

2023年度 総合型選抜試験

実験課題

「中和滴定による食酢中の酢酸濃度測定」

中和滴定による食酢中の酢酸濃度測定

【目的】

中和とは酸から生じる水素イオンと塩基から生じる水酸化物イオンが反応して水と塩を生じる現象である。この現象を利用した中和滴定により、対象となる試料中の酸または塩基の濃度を測定することができる。

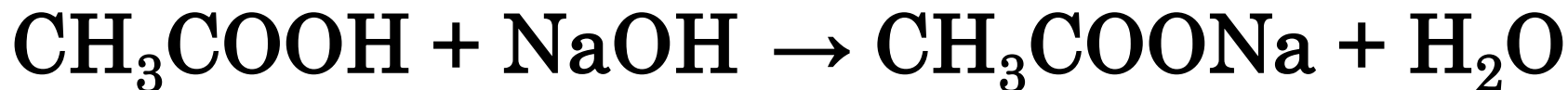
本実験では水酸化ナトリウム水溶液を用いた中和滴定により、食酢中の酢酸濃度を求めることを目的とする。食酢中には種々の酸が含まれているが、ここでは食酢に含まれるすべての酸が酢酸(一価の弱酸)であると仮定する。また、食酢原液の密度は 1.00 g/cm^3 とする。



酢酸

水酸化ナトリウム

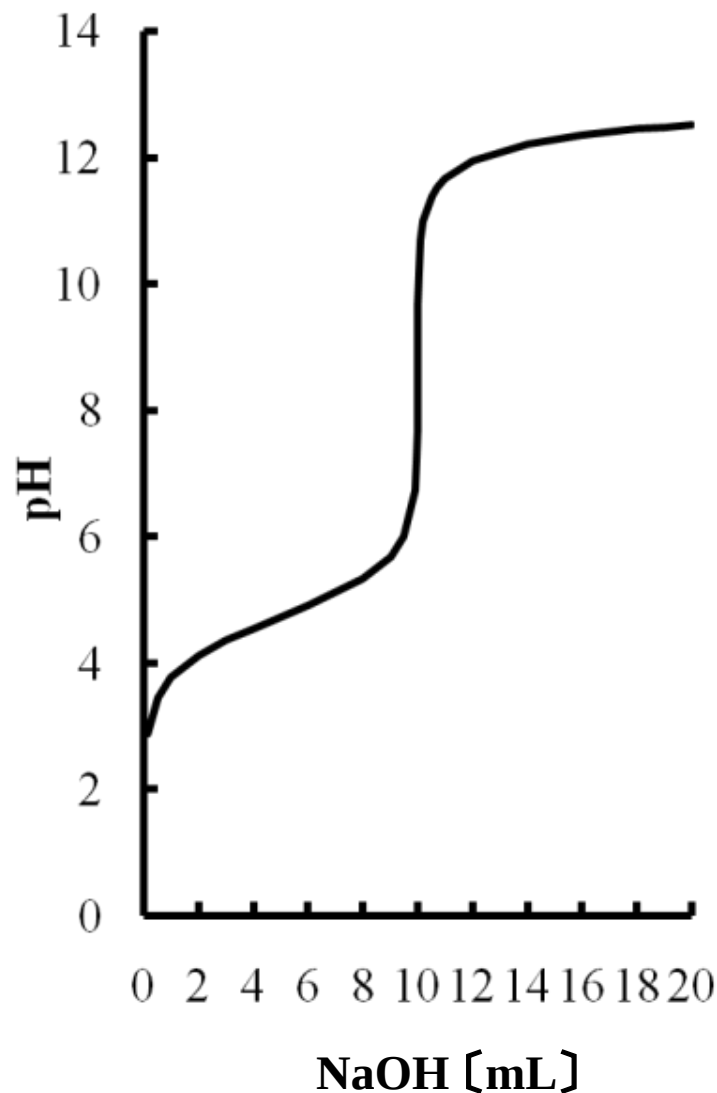
酢酸ナトリウム



酢酸と水酸化ナトリウムの中和滴定曲線

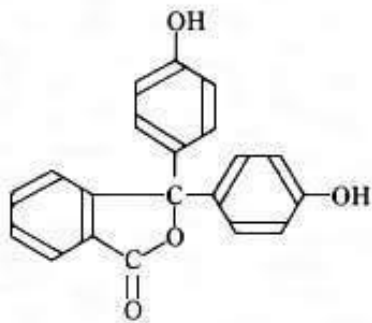
右図は 0.100 mol/L 酢酸(CH_3COOH)水溶液 10 mL を 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム(NaOH)水溶液で滴定した場合の試料溶液中の pH の変化を示した図である。

