# 1. 実験目的

マグネシウムの原子量を求めることにより、 気体の基本的な法則, および化学反応の基本についての理解を深める.  
また, 共洗い等の濃度と分子量に関する操作を行う事で, 実際にその手法が正しい事を確認する.

# 2. 理論

マグネシウムと硫酸は以下のような化学反応を起こす.  
Mg + H2SO4 → MgSO4 + H2  
この時発生するH2は難溶性の気体であるから, その体積を測定することにより, 物質量が求められる.  
圧力をP[Pa], 体積をV[L], 物質量をn[mol], 温度をT[K], 気体定数をRとするとき,  
以下の理想気体の状態方程式で表される.  
PV = nRT  
実験でnを除くデータを測定することで, 使用したマグネシウムの物質量を求めることができる.  
また, その時に発生した硫酸マグネシウム溶液を中和滴定することにより, その溶液に残っている硫酸の濃度が求められる.  
中和滴定の際に起こる反応は以下の通りである.  
H2SO4 + 2NaOH → H2O + Na2SO4  
その濃度と元の硫酸の濃度の差を取ることによって, 反応によって消費された硫酸の物質量を求めることができる.  
反応式は上記の通りであるから, 使用するマグネシウムの物質量は, 消費された硫酸の物質量の2倍となるはずである.  
よって, この物質量を比較し, 使用したマグネシウムの重量と比較することで, マグネシウムの原子量を求めることができる.

# 3. 実験方法

## 3.1 使用器具

* スタンド 2台
* ビュレットばさみ 2台
* ガスビュレット
* ビュレット
* 二又試験管
* 水準管
* 100mLメスフラスコ 2つ
* コニカルビーカー 6つ
* スターラー
* 10mLホールピペット
* 5mLホールピペット
* 駒込ピペット
* 撹拌子
* 撹拌子取り出し棒

## 3.2 使用試薬

* マグネシウムリボン
* H2HSO4 (1 mol/L)
* NaOH (0.1 mol/L)
* フェノールフタレイン溶液

## 3.3 実験方法

### 3.3.1 化学反応による水素ガスの体積測定

1. マグネシウムリボン1本を精密天秤をで精秤し, 二又試験管のくぼみがある方に入れた.  
   また, この時のマグネシウムの質量w[g]は, 0.0349 であった.
2. 二又試験管のマグネシウムを入れなかった方に, 硫酸 5 mLをホールピペットを用いて入れた.
3. 水準管を上下させて, ガスビュレットの水位を5mL付近にした後, 二又試験管をガスビュレットに接続した.
4. 水準管とガスビュレットの水位を一致させて, ガスビュレットの目盛りを読んだ.  
   水位の値x1[mL]は, 6.30 であった.
5. 二又試験管を傾け, 硫酸をマグネシウムリボン側に流し込んだ. 気体が発生している間は,  
   気圧差で発生した気体が漏れないようにするため, ガスビュレットと水準管の水位が近くなるように調整した.
6. マグネシウムリボンが溶け切った後に, 5分間ほど放置した.
7. ガスビュレットと水準管の水位を一致させて, ガスビュレットの目盛りを読んだ.  
   水位の値x2[mL]は, 41.30 であった.  
   また, 室温t[°C]と大気圧h[Pa]を記録した.

### 3.3.2 中和滴定による濃度測定

1. 硫酸 5 mLをホールピペットを使って100 mLメスフラスコに入れ, 純水を加えて調製した.  
   この溶液はBlank溶液とした.
2. 水素ガスの体積測定で二又試験管に残った溶液を 100 mLメスフラスコに全て入れ, 純水を加えて調製した.  
   この溶液はSample溶液とした.
3. コニカルビーカーを3つ用意し, それぞれにBlank溶液 10 mLを 10 mLホールピペットを用いて分注し,  
   純水を加えて約 50 mLにした. また, フェノールフタレイン溶液を1滴加え, 軽く振り混ぜた.  
   その後, スターラーを用いて撹拌しながら, 水酸化ナトリウム水溶液を滴下した.
4. Sample溶液に対しても3の操作と同様に, 中和滴定を行った.

# 4. 実験結果

化学反応による水素ガスの体積測定によって得られたデータ, 及び気象条件等のマグネシウムの原子量  
を求めるのに必要な測定値を表1に示す.

