

C - 8 化学式の決定 ～定比例の法則～ (Determination of chemical formula)

1. 目的

塩化銅 (II) CuCl_2 (copper(II) chloride) の溶液に、アルミニウム (aluminum) を反応させることによって生じる銅を秤量し、定比例の法則 (law of definite proportions) を検証する。

また、塩化銅 (II) の化学式を各自で導き、実験の考察をおこなう。

2. 基礎知識の確認

mol・・・ 6.02×10^{23} 個の粒子の集団。

物質質量・・・mol で表した物質の量。

【例題 1】

1. 水 (H_2O) 18 g は何 mol ですか？ (原子量：H=1、O=16)

計算式：_____

答え：_____

2. 二酸化炭素 (CO_2) 2 mol の質量は何 g ですか？ (原子量：C=12、O=16)

計算式：_____

答え：_____

3. 1 mol の酸素分子 (O_2) は標準状態で何 L ですか？ (標準状態：1 mol = 22.4 L)

計算式：_____

答え：_____

定比例の法則・・・化合物の成分元素の質量比は常に一定であるという法則。

1799 年、J=L=プルーストが発見。(プルースト、1799)

例：水の場合、水素 (hydrogen)：酸素 (oxygen) = 1 : 8

化学式の決定方法

水の成分元素の質量比が、H(水素原子) 1 g に対して、O (酸素原子) 8 g であった。
つまり、H : O = 1 g : 8 g である。

H の原子量は 1 g/mol であり、O の原子量は 16 g/mol である。

ここで、成分元素の個数比を求める。(重さの比から個数の比に変換する。)

$\text{H} : \text{O} = 1 \text{ g} : 8 \text{ g} = 1 \text{ g} \div 1 \text{ g/mol} : 8 \text{ g} \div 16 \text{ g/mol} = 1 \text{ mol} : 0.5 \text{ mol} = 2 \text{ mol} : 1 \text{ mol}$

つまり、H(水素原子) 2 mol に対して、O (酸素原子) が 1 mol が結びついているといえる。

よって、水の化学式は、H が 2 個に対して、O が 1 個なので、 H_2O と決定することができる。

【例題 2】

二酸化炭素の成分元素の質量比が C(水素原子) 3 g に対して、O (酸素原子) 8 g であった。

二酸化炭素の化学式を上記の例に従って求めよ。

ここで、C の原子量は 12 g/mol であり、O の原子量は 16 g/mol とする。

答え：_____

【例題 3】

塩化銅 (II) の成分元素の質量比が Cl(塩素原子)71.0 g に対して、O (銅原子) 63.5 g であった。

塩化銅 (II) の化学式を上記の例に従って求めよ。

ここで、Cl の原子量は 35.5 g/mol であり、Cu の原子量は 63.5 g/mol とする。

答え：_____

【例題 2】 解答

C (炭素) の質量 = 3 g、O (酸素) の質量 = 8 g。

原子量 : C = 12 g/mol, O = 16 g/mol。

目標 : 質量からモル (mol) を求めて、元素の比を見つけ、化学式を決める。

ステップ 1 — 各元素のモルを計算する

モル = 質量 ÷ 原子量 を使います。

C のモル : $3 \div 12 = 0.25$ (mol)

O のモル : $8 \div 16 = 0.5$ (mol)

ステップ 2 — モル比を見つける

小さい方のモルで割って比を簡単にします。小さい方は 0.25 mol (C)。

C の比 : $0.25 \div 0.25 = 1$

O の比 : $0.5 \div 0.25 = 2$

→ モル比は C : O = 1 : 2

答え : 化学式は CO_2 。

【例題 3】 解答

Cl (塩素) の質量 = 71.0 g、Cu (銅) の質量 = 63.5 g。

原子量 : Cl = 35.5 g/mol, Cu = 63.5 g/mol。

目標 : 質量からモル (mol) を求めて、元素の比を見つけ、化学式を決める。

ステップ 1 — 各元素のモルを計算する

Cl のモル : $71.0 \div 35.5 = 2.0$ (mol)

Cu のモル : $63.5 \div 63.5 = 1.0$ (mol)