0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液の滴定量が 10 mL に達する前後で、pH が 6 から 12 に急激に変動する。この急激な変動のポイントが中和反応が終わった点(中和点)に対応する。中和点に達するまでに滴下した水酸化ナトリウム水溶液の体積を正確に測定することによって、試料溶液中の酢酸モル濃度を正確に算出することが可能となる。

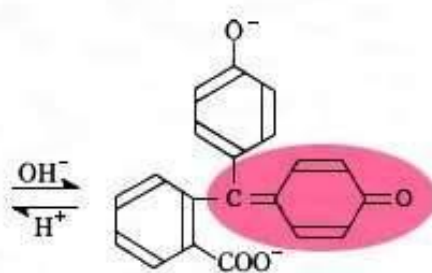


中和点と指示薬

フェノールフタレイン(アルカリ検出の指示薬)



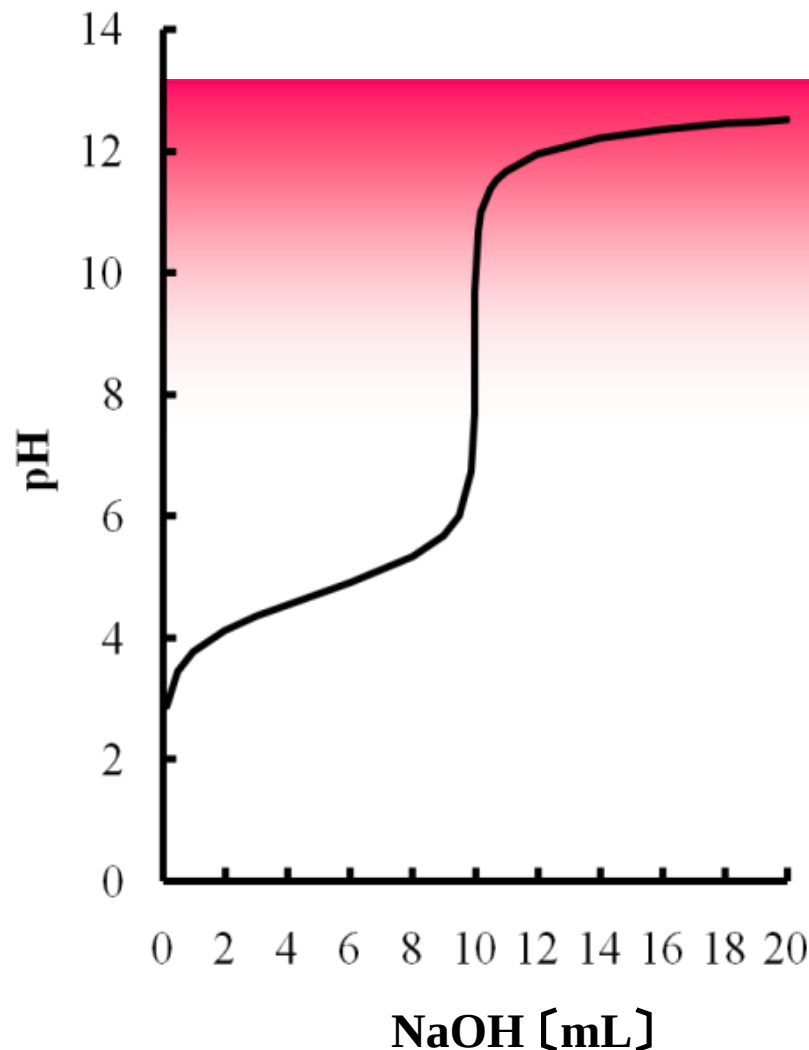
酸性溶液
無色透明



アルカリ溶液
赤紫色(濃い桃色)
pH8以上で赤色が濃くなる

水酸化ナトリウム水溶液を用いて酸の試料溶液の滴定を行った場合の中和点は、pHが急激に変動する点(pH 6→12)である。この部分に変色域をもつ指示薬を利用することにより、中和反応が終ったことを見極めることができる。

本実験では酸性溶液で無色透明、アルカリ溶液で赤色が濃くなるフェノールフタレイン溶液を用いる。



本試験における課題

初めに必要な試薬と実験器具一式、試料の食酢原液が与えられる。この食酢原液に含まれる酢酸のモル濃度[mol/L]および質量パーセント濃度[%]を求めることが本試験の課題である。

