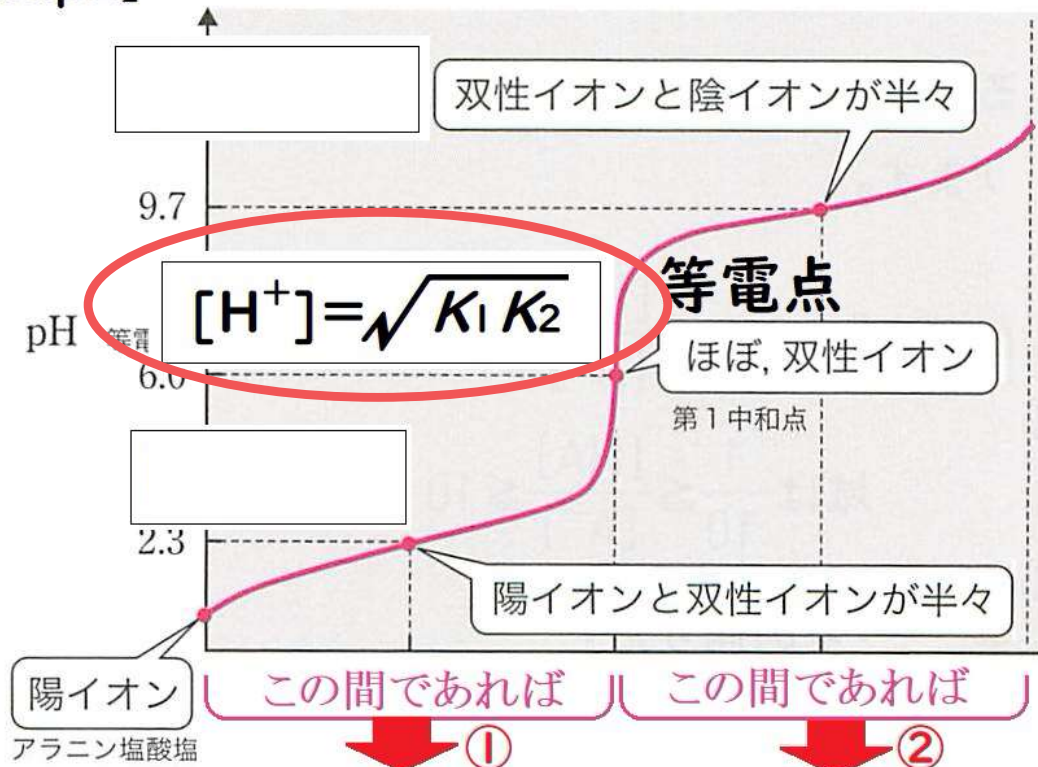
すなわち

$$\frac{K_2}{[\text{H}^+]} = \frac{[\text{陰}]}{[\text{双}]}$$

- 比が分かれば $[\text{H}^+]$ が分かる。
- $[\text{H}^+]$ が分かれば比が分かる。

中性アミノ酸の塩酸塩-NaOH 滴定曲線

【step2】



【step1】

$$K_1 = \frac{[\text{双}][H^+]}{[\text{陽}]}$$

すなわち

$$\frac{K_1}{[H^+]} = \frac{[\text{双}]}{[\text{陽}]}$$

$$K_2 = \frac{[\text{陰}][H^+]}{[\text{双}]}$$

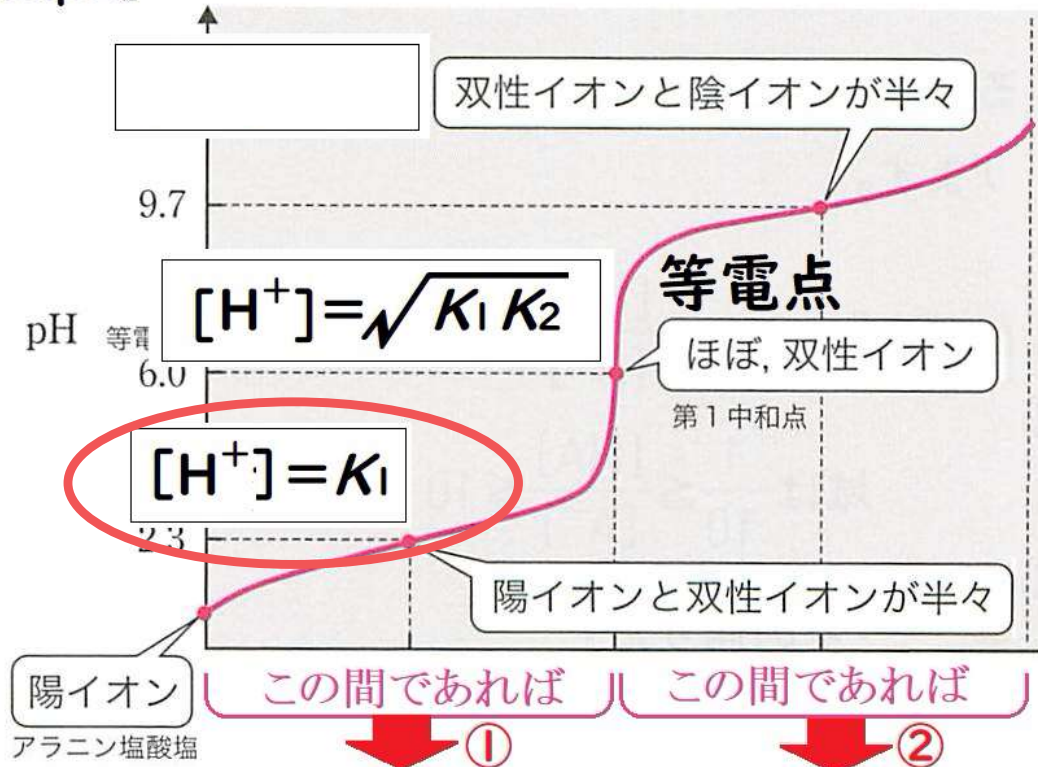
すなわち

$$\frac{K_2}{[H^+]} = \frac{[\text{陰}]}{[\text{双}]}$$

- 比が分かれば $[H^+]$ が分かる。
- $[H^+]$ が分かれば 比が分かる。

中性アミノ酸の塩酸塩-NaOH 滴定曲線

【step2】



【step1】

$$K_1 = \frac{[\text{双}][\text{H}^+]}{[\text{陽}]}$$

すなわち

$$\frac{K_1}{[\text{H}^+]} = \frac{[\text{双}]}{[\text{陽}]}$$

$$K_2 = \frac{[\text{陰}][\text{H}^+]}{[\text{双}]}$$

すなわち

$$\frac{K_2}{[\text{H}^+]} = \frac{[\text{陰}]}{[\text{双}]}$$

- 比が分かれば $[\text{H}^+]$ が分かる。
- $[\text{H}^+]$ が分かれば 比が分かる。

中性アミノ酸の塩酸塩-NaOH 滴定曲線

【step2】



【step1】

$$K_1 = \frac{[\text{双}][H^+]}{[\text{陽}]}$$

すなわち

$$\frac{K_1}{[H^+]} = \frac{[\text{双}]}{[\text{陽}]}$$

$$K_2 = \frac{[\text{陰}][H^+]}{[\text{双}]}$$

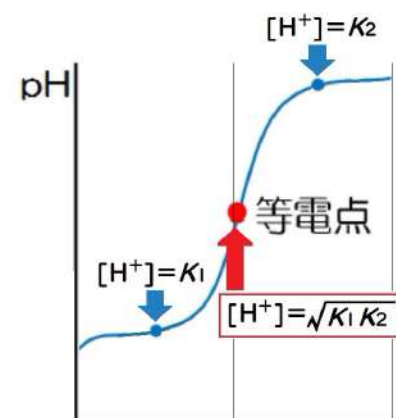
すなわち

$$\frac{K_2}{[H^+]} = \frac{[\text{陰}]}{[\text{双}]}$$

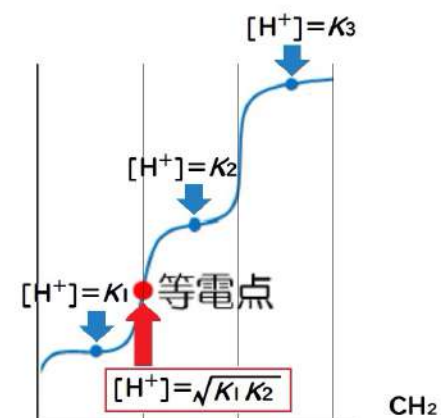
- 比が分かれば $[H^+]$ が分かる。
- $[H^+]$ が分かれば 比が分かる。

