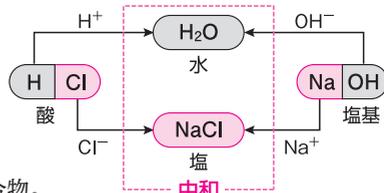
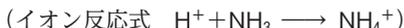
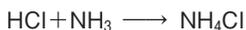
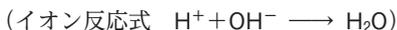
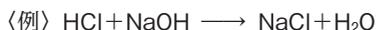


7 中和と塩

1 中和と塩

① 中和

酸と塩基が反応して、その性質を打ち消し合う変化。中和では、^{えん}塩とともに水を生じることが多い。



② 塩 酸の陰イオンと塩基の陽イオンからなる化合物。

酸の H^+ を陽イオンで置換したもの 〈例〉 $\text{HCl} \longrightarrow \text{NaCl}$

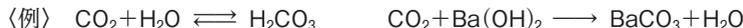
塩基の OH^- を陰イオンで置換したもの 〈例〉 $\text{KOH} \longrightarrow \text{KNO}_3$

塩の分類 分類名は、水溶液の性質(酸性、中性、塩基性)を示すものではない。

分類	定義	例
正塩	化学式中に酸のHも塩基のOHも残っていない塩	NaCl , Na_2SO_4 , KNO_3 , CH_3COONa
酸性塩	化学式中に酸のHが残っている塩	NaHSO_4 , NaHCO_3 , KH_2PO_4
塩基性塩	化学式中に塩基のOHが残っている塩	$\text{MgCl}(\text{OH})$, $\text{CuCl}(\text{OH})$

③ 酸化物と塩の生成

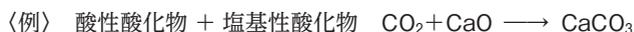
(a) **酸性酸化物** 非金属元素の酸化物のうち、水と反応して酸となるものや、塩基と反応して塩を生じるもの。 CO_2 , NO_2 , P_4O_{10} , SO_2 , SO_3 など



(b) **塩基性酸化物** 金属元素の酸化物のうち、水と反応して水酸化物(塩基)となるものや、酸と反応して塩を生じるもの。 Li_2O , Na_2O , MgO , CaO など



(c) **塩の生成** 塩は、酸と塩基の中和、酸や塩基と酸化物の反応のほか、さまざまな反応で生じる。



④ オキソ酸と水酸化物

(a) **オキソ酸** 分子中に酸素原子を含む酸。酸性酸化物と水の反応などで生じる。

〈例〉 炭酸 H_2CO_3 , 硝酸 HNO_3 , リン酸 H_3PO_4 , 亜硫酸 H_2SO_3 , 硫酸 H_2SO_4 など

注 一般に、同じ元素からなるオキソ酸では、酸素原子の数が多いほど強い酸である。

酸の強さ: $\text{H}_2\text{SO}_4 > \text{H}_2\text{SO}_3$, $\text{HClO}_4 > \text{HClO}_3 > \text{HClO}_2 > \text{HClO}$

(b) **水酸化物** 塩基性酸化物と水の反応などで生じる。

〈例〉 LiOH , NaOH , KOH , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ba}(\text{OH})_2$ など

⑤塩の水溶液

(a) 水溶液の性質 塩を水に溶かすと、種々の性質(液性)を示す。

正塩のタイプ	水溶液の性質	例	加水分解
強酸と強塩基の塩	中性	NaCl, KNO ₃ , Na ₂ SO ₄	しない
強酸と弱塩基の塩	酸性	CuSO ₄ , NH ₄ Cl, (NH ₄) ₂ SO ₄	する
弱酸と強塩基の塩	塩基性	Na ₂ CO ₃ , CH ₃ COONa	する
弱酸と弱塩基の塩	中性に近い	CH ₃ COONH ₄ , (NH ₄) ₂ CO ₃	する

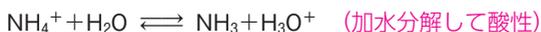
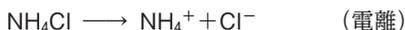
酸性塩のうち、**炭酸水素塩は塩基性**(加水分解： $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$)を示し、**硫酸水素塩は酸性**(電離： $\text{HSO}_4^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$)を示す。

(b) **塩の加水分解** **化学** 弱酸や弱塩基の塩から生じたイオンが水と反応し、他の分子やイオンを生じる反応。

〈例〉 CH₃COONa(弱酸と強塩基の塩)



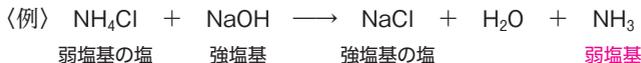
〈例〉 NH₄Cl(強酸と弱塩基の塩)