実験手順は、

- (1) 与えられた食酢原液を蒸留水で10倍に希釈する。
- (2) 10倍に希釈した食酢溶液中の酸を、水酸化ナトリウム水溶液で滴定する。
- (3) (2)の滴定操作を3 ～ 4回実施し、その滴定量の平均値を算出する。
- (4) (3)で求めた滴定量の平均値を用いて、最初に与えられた食酢原液に含まれる酢酸のモル濃度[mol/L]および質量パーセント濃度[%]を求める。

次頁より、操作の詳細を記す。

使用する試薬と実験器具（１）



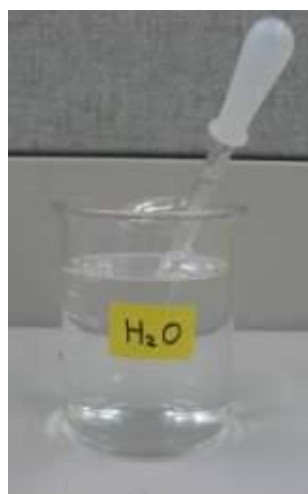
食酢原液とビーカー



フェノールフタレイン指示薬



0.100 mol/L
水酸化ナトリウム水溶液



蒸留水とスポイト付きピペット



ビュレット (50 mL)

使用する実験器具(2)



メスフラスコ (100 mL)



三角フラスコ (50 mL)



ロート



安全ピペッター



ホールピペット (10 mL) 2本

実験操作 I 安全ピペッターとホールピペットの接続

安全ピペッターにホールピペット(10 mL)を取り付ける。

－ 注意事項 －

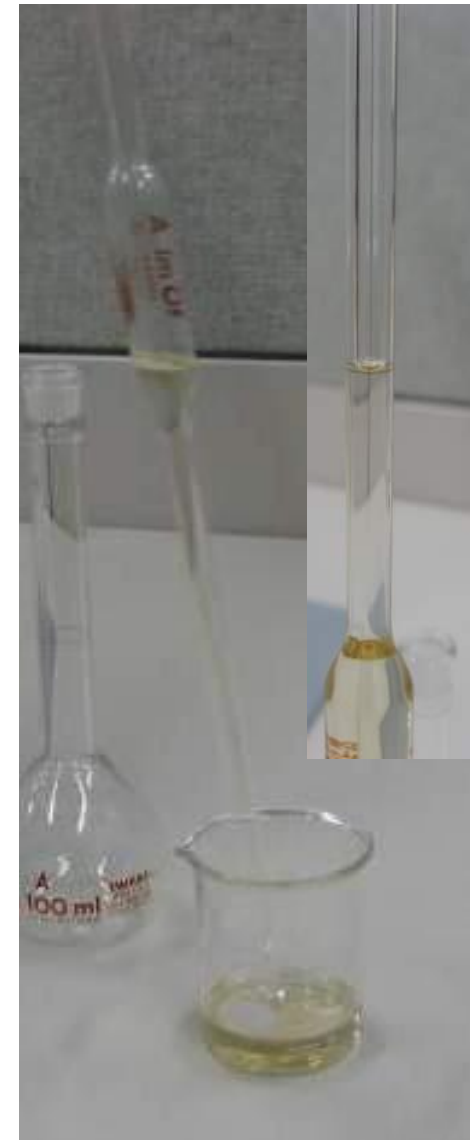
安全ピペッターにホールピペットを取り付ける場合、ピペットの先をなるべく短く持って取り付けて下さい。ホールピペットの先を長く持って取り付けようとした場合、ピペットが破損し、大怪我をする危険性があります。十分に注意して下さい。



実験操作Ⅱ 食酢原液の準備



与えられた食酢原液を10 mLより少し多めにビーカーに加える。安全ピペッターを取り付けたホールピペットを用い、安全ピペッターのダイヤルを回して食酢を吸い上げる。この時、ビーカーを少し傾けて液を片寄せさせる。ホールピペットの標線に合わせ、正確に10 mLを量り取る。ホールピペットで吸い上げる時には、空気を吸い上げないように注意する。



実験操作Ⅲ 10倍希釈食酢溶液の調製（1）

正確に量りとった食酢原液10 mLを100 mLのメスフラスコに移す。メスフラスコを倒さないように注意して、ピペットの先端をメスフラスコに入れ、ダイヤルを戻して食酢をメスフラスコに移す。