アミノ酸の塩酸塩の滴定曲線

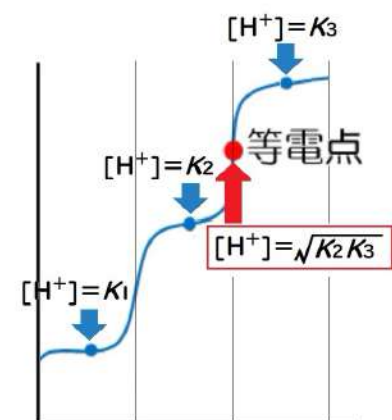
中性アミノ酸の塩酸塩の滴定曲線



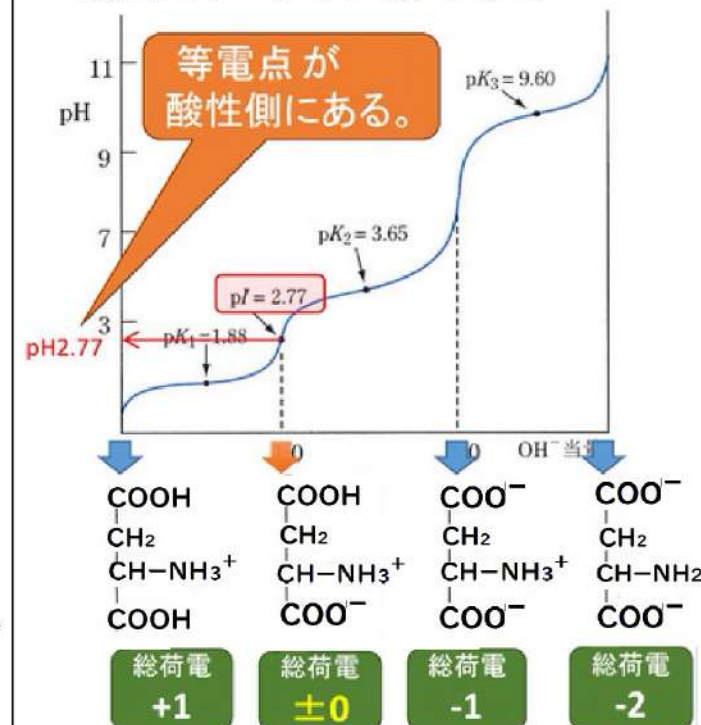
酸性アミノ酸の塩酸塩の滴定曲線



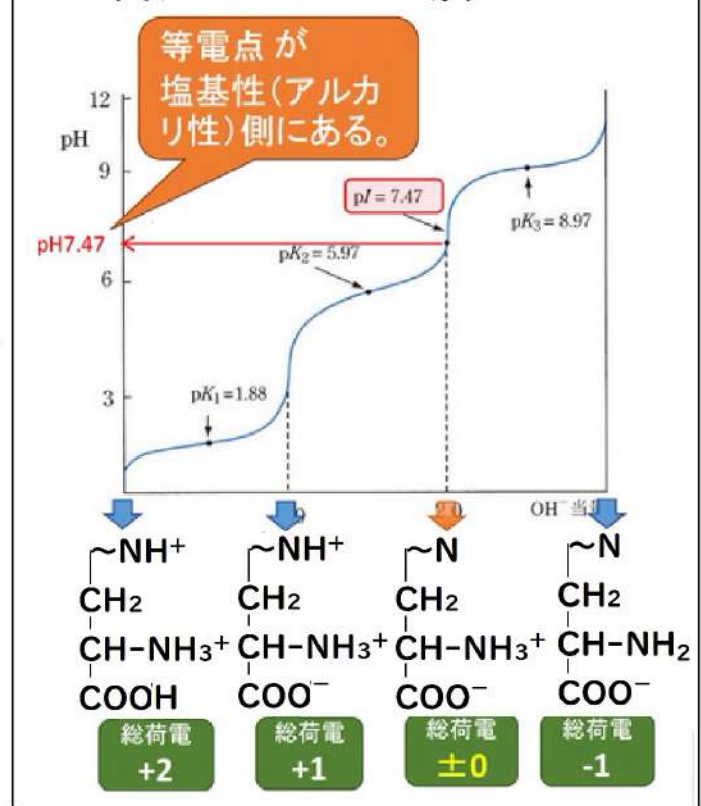
塩基性アミノ酸の塩酸塩の滴定曲線



例; アスパラギン酸の場合



例; ヒスチジンの場合



【溶解度積】

【溶解度積】

溶解性の 2 価の鉛イオン Pb^{2+} は神経毒性や腎毒性が高く、環境への放出は大きな問題となる。ある工場の廃水には、金属の陽イオンとして Pb^{2+} のみが濃度 $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ で溶解しているものとする。この廃水中の Pb^{2+} を水酸化物として沈殿させ、工場外へ Pb^{2+} ができる限り流出しないようにしたい。温度は常に一定とし、以下の問いに答えよ。なお、水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液を加えることによる体積増加分は無視してよい。また、必要であれば、 $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\log_{10} 5 = 0.70$, $\log_{10} 7 = 0.85$ を用いよ。

問 1 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液を加えて鉛の水酸化物の沈殿をつくる。生じた水酸化鉛(Ⅱ) $\text{Pb}(\text{OH})_2$ は水に溶けにくい塩であり、水中で極めて少量が溶けて飽和水溶液になる。溶けた塩は完全に電離してイオンになっているとみなすことができる。また、イオンと水酸化物の沈殿との間には固体の量に関わらず溶解平衡が成り立つ。よって、一定の温度ではイオンのモル濃度の積(溶解度積)は一定になる。 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ の溶解度積を $K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = 1.6 \times 10^{-20} (\text{mol/L})^3$ とし、 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ の沈殿が生じはじめる pH を小数第 1 位まで求めよ。水のイオン積は $K_{\text{w}} = [\text{H}^+][\text{OH}^-] = 1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ とし、水のモル濃度は一定とみなしてよい。

問 2 廃水に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液を加えて、pH を 9.0 まで上昇させて平衡に達したとき、沈殿せずに廃液中に残る Pb^{2+} のモル濃度を有効数字 2 桁で答えよ。

【溶解度積】

問1 (沈殿開始時のpHを求める)について

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『 Ca(OH)_2 水溶液を加えることによる体積増加分は無視してよい』ので、
『 Pb(OH)_2 の沈殿が生じはじめる』まで、 $[\text{Pb}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-3} (\text{mol/L})$ のまま。

(バランスシート)

『次に、^{ここでは溶解度積の式}平衡定数の式を書こう』

『 Pb(OH)_2 の沈殿が生じはじめる』ときはひとつの平衡状態である。

溶解度積の式 [平衡状態 (溶解平衡) であるときに成立する式]

step2 式への代入

よって $[\text{OH}^-] = x = 4.0 \times 10^{-9} (\text{mol/L})$

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{4.0 \times 10^{-9}} = 2^{-2} \times 10^{-5} (\text{mol/L})$$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (2^{-2} \times 10^{-5}) = 5.6 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

【溶解度積】

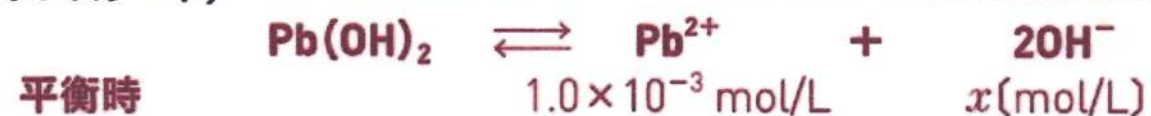
問1 (沈殿開始時のpHを求める)について

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液を加えることによる体積増加分は無視してよい』ので、
『 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ の沈殿が生じはじめる』まで、 $[\text{Pb}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-3} (\text{mol/L})$ のまま。

—(バランスシート)—



『次に、^{ここでは溶解度積の式}平衡定数の式を書こう』

『 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ の沈殿が生じはじめる』ときはひとつの平衡状態である。

—溶解度積の式[平衡状態(溶解平衡)であるときに成立する式]—

step2 式への代入

よって、 $[\text{OH}^-] = x = 4.0 \times 10^{-9} (\text{mol/L})$

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{4.0 \times 10^{-9}} = 2^{-2} \times 10^{-5} (\text{mol/L})$$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (2^{-2} \times 10^{-5}) = 5.6 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

【溶解度積】

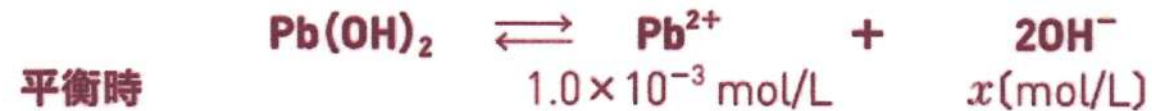
問1 (沈殿開始時のpHを求める)について

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液を加えることによる体積増加分は無視してよい』ので、
『 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ の沈殿が生じはじめる』まで、 $[\text{Pb}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-3} (\text{mol/L})$ のまま。

(バランスシート)



『次に、^{ここでは溶解度積の式}平衡定数の式を書こう』

『 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ の沈殿が生じはじめる』ときはひとつの平衡状態である。

溶解度積の式[平衡状態(溶解平衡)であるときに成立する式]

$$K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}][\text{OH}^-]^2 \quad \text{ただし, } K_{\text{sp}} = 1.6 \times 10^{-20} (\text{mol/L})^3$$

step2 式への代入

よって, $[\text{OH}^-] = x = 4.0 \times 10^{-9} (\text{mol/L})$

$$[\text{H}^+] = \frac{K_{\text{w}}}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{4.0 \times 10^{-9}} = 2^{-2} \times 10^{-5} (\text{mol/L})$$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (2^{-2} \times 10^{-5}) = 5.6 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

【溶解度積】

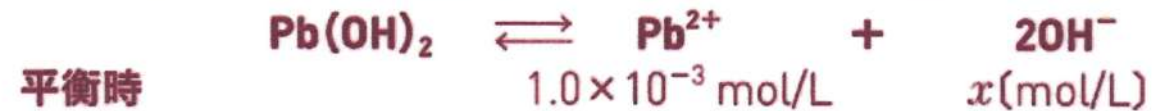
問1 (沈殿開始時のpHを求める)について

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液を加えることによる体積増加分は無視してよい』ので、
『 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ の沈殿が生じはじめる』まで、 $[\text{Pb}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-3} (\text{mol/L})$ のまま。

(バランスシート)



『次に、^{ここでは溶解度積の式}平衡定数の式を書こう』

『 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ の沈殿が生じはじめる』ときはひとつの平衡状態である。

溶解度積の式[平衡状態(溶解平衡)であるときに成立する式]

$$K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}][\text{OH}^-]^2 \quad \text{ただし, } K_{\text{sp}} = 1.6 \times 10^{-20} (\text{mol/L})^3$$

step2 式への代入

$$1.6 \times 10^{-20} = 1.0 \times 10^{-3} \times x^2$$

よって, $[\text{OH}^-] = x = 4.0 \times 10^{-9} (\text{mol/L})$

$$[\text{H}^+] = \frac{K_{\text{w}}}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{4.0 \times 10^{-9}} = 2^{-2} \times 10^{-5} (\text{mol/L})$$

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10}(2^{-2} \times 10^{-5}) = 5.6 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

【溶解度積】

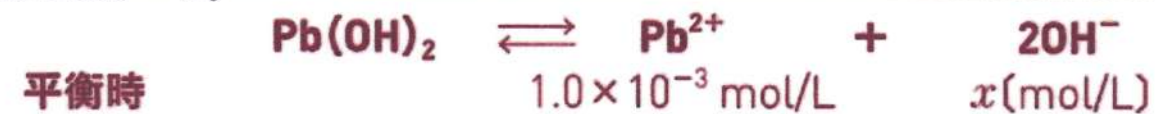
問1 (沈殿開始時のpHを求める)について

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 水溶液を加えることによる体積増加分は無視してよい』ので、
『 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ の沈殿が生じはじめる』まで、 $[\text{Pb}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-3} (\text{mol/L})$ のまま。

(バランスシート)



『次に、^{ここでは溶解度積の式}平衡定数の式を書こう』

『 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ の沈殿が生じはじめる』ときはひとつの平衡状態である。

溶解度積の式[平衡状態(溶解平衡)であるときに成立する式]

$$K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}][\text{OH}^-]^2 \quad \text{ただし, } K_{\text{sp}} = 1.6 \times 10^{-20} (\text{mol/L})^3$$

step2 式への代入

$$1.6 \times 10^{-20} = 1.0 \times 10^{-3} \times x^2$$

よって, $[\text{OH}^-] = x = 4.0 \times 10^{-9} (\text{mol/L})$

$$[\text{H}^+] = \frac{K_{\text{w}}}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{4.0 \times 10^{-9}} = 2^{-2} \times 10^{-5} (\text{mol/L})$$

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10}(2^{-2} \times 10^{-5}) = 5.6 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

問2(水溶液内に残存する Pb^{2+} の濃度を求める)について

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

題意より、『pH を 9.0 まで上昇させ』たので、 $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-9} (\text{mol/L})$,

すなわち、 $[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.0 \times 10^{-9}} = 1.0 \times 10^{-5} (\text{mol/L})$ である。

(バランスシート)