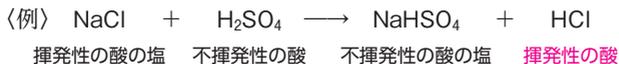
注 強酸と強塩基からできた正塩は、加水分解せず、水溶液は中性を示す。

⑥弱酸・弱塩基の遊離

弱酸(または弱塩基)からできた塩に強酸(または強塩基)を加えると、弱酸(または弱塩基)が遊離する。



●**揮発性の酸の遊離** 揮発性の酸の塩に、不揮発性の酸を加えると、揮発性の酸が遊離する。



2 中和滴定

①中和の量的関係

酸・塩基の水溶液どうしの反応では、次の関係が成り立つ。

酸の H⁺ の物質質量 = 塩基の OH⁻ の物質質量(塩基が受け取る H⁺ の物質質量)

酸の価数 × 酸の物質質量 = 塩基の価数 × 塩基の物質質量

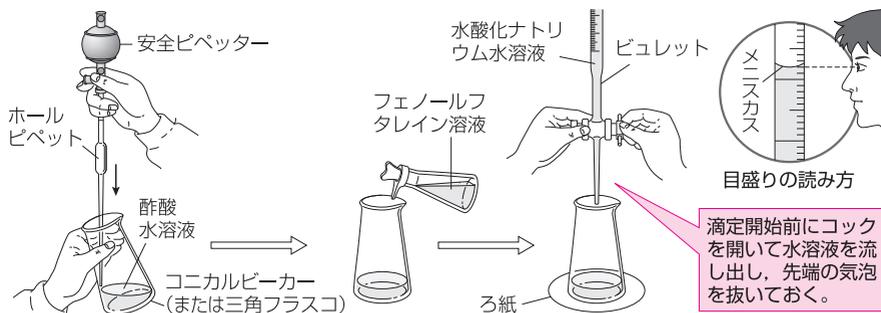
$$a \times c \times V = a' \times c' \times V'$$

$$\left[\begin{array}{l} a, a' \cdots \text{酸, 塩基の価数} \\ c, c' \cdots \text{酸, 塩基の水溶液のモル濃度 [mol/L]} \\ V, V' \cdots \text{酸, 塩基の水溶液の体積 [L]} \end{array} \right]$$

注 この関係は、弱酸や弱塩基についても成り立つ。

②中和滴定

濃度既知の酸(塩基)の水溶液で、濃度未知の塩基(酸)の水溶液の濃度を求める操作。



器具名	使用方法	洗浄・前処理
ホールピペット	一定体積の水溶液をとる	使用する水溶液で内側を洗う(共洗い)
ビュレット	滴定に要する水溶液の体積を知る	使用する水溶液で内側を洗う(共洗い)
メスフラスコ	一定濃度の水溶液を調製する	蒸留水でぬれていてもよい
コニカルビーカー	滴定する水溶液を入れる	蒸留水でぬれていてもよい

③指示薬と変色域

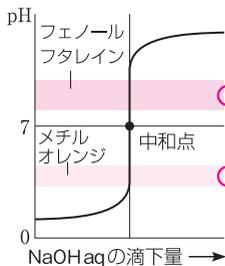
中和滴定では中和点付近で pH が急変するので、この範囲内に**変色域**(色調が変化する pH の範囲)をもつ**酸・塩基の指示薬**が中和の指示薬に用いられる。

指示薬	pH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
メチルオレンジ			3.1 赤				黄 4.4					
メチルレッド				4.2 赤						黄 6.2		
フェノールフタレイン								8.0 無			赤 9.8	

④中和滴定曲線 加えた酸や塩基の水溶液の体積と混合水溶液の pH の関係を表す曲線。

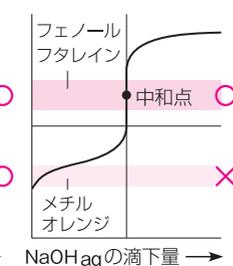
(a) 強酸 + 強塩基

(例: $\text{HCl} + \text{NaOH}$)



(b) 弱酸 + 強塩基

(例: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaOH}$)

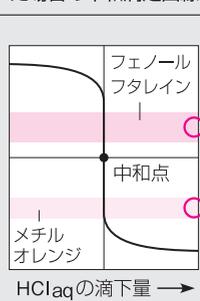


(c) 強酸 + 弱塩基

(例: $\text{HCl} + \text{NH}_3$)



強塩基に強酸を滴下した場合の中和滴定曲線



(中和点は中性であり、い) (中和点は塩基性であり、フェ) (中和点は酸性であり、) ずれの指示薬も使える) (ノールフタレインを使う) (メチルオレンジを使う)