メスフラスコを傾けて、ビーカーに入っている蒸留水をメスフラスコの標線の手前まで加える。



実験操作Ⅳ 10倍希釈食酢溶液の調製（2）

スポイト付きピペットを用いて蒸留水を標線まで加える。メスフラスコに栓をして、栓の部分指でしっかり押え、メスフラスコを上下逆にして軽く振り混ぜ、溶液を均一にする。



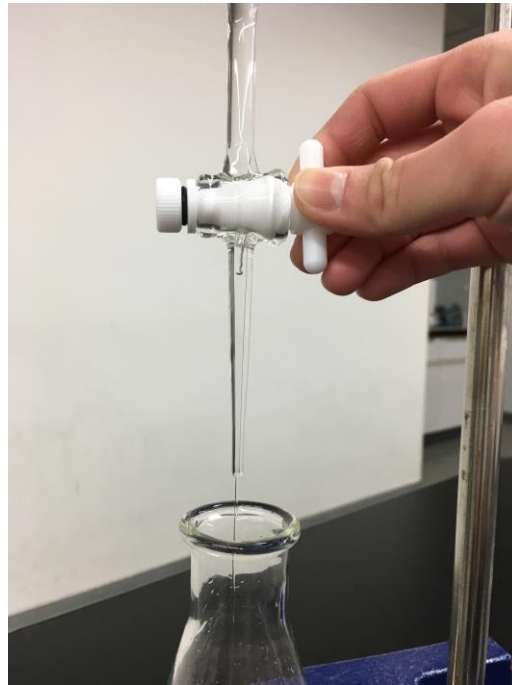
実験操作 V 中和滴定の準備(1)

- (1) ビュレットのコックが閉まっていることを確認し、ビュレットの上端にロートを置いて、 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を5 mL程度加えて、ビュレットを共洗いする。
- (2) その後、 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を適当な高さまでゆっくりと注ぎ入れる。ビュレットは高さのある実験器具なので、床に下ろして入れるとよい。
- (3) ロートを外した後、ビュレットのコックを開けて、少量の液を勢いよく出し、ビュレット先端部分の空気溜まり(気泡)を追い出す(次頁の写真参照)。

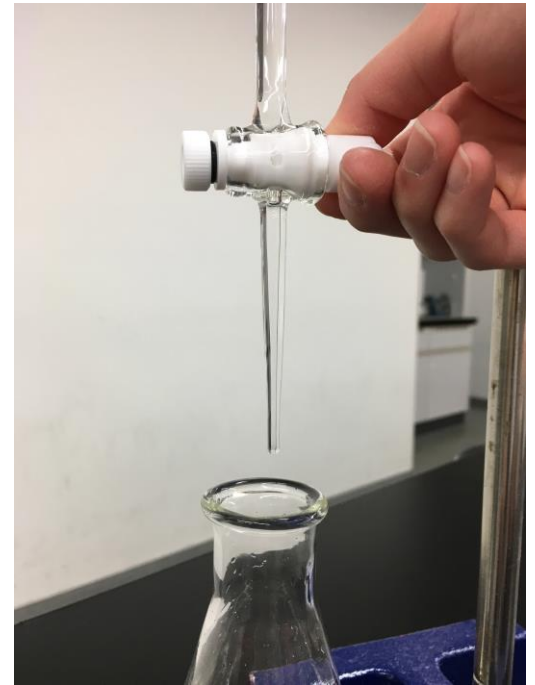
実験操作VI 中和滴定の準備(2)