『次に、ここでは溶解度積の式平衡定数の式を書こう』

沈殿が存在しているときには、必ず溶解平衡が成立している。

溶解度積の式[平衡状態(溶解平衡)であるときに成立する式]

step2 式への代入

よって、 $[\text{Pb}^{2+}] = y = 1.6 \times 10^{-10} (\text{mol/L})$ ← 問2の答

解答 問1 5.6 問2 $1.6 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$

問2(水溶液内に残存する Pb^{2+} の濃度を求める)について

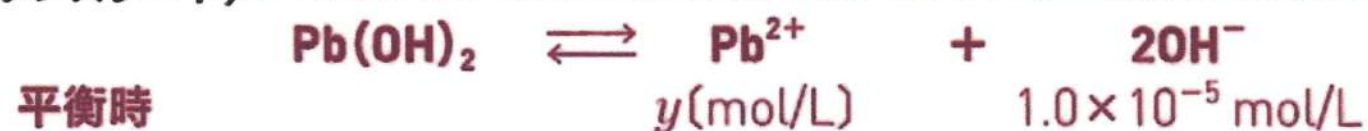
step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

題意より、『pHを9.0まで上昇させ』たので、 $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-9} (\text{mol/L})$,

すなわち、 $[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.0 \times 10^{-9}} = 1.0 \times 10^{-5} (\text{mol/L})$ である。

(バランスシート)



『次に、ここでは溶解度積の式平衡定数の式を書こう』

沈殿が存在しているときには、必ず溶解平衡が成立している。

溶解度積の式[平衡状態(溶解平衡)であるときに成立する式]

step2 式への代入

よって、 $[\text{Pb}^{2+}] = y = 1.6 \times 10^{-10} (\text{mol/L})$ ← 問2の答

解答 問1 5.6 問2 $1.6 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$

問2(水溶液内に残存する Pb^{2+} の濃度を求める)について

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

題意より、『pHを9.0まで上昇させ』たので、 $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-9} (\text{mol/L})$,

すなわち、 $[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.0 \times 10^{-9}} = 1.0 \times 10^{-5} (\text{mol/L})$ である。

(バランスシート)



『次に、^{ここでは溶解度積の式}平衡定数の式を書こう』

沈殿が存在しているときには、必ず溶解平衡が成立している。

溶解度積の式[平衡状態(溶解平衡)であるときに成立する式]

$$K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}][\text{OH}^-]^2 \quad \text{ただし, } K_{\text{sp}} = 1.6 \times 10^{-20} (\text{mol/L})^3$$

step2 式への代入

よって、 $[\text{Pb}^{2+}] = y = 1.6 \times 10^{-10} (\text{mol/L})$ ← 問2の答

解答 問1 5.6 問2 $1.6 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$

問2(水溶液内に残存する Pb^{2+} の濃度を求める)について

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

題意より、『pHを9.0まで上昇させ』たので、 $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-9} (\text{mol/L})$,

すなわち、 $[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.0 \times 10^{-9}} = 1.0 \times 10^{-5} (\text{mol/L})$ である。

(バランスシート)



『次に、^{ここでは溶解度積の式}平衡定数の式を書こう』

沈殿が存在しているときには、必ず溶解平衡が成立している。

溶解度積の式[平衡状態(溶解平衡)であるときに成立する式]

$$K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}][\text{OH}^-]^2 \quad \text{ただし, } K_{\text{sp}} = 1.6 \times 10^{-20} (\text{mol/L})^3$$

step2 式への代入

$$1.6 \times 10^{-20} = y \times (1.0 \times 10^{-5})^2$$

よって、 $[\text{Pb}^{2+}] = y = 1.6 \times 10^{-10} (\text{mol/L})$ ← 問2の答

解答 問1 5.6 問2 $1.6 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$

問2(水溶液内に残存する Pb^{2+} の濃度を求める)について

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

題意より、『pHを9.0まで上昇させ』たので、 $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-9} (\text{mol/L})$,

すなわち、 $[\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14}}{1.0 \times 10^{-9}} = 1.0 \times 10^{-5} (\text{mol/L})$ である。

(バランスシート)



『次に、^{ここでは溶解度積の式}平衡定数の式を書こう』

沈殿が存在しているときには、必ず溶解平衡が成立している。

溶解度積の式[平衡状態(溶解平衡)であるときに成立する式]

$$K_{sp} = [\text{Pb}^{2+}][\text{OH}^-]^2 \quad \text{ただし, } K_{sp} = 1.6 \times 10^{-20} (\text{mol/L})^3$$

step2 式への代入

$$1.6 \times 10^{-20} = y \times (1.0 \times 10^{-5})^2$$

よって、 $[\text{Pb}^{2+}] = y = 1.6 \times 10^{-10} (\text{mol/L})$ ← 問2の答

解答 問1 5.6 問2 $1.6 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$

【硫化物沈殿の形成】

【硫化物沈殿の形成】

硫化水素は①式や②式のように電離し，その電離定数 K_1 と K_2 は次の通りである。



また，硫化鉄(Ⅱ) FeS の溶解平衡の平衡定数(溶解度積 K_{sp})は，次のように非常に小さい。

$$\text{FeS の溶解度積 } K_{\text{sp}} = 1.0 \times 10^{-18} (\text{mol/L})^2$$

以下の設問に答えよ。ただし，硫化水素を飽和させたときの溶液の硫化水素濃度は，水素イオン濃度に関係なく， 0.10 mol/L である。

問 1 鉄(Ⅱ)イオン濃度が $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の溶液 100 mL を硫化水素で飽和した場合，硫化鉄(Ⅱ)の沈殿が生成し始めるときの溶液の pH を小数点以下第 1 位まで求めよ。

問 2 問 1 の場合，鉄(Ⅱ)イオンの 99.9% 以上が硫化鉄(Ⅱ)として沈殿しているためには，溶液の pH をいくら以上にすべきか。小数点以下第 1 位まで求めよ。

【硫化物沈殿の形成】

問1 (硫化水素の電離平衡の検討 & 溶解度積の検討) について

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『溶液の硫化水素濃度は、水素イオン濃度に無関係に、 0.10 mol/L 』

硫化鉄(Ⅱ)の沈殿が生成し始めるとき』まで、 $[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} (\text{mol/L})$ 。

『次に、平衡定数の式を書こう』

平衡定数の式

溶解度積の式

step2 式への代入

$[\text{H}^+] = x = 1.0 \times 10^{-3.5} (\text{mol/L})$, $[\text{S}^{2-}] = y = 1.0 \times 10^{-16} (\text{mol/L})$

$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (1.0 \times 10^{-3.5}) = 3.5$ ← 問1の答

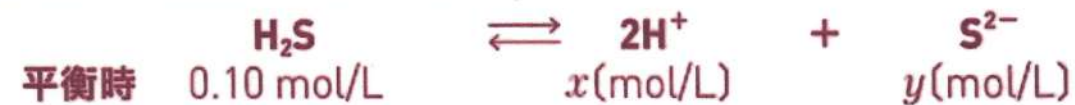
【硫化物沈殿の形成】

問1 (硫化水素の電離平衡の検討 & 溶解度積の検討) について

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『溶液の硫化水素濃度は、水素イオン濃度に無関係に、 0.10 mol/L 』



硫化鉄(II)の沈殿が生成し始めるときまで、 $[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} (\text{mol/L})$ 。

『次に、平衡定数の式を書こう』

平衡定数の式

溶解度積の式

step2 式への代入

$$[\text{H}^+] = x = 1.0 \times 10^{-3.5} (\text{mol/L}), [\text{S}^{2-}] = y = 1.0 \times 10^{-16} (\text{mol/L})$$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (1.0 \times 10^{-3.5}) = 3.5 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

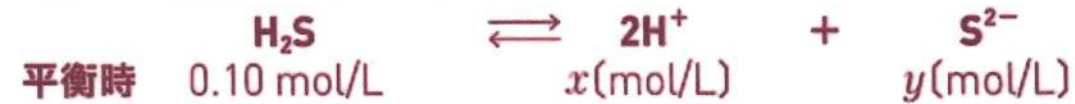
【硫化物沈殿の形成】

問1 (硫化水素の電離平衡の検討 & 溶解度積の検討) について

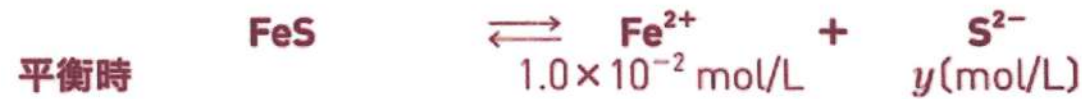
step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『溶液の硫化水素濃度は、水素イオン濃度に無関係に、 0.10 mol/L 』



硫化鉄(II)の沈殿が生成し始めるときまで、 $[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} (\text{mol/L})$ 。



『次に、平衡定数の式を書こう』

平衡定数の式

溶解度積の式

step2 式への代入

$$[\text{H}^+] = x = 1.0 \times 10^{-3.5} (\text{mol/L}), [\text{S}^{2-}] = y = 1.0 \times 10^{-16} (\text{mol/L})$$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (1.0 \times 10^{-3.5}) = 3.5 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

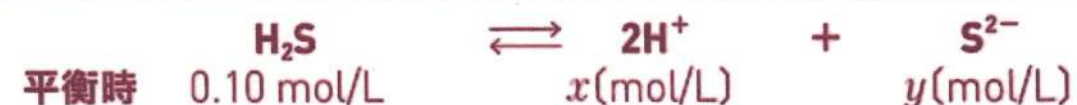
【硫化物沈殿の形成】

問1 (硫化水素の電離平衡の検討 & 溶解度積の検討) について

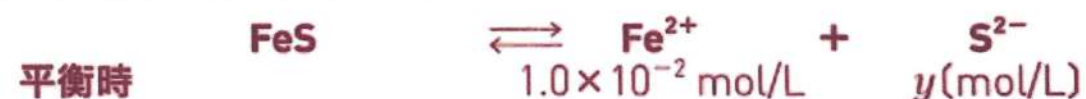
step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『溶液の硫化水素濃度は、水素イオン濃度に無関係に、 0.10 mol/L 』



硫化鉄(Ⅱ)の沈殿が生成し始めるとき』まで、 $[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} (\text{mol/L})$ 。



『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = K_1 \times K_2 = 1.0 \times 10^{-22} (\text{mol/L})^2$$

平衡定数の式

溶解度積の式

step2 式への代入

$$[\text{H}^+] = x = 1.0 \times 10^{-3.5} (\text{mol/L}), [\text{S}^{2-}] = y = 1.0 \times 10^{-16} (\text{mol/L})$$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (1.0 \times 10^{-3.5}) = 3.5 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

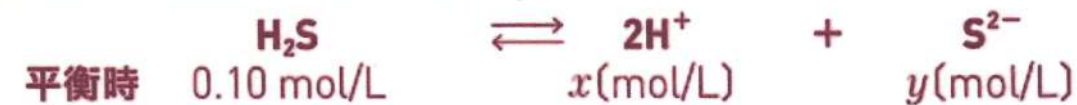
【硫化物沈殿の形成】

問1 (硫化水素の電離平衡の検討 & 溶解度積の検討) について

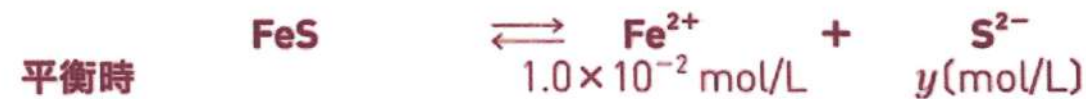
step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『溶液の硫化水素濃度は、水素イオン濃度に無関係に、 0.10 mol/L 』