表1. 化学反応による水素ガスの体積測定結果, 及び気象条件等

|気温 t|20.5 °C|  
|:----:|:------:|  
|気圧 h | 1003 hPa|  
|マグネシウムリボンの質量 w| 0.0349 g|  
|気温tにおける水上気圧PH2O|2412.7 Pa|  
|水素ガス発生前のガスビュレットの目盛り x1|6.30 mL|  
|水素ガス発生前のガスビュレットの目盛り x2|41.30 mL|  
|水素ガスによって増加した体積 (x2 - x1)|35.00 mL|

以上のデータを気体の状態方程式に代入すると, 水素ガスの物質量を求めることができる.

nH2 = (100300 - 2413) \* 35.00 \* 10^-3 / 8.31 \* 10^3 \* (273 + 20.5)  
= 0.0014

また, 反応前と反応後でのマグネシウムと水素の価数は等しいから,  
水素の物質量とマグネシウムの物質量は等しい. よって,

nMg = 0.0349 / 0.0014  
= 25

よって, 以上の結果からは, 使用したマグネシウムの物質量が25である事がわかる.

中和滴定による濃度測定によって得られたデータを表2に示す.

表2. Blank溶液の中和滴定結果

|　|1回目|2回目|3回目|  
|:-:|:---:|:---:|:---:|  
|終点の目盛り|10.35|17.50|1.00|  
|始点の目盛り|1.15|27.20|10.70|  
|滴下量 (mL) |9.20|9.70|9.70|  
|平均 (mL) |9.53|　|　|

表3. Sample溶液の中和滴定結果

| |1回目|2回目|3回目|  
|:-:|:---:|:---:|:---:|  
|終点の目盛り|17.50|34.20|17.90|  
|始点の目盛り|10.35|27.20|10.70|  
|滴下量 (mL) |7.15|7.00|7.20|  
|平均 (mL) |7.12|　|　|

中和滴定における硫酸と水酸化ナトリウム水溶液の物質量は, 以下の式で求められる.  
a \* Ca \* fa \* Va = b \* Cb \* fb \* Vb  
但し, aを酸の価数, bを塩基の価数, C(mol/L)をモル濃度, fをファクター, V(L)を体積とする.  
上式を適用すると, Blank溶液における硫酸の濃度は 0.052 mol/L, 溶液中の物質量は 5.2 \* 10^-3 mol,  
また, Sample溶液における硫酸の濃度は 0.039 mol/L, 溶液中の物質量は 3.9 \* 10^-3 molとなり,  
反応によって消費された硫酸の物質量は 1.3 \* 10^-3 molである.  
反応によって消費された硫酸と反応したマグネシウムのの物質量は同じであるから,  
マグネシウムの質量を上の物質量で割ればよい.  
よって, マグネシウムの原子量は, 27 g/molとなった.

# 5. 考察

実験結果からは, マグネシウムの原子量はそれぞれ 25, 27 g/molという結果になった.  
しかし, 周期表で確認すると, 実際の原子量は 24.304 g/molである事が分かる.

今回の実験では, ビュレットやピペット, メスフラスコ等, 液面を目測で判断する操作が多く,  
誤差が発生してしまったと考えられる.  
また中和滴定では, 滴定を終えた後, 放置しておくと溶液が無色へと変化した.  
これは, 空気中の二酸化炭素が溶液に溶け, pHが減少したためである.  
この現象は, 滴定を終える前まででも同様に起こっていると考えられる.  
結果として, 水酸化ナトリウム水溶液を滴下する量にズレが発生し,  
滴定結果, 計算結果に誤差が生じたと考えられる.

# 6. 検討事項

1. 各実験で求めたマグネシウムの原子量と周期表にある原子量との値を比較・検討し,  
   考察の項目に記述しなさい.
2. 気体の種類によっては, 今回の方法では捕集できない気体がある. それはどのような気体か.  
   気体の種類と捕集できない理由を気体の性質と関連付けて説明しなさい.  
   またそのような気体の捕集方法について調べなさい.

* 二酸化炭素  
  水に対していくらか溶けるため, 今回のように発生した気体の体積を測定する場合は, 適していない.  
  下方置換, もしくは水上置換で捕集する.
* アンモニア  
  水に対してよく溶けるため, 水上置換置換での捕集ができない.  
  また, 空気よりも軽いため, 下方置換も適していない.  
  上方置換で収集するのが適している.

# 6. 感想・意見

ビュレットとガスビュレット, 水準管の長さがうまく合わず, 水準管とガスビュレットの液面に  
大分差が出てしまったのが, 少し不安であった. ゴム管の長さが短く, ガスビュレットを持ち上げ切ると  
余裕が無くなってしまい, 外れそうになったのも同様である.

# 7. 参考文献

* 東京書籍 化学 p.173 ~ 179
* 東京電機大学出版局 新版 基礎化学実験 p.52 ~ 54, p.100