*aq は多量の水を表す。したがって、 NaOH aq は水酸化ナトリウム水溶液を表す。

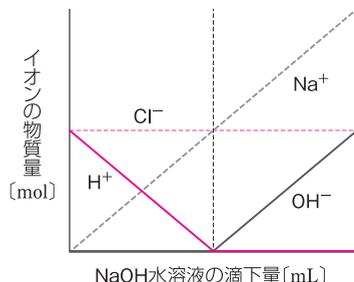
⑤中和滴定におけるイオンの量の変化

塩酸を水酸化ナトリウム水溶液中で中和滴定する場合、混合水溶液中の各イオンは図のように変化する。この関係を利用し、電流値を調べながら滴定を行うことで、中和点を知ることができる。

〈例〉水酸化バリウム $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 水溶液 + 希硫酸



滴定につれて水に溶けにくい BaSO_4 が沈殿して水溶液中のイオンの量が減少するため、徐々に電流が流れにくくなる。



⑥逆滴定

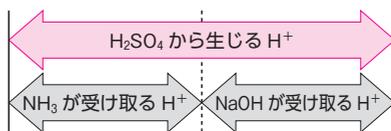
酸や塩基として働く気体をそれぞれ過剰の塩基、酸に吸収させ、残った未反応の塩基、酸を中和滴定することによって、吸収した気体の量を間接的に求める操作。

〈例〉気体のアンモニアの定量

- ①気体のアンモニアを一定量の希硫酸に吸収させる。



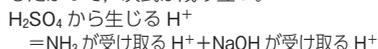
- ②未反応の硫酸を水酸化ナトリウム水溶液中で滴定する。この滴定の中和点では、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ と Na_2SO_4 の混合水溶液となっているため、酸性を示し、指示薬にはメチルレッドやメチルオレンジを用いる。



酸と塩基の間には、次の量的関係が成立する。

酸が放出した H^+ の物質量
= 塩基が受け取った H^+ の物質量

したがって、次式が成り立つ。



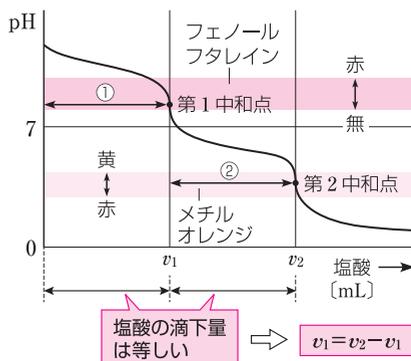
⑦炭酸ナトリウムの二段階滴定

炭酸ナトリウム Na_2CO_3 水溶液に塩酸を加えていくと、図のような2段階の滴定曲線が得られる。各段階では、次の反応が完了している。



①の反応が完了するまで、②の反応はおこらない。すなわち、 Na_2CO_3 がすべて NaHCO_3 に変化したのちに NaHCO_3 が反応するので、第1中和点までに滴下した塩酸の体積 v_1 と、第1中和点から第2中和点までに滴下した塩酸の体積 $v_2 - v_1$ は同じ値になる。

第1中和点はフェノールフタレイン、第2中和点はメチルオレンジで知ることができる。



プロセス

次の文中の()に適切な語句を入れよ。

- 1 酸の H^+ を他の陽イオンに置き換えた化合物が(ア)であり、すべての H^+ を置き換えたものを(イ)、一部を置き換えたものを(ウ)という。また、塩基の OH^- の一部を陰イオンで置き換えた化合物を(エ)という。
- 2 二酸化炭素 CO_2 や二酸化窒素 NO_2 は(オ)酸化物、酸化ナトリウム Na_2O や酸化カルシウム CaO は(カ)酸化物に分類される。
- 3 塩化ナトリウム $NaCl$ は(キ)酸と強塩基からなる塩であり、その水溶液は(ク)性を示す。一方、酢酸ナトリウム CH_3COONa は(ケ)酸と強塩基からなる塩であり、その水溶液は(コ)性を示す。
- 4 中和滴定において、ビュレット、ホールピペット、コニカルビーカーの中で、使用後に純水で洗い、ぬれたまま次の実験に用いてよいものは、(サ)である。
- 5 フェノールフタレイン、メチルオレンジのうち、強酸と弱塩基の中和滴定には指示薬として(シ)を用いる。一方、弱酸と強塩基の中和滴定では(ス)を用いる。

ドリル

次の各問いに答えよ。

- A 次の酸と塩基の中和を化学反応式で表せ。ただし、中和は完全に進むものとする。
(1) HCl と $NaOH$ (2) H_2SO_4 と NH_3 (3) CH_3COOH と KOH
(4) H_3PO_4 と $Ca(OH)_2$
- B 次の塩が中和で生じたものとして、もとの酸、塩基の化学式を記せ。
(1) $NaCl$ (2) KNO_3 (3) $CaCl_2$ (4) $CuSO_4$ (5) NH_4Cl
- C 次の各問いに答えよ。
(1) 1 mol の HCl を中和するのに必要な $NaOH$ は何 mol か。
(2) 3 mol の $Ca(OH)_2$ を中和するのに必要な H_3PO_4 は何 mol か。
(3) 0.1 mol の CH_3COOH を中和するのに必要な $NaOH$ は何 mol か。
(4) 1 mol の NH_3 を中和するのに必要な H_2SO_4 は何 mol か。
(5) 0.25 mol の CO_2 を反応させるのに必要な $Ba(OH)_2$ は何 mol か。
- D 次の各水溶液を 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で中和するとき、必要な体積を求めよ。
(1) 0.30 mol/L の硝酸水溶液 10 mL (2) 0.10 mol/L の酢酸水溶液 20 mL
(3) 0.20 mol/L の硫酸水溶液 25 mL (4) 0.10 mol/L のシュウ酸水溶液 30 mL