硫化鉄(Ⅱ)の沈殿が生成し始めるとき』まで、 $[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} (\text{mol/L})$ 。



『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = K_1 \times K_2 = 1.0 \times 10^{-22} (\text{mol/L})^2$$

平衡定数の式

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{ただし, } K_3 = 1.0 \times 10^{-22} (\text{mol/L})^2$$

溶解度積の式

step2 式への代入

$$[\text{H}^+] = x = 1.0 \times 10^{-3.5} (\text{mol/L}), [\text{S}^{2-}] = y = 1.0 \times 10^{-16} (\text{mol/L})$$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (1.0 \times 10^{-3.5}) = 3.5 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

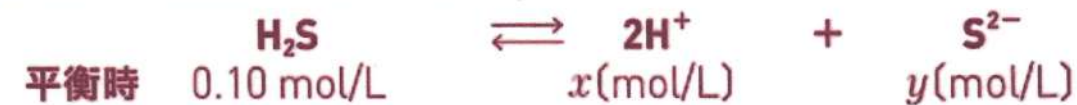
【硫化物沈殿の形成】

問1 (硫化水素の電離平衡の検討 & 溶解度積の検討) について

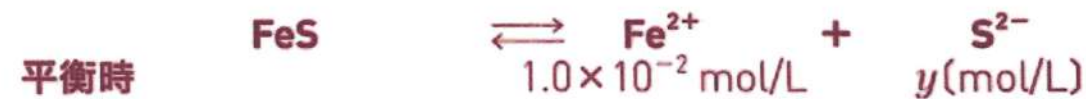
step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『溶液の硫化水素濃度は、水素イオン濃度に無関係に、 0.10 mol/L 』



硫化鉄(Ⅱ)の沈殿が生成し始めるときまで、 $[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} (\text{mol/L})$ 。



『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = K_1 \times K_2 = 1.0 \times 10^{-22} (\text{mol/L})^2$$

平衡定数の式

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{ただし, } K_3 = 1.0 \times 10^{-22} (\text{mol/L})^2$$

溶解度積の式

$$K_{\text{sp}} = [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] \quad \text{ただし, } K_{\text{sp}} = 1.0 \times 10^{-18} (\text{mol/L})^2$$

step2 式への代入

$$[\text{H}^+] = x = 1.0 \times 10^{-3.5} (\text{mol/L}), [\text{S}^{2-}] = y = 1.0 \times 10^{-16} (\text{mol/L})$$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (1.0 \times 10^{-3.5}) = 3.5 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

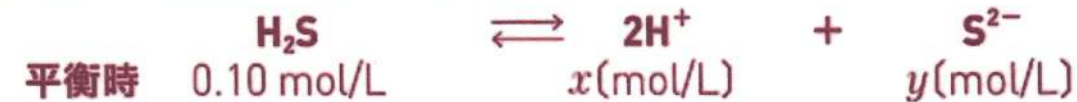
【硫化物沈殿の形成】

問1 (硫化水素の電離平衡の検討 & 溶解度積の検討) について

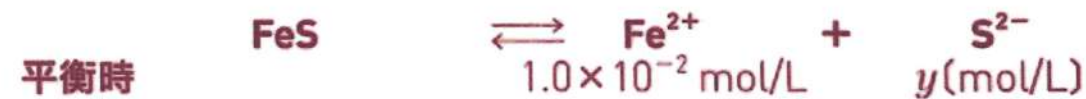
step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『溶液の硫化水素濃度は、水素イオン濃度に無関係に、0.10 mol/L』



硫化鉄(Ⅱ)の沈殿が生成し始めるときまで、 $[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} (\text{mol/L})$ 。



『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = K_1 \times K_2 = 1.0 \times 10^{-22} (\text{mol/L})^2$$

平衡定数の式

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{ただし, } K_3 = 1.0 \times 10^{-22} (\text{mol/L})^2$$

溶解度積の式

$$K_{\text{sp}} = [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] \quad \text{ただし, } K_{\text{sp}} = 1.0 \times 10^{-18} (\text{mol/L})^2$$

step2 式への代入

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{より, } 1.0 \times 10^{-22} = \frac{x^2 \times y}{0.10}$$

$$[\text{H}^+] = x = 1.0 \times 10^{-3.5} (\text{mol/L}), [\text{S}^{2-}] = y = 1.0 \times 10^{-16} (\text{mol/L})$$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (1.0 \times 10^{-3.5}) = 3.5 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

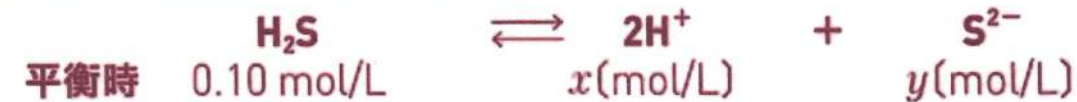
【硫化物沈殿の形成】

問1 (硫化水素の電離平衡の検討 & 溶解度積の検討) について

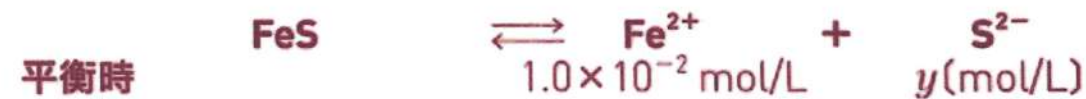
step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『溶液の硫化水素濃度は、水素イオン濃度に無関係に、0.10 mol/L』



硫化鉄(Ⅱ)の沈殿が生成し始めるときまで、 $[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} (\text{mol/L})$ 。



『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = K_1 \times K_2 = 1.0 \times 10^{-22} (\text{mol/L})^2$$

平衡定数の式

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{ただし, } K_3 = 1.0 \times 10^{-22} (\text{mol/L})^2$$

溶解度積の式

$$K_{\text{sp}} = [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] \quad \text{ただし, } K_{\text{sp}} = 1.0 \times 10^{-18} (\text{mol/L})^2$$

step2 式への代入

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{より, } 1.0 \times 10^{-22} = \frac{x^2 \times y}{0.10}$$

$$K_{\text{sp}} = [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] \quad \text{より, } 1.0 \times 10^{-18} = 1.0 \times 10^{-2} y$$

$$[\text{H}^+] = x = 1.0 \times 10^{-3.5} (\text{mol/L}), [\text{S}^{2-}] = y = 1.0 \times 10^{-16} (\text{mol/L})$$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (1.0 \times 10^{-3.5}) = 3.5 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

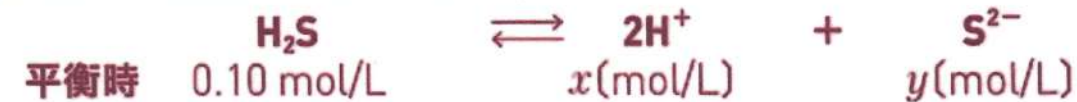
【硫化物沈殿の形成】

問1 (硫化水素の電離平衡の検討 & 溶解度積の検討) について

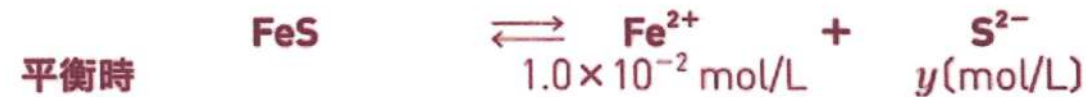
step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『溶液の硫化水素濃度は、水素イオン濃度に無関係に、0.10 mol/L』



硫化鉄(Ⅱ)の沈殿が生成し始めるときまで、 $[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} (\text{mol/L})$ 。



『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = K_1 \times K_2 = 1.0 \times 10^{-22} (\text{mol/L})^2$$

平衡定数の式

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{ただし, } K_3 = 1.0 \times 10^{-22} (\text{mol/L})^2$$

溶解度積の式

$$K_{\text{sp}} = [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] \quad \text{ただし, } K_{\text{sp}} = 1.0 \times 10^{-18} (\text{mol/L})^2$$

step2 式への代入

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{より, } 1.0 \times 10^{-22} = \frac{x^2 \times y}{0.10}$$

$$K_{\text{sp}} = [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] \quad \text{より, } 1.0 \times 10^{-18} = 1.0 \times 10^{-2} y$$

$$[\text{H}^+] = x = 1.0 \times 10^{-3.5} (\text{mol/L}), [\text{S}^{2-}] = y = 1.0 \times 10^{-16} (\text{mol/L})$$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (1.0 \times 10^{-3.5}) = 3.5 \quad \leftarrow \text{問1の答}$$

問2(硫化水素の電離平衡の検討 & 溶解度積の検討)について

step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『溶液の硫化水素濃度は、水素イオン濃度に無関係に、 0.10 mol/L 』

『99.9%以上が硫化鉄(Ⅱ)として沈殿している』とあるので、残る鉄(Ⅱ)イオンは
 $[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1}{1000} = 1.0 \times 10^{-5} (\text{mol/L})$ である。

『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = K_1 \times K_2 = 1.0 \times 10^{-22} (\text{mol/L})^2$$

平衡定数の式

溶解度積の式

step2 式への代入

$$[\text{H}^+] = x' = 1.0 \times 10^{-5} (\text{mol/L}), [\text{S}^{2-}] = y' = 1.0 \times 10^{-13} (\text{mol/L})$$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (1.0 \times 10^{-5}) = 5.0$$

上述のように、 $\text{pH} = 5.0$ であるときに99.9%の鉄(Ⅱ)イオンが沈殿する。

塩基性が強くなるほど硫化物沈殿は形成しやすくなるので、

$\text{pH} \geq 5.0$ であれば、99.9%以上の鉄(Ⅱ)イオンが沈殿する。← 問2の答

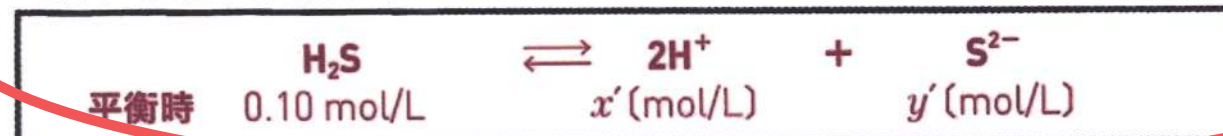
解答 問1 3.5 問2 5.0

問2(硫化水素の電離平衡の検討 & 溶解度積の検討)について

step1 情報の整理

『まず バランスシートを書こう』

『溶液の硫化水素濃度は、水素イオン濃度に無関係に、0.10 mol/L』



『99.9% 以上が硫化鉄(Ⅱ)として沈殿している』とあるので、残る鉄(Ⅱ)イオンは
 $[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1}{1000} = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$ である。