ビュレット先端に空気溜まりが確認される。



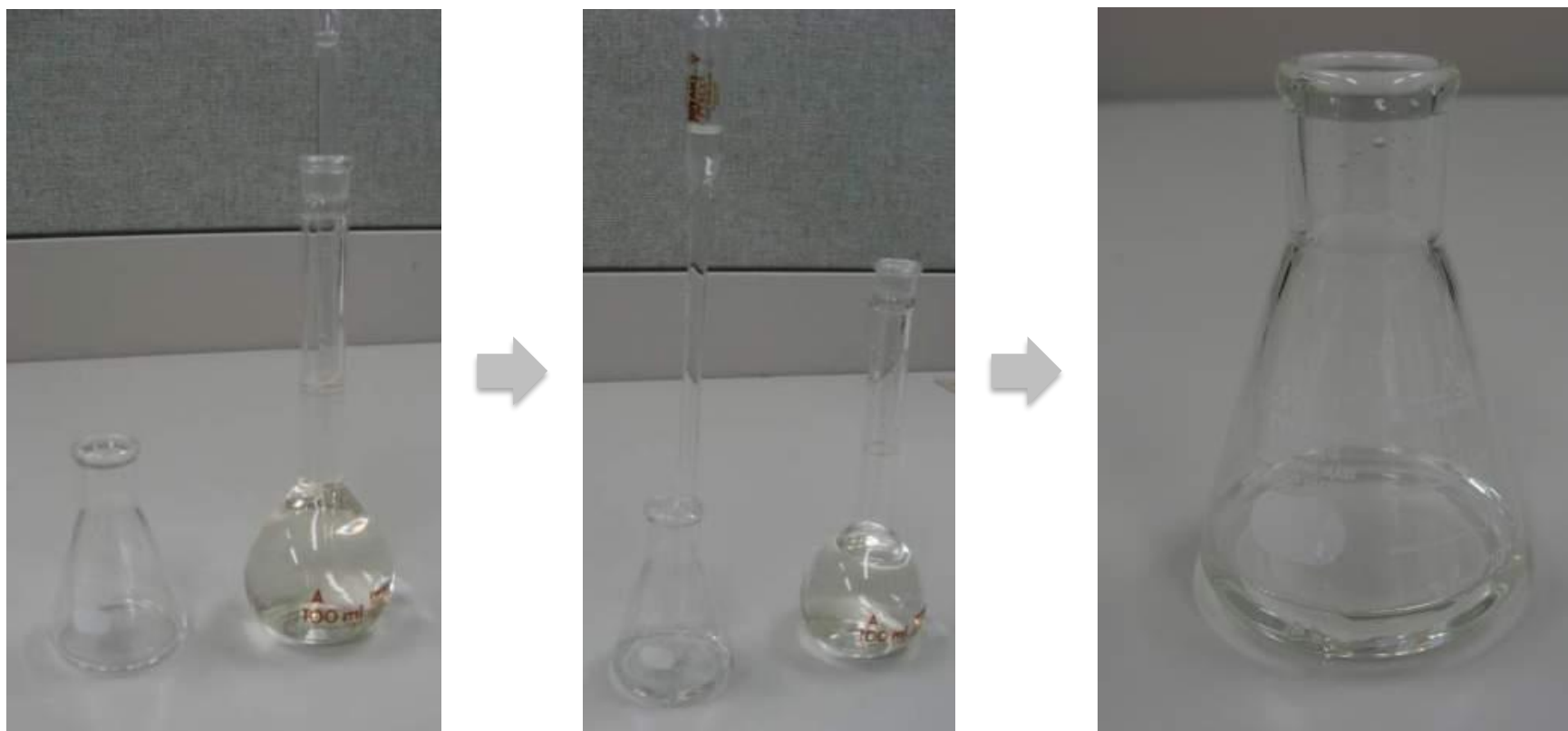
少量の液を勢いよく出し、先端の空気溜まりを追い出す。



ビュレット先端の空気溜まりが除かれる。

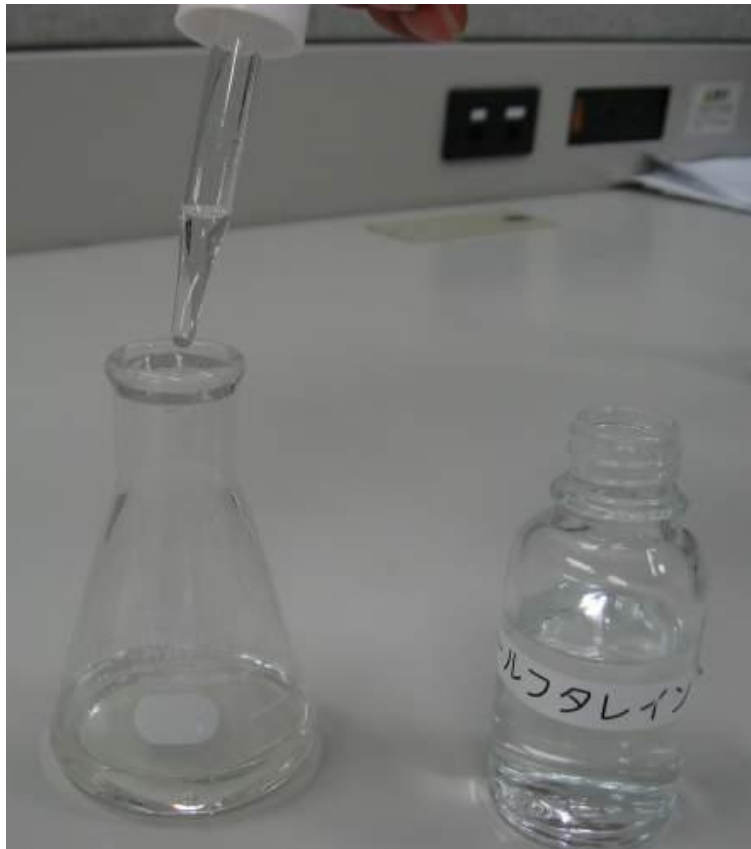
実験操作Ⅶ 中和滴定の準備(3)

