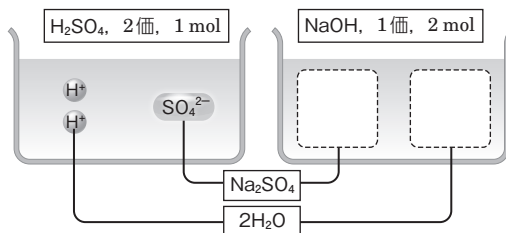


1 中和滴定 中和反応を利用して、濃度未知の酸または塩基水溶液の濃度を求める。

- ① **中和反応と物質質量** 酸から生じる [1.] イオンの物質質量と塩基から生じる [2.] イオンの物質質量が等しいとき、酸と塩基は過不足なく中和する。この過不足なく中和する点を [3.] という。[3.] では、次式が成り立つ。
- 作図 1** 1 mol の硫酸 H_2SO_4 と 2 mol の水酸化ナトリウム NaOH の中和反応が完成するように、下図左のビーカーにならって、右のビーカーにモデル図を書きこんでみよう。



$$(\text{酸の価数}) \times (\text{酸の物質質量}) [\text{mol}] = (\text{塩基の価数}) \times (\text{塩基の物質質量}) [\text{mol}]$$

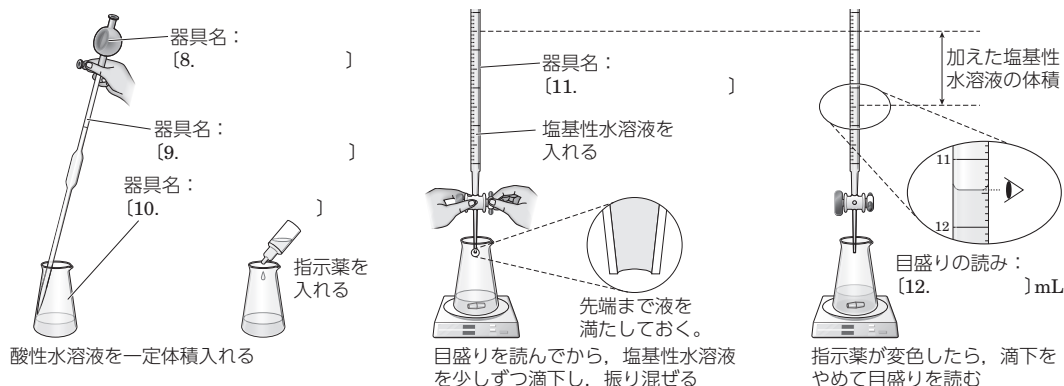
$$\text{H}^+\text{の物質質量} = \text{OH}^-\text{の物質質量 (塩基が受け取る H}^+\text{の物質質量)}$$

- ② **中和滴定** 中和点までに要した酸(または塩基)水溶液の体積から、濃度未知の塩基(酸)水溶液の [4.] を求める操作。濃度 c (mol/L) の a 価の酸 V (mL) と、濃度 c' (mol/L) の b 価の塩基 V' (mL) が過不足なく中和するとき、次式が成り立つ。

$$a \times c [\text{mol/L}] \times \frac{V}{1000} [\text{L}] = b \times c' [\text{mol/L}] \times \frac{V'}{1000} [\text{L}] \text{ または, } acV = bc'V'$$

③ 中和滴定に用いる器具と操作

- ホールピペット 一定体積の溶液を正確にはかり取ることができる。
- 安全ピペッター [5.] に取り付け、安全に溶液を吸い上げる。
- ビュレット 溶液を滴下し、その [6.] をはかりとる。
- コニカルビーカー 中和反応を行わせる容器。[7.] でぬれていてもよい。



- 共洗い 器具が水でぬれている場合、使用する溶液の濃度が薄まらないように、ホールピペットや [13.] などの器具の内壁を、使用する溶液で洗うこと。

☆食酢中の酢酸の濃度を中和滴定で求めてみよう。

1 実験 要点整理, STEP2

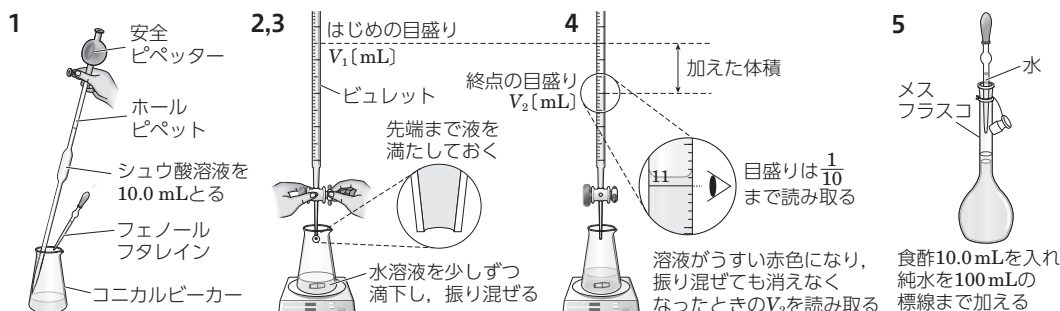
実験Ⅰ 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液の正確な濃度測定