プロセスの解答

(ア) 塩 (イ) 正塩 (ウ) 酸性塩 (エ) 塩基性塩 (オ) 酸性 (カ) 塩基性 (キ) 強 (ク) 中
(ケ) 弱 (コ) 塩基 (サ) コニカルビーカー (シ) メチルオレンジ (ス) フェノールフタレイン

基本例題15 中和の量的関係

→問題 152・153

- (1) 濃度不明の水酸化ナトリウム水溶液の 15 mL を中和するのに、0.30 mol/L の希硫酸が 10 mL 必要であった。水酸化ナトリウム水溶液の濃度は何 mol/L か。
- (2) 0.10 mol/L 希硫酸 15 mL に、ある量のアンモニアを吸収させた。残った硫酸を中和するのに、0.20 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液が 10 mL 必要であった。吸収したアンモニアは何 mol か。

■ 考え方

中和の量的関係は次のようになる。

$$\begin{aligned} \text{酸の価数} \times \text{酸の物質質量} \\ = \text{塩基の価数} \times \text{塩基の物質質量} \end{aligned}$$

- (1) H_2SO_4 は 2 価の酸、 NaOH は 1 価の塩基である。次の公式を用いる。

$$a \times c \times V = a' \times c' \times V'$$

- (2) 次の関係を用いる。

$$\begin{aligned} \text{酸が放出する } \text{H}^+ \text{ の総物質質量} \\ = \text{塩基が受け取る } \text{H}^+ \text{ の総物質質量} \end{aligned}$$

■ 解答

- (1) NaOH 水溶液のモル濃度を c [mol/L] とすると、

$$2 \times 0.30 \text{ mol/L} \times \frac{10}{1000} \text{ L} = 1 \times c \text{ [mol/L]} \times \frac{15}{1000} \text{ L}$$

$$c = 0.40 \text{ mol/L}$$

- (2) NH_3 の物質質量を x [mol] とすると、 NH_3 は 1 価の塩基であり、次式が成り立つ。

$$2 \times 0.10 \text{ mol/L} \times \frac{15}{1000} \text{ L} = 1 \times x \text{ [mol]} + 1 \times 0.20 \text{ mol/L} \times \frac{10}{1000} \text{ L}$$

$$\begin{array}{ccc} \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ が放出する } \text{H}^+ & \text{NH}_3 \text{ が受け取る } & \text{NaOH が受け取る } \text{H}^+ \\ \text{の物質質量} & \text{H}^+ \text{ の物質質量} & \text{の物質質量} \end{array}$$

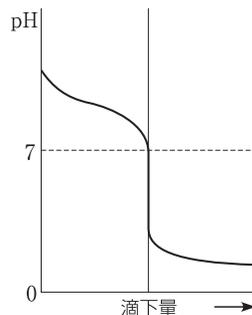
$$x = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

基本例題16 中和滴定曲線と指示薬

→問題 157

図の中和滴定曲線について、次の各問いに答えよ。

- (1) この滴定曲線は、次の a から d のどの酸または塩基の水溶液を、どの塩基または酸の水溶液で中和したときのものか。記号で a-b のように示せ。
- a. 塩酸 b. 酢酸水溶液 c. アンモニア水
d. 水酸化ナトリウム水溶液
- (2) この滴定の終点(中和点)では、溶液は何性を示すか。
- (3) この滴定で利用できる指示薬は何か。次から選べ。
- a. フェノールフタレイン b. メチルオレンジ



■ 考え方

- (1) はじめの水溶液の pH は弱い塩基性 (pH 10 付近) なので、弱塩基の水溶液である。その後、強い酸性 (pH 2 付近) に変化しているので、滴下した酸は強酸である。
- (2) 中和点では弱塩基と強酸からなる塩の水溶液となっているので、弱い酸性を示す。
- (3) pH が急激に変化する領域が酸性側なので、酸性領域に変色をもつメチルオレンジを利用する。