『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2[\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = K_1 \times K_2 = 1.0 \times 10^{-22} \text{ (mol/L)}^2$$

平衡定数の式

溶解度積の式

step2 式への代入

$$[\text{H}^+] = x' = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}, [\text{S}^{2-}] = y' = 1.0 \times 10^{-13} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10}(1.0 \times 10^{-5}) = 5.0$$

上述のように、pH=5.0であるときに99.9%の鉄(Ⅱ)イオンが沈殿する。

塩基性が強くなるほど硫化物沈殿は形成しやすくなるので、

pH $\geq$ 5.0であれば、99.9%以上の鉄(Ⅱ)イオンが沈殿する。← 問2の答

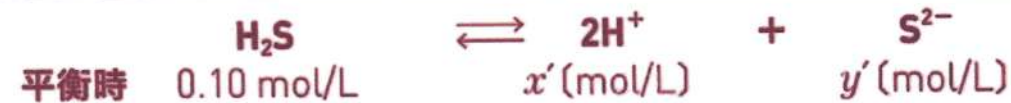
解答 問1 3.5 問2 5.0

問2(硫化水素の電離平衡の検討 & 溶解度積の検討)について

step1 情報の整理

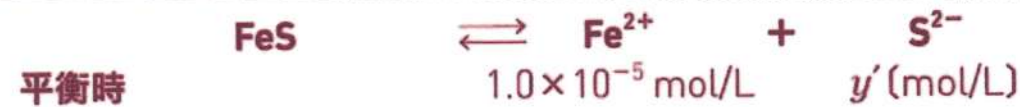
『まず、バランスシートを書こう』

『溶液の硫化水素濃度は、水素イオン濃度に無関係に、0.10 mol/L』



『99.9% 以上が硫化鉄(II)として沈殿している』とあるので、残る鉄(II)イオンは

$$[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1}{1000} = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)} \text{ である。}$$



『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{H}^+] [\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{H}^+] [\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = K_1 \times K_2 = 1.0 \times 10^{-22} \text{ (mol/L)}^2$$

平衡定数の式

溶解度積の式

step2 式への代入

$$[\text{H}^+] = x' = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)} , [\text{S}^{2-}] = y' = 1.0 \times 10^{-13} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (1.0 \times 10^{-5}) = 5.0$$

上述のように、pH=5.0であるときに99.9%の鉄(II)イオンが沈殿する。

塩基性が強くなるほど硫化物沈殿は形成しやすくなるので、

pH $\geq$ 5.0であれば、99.9%以上の鉄(II)イオンが沈殿する。← 問2の答

解答 問1 3.5 問2 5.0

問2(硫化水素の電離平衡の検討 & 溶解度積の検討)について

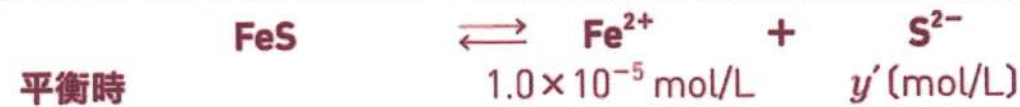
step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『溶液の硫化水素濃度は、水素イオン濃度に無関係に、0.10 mol/L』



『99.9% 以上が硫化鉄(Ⅱ)として沈殿している』とあるので、残る鉄(Ⅱ)イオンは
 $[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1}{1000} = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$ である。



『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = K_1 \times K_2 = 1.0 \times 10^{-22} \text{ (mol/L)}^2$$

平衡定数の式

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{ただし, } K_3 = 1.0 \times 10^{-22} \text{ (mol/L)}^2$$

溶解度積の式

step2 式への代入

$$[\text{H}^+] = x' = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}, \quad [\text{S}^{2-}] = y' = 1.0 \times 10^{-13} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (1.0 \times 10^{-5}) = 5.0$$

上述のように、pH=5.0であるときに99.9%の鉄(Ⅱ)イオンが沈殿する。

塩基性が強くなるほど硫化物沈殿は形成しやすくなるので、

pH $\geq$ 5.0であれば、99.9%以上の鉄(Ⅱ)イオンが沈殿する。← 問2の答

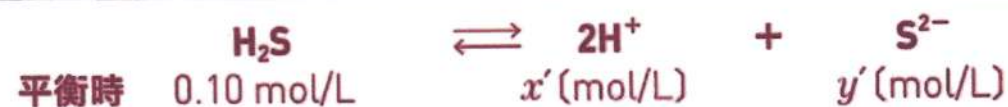
解答 問1 3.5 問2 5.0

問2(硫化水素の電離平衡の検討 & 溶解度積の検討)について

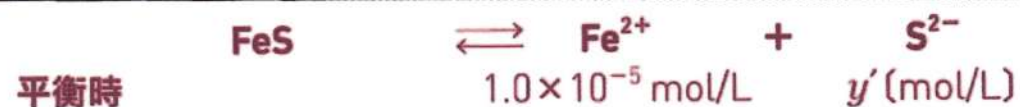
step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『溶液の硫化水素濃度は、水素イオン濃度に無関係に、0.10 mol/L』



『99.9% 以上が硫化鉄(II)として沈殿している』とあるので、残る鉄(II)イオンは
 $[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1}{1000} = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$ である。



『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2[\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = K_1 \times K_2 = 1.0 \times 10^{-22} \text{ (mol/L)}^2$$

平衡定数の式

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2[\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{ただし} \quad K_3 = 1.0 \times 10^{-22} \text{ (mol/L)}^2$$

溶解度積の式

$$K_{sp} = [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] \quad \text{ただし} \quad K_{sp} = 1.0 \times 10^{-18} \text{ (mol/L)}^2$$

step2 式への代入

$$[\text{H}^+] = x' = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)} \quad , \quad [\text{S}^{2-}] = y' = 1.0 \times 10^{-13} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+] = -\log_{10}(1.0 \times 10^{-5}) = 5.0$$

上述のように、pH=5.0であるときに99.9%の鉄(II)イオンが沈殿する。

塩基性が強くなるほど硫化物沈殿は形成しやすくなるので、

pH $\geq$ 5.0であれば、99.9%以上の鉄(II)イオンが沈殿する。← 問2の答

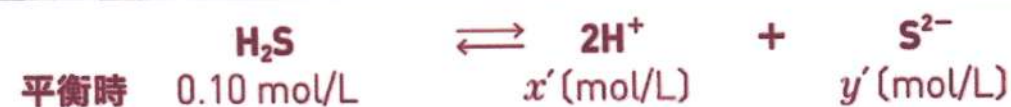
解答 問1 3.5 問2 5.0

問2(硫化水素の電離平衡の検討 & 溶解度積の検討)について

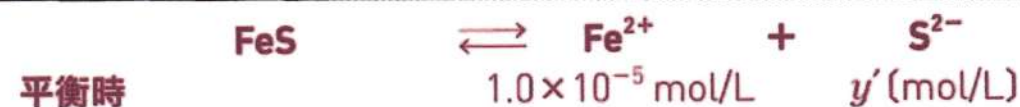
step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『溶液の硫化水素濃度は、水素イオン濃度に無関係に、0.10 mol/L』



『99.9%以上が硫化鉄(II)として沈殿している』とあるので、残る鉄(II)イオンは
 $[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1}{1000} = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$ である。



『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = K_1 \times K_2 = 1.0 \times 10^{-22} \text{ (mol/L)}^2$$

平衡定数の式

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{ただし, } K_3 = 1.0 \times 10^{-22} \text{ (mol/L)}^2$$

溶解度積の式

$$K_{sp} = [\text{Fe}^{2+}] [\text{S}^{2-}] \quad \text{ただし, } K_{sp} = 1.0 \times 10^{-18} \text{ (mol/L)}^2$$

step2 式への代入

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{より, } 1.0 \times 10^{-22} = \frac{x'^2 \times y'}{0.10}$$

$$[\text{H}^+] = x' = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}, \quad [\text{S}^{2-}] = y' = 1.0 \times 10^{-13} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (1.0 \times 10^{-5}) = 5.0$$

上述のように、pH=5.0であるときに99.9%の鉄(II)イオンが沈殿する。

塩基性が強くなるほど硫化物沈殿は形成しやすくなるので、

pH $\geq$ 5.0であれば、99.9%以上の鉄(II)イオンが沈殿する。← 問2の答

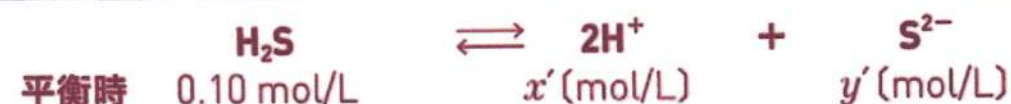
解答 問1 3.5 問2 5.0

問2(硫化水素の電離平衡の検討 & 溶解度積の検討)について

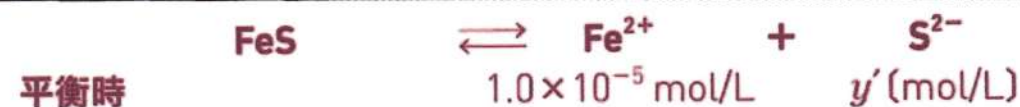
step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『溶液の硫化水素濃度は、水素イオン濃度に無関係に、0.10 mol/L』



『99.9%以上が硫化鉄(II)として沈殿している』とあるので、残る鉄(II)イオンは
 $[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1}{1000} = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$ である。



『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = K_1 \times K_2 = 1.0 \times 10^{-22} \text{ (mol/L)}^2$$

平衡定数の式

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{ただし, } K_3 = 1.0 \times 10^{-22} \text{ (mol/L)}^2$$

溶解度積の式

$$K_{sp} = [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] \quad \text{ただし, } K_{sp} = 1.0 \times 10^{-18} \text{ (mol/L)}^2$$

step2 式への代入

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{より, } 1.0 \times 10^{-22} = \frac{x'^2 \times y'}{0.10}$$

$$K_{sp} = [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] \quad \text{より, } 1.0 \times 10^{-18} = 1.0 \times 10^{-5} y'$$

$$[\text{H}^+] = x' = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)} \quad [\text{S}^{2-}] = y' = 1.0 \times 10^{-13} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (1.0 \times 10^{-5}) = 5.0$$

上述のように、pH=5.0であるときに99.9%の鉄(II)イオンが沈殿する。

塩基性が強くなるほど硫化物沈殿は形成しやすくなるので、

pH $\geq$ 5.0であれば、99.9%以上の鉄(II)イオンが沈殿する。← 問2の答

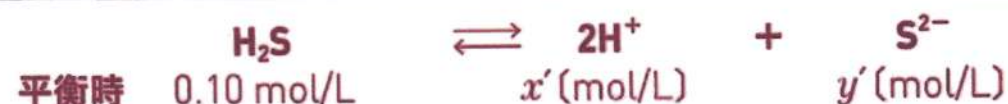
解答 問1 3.5 問2 5.0

問2(硫化水素の電離平衡の検討 & 溶解度積の検討)について

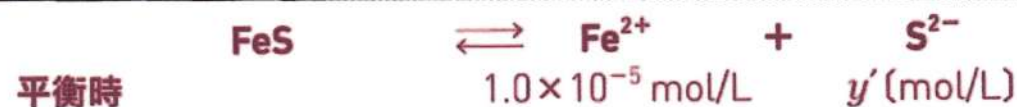
step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『溶液の硫化水素濃度は、水素イオン濃度に無関係に、0.10 mol/L』