10倍希釈した食酢溶液10 mLを新しいホールピペットを用いて正確に量りとり、三角フラスコに移す。



実験操作Ⅷ 中和滴定の準備(4)

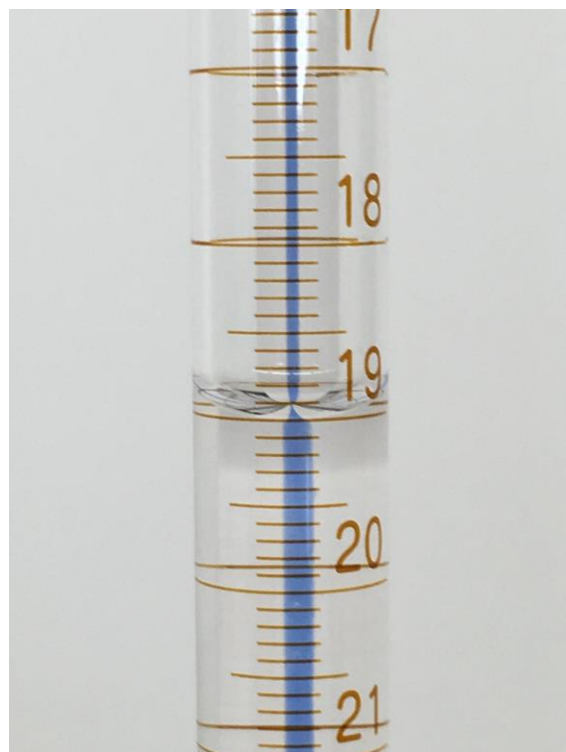
10倍に希釈した食酢溶液の入った三角フラスコにフェノールフタレイン指示薬を2～3滴加える。その後、試料の入った三角フラスコをビュレットの下に設置する。溶液の色の視認性を上げるため三角フラスコの下に白い紙を敷く。



← 白い紙を敷く

実験操作Ⅸ 中和滴定(1)

ビュレットの目盛の値(始点)を正確に読みとり記録する。0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ滴下し、三角フラスコを軽く揺すって溶液を均一にする。終点に近づくと、滴下直後に薄ピンク色の着色が見られるようになるが、その色は混ぜるとすぐに消失する。徐々に着色が消えるまでの時間が長くなる。

