

とやま科学オリンピック 2023

高校

化学分野

実験問題

2023年8月10日(木)

時間: 10時45分～12時5分 (80分)

注意事項

1. 指示があるまで、問題冊子を開かないで、以下の注意事項をよく読むこと。
2. 問題は6ページあります。
3. 実験問題は、チームで協力して行います。解答用紙はチームで1部提出すること。
4. 机の上に置けるものは、「大会参加にあたって」で定められたものと、与えられた実験器具のみとします。
5. 解答はすべて解答用紙に記入し、解答用紙はペアで1部提出すること。
6. 参加番号を解答用紙の決められた欄に記入すること。
7. 観察・実験等にあたっては、薬品に直接触れないよう安全に十分に注意すること。
8. 実験中にけがをしたり、器具の故障・破損が生じたりしたときは速やかに申し出ること。
9. 途中で気分が悪くなった場合や、トイレに行きたくなった場合には、すぐに申し出ること。

みなさんの健闘を期待しています。

富山県 富山県教育委員会

「科学的な方法で、目的の物質がどれくらいあるのかその量を測定すること」は我々の生活の中で日常的に行われ、そのデータの蓄積で様々なものがつくられています。富山県では「ものづくり県とやま」としてこうしたデータやデータ収集のための装置の情報などを研究機関で共有し、未来の新しいアイデアや技術が生まれるきっかけをつくっています。

ある試料中に何が含まれているか(定性分析)、その量はどれくらいあるのか(定量分析)というデータは分析機器を用いた化学分析で得ることができま。

目的物の性状に合わせて様々な定量分析の手法が開発されており、おおまかには、成分の重量を測定する重量分析、滴定により試料物質の量を求める容量分析、化学変化による色の変化を比較測定する比色分析の3つの分析方法に分類されます。前者は物理的な量(物理量)を直接測定して試料物質の量を決定しますが、比色分析は量を精密に決定した基準試料を作成し、どれくらい化学変化したかを未知試料と比較することで間接的に濃度を決定する分析法です。

今日では色(色調)以外にも、電気、光(発光、透過など)、磁気、熱、放射能など多様な物理量を分析機器を用いて測定することで定量分析が可能です。様々な利点(少量、迅速、高感度、高精度、同時、非破壊など)から、現在は機器分析が主流ですが、その仕組みは古典的な分析法の延長であることには変わりはありません。物質をどう分析するかを学び、考えることは重要です。

酸と塩基の中和反応によって、濃度が未知の酸または塩基の濃度を測定するにはどのような方法があるでしょうか。中学校で学んだ中和反応を利用した実験装置を組み、濃度未知の物質の濃度を求めてみよう。

次の文章を読み、実験を行ってあとの問いに答えなさい。

酸と塩基の中和反応を利用して、希硫酸の濃度を求めたい。

濃度がわからない酸（または塩基）を一定体積取り、これに濃度がわかっている塩基（または酸）を加え、酸と塩基が過不足無く反応して中和が完了した点（中和点）を求める操作を中和滴定という。

中和滴定の実験では一般的に**変色域**（色が変化する範囲）に**中和点**（中和反応が完了する pH）をもつ **pH 指示薬** を使って中和反応を行い、指示薬の色が変化したところを**終点**（滴定を終了する点）とする。

これに対して本実験では、次の①、②の pH 指示薬を使わない方法で濃度不明の希硫酸の濃度を求めることとする。

① 溶液に流れる電流の変化を測定することによって希硫酸の濃度を求めたい。

中学校では図のような装置でビーカーにイオンを含む水溶液を入れると、豆電球が点灯し、水溶液に電流が流れることを学んだ。また、図のビーカーに純水を入れた場合は電流は流れない。つまり、水溶液中に存在するイオンの量によって流れる電流の大きさが変化すると考えることができ

る。
このことを踏まえて、以下の問いに答えなさい。

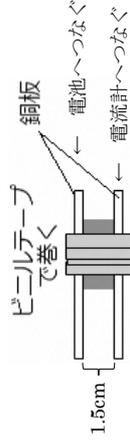
- (1) 希硫酸 H_2SO_4 と水酸化バリウム $\text{Ba}(\text{OH})_2$ の反応を化学反応式で書きなさい。
(2) この反応は酸と塩基の中和反応である。電流計を用いて溶液に流れる電流の変化を測定する場合、終点の判断方法はどのようになると考えられるか答えなさい。また、その理由を答えなさい。

〔使用する器具と試薬〕

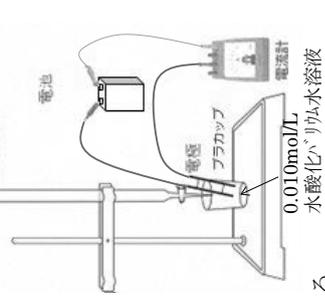
25mL ビュレット、ビュレット台、9V 乾電池、プラカップ (6)、廃液入れ、銅板 (2)、固定用のスチレンボード、ビュレターブ、電流計、導線 (3)、100mL メスフラスコ、ホールビュレット (2)、ろうと、安全ピペッター
濃度不明の希硫酸、0.010mol/L 水酸化バリウム (ポリタンクから用意)
蒸留水