『99.9% 以上が硫化鉄(II)として沈殿している』とあるので、残る鉄(II)イオンは
 $[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1}{1000} = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$ である。



『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = K_1 \times K_2 = 1.0 \times 10^{-22} \text{ (mol/L)}^2$$

平衡定数の式

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{ただし, } K_3 = 1.0 \times 10^{-22} \text{ (mol/L)}^2$$

溶解度積の式

$$K_{sp} = [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] \quad \text{ただし, } K_{sp} = 1.0 \times 10^{-18} \text{ (mol/L)}^2$$

step2 式への代入

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{より, } 1.0 \times 10^{-22} = \frac{x'^2 \times y'}{0.10}$$

$$K_{sp} = [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] \quad \text{より, } 1.0 \times 10^{-18} = 1.0 \times 10^{-5} y'$$

$$[\text{H}^+] = x' = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}, \quad [\text{S}^{2-}] = y' = 1.0 \times 10^{-13} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (1.0 \times 10^{-5}) = 5.0$$

上述のように、pH=5.0であるときに99.9%の鉄(II)イオンが沈殿する。

塩基性が強くなるほど硫化物沈殿は形成しやすくなるので、

pH $\geq$ 5.0であれば、99.9%以上の鉄(II)イオンが沈殿する。← 問2の答

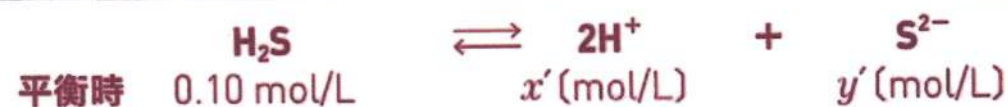
解答 問1 3.5 問2 5.0

問2(硫化水素の電離平衡の検討 & 溶解度積の検討)について

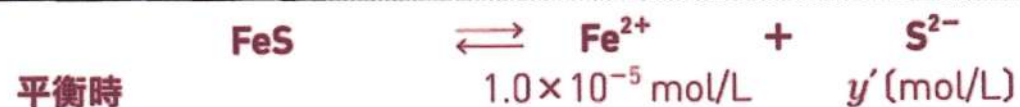
step1 情報の整理

『まず、バランスシートを書こう』

『溶液の硫化水素濃度は、水素イオン濃度に無関係に、0.10 mol/L』



『99.9%以上が硫化鉄(II)として沈殿している』とあるので、残る鉄(II)イオンは
 $[\text{Fe}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1}{1000} = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$ である。



『次に、平衡定数の式を書こう』

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{[\text{H}^+][\text{HS}^-]}{[\text{H}_2\text{S}]} \times \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{HS}^-]} = K_1 \times K_2 = 1.0 \times 10^{-22} \text{ (mol/L)}^2$$

平衡定数の式

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{ただし, } K_3 = 1.0 \times 10^{-22} \text{ (mol/L)}^2$$

溶解度積の式

$$K_{sp} = [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] \quad \text{ただし, } K_{sp} = 1.0 \times 10^{-18} \text{ (mol/L)}^2$$

step2 式への代入

$$K_3 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{より, } 1.0 \times 10^{-22} = \frac{x'^2 \times y'}{0.10}$$

$$K_{sp} = [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] \quad \text{より, } 1.0 \times 10^{-18} = 1.0 \times 10^{-5} y'$$

$$[\text{H}^+] = x' = 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}, \quad [\text{S}^{2-}] = y' = 1.0 \times 10^{-13} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] = -\log_{10} (1.0 \times 10^{-5}) = 5.0$$

上述のように、pH=5.0であるときに99.9%の鉄(II)イオンが沈殿する。

塩基性が強くなるほど硫化物沈殿は形成しやすくなるので、

pH $\geq$ 5.0であれば、99.9%以上の鉄(II)イオンが沈殿する。← 問2の答

解答 問1 3.5 問2 5.0

硫化水素の電離平衡に関する
典型的出題パターン例

① 硫化水素水溶液のpHを求める。

$$\text{定数 } K_1 = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{ほぼ定数}$$

$$\text{このとき、} [\text{HS}^-] = [\text{H}^+]、\therefore [\text{S}^{2-}] = K_2$$

② H_2Saq 中の $[\text{H}^+]$ と $[\text{S}^{2-}]$ の関係を求める。

⇒ある $[\text{H}^+]$ (pH)のもとでの $[\text{S}^{2-}]$ を求める。

⇒ $[\text{S}^{2-}]$ がある値となる $[\text{H}^+]$ (pH)を求める。

$$\text{定数 } K_1 \cdot \text{定数 } K_2 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{ほぼ定数}$$

③ 硫化物沈殿(CuS など)の形成について問う。

⇒ある $[\text{H}^+]$ (pH)のもとでの沈殿形成の有無を求める。

⇒沈殿の量がある値となる $[\text{H}^+]$ を求める。

$$K_{\text{sp}}(\text{CuS}) > [\text{Cu}^{2+}][\text{S}^{2-}] \text{ のとき} \\ \text{沈殿は生じない。}$$

$$\text{沈殿があるとき、必ず} \\ K_{\text{sp}}(\text{CuS}) = [\text{Cu}^{2+}][\text{S}^{2-}] \text{ が成立する!}$$

$$K_{\text{sp}}(\text{CuS}) < [\text{Cu}^{2+}][\text{S}^{2-}] \text{ のとき} \\ \text{沈殿が生じる。}$$

硫化水素の電離平衡に関する
典型的出題パターン例

① 硫化水素水溶液のpHを求める。

$$\text{定数 } K_1 = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{ほぼ定数}$$

このとき、 $[\text{HS}^-] = [\text{H}^+]$ 、 $\therefore [\text{S}^{2-}] = K_2$

② H_2S aq中の $[\text{H}^+]$ と $[\text{S}^{2-}]$ の関係を求める。

$\Rightarrow$ ある $[\text{H}^+]$ (pH)のもとでの $[\text{S}^{2-}]$ を求める。

$\Rightarrow [\text{S}^{2-}]$ がある値となる $[\text{H}^+]$ (pH)を求める。

$$\text{定数 } K_1 \cdot \text{定数 } K_2 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad \text{ほぼ定数}$$

③ 硫化物沈殿(CuS など)の形成について問う。

$\Rightarrow$ ある $[\text{H}^+]$ (pH)のもとでの沈殿形成の有無を求める。

$\Rightarrow$ 沈殿の量がある値となる $[\text{H}^+]$ を求める。

$K_{\text{sp}}(\text{CuS}) > [\text{Cu}^{2+}][\text{S}^{2-}]$ のとき
沈殿は生じない。

沈殿があるとき、必ず
 $K_{\text{sp}}(\text{CuS}) = [\text{Cu}^{2+}][\text{S}^{2-}]$ が成立する!

$K_{\text{sp}}(\text{CuS}) < [\text{Cu}^{2+}][\text{S}^{2-}]$ のとき
沈殿が生じる。

硫化水素の電離平衡に関する
典型的出題パターン例

① 硫化水素水溶液のpHを求める。

$$\text{定数 } K_1 = \frac{[\text{H}^+]^2}{[\text{H}_2\text{S}]} \text{ ほぼ定数}$$

$$\text{このとき、} [\text{HS}^-] = [\text{H}^+]、\therefore [\text{S}^{2-}] = K_2$$

② H_2Saq 中の $[\text{H}^+]$ と $[\text{S}^{2-}]$ の関係を求める。

⇒ある $[\text{H}^+]$ (pH)のもとでの $[\text{S}^{2-}]$ を求める。

⇒ $[\text{S}^{2-}]$ がある値となる $[\text{H}^+]$ (pH)を求める。

$$\text{定数 } K_1 \cdot K_2 = \frac{[\text{H}^+]^2 [\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} \text{ ほぼ定数}$$

③ 硫化物沈殿(CuS など)の形成について問う。

⇒ある $[\text{H}^+]$ (pH)のもとでの沈殿形成の有無を求める。

⇒沈殿の量がある値となる $[\text{H}^+]$ を求める。

$$K_{\text{sp}}(\text{CuS}) > [\text{Cu}^{2+}][\text{S}^{2-}] \text{ のとき}$$

沈殿は生じない。

沈殿があるとき、必ず

$$K_{\text{sp}}(\text{CuS}) = [\text{Cu}^{2+}][\text{S}^{2-}] \text{ が成立する!}$$

$$K_{\text{sp}}(\text{CuS}) < [\text{Cu}^{2+}][\text{S}^{2-}] \text{ のとき}$$

沈殿が生じる。

炭酸の電離平衡に関する典型的出題パターン例

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⁺] = [HCO₃⁻]

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

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

本題の場合

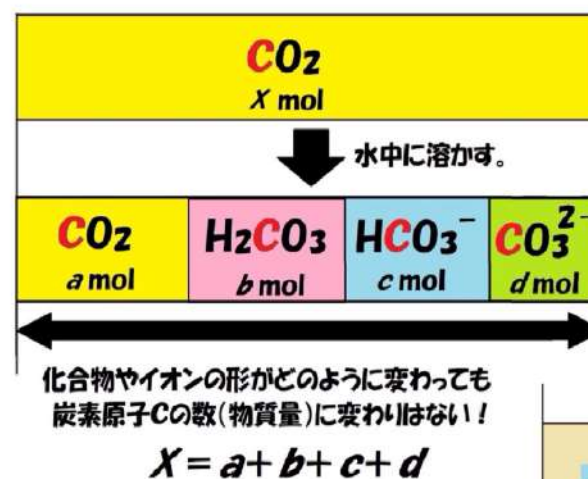
$$K_1 = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$$

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

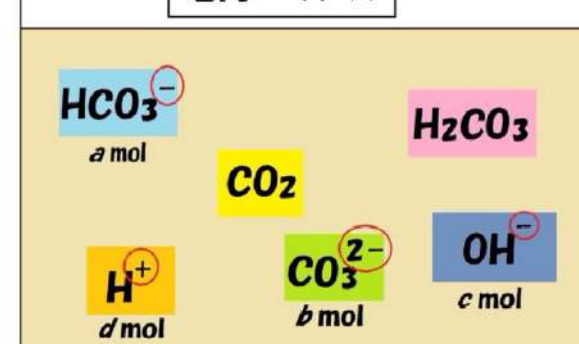
物質収支、電荷バランス
水のイオン積など...