ステップ 2 — モル比を比べる

小さい方のモルで割ります。小さい方は 1.0 mol (Cu)。

Cu の比 : $1.0 \div 1.0 = 1$

Cl の比 : $2.0 \div 1.0 = 2$

→ モル比は Cu : Cl = 1 : 2

答え : 化学式は CuCl_2 。

3. 使用器具・試薬

ろ紙(ϕ 90 mm, No2)、ビーカー (100 mL) \times 2、メートルグラス(10 mL)、ロート、ロート台、ガラス棒、電子上皿天秤、乾燥器、ピンセット、薬さじ、保護メガネ

塩化銅(II) 2水和物(※ $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、アルミニウム棒、エタノール (ethanol)

※塩化銅(II) は水の力を借りて結晶化している。

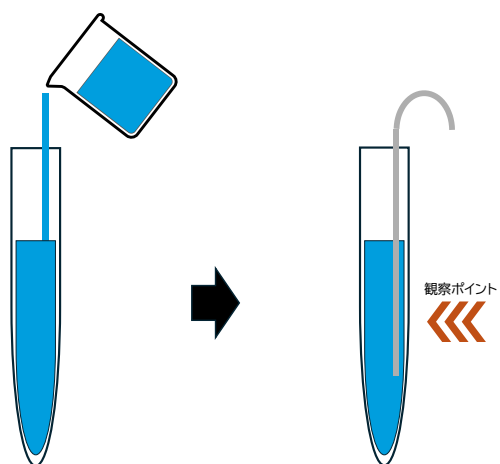
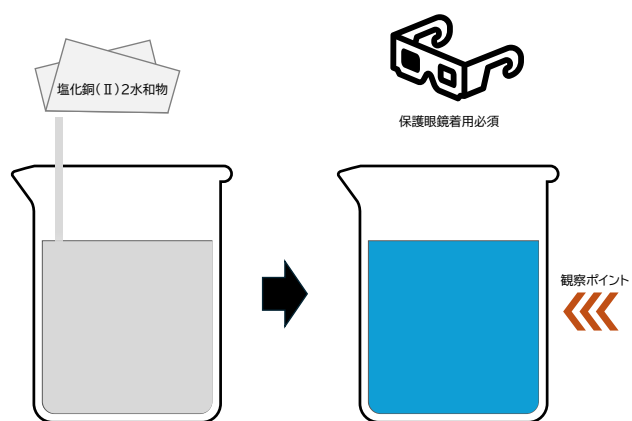
※塩化銅(II)水溶液は、電気を流すと銅イオン(Cu^{2+})が陰極に、塩化物イオン(Cl^-)が陽極に引き寄せられ、陰極で銅が析出、陽極で塩素ガスが発生する様子が観察できるため、中学生理科などでよく取り上げられる。

※ヘモシアニンとは、エビやカニ、タコなどの一部の無脊椎動物の血液に含まれる、酸素を運搬するタンパク質。本来は無色透明であるが、酸素と結合すると銅イオンの働きによって青色になる。この働きは、ヒトのヘモグロビンが酸素を運ぶのと似ているが、ヘモグロビンが鉄を、ヘモシアニンが銅を含んでいる点異なる。

4. 実験方法

⚠ 塩化銅(II) は劇物で腐食性があるので取扱いに注意する。

- ① 電子上皿天秤で、プラスチック製の薬さじを用いて塩化銅(II) 2水和物を、約 1 g とり、その量を小数第 2 位まで記録する。
- ② これを 100 mL ビーカーに入れ、精製水 (purified water) 約 10 mL を入れガラス棒でよく溶かす。
- ③ 塩化銅(II) 2水和物が完全に溶けたら、試験管に中身を移す。
- ④ 試験管に先端を折り曲げたアルミニウム棒を入れ、反応させる。
※発熱するので注意すること。
- ⑤ アルミニウム棒の周りに動画析出したら、アルミニウム棒を軽く揺らして析出した銅をはがす。銅が析出しなくなるまで(溶液の青色が消えるまで) この操作を繰り返す。
- ⑥ 反応が終わったら、ロートを用いてろ過する。
- ⑦ 洗浄びんから精製水を 10 mL ほどろ紙にかけ、銅を洗浄する。これを 2 回繰り返す。
- ⑧ さらに、エタノール 10 mL をろ紙上にかける。
※ろ液は廃液ビーカーに集める。
- ⑨ ろ紙を時計皿の上に広げて乾燥器に入れ、85 $^{\circ}\text{C}$ で 30 分ほどよく乾燥させる。
※時計皿は識別できるようにしておくこと。(出席番号)
- ⑩ 乾燥後、ろ紙と銅の質量を測定する。