■ 解答

- (1) 弱い塩基性から強い酸性へ pH が変化しているので、弱塩基のアンモニアを強酸の塩化水素で中和している。 c-a
- (2) 酸性 (3) b



例題
解説動画

基|本|問|題

知識

145. 中和 ● 次の酸と塩基の中和を化学反応式で表せ。中和は完全に進むものとする。

- (1) 塩酸に水酸化カルシウム水溶液を加える。
- (2) 水酸化ナトリウム水溶液に硫化水素を吸収させる。
- (3) シュウ酸水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加える。
- (4) 水酸化銅(Ⅱ)に希硝酸を加える。

知識

146. 酸・塩基と塩 ● 次の塩が中和で生じたものとして、もとの酸と塩基の名称を示せ。

- (1) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- (2) CH_3COONa
- (3) CuCl_2
- (4) CaCO_3
- (5) FeS

知識

147. 塩の分類 ● 次の各塩を正塩、酸性塩、塩基性塩に分類せよ。

- (1) NaHCO_3
- (2) CH_3COOK
- (3) $\text{MgCl}(\text{OH})$
- (4) NH_4Cl
- (5) NaH_2PO_4

知識

148. 酸化物の反応 ● 次の酸化物について、下の各問いに答えよ。

(ア) SO_3 (イ) CaO (ウ) Na_2O (エ) Cl_2O_7

- (1) (ア)～(エ)の酸化物を酸性酸化物、塩基性酸化物に分類せよ。
- (2) (ア)～(ウ)の酸化物について、水 H_2O との反応を化学反応式で表せ。

知識

149. 塩の水溶液の性質 ● 次に示した(ア)～(カ)の各物質を水に溶かしたとき、その水溶液が酸性、中性、塩基性を示す物質に分類し、それぞれ化学式で示せ。

- (ア) 塩化アンモニウム (イ) 硝酸カリウム (ウ) 硫酸水素ナトリウム
(エ) 硫酸ナトリウム (オ) 炭酸水素ナトリウム (カ) 酢酸ナトリウム

思考 化学

150. 塩の加水分解 ● 文中の()に適切な語句を入れ、①、②をイオン反応式で表せ。

酢酸ナトリウムを水に溶かすと、完全に電離して酢酸イオンを生じる。① 酢酸イオンの一部は、水と反応して(ア)イオンを生じ、水溶液は(イ)性になる。一方、塩化アンモニウムを水に溶かすと、電離で生じた② アンモニウムイオンの一部が水と反応して(ウ)イオンを生じ、(エ)性になる。このように、弱酸の陰イオンや弱塩基の陽イオンが水と反応する変化を塩の(オ)という。

思考

151. 弱酸・弱塩基の遊離 ● 次に示した(ア)～(エ)の操作を行ったとき、反応する場合はその化学反応式を、反応しない場合は×を記せ。

- (ア) 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを混合して加熱する。
- (イ) 塩化ナトリウムに酢酸水溶液を加える。
- (ウ) 炭酸カルシウムに塩酸を加える。
- (エ) 硫化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加える。

知識

152. 中和の量的関係(1) ● 次の各問いに答えよ。

- (1) 1.0mol/L 塩酸 10mL の中和に必要な 0.50mol/L 水酸化ナトリウム水溶液は何 mL か。
- (2) 0.20mol/L アンモニア水 5.0mL の中和に必要な 0.20mol/L 希硫酸は何 mL か。
- (3) 水酸化カルシウム 1.85g の中和に必要な 2.0mol/L の塩酸は何 mL か。
- (4) 0℃, 1.013×10⁵Pa で 1.12L のアンモニアの中和に必要な 0.10mol/L 希硫酸は何 mL か。

思考

153. 中和の量的関係(2) ● 次の各問いに答えよ。

- (1) 0℃, 1.013×10⁵Pa で 5.6L のアンモニアを水に溶かして 250mL とした。この水溶液の 10mL を中和するのに必要な 0.10mol/L の塩酸は何 mL か。
- (2) 0.20mol/L の希硫酸 10mL に 0℃, 1.013×10⁵Pa で 56mL のアンモニアを吸収させた水溶液を中和するのに、0.10mol/L の水酸化ナトリウム水溶液は何 mL 必要か。

思考

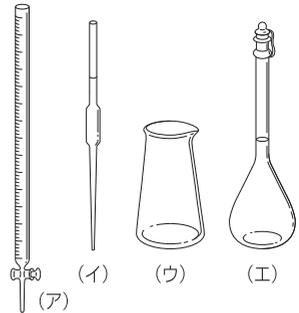
154. 酸の比較 ● 同じモル濃度の 3 種類の酸 (a. 塩化水素, b. 酢酸, c. 硫酸) の水溶液を用意した。次の (1)~(3) について, a, b, c を大きい方から順に並べ, 等号=, 不等号> を用いて表せ。ただし, 強酸は完全に電離するものとする。

- (1) 各水溶液の pH
- (2) 各水溶液の 10mL を中和するのに要する水酸化ナトリウムの物質質量
- (3) 各水溶液の 10mL を水酸化ナトリウムで完全に中和したときに生じる塩の物質質量