近似

物質収支



電荷バランス



炭酸の電離平衡に関する典型的出題パターン例

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⁺] = [HCO₃⁻]

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

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

本題の場合

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

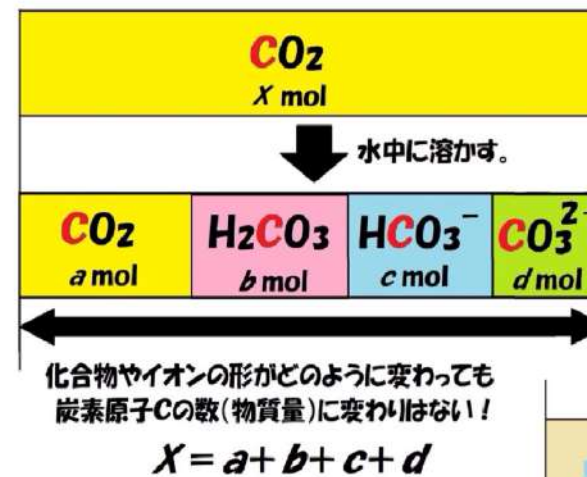
$$K_2 = \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]}$$

物質収支、電荷バランス
水のイオン積など...

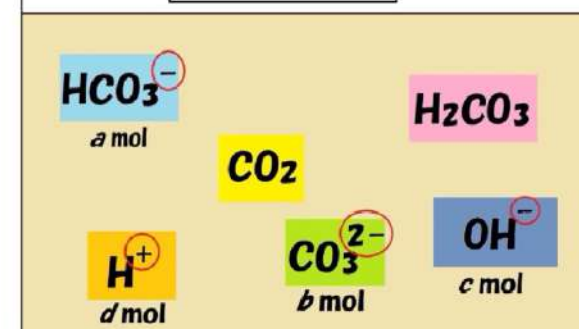
近似



物質収支



電荷バランス



炭酸の電離平衡に関する典型的出題パターン例

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⁺] = [HCO₃⁻]

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

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

本題の場合

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

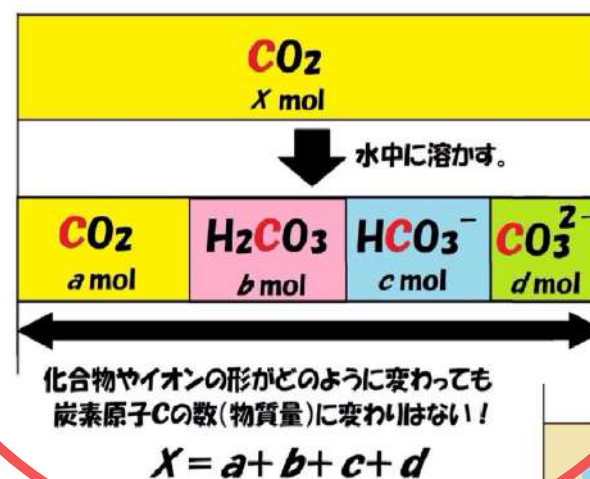
$$K_2 = \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]}$$

物質収支、電荷バランス
水のイオン積など…

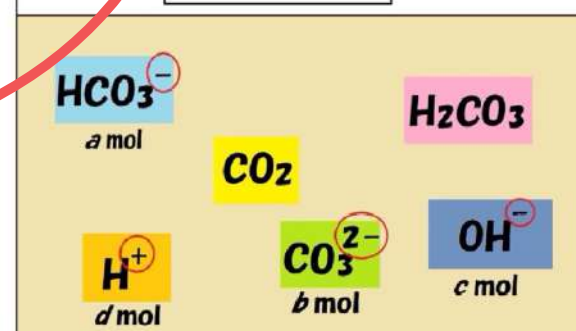
近似



物質収支



電荷バランス



炭酸の電離平衡に関する典型的出題パターン例

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^- 」

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

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

本題の場合

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

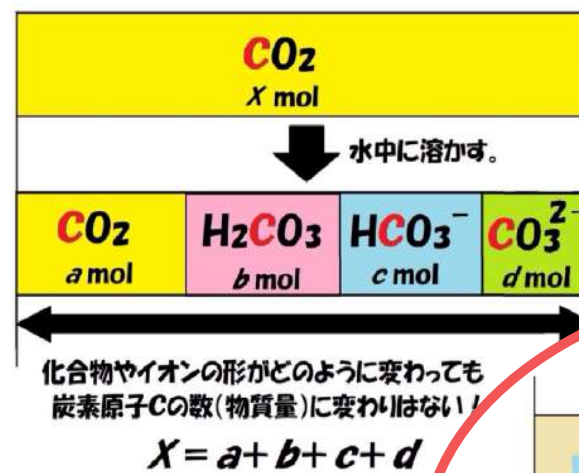
$$K_2 = \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]}$$

物質収支、電荷バランス
水のイオン積など...

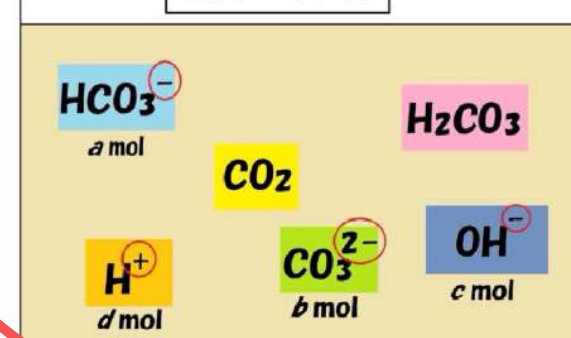


近似

物質収支



電荷バランス



炭酸の電離平衡に関する典型的出題パターン例

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⁺] = [HCO₃⁻]

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

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

本題の場合

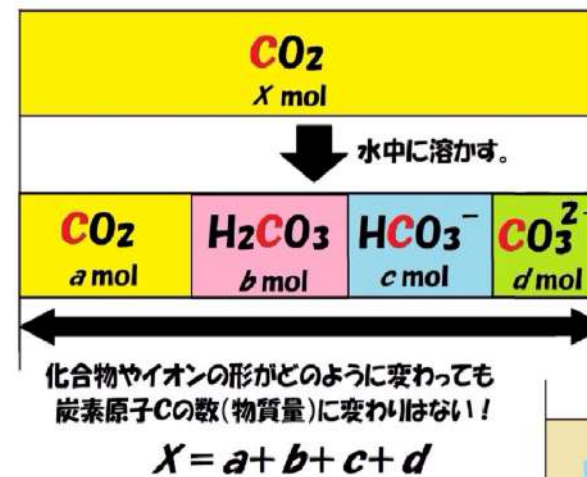
$$K_1 = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$$

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

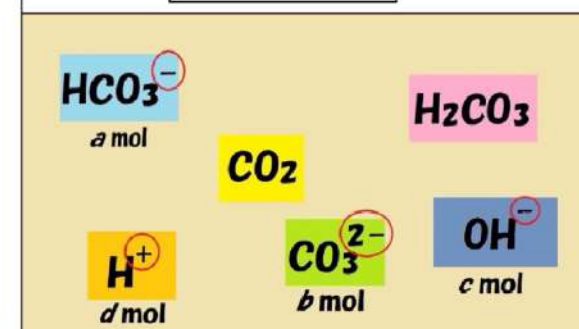
物質収支、電荷バランス
水のイオン積など...