- 0.050 mol/L シュウ酸 (COOH)₂ 水溶液 10.0 mL をホールピペットでコニカルビーカーに正確にはかり取り, 指示薬としてフェノールフタレインを 1, 2 滴加える。
- 共洗したビュレットに, 濃度未知の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を入れる。
- はじめの目盛り V_1 を読み, ビュレットから水溶液を少しずつ滴下し振り混ぜる。
- 振り混ぜても赤色が消えなくなったとき, 目盛り V_2 を読む。

実験Ⅱ 食酢の濃度決定

- 食酢 10.0 mL を, メスフラスコにはかり取り, 純水を加えて 100 mL に薄める。
- 5 の水溶液 10.0 mL をホールピペットでコニカルビーカーに正確にはかり取り, Ⅰの水酸化ナトリウム水溶液を用いて滴定する。(1 ~ 4 と同様の操作を行う。)

※どちらの滴定も 3 回以上繰り返し, 滴下量の平均を求める。



2 結果を記録しまとめる

① Ⅰの実験結果から滴下量を求めて表に記せ。また, 滴下量の平均を求めよ。

滴下量の平均 []

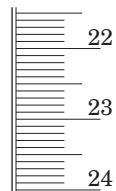
| 実験Ⅰ | 1 回目 | 2 回目 | 3 回目 |
|----------------------|----------|----------|----------|
| はじめの目盛り V_1 (mL) | 1.32 | 10.87 | 20.40 |
| 滴定後の目盛り V_2 (mL) | 10.87 | 20.40 | 29.94 |
| 滴下量 $V_2 - V_1$ (mL) | [a.] | [b.] | [c.] |

② Ⅱの実験結果から滴下量を求めて表に記せ。また, 滴下量の平均を求めよ。

滴下量の平均 []

| 実験Ⅱ | 1 回目 | 2 回目 | 3 回目 |
|----------------------|----------|----------|----------|
| はじめの目盛り V_1 (mL) | 3.90 | 10.43 | 16.91 |
| 滴定後の目盛り V_2 (mL) | 10.43 | 16.91 | 23.40 |
| 滴下量 $V_2 - V_1$ (mL) | [a.] | [b.] | [c.] |

③ Ⅱの 3 回目の滴定終点のビュレットの目盛りは, 23.40 mL であった。このとき正面から見た液面の状態を右図に記せ。



3 考察をする

- ① Iの結果から、水酸化ナトリウム水溶液の濃度は何 mol / L か。
[]
- ② IIの結果から、薄めた食酢中の酢酸 CH_3COOH の濃度は何 mol / L か。
[]
- ③ 薄める前の食酢中の酢酸の濃度は何 mol / L か。
[]
- ④ 食酢の密度 1.00 g / mL と酢酸の分子量を用いて、薄める前の食酢中の酢酸の質量パーセント濃度を求めよ。 $\text{CH}_3\text{COOH} = 60$
[]
- ⑤ Iの器具を純水で洗った後、ア～ウの1つをぬれたまま使用し、得られたデータから水酸化ナトリウム水溶液の濃度を求めた。実際の濃度に比べてどうなるか。それぞれ以下のa～cから選べ。
ア. ホールピペット イ. コニカルビーカー ウ. ビュレット
a. 実際よりも濃くなる b. 実際よりも薄くなる c. 実際と変わらない
ア[], イ[], ウ[]

🔍 ケミ探 類題



- 次の滴定 I と II を行った。食酢の密度を 1.00 g / mL として、下の問いに答えよ。
- (滴定 I) 0.055 mol / L シュウ酸 $(\text{COOH})_2$ 水溶液 10 mL をコニカルビーカーに入れて、濃度未知の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液で滴定したところ、水酸化ナトリウム水溶液の平均滴下量は 11.0 mL であった。
- (滴定 II) ラベルに酢酸 CH_3COOH を 4.2% 含むと書かれた食酢を、メスフラスコを用いて正確に 10 倍に薄めた。その水溶液 10.0 mL をコニカルビーカーに入れて、Iの水酸化ナトリウム水溶液で滴定し、食酢の正確な濃度を決定した。
- (1) 滴定 Iの結果から、水酸化ナトリウム水溶液の濃度は何 mol / L か。
[]
- (2) 滴定 IIで用いた食酢のラベルの質量パーセント濃度から、薄めた食酢の濃度は何 mol / L か。
[]
- (3) (2)で求めた食酢のモル濃度から推定すると、滴定 IIで水酸化ナトリウム水溶液の滴下量は約何 mL か。
[]
- (4) 滴定 IIを行ったところ、水酸化ナトリウム水溶液の平均滴下量は 7.5 mL であった。薄める前の食酢のモル濃度と、質量パーセント濃度を求めよ。
モル濃度 [], 質量パーセント濃度 []
- (5) 実験に用いた器具の中で、共洗いが必要な器具をすべて答え、共洗いが必要な理由を答えよ。
器具名 []
理由 []