知識 実験

155. 中和滴定の実験器具 ● 次の各問いに答えよ。

- (1) 器具(ア)~(エ)の名称を記せ。
- (2) 正確な濃度の溶液を調製するのに用いる器具はどれか。記号で記せ。
- (3) 一定体積の溶液を正確にとるのに用いる器具はどれか。記号で記せ。
- (4) 共洗いが必要な器具はどれか。記号で記せ。



思考 実験

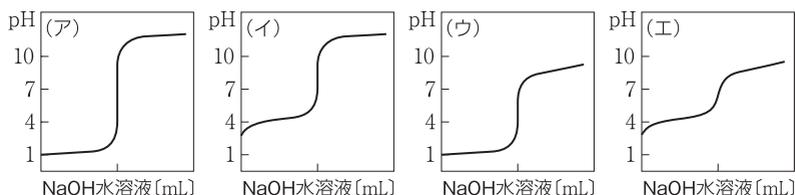
156. 中和滴定 ● 食酢を正確に 10.0mL とり, 器具Xに入れて水を加え, 全量を 100mL とした。このうすめた水溶液 20.0mL を器具Yを用いてコニカルビーカーにとり, 指示薬Zを加えたのち, 9.00×10⁻²mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定した。中和点までに必要な水酸化ナトリウム水溶液の体積は 16.0mL であった。次の各問いに答えよ。

- (1) 器具XとYは何か。名称を記せ。
- (2) 指示薬Zは何か。名称を記せ。また, 中和点でどのように色が変化したか。
- (3) うすめた食酢のモル濃度は何 mol/L か。
- (4) もとの食酢の質量パーセント濃度は何%か。ただし, 食酢の密度は 1.0g/cm³ とし, 食酢中の酸はすべて酢酸 CH₃COOH とする。

思考 グラフ

157. 中和滴定曲線 ●ある濃度の酢酸水溶液 25 mL に 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を加えて中和滴定を行ったところ、中和点までに 10.5 mL を要した。

(1) この滴定の中和滴定曲線として、最も適当なものを次のうちから選べ。



(2) この中和滴定の指示薬として、最も適当なものを次のうちから選べ。

- (ア) メチルレッド(変色域の pH 4.2~6.2)
- (イ) メチルオレンジ(変色域の pH 3.1~4.4)
- (ウ) フェノールフタレイン(変色域の pH 8.0~9.8)

(3) 酢酸水溶液のモル濃度は何 mol/L か。

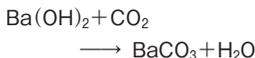
発展例題11 二酸化炭素の定量

→問題 160

空気中の二酸化炭素の量を測定するために、 5.0×10^{-3} mol/L の水酸化バリウム水溶液 100 mL に 0°C 、 1.013×10^5 Pa の空気 10 L を通じ、二酸化炭素を完全に吸収させた。反応後の上澄み液 10 mL を中和するのに、 1.0×10^{-2} mol/L の塩酸が 7.4 mL 必要であった。もとの空気 10 L 中に含まれる二酸化炭素の体積は 0°C 、 1.013×10^5 Pa で何 mL か。

考え方

二酸化炭素を吸収したときの变化は、次式で表される。



この反応後に残っている Ba(OH)_2 が HCl で中和される。 Ba(OH)_2 は 2 価、HCl は 1 価である。

別解 水溶液中の CO_2 を 2 価の酸である炭酸 H_2CO_3 と考えると、全体の中和について次の関係が成立する。
酸が放出する H^+ の総物質量 = 塩基が受け取る H^+ の総物質量

解答

吸収した CO_2 を x [mol] とすると、化学反応式から、残る Ba(OH)_2 の物質量は次のようになる。

$$5.0 \times 10^{-3} \times \frac{100}{1000} \text{ mol} - x$$

反応後の水溶液 100 mL から 10 mL を用いたので、

$$2 \times \left(5.0 \times 10^{-3} \times \frac{100}{1000} \text{ mol} - x \right) \times \frac{10}{100} = 1 \times 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{7.4}{1000} \text{ mol}$$

これより、 $x = 1.3 \times 10^{-4}$ mol となり、 CO_2 の体積は、

$$22.4 \times 10^3 \text{ mL/mol} \times 1.3 \times 10^{-4} \text{ mol} = 2.91 \text{ mL} = \mathbf{2.9 \text{ mL}}$$

別解 上澄み液 10 mL と中和する塩酸が 7.4 mL なので、溶液 100 mL を中和するために必要な塩酸は 74 mL である。吸収した CO_2 を x [mol] とすると、 CO_2 と HCl が放出した H^+ の総物質量は、 Ba(OH)_2 が受け取った H^+ の総物質量と等しい。

$$2 \times x + 1 \times 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{74}{1000} \text{ mol} = 2 \times 5.0 \times 10^{-3} \times \frac{100}{1000} \text{ mol}$$