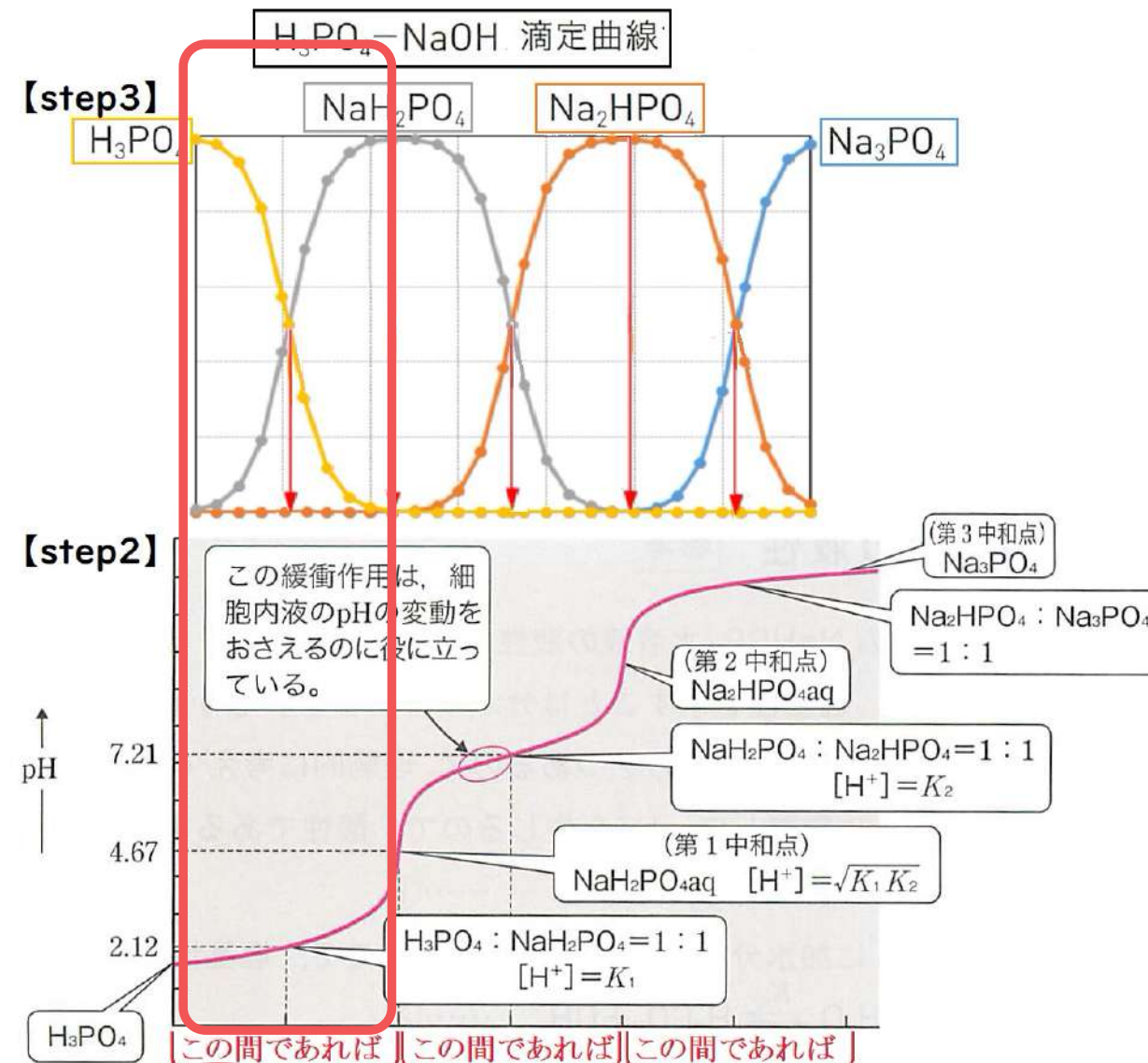
近似

物質収支



電荷バランス





【step1】

①

$$K_1 = \frac{[H^+][H_2PO_4^-]}{[H_3PO_4]}$$

すなわち

$$\frac{K_1}{[H^+]} = \frac{[NaH_2PO_4]}{[H_3PO_4]}$$

を用いて計算する。

②

$$K_2 = \frac{[H^+][HPO_4^{2-}]}{[H_2PO_4^-]}$$

すなわち

$$\frac{K_2}{[H^+]} = \frac{[Na_2HPO_4]}{[NaH_2PO_4]}$$

を用いて計算する。

③

$$K_3 = \frac{[H^+][PO_4^{3-}]}{[HPO_4^{2-}]}$$

すなわち

$$\frac{K_3}{[H^+]} = \frac{[Na_3PO_4]}{[Na_2HPO_4]}$$

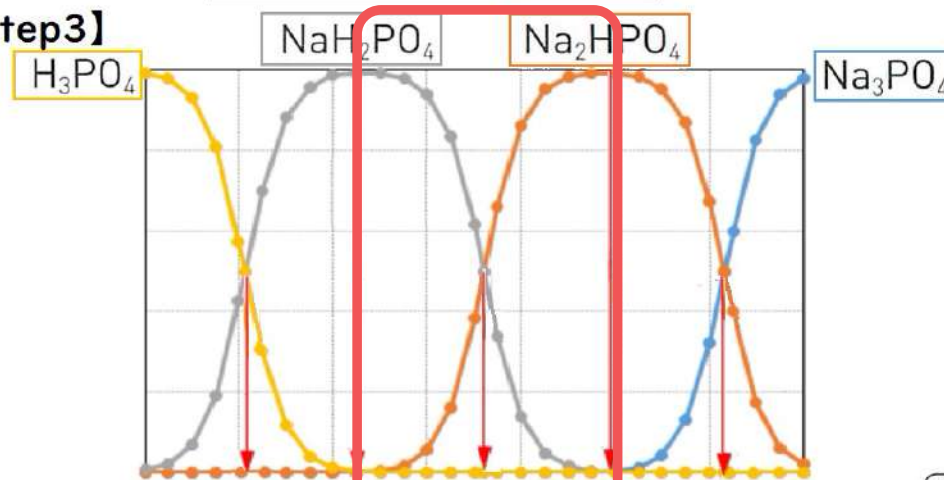
を用いて計算する。

●比が分かれば[H⁺]が分かる。●[H⁺]が分かれば比が分かる。

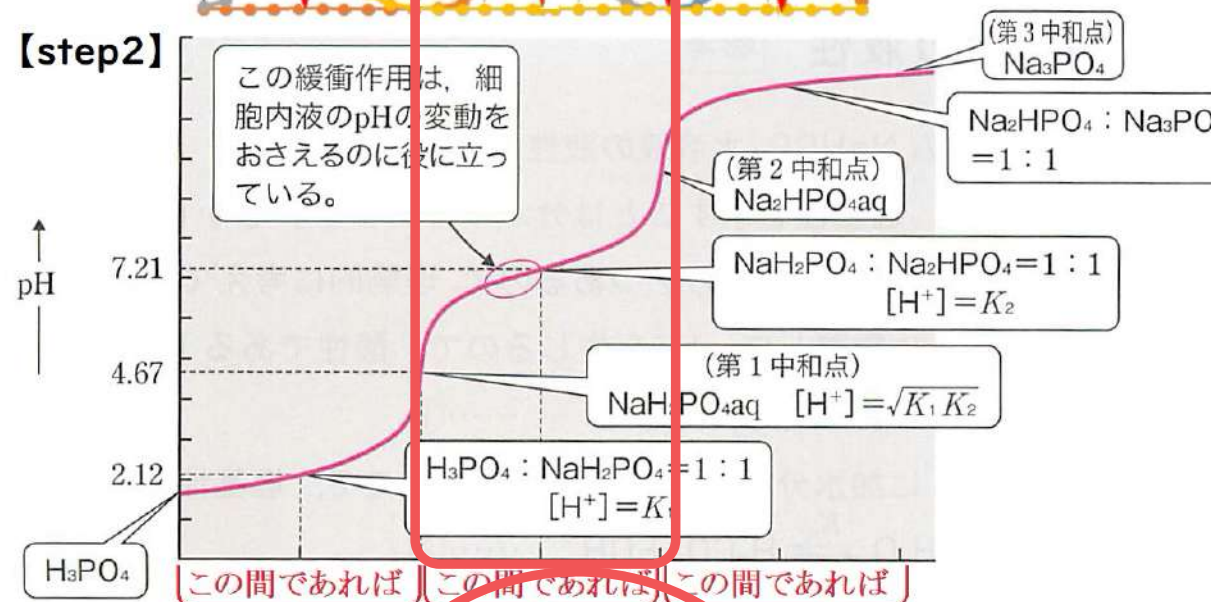
- ① 第1中和点まで；H₃PO₄+NaOH → NaH₂PO₄+H₂O
- ② 第2中和点まで；NaH₂PO₄+NaOH → Na₂HPO₄+H₂O
- ③ 第3中和点まで；Na₂HPO₄+NaOH → Na₃PO₄+H₂O

H₃PO₄-NaOH 滴定曲線

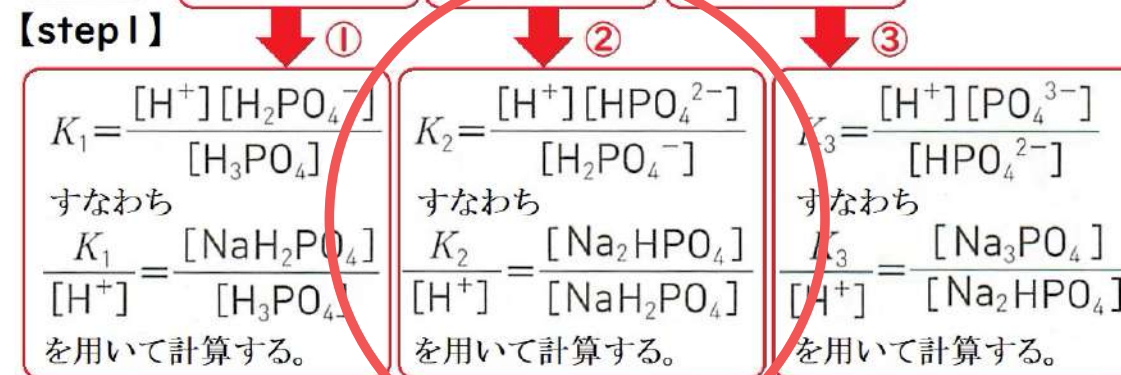
【step3】



【step2】

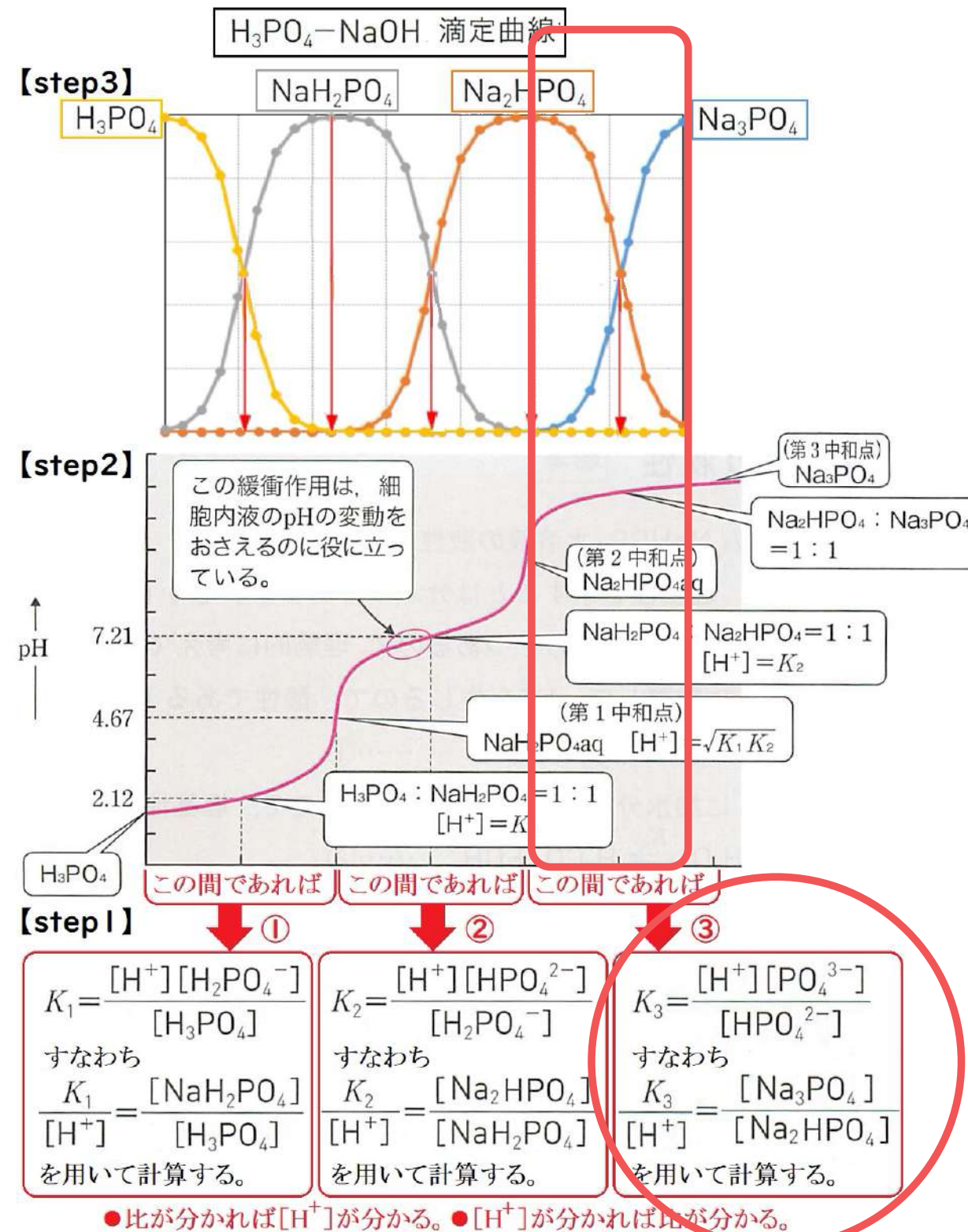


【step1】



●比が分かれば[H⁺]が分かる。●[H⁺]が分かれば比が分かる。

- ① 第1 中和点まで；H₃PO₄+NaOH →NaH₂PO₄+H₂O
- ② 第2 中和点まで；NaH₂PO₄+NaOH →Na₂HPO₄+H₂O
- ③ 第3 中和点まで；Na₂HPO₄+NaOH →Na₃PO₄+H₂O



- ① 第1中和点まで； $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- ② 第2中和点まで； $\text{NaH}_2\text{PO}_4 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{H}_2\text{O}$
- ③ 第3中和点まで； $\text{Na}_2\text{HPO}_4 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