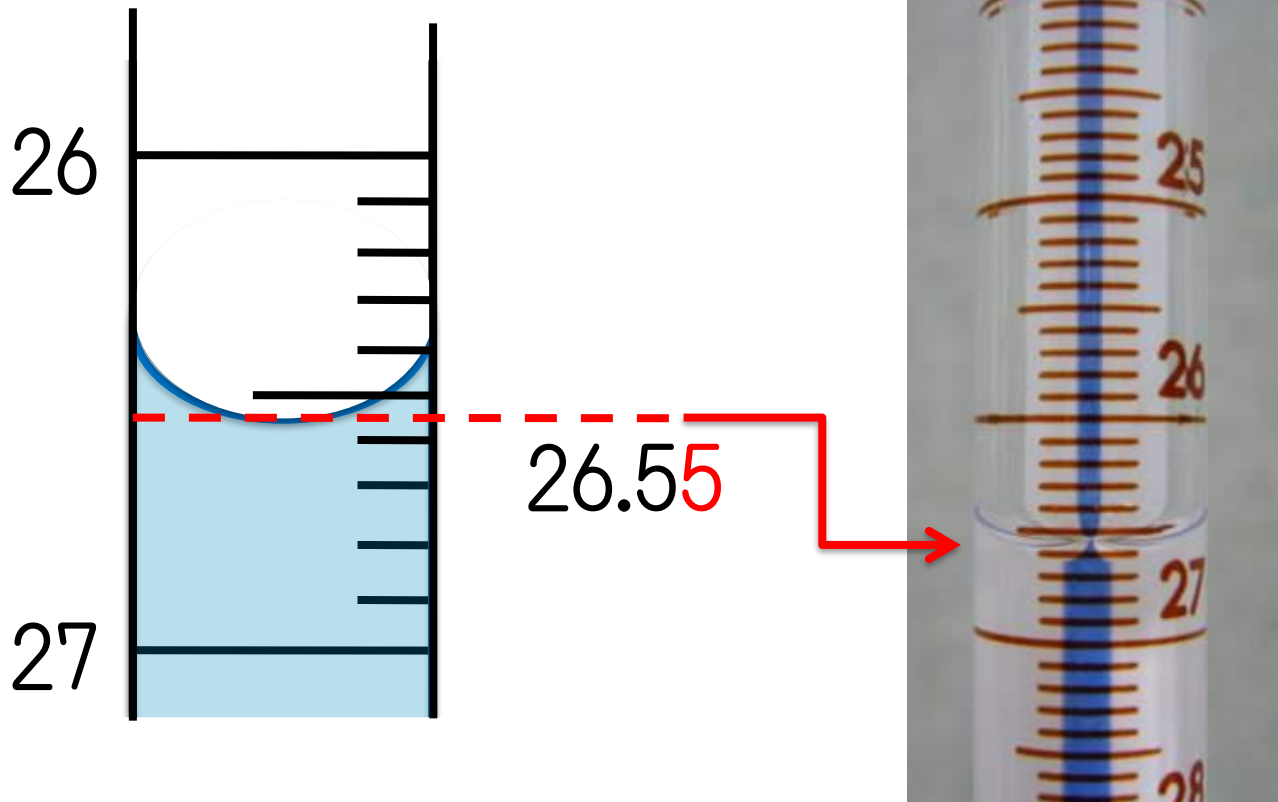


混ぜる



ビュレットの目盛の読み方

目の高さを液面に合わせる。液面の湾曲している底部(凹面メニスカスの下面)の目盛を最小目盛の1/10まで目分量で読む。例えば、下の写真の場合は、26.54 mL、26.55 mL、26.56 mLのどの値であるかについては自分で判断する。



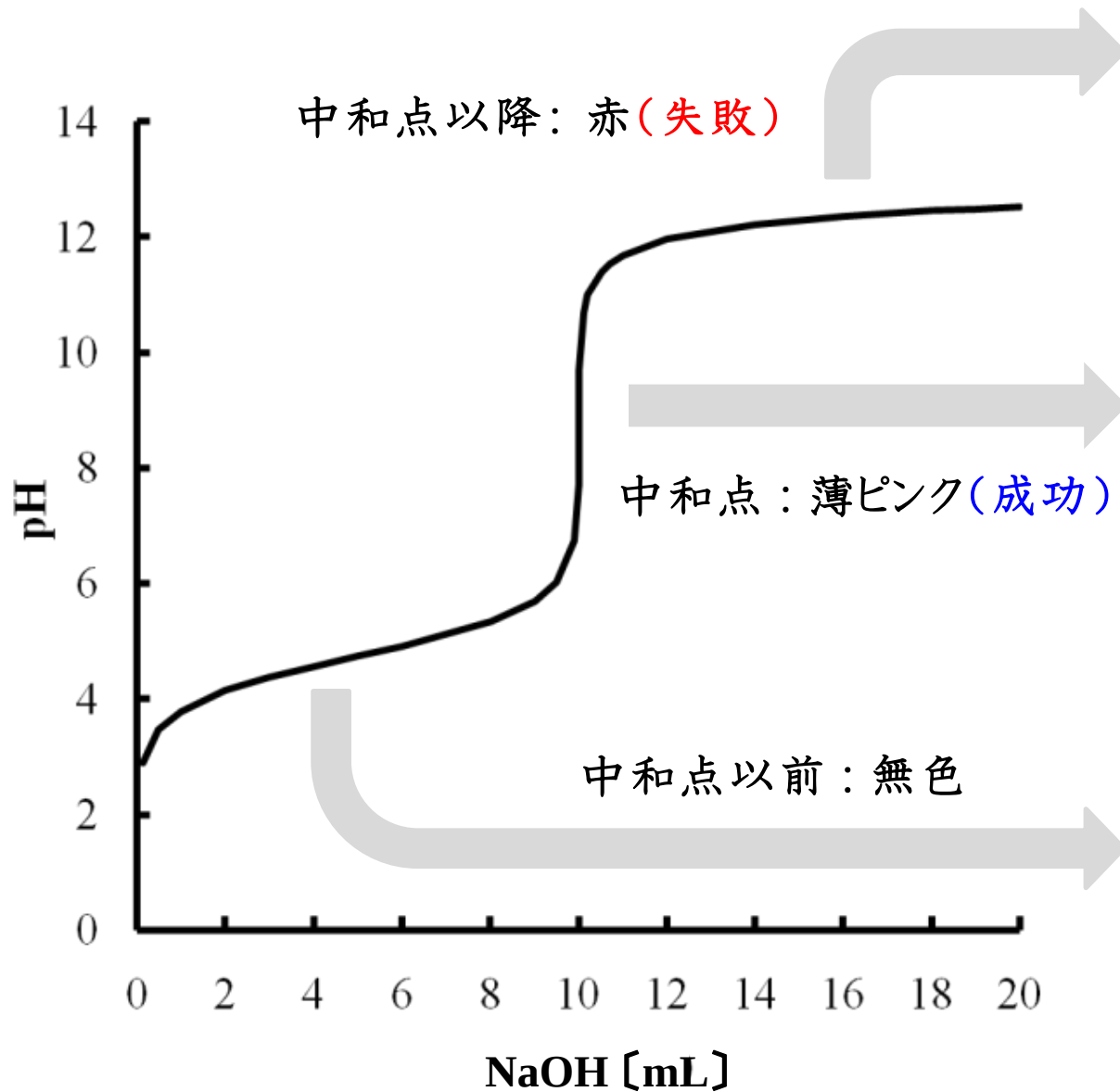
実験操作Ⅹ 中和滴定(2)