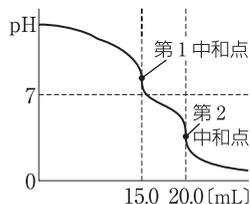
したがって、 $x = 1.3 \times 10^{-4}$ mol となる。



発展例題12 二段階滴定

→問題 164

濃度未知の水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合水溶液を 20mL とり、1.0mol/L の塩酸を滴下したところ、右図の中和滴定曲線が得られた。この混合水溶液 20mL 中に含まれていた水酸化ナトリウムおよび炭酸ナトリウムはそれぞれ何 mol か。



考え方

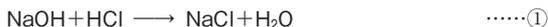
第1中和点までに NaOH と Na_2CO_3 が反応する。

第1中和点から第2中和点までは、生じた NaHCO_3 が反応する。このとき、生じた NaHCO_3 と、はじめにあった Na_2CO_3 とは同じ物質質量であることに注意する。

各反応式を書いて、量的関係を調べる。

解答

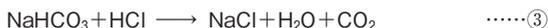
第1中和点までには、次の2つの反応がおこる。



混合水溶液中の NaOH を x [mol]、 Na_2CO_3 を y [mol] とすると、①、②から、反応に要する塩酸について次式が成立する。

$$x + y = 1.0 \times \frac{15.0}{1000} \text{ mol}$$

第1中和点から第2中和点までには、次の反応がおこる。



②で生じた NaHCO_3 は y [mol] であり、反応した塩酸は

$$20.0\text{mL} - 15.0\text{mL} = 5.0\text{mL} \text{ なので、} \quad y = 1.0 \times \frac{5.0}{1000} \text{ mol}$$

以上のことから、 $x = 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 、 $y = 5.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

発展問題

思考 実験 論述

158. 中和滴定 次の実験①～③の文章を読み、下の各問いに答えよ。

実験① シュウ酸二水和物 $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ を 6.30g とり、^(a) 純水で洗浄した 1L 用メスフラスコでシュウ酸標準溶液を調製した。約 2.5g の水酸化ナトリウム NaOH を純水に溶かして 250mL の水溶液をつくり、^(b) この溶液の少量でビュレットを洗浄した。

実験② ①の^(c) シュウ酸標準溶液でホールピペットを洗浄したのち、同じ溶液 25.0mL をホールピペットでとり、コニカルビーカーに入れた。これに指示薬を加え、ビュレットを用いて①の水酸化ナトリウム水溶液で滴定すると、10.20mL を要した。

実験③ 食酢を正確に 5 倍に希釈した水溶液 25.0mL をホールピペットでとり、コニカルビーカーに入れた。①の水酸化ナトリウム水溶液で滴定すると、15.50mL を要した。

- 実験①のシュウ酸標準溶液のモル濃度を有効数字 3 桁で求めよ。
- 実験②で測定された水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度を有効数字 3 桁で求めよ。
- 実験③で、希釈する前の食用酢中の酢酸のモル濃度を有効数字 3 桁で求めよ。ただし、食酢中の酸はすべて酢酸であるとする。
- ガラス器具を洗浄するときに、下線部(a)では純水で洗浄するが、下線部(b)、(c)では使用する溶液で洗浄する理由は何か。100字以内で述べよ。(10 琉球大 改)



思考 化学 論述

159. 塩の性質 ■ 次の(a)～(e)の化合物について、下の各問いに答えよ。

- (a) 硫酸ナトリウム (b) 酢酸ナトリウム (c) 硫酸水素ナトリウム
(d) 塩化アンモニウム (e) 炭酸水素ナトリウム

- (1) 酸性塩をすべて選び、記号で記せ。
(2) 希硫酸を加えると気体が発生するものを選び、記号で記せ。
(3) 水溶液が酸性を示すものをすべて選び、その理由を反応式を用いて説明せよ。
(4) 水溶液が塩基性を示すものをすべて選び、その理由を反応式を用いて説明せよ。

(08 山形大 改)

思考

160. アンモニアの定量 ■ アンモニアなどの気体を直接中和滴定し、定量することは難しい。そこで、アンモニアを過剰の酸に反応させ、残った未反応の酸を滴定すると、間接的にアンモニアの量が決定できる。このような方法を逆滴定という。

いま、コニカルピーカーに入れた0.10mol/Lの硫酸水溶液20mLに、アンモニアを吸収させ完全に反応させたのち、少量のメチルオレンジを加えた。このコニカルピーカーに、ビュレットに入れた0.10mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を滴下していったところ、12mL滴下したところで過不足なく中和した。次の各問いに答えよ。

- (1) 下線部の硫酸とアンモニアの中和反応を化学反応式で記せ。
(2) コニカルピーカーに加えた水酸化ナトリウムの物質質量は何 mol か。
(3) 吸収されたアンモニアの物質質量は何 mol か。