⚠ 実験操作の減点項目

※劇物を扱うため、目線の位置は常に試験管よりも高い位置にする（減点される生徒が多い）

※膝をつかない

※操作を行うときは必ず両手で（減点される生徒が多い）

※できるだけ机の奥で実験を行う

※実験のためのスペースを確保する（余計なものを置かない）

5. 結果及び考察

① 方法②の色の変化の様子を記せ。

② 方法③の様子を記せ。(アルミ棒の様子、塩化銅水溶液の色)

アルミ棒を入れた直後

3分後	アルミ棒の様子	塩化銅水溶液の色
6分後	アルミ棒の様子	塩化銅水溶液の色
9分後	アルミ棒の様子	塩化銅水溶液の色
12分後	アルミ棒の様子	塩化銅水溶液の色
15分後	アルミ棒の様子	塩化銅水溶液の色
18分後	アルミ棒の様子	塩化銅水溶液の色
21分後	アルミ棒の様子	塩化銅水溶液の色

		自分のデータ	測定方法・計算式
A	電子天秤で測定した質量	g	電子天秤で測定する
B	塩化銅(Ⅱ)の質量	g	$A \times 0.789$ (水の量を減じる)
C	乾燥したろ紙の質量	g	教員が電子天秤で測定する
D	ろ紙+生成した銅の質量	g	※Aの電子天秤と同じものを使用する
E	生成した銅の質量	g	$D - C$
F	化合物の塩素の質量	g	$B - E$
G	Cu : Cl	1 :	E : Fの比を求め、Eを1とする
H	Cu : Cl (全体の平均)	1 :	クラス全体で算出する

(小数点2桁で記入する)

- ③ 自分のデータを用いて、塩化銅（Ⅱ）の化学式（組成式）を求めなさい。化学式を求める際には、小数点2桁を四捨五入して計算しなさい。また計算の過程を文章で説明しなさい。（評価）

Cu = 63.5 Cl = 35.5

求められた塩化銅の化学式：

Cu : Cl =

(物質質量比)

- ④ 実験で求めた塩化銅（Ⅱ）の化学式が、Cu : Cl=1:2 よりも誤差のある場合、その原因を実験操作などから、考察せよ。（評価）

6. 問 題

- ① 以下の(1) (2) の事実より、水についての定比例の法則が成り立つことを確認せよ。
- (1). 水素 0.50 g を燃焼すると、水 4.5 g を生じた。
- (2). 酸化銅（Ⅱ） 3.98 g に水素を反応させると、銅 3.18 g と水 0.90 g を生じた。

- ② 酸化アルミニウムの成分組成は、アルミニウム 52.9 %で、酸素が 47.1 %である。化学式を求めなさい。Al=27.0 O=16.0

- ③ 次の法則について調べよ。

(1). 質量保存の法則 (発見者 _____、 _____ 年)

(2). 倍数比例の法則 (発見者 _____、 _____ 年)

(3). 気体反応の法則 (発見者 _____、 _____ 年)

(4). アボガドロの法則 (発見者 _____、 _____ 年)

7. 参考文献

8. 評価（思考判断表現）

評価	評価基準
5	塩化銅（Ⅱ）の化学式を求める過程が非常に具体的で、論理的かつ詳細に説明されている。
4	塩化銅（Ⅱ）の化学式を求める過程が具体的で、論理的に説明されている。
3	塩化銅（Ⅱ）の化学式を求める過程が一定の具体性を持ち、理解できる。
2	塩化銅（Ⅱ）の化学式を求める過程が記述されているが、具体性に欠ける。
1	塩化銅（Ⅱ）の化学式を求める過程がほとんど説明されていない。

9. 自己評価

評価項目	Yes← →No	評価の根拠を具体的に
実習テーマに関する基礎的な知識・技能を身に付けることができた。	4 3 2 1	
実験結果を科学的に考察し、学んだ知識を活用してレポートを作成することができた。	4 3 2 1	
テーマについて興味を持ち、最後まで諦めずに実習や課題に取り組むことができた。	4 3 2 1	