水溶液の赤色が消えにくになったら、ゆっくりと 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を一滴ずつ加える。中和点になると、滴下後に三角フラスコを揺すっても薄ピンク色が消失しなくなる。最後の一滴を見つけ出せるように、慎重に滴下する。中和点に達したら、滴下をやめ、ビュレットの目盛りの値(終点)を正確に読みとり記録する。この滴定操作は、3 ～ 4回実施する。



26.55 mL

中和点の見つけ方



実験データの処理

- ① 中和滴定は3 ～ 4回実施し、0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液の滴定量の平均値を求める。
- ② ①で算出した0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液の滴定量の平均値から、食酢原液の酢酸のモル濃度[mol/L]を小数第3位まで求める。ただし、食酢原液に含まれるすべての酸が酢酸（一価の弱酸）であると仮定する。また、100 mLメスフラスコの容量は100.0 mL、10mLホールピペットの容量は10.00 mLとして計算すること。
- ③ 得られた食酢原液の酢酸のモル濃度[mol/L]を用いて、食酢原液の酢酸の質量パーセント濃度[%]を小数第1位まで求める。原子量は H; 1.0, C; 12, O; 16 とする。ただし、原子量の有効数字は考慮する必要はないものとする。また、食酢に含まれる酸はすべて酢酸（一価の弱酸）であると仮定し、食酢原液の密度は 1.00 g/cm³ とする。

実験データの処理(計算例)

- ① 10倍に希釈した食酢溶液 10 mLの中和に要した0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液の滴下量[mL]の平均値は、

1回目; 7.52 mL

2回目; 7.58 mL

3回目; 7.57 mL

4回目; 7.53 mL から、

$$(7.52 + 7.58 + 7.57 + 7.53) / 4 = 7.55 \text{ mL となる。}$$

従って、0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 の平均滴下量は 7.55 mL

(有効数字3桁)

実験データの処理(計算例)

- ② 10倍に希釈した食酢溶液の酢酸のモル濃度を X [mol/L] とすると、

$$c \times \frac{V}{1000} = c' \times \frac{V'}{1000} \quad \text{より}$$

c は希釈食酢溶液の酢酸のモル濃度 [mol/L]

V は希釈食酢溶液の体積 [mL]

c' は滴定に用いた水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度 [mol/L]

V' は滴定に用いた水酸化ナトリウム水溶液の体積 [mL]

$$X \text{ [mol/L]} \times 10 \text{ mL} \times 10^{-3} = 0.10 \text{ mol/L} \times 7.55 \text{ mL} \times 10^{-3}$$

$$\rightarrow X = 7.55 \times 10^{-2} \text{ mol/L (10倍希釈した酢酸溶液)}$$

滴定に用いた食酢溶液は食酢原液を10倍に希釈しているため、
食酢原液の酢酸のモル濃度 = $7.55 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ となる。

従って、食酢原液の酢酸のモル濃度は $7.55 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$
(有効数字3桁)

実験データの処理(計算例)

- ③ 食酢原液の酢酸の質量パーセント濃度を Y [%]とし、食酢原液 1 Lを想定した誘導式は、以下のようになる。

$$\begin{aligned}\text{質量パーセント濃度 } Y \text{ [\%]} &= \frac{\text{溶質の質量[g]}}{\text{溶液の質量[g]}} \times 100 \\ &= \frac{7.55 \times 10^{-1} \text{ mol/L} \times 1.0 \text{ L} \times 60 \text{ g/mol}}{1.0 \text{ g/cm}^3 \times 1.0 \text{ L} \times 1.0 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{L}} \times 100 \\ &= 4.53 \%\end{aligned}$$

注) 質量パーセント濃度を小数第1位まで求めよという題意なので、計算に使用する希釈食酢のモル濃度の値は有効数字3桁のまま使用する)

従って、食酢原液の酢酸の質量パーセント濃度は 4.5 %