STU 19 逆滴定

実験で発生させたアンモニア NH_3 を、 0.30 mol/L 硫酸 H_2SO_4 40 mL に完全に吸収させた。その後、この水溶液を 0.20 mol/L の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液で中和滴定したところ、 20 mL を要した。発生したアンモニアの体積は、 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で何 L か。

問題の意図をつかむ



アンモニア NH_3 と硫酸 H_2SO_4 を反応させた後、それを水酸化ナトリウム NaOH 水溶液と反応させているよね。なぜ、こんな面倒なことをしているのかな。



NH_3 が気体なので、直接中和滴定で求められないからかな。まず、[1.] 性気体の NH_3 を、[2.] 性の H_2SO_4 に吸収させているんだね。



そうか。ということは、 NH_3 を H_2SO_4 に吸収させたとき、[3.] が過剰だったから、未反応の [3] が残っているはず。それを、別の塩基である [4.] 水溶液で滴定し、その差から NH_3 の物質量を求めればいいね。この操作を逆滴定といったね。

解法を考える



中和反応が2回出てくるね。まず、それぞれの反応式を書いてみると、 NH_3 と H_2SO_4 の中和反応の化学反応式は

[5.]

H_2SO_4 と NaOH の中和反応の化学反応式は

[6.]

これを、1つずつ解けばいいのだろうけど、混乱しそう。



登場する酸と塩基に分けて整理すると問題がつかめるかな。酸は [7.] 価の H_2SO_4 だけで、塩基は [8.] 価の NH_3 と [9.] 価の NaOH の2つだね。



中和滴定では、酸が出す [10.] イオンの物質量と塩基が出す [11.] イオンの物質量が釣りあう。右図のように考えると、[11] イオンは NH_3 から生じるものと NaOH から生じるものがあるから、それらを別の項にして、価数を考えると、次式が成り立つね。

| | |
|--|-----------------------------------|
| H_2SO_4 から生じる H^+ | |
| NH_3 から生じる OH^- | NaOH から生じる OH^- |

$$2 \times \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ の物質量} = 1 \times \text{NH}_3 \text{ の物質量} + 1 \times [12.] \text{ の物質量}$$



NH_3 の物質量を n (mol) とおいて、問題文の数値を代入すると、

$$2 \times [13.] \text{ mol/L} \times \frac{40}{1000} \text{ L} = 1 \times n \text{ (mol)} + 1 \times 0.20 \text{ mol/L} \times \frac{[14.]}{1000} \text{ L}$$



1つの式にすると分かりやすいね。これを解くと、 $n = 0.020 \text{ mol}$ になった。



あとは、 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ での気体のモル体積 [15.] mol/L を使って、 $22.4 \text{ mol/L} \times 0.020 \text{ mol} = 0.448 \text{ L} \doteq 0.45 \text{ L}$

答 0.45 L

さらにもう一步！ 一逆滴定で用いる指示薬は？



ちょっと待つて、 NH_3 と H_2SO_4 の反応で生じた $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ も NaOH と反応するんじゃないかな？



そうか。 NH_3 を H_2SO_4 に吸収させたあと、 NaOH 水溶液で滴定したら、次の反応式のように $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ も反応するはずだ。これは弱塩基の遊離反応だから、 NH_3 を取り出すことになり、 NH_3 の定量はできなくなるね。

| | |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| 反応した H_2SO_4 | 残っている H_2SO_4 |
| 生成した $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | + |
| + | |
| NaOH | NaOH |
| ↓ 弱塩基の遊離反応 は起こしたくない | ↓ 中和反応 は起こしたい |

[16.]



ということは、 NaOH 水溶液で滴定するときに、 [6] の反応だけを起こし、 [16] の反応を起こさない必要があるね。



[6] の反応が起きたとき、水溶液中には、反応で生じた [17.] と $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ が存在するので、水溶液は弱 [18.] 性になるね。でも、 [6] と [16] の反応が起きてしまうと、水溶液は [19.] 性になるね。



ということは、 **指示薬を正しく選べば**、反応を [6] だけにできそうね。



指示薬のメチルオレンジは、変色域が酸性側にあるから、これを使えば、 [16] の反応を起こさずに、 H_2SO_4 だけを中和した NaOH 水溶液の量を知ることができるね。

STU 類題 19-1

ある量の塩化水素 HCl を、 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液 200 mL に完全に吸収させた。次に、未反応の水酸化ナトリウムを 1.0 mol/L の硫酸 H_2SO_4 で中和滴定したところ、 5.0 mL を要した。塩化水素の体積は、 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で何 L か。

(1) 塩化水素の物質量を $n \text{ (mol)}$ として、酸の出す H^+ の物質量 = 塩基が出す OH^- の物質量となる式をつくれ。

[]

(2) (1)の式を解いて塩化水素の物質量を求めよ。

[]

(3) 0°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ での塩化水素の体積は何 L か。

[]

(4) 未反応の水酸化ナトリウムを硫酸で中和滴定するときの指示薬として適切なものは何か。次の a ~ c から選べ。

- a. フェノールフタレインのみ
- b. メチルオレンジのみ
- c. フェノールフタレインとメチルオレンジの両方が使える

[]