【実験準備】

- ① 下図を参照に、銅板、スチレンボード、ビュレターブで測定用の電極を作成する。



- ② 右図のように滴定装置を組み立てる。以下の手順で溶液に流れる電流を測定する。



【実験】

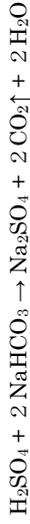
- ① 濃度不明の希硫酸をホールビュレットで 20mL とり、100mL メスフラスコを使って 5 倍に薄める。
② 共有のポリタンクから水酸化バリウム水溶液をプラカップに約半分取り、各自の机に持つてくる。
③ プラカップにポリ瓶の水酸化バリウム水溶液を 10mL 入れ、電極を差し入れる。
④ ビュレットに①の希硫酸を入れる。最初の目盛りを 1/10 まで読み、記録する。
⑤ 9V 乾電池に電極を導線をつなぐ。
⑥ 水酸化バリウム水溶液にビュレットから希硫酸を滴下し、その都度プラカップを自身をこぼさないように振り混ぜる。終点のときのビュレットの目盛りを読み記録し、中和に必要な希硫酸の体積を求める。

- (3) 希硫酸を約 1mL ずつ 10mL まで滴下したときの電流の値を記録し、希硫酸の滴下量と電流の変化についてのグラフを作成しなさい。グラフの縦軸、横軸が何を示しているか明示すること。また、記録には下の表を用いても良い。

希硫酸の滴下量と流れた電流値			
滴下量(mL)	流れた電流(mA)	滴下量(mL)	流れた電流(mA)
0		6	
1		7	
2		8	
3		9	
4		10	
5			

- (4) ③～⑥の実験を 2～3 回行い、それぞれの終点における希硫酸の滴下量を書きなさい。
- (5) (4)より薄める前の希硫酸のモル濃度を求めなさい。なお、水酸化バリウム水溶液の濃度は 0.010mol/L とし、計算過程も書きなさい。

- 2 炭酸水素ナトリウム NaHCO_3 は硫酸と反応して二酸化炭素を発生する。このときの反応式は次のようになる。



この反応を利用して、反応の前後の質量変化を測定することで希硫酸のモル濃度を測定したい。

以下の手順で、この反応の質量変化を測定することができる。

〔使用する器具と試薬〕

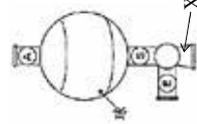
100mL プラカップ (1)、電子はかり (1)、プラスチック

1で硫酸をはかりとるのに用いたホールピペット、薬包皿、かき混ぜ用マドラー、炭酸水素ナトリウム、濃度不明の希硫酸

【実験】

- 濃度不明の希硫酸 50mL を 10mL ホールピペットではかりとり (5 回分)、100 mL プラカップに入れ、マドラーと共に反応前の質量 W_1 を測定する。
- 電子はかり、薬包皿、プラスチックを用いて炭酸水素ナトリウムを約 0.2g ずつ計量し、①のプラカップに加えて、マドラーでよくかき混ぜる。反応が終わってから、マドラーと共にプラカップの質量 W_2 を測定する。薬包皿は繰り返し使用する。
- ②の操作を 6～7 回繰り返し、 W_1 、 W_2 、 W_3 の測定値を解答用紙の表に記録する。
- 発生した CO_2 の質量を W_1 、 W_2 、 W_3 を用いた式で表しなさい。
- 実験結果をもとに、解答用紙の表を作成しなさい。 $(W_1$ は全て最初に測定した値である。 W_2 は一回毎の値ではなく、0.2, 0.4・・・のように加算すること) また、発生した二酸化炭素の質量を計算し、横軸に加えた炭酸水素ナトリウムの質量 W_2 (g) を、縦軸に発生した二酸化炭素の質量(g) をとり、グラフを解答欄に記入しなさい。
- グラフより、希硫酸が全て反応しているのは加えた炭酸水素ナトリウムが何 g から何 g の間になるか、答えなさい。

資料 1 : 安全ピペットの使い方



- 液体を吸い取る器具 (ホールピペット、メスピペット等) を X に差し込む。
- ※奥まで入れすぎで、E の穴をふさがないこと。(抜け落ちない程度まで差し込む)
- A のボタンを押しながら、球部をつぶして中の空気を追い出す。
- S のボタンを押しながら、液体を吸い上げる。
- E のボタンを押しながら、液体を排出する。

参照 : 実験化学テキスト 富山県理科学会 p3

- (9) グラフを参考に、希硫酸のモル濃度を答えなさい。なお、炭酸水素ナトリウムの式量は $\text{NaHCO}_3 = 84$ とし、用いる化学反応式を書くなど計算の過程がわかるよう工夫して書きなさい。
- (10) ①、②の実験結果より、希硫酸のモル濃度はいくつだと考えられるか答えなさい。また、実験において工夫したことを書きなさい。