(20 大阪工業大)

思考 実験

161. 電気伝導度による中和点の測定 ■ 濃度不明の水酸化バリウム $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 水溶液のモル濃度を求めるために、その50mLをピーカーにとり、水溶液の電気の通しやすさを表す電気伝導度を測定しながら、0.10mol/Lの希硫酸で滴定した。イオンの濃度により電気伝導度が変化することを利用して中和点を求めたところ、中和に要した希硫酸の体積は25mLであった。

この実験結果に関する次の各問いに答えよ。ただし、滴定中におこる電気分解は無視できるものとする。

- (1) 希硫酸の滴下量に対する電気伝導度の変化を説明した下の文中の()に適する語句をそれぞれ選び、①～③の番号で答えよ。

希硫酸の滴下量が0mLから25mLまでの電気伝導度は(ア)が、希硫酸の滴下量が25mL以上の電気伝導度は(イ)。

[語句] ① 増加した ② 減少した ③ 変化しなかった

- (2) 水酸化バリウム水溶液のモル濃度は何 mol/L か。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから1つ選べ。

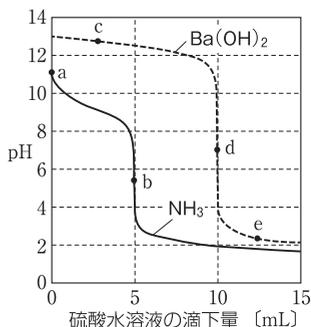
- ① 0.025 ② 0.050 ③ 0.10 ④ 0.25 ⑤ 0.50 ⑥ 1.0

(18 センター試験 改)

思考 実験 論述 グラフ

162. 中和滴定曲線 濃度未知のアンモニア水および水酸化バリウム水溶液のそれぞれ 10.0mL を別々のコニカルビーカーにはかり取り、0.0500 mol/L の硫酸水溶液で滴定した。図に、硫酸水溶液の滴下量とコニカルビーカー内の溶液の pH 変化を示す。次の各問いに答えよ。

- (1) アンモニア水と水酸化バリウム水溶液のモル濃度を、滴定曲線からそれぞれ有効数字 2 桁で求めよ。
- (2) 点 a の pH は 11.00 である。このアンモニア水の電離度を有効数字 2 桁で求めよ。
- (3) 水酸化バリウム水溶液の滴定の各過程における反応液の電気伝導性を調べるために、反応液に電極を浸し、豆電球と直流電源を接続して、電流を流した。滴定の進行(点 c → d → e)に伴って、豆電球の明るさはどのように変化するか。
- (4) 中和点 b と中和点 d を知るために、指示薬はフェノールフタレインとメチルオレンジのどちらを使用すればよいか。それぞれ理由とともに答えよ。(10 信州大 改)



思考

163. 混合物の中和 炭酸カルシウムを強熱すると、一部が二酸化炭素と酸化カルシウムに分解した。その後、以下の実験を行い、炭酸カルシウムの分解割合を調べた。

炭酸カルシウムの加熱後に残った固体 2.06 g に 0.40 mol/L の塩酸 200 mL を加えたところ、固体は気体を発生しながら完全に溶解した。得られた溶液を水でうすめて正確に 250 mL の溶液を調製した。この希釈溶液の 25.0 mL を 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ、中和には水酸化ナトリウム水溶液が 30.0 mL 必要であった。次の各問いに答えよ。ただし、(2)～(4)については有効数字 2 桁とする。

- (1) 炭酸カルシウムおよび酸化カルシウムと塩酸との反応を化学反応式で示せ。
- (2) 下線部で調製した溶液中の塩化水素の濃度は何 mol/L か。
- (3) 固体試料 2.06 g を溶解するのに消費された塩化水素は何 mol か。
- (4) 炭酸カルシウムのうち加熱によって分解した割合 [%] を求めよ。

(17 京都府立大 改)

思考 実験

164. 二段階滴定 水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合水溶液中のそれぞれの濃度を定めるため、次の実験を行った。下の各問いに答えよ。

水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムを含む溶液を(ア)で 20.0 mL はかり取り、コニカルビーカーに入れた。① 0.100 mol/L の希塩酸を(イ)に入れ、フェノールフタレインを用いて滴定したところ、第 1 中和点まで 16.0 mL を要した。その後、② 指示薬(ウ)を用いて滴定を続けると第 2 中和点までさらに 2.8 mL を要した。

- (1) (ア)～(ウ)に適切な器具・試薬の名称を入れよ。
- (2) 下線部①, ②で、各指示薬の変色の完了までにおこった変化を化学反応式で示せ。
- (3) この混合水溶液中の水酸化ナトリウムおよび炭酸ナトリウムの濃度はそれぞれ何 mol/L か。有効数字 2 桁で答えよ。(19 信州大)