

高校先取り 化学反応の体積の関係 (東) 2009.3.30.(月)

炭酸ナトリウムと希塩酸の反応で、発生した二酸化炭素の体積と炭酸ナトリウムの質量の間に、一定の関係があるかないかを調べる。

使用する器具：電子てんびん(感量：0.0001 g)、管瓶(50 mL)、注射器(100 mL)、葉さじ、L字管付きゴム栓、温度計(全体で1本)、鉄製スタンド、その他

使用する薬品：炭酸ナトリウム(粒状の粉末)、希塩酸

実験の原理：反応させる炭酸ナトリウムの質量を測定して、希塩酸と完全に反応させたときに発生する二酸化炭素を、注射器に導いて体積を測定する。

問題 実験の方法の原理を略図で示せ。

操作1 炭酸ナトリウムを約0.2 g量り取り、正確な質量(1)を記録する。下の表に記入する。

操作2 管瓶に希塩酸を約15 mLとる。

操作3 炭酸ナトリウムと希塩酸を反応させて、発生する二酸化炭素を注射器に導く。反応が完全に済んだら、注射器のピストンを押し下したり引いたり、クルクル回して、いちばん落ち着く位置にもっていく。体積(2)を測定して記録する。下の表に記入する。

記録欄 (注意)単位のある量には必ず単位をつける。(室温 )

番号	1	2	3	4	5
(1)					
(2)					
(3)					
(4)					
(5)					

考察1 他の班の記録を表に記入する。

考察2 全部の班のデータについて、炭酸ナトリウムの1 mol(106 g)当たり発生する二酸化炭素の体積を計算し、リットル(L)の単位に換算して表の(3)の欄に記入する。

理論の説明 すべての気体は、同じ温度と圧力のときには同じ体積を占めることがわかっている。気体は温度と圧力によって体積が非常に異なる。そこで、0 °C、1013 hPa(ヘクトパスカル)のときの体積で表すことにしている。その体積は、1 mol 当たり 22.4 L である。ふつうの大気圧のもとでは圧力の影響はあまり大きくないので、温度の影響だけを考えればよい。

$$\text{気体 1 mol の体積} = 22.4 \text{ L} \times (\text{セシの温度} + 273) \div 273$$

**考察3** 考察2で求めた比の値 [表の(3)に記入した値] は、理論値ではいくらか。表の(4)の欄に記入する。

**考察4** 相対誤差=(理論値と実験値の差)÷理論値である。各班のデータの相対誤差を計算して、表の(5)に記入しよう。

### 理解を深めるための講義

炭酸ナトリウムの化学式は  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。この式は、炭酸ナトリウムの結晶が Na 原子 2 個、C 原子 1 個、O 原子 3 個の比でできていることを表している。これは、炭酸ナトリウムという仮想の分子が、Na 原子 2 個、C 原子 1 個、O 原子 3 個からできていると考えればよいことを示している。炭酸ナトリウムに希塩酸を加えると、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  が分解して  $\text{CO}_2$  になる。

**質問1** 反応する炭酸ナトリウムの質量と、発生する二酸化炭素の質量の比は、何がわかれば求められるか。

水酸化ナトリウム  $\text{NaOH}$  と水酸化カリウム  $\text{KOH}$  は、どちらもアルカリとよばれる物質で、希塩酸によって中和される。 $\text{NaOH}$  の 40 g と、 $\text{KOH}$  の 56 g は、どちらも同じ量の希塩酸によって中和できる。このようなとき、 $\text{NaOH}$  の 40 g と  $\text{KOH}$  の 56 g は、「物質の量が等しい」という。物質の量が等しいとき、化学的な量が等しいといってもよい。

**質問2** 炭酸ナトリウムと二酸化炭素の物質の量が等しいとき、質量の比は何：何か。

物質の量は測定ができる物理量で、「物質量」といわれ、モルという単位がつけられている。単位の記号は mol である。このような関係を、よく知られた物理量の例で示す。

物理量	単位の名称	単位の記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流の強さ	アンペア	A

これらの物理量の 1 単位 (1 m, 1 kg, 1 s, 1 A) は、すべて定義されている。

1 mol の定義は次のとおりである。

炭素 12 の 0.012 kg 中に含まれる炭素原子の数と同数の、原子・分子・イオンなどの粒子を含む物質の集団である。この定義はわかりにくいので、わかりやすく言い換えると次のようになる。

質量数が 12 の炭素原子の 12 g の中には、約  $6 \times 10^{23}$  個の炭素原子が含まれている。この約  $6 \times 10^{23}$  個の原子・分子・イオンを含む物質の量が 1 mol である。

1 mol という物質の量が原子の個数で定義されているので、普通に考えれば 1 mol という物

質量を量りとることはできない。しかし、原子量の定義と合わせると、物質と質量の関係が次のようになる。

原子の 1 mol : 原子量にグラム単位(g)をつけた質量

分子の 1 mol : 分子量にグラム単位(g)をつけた質量

イオンの 1 mol : イオンを構成する原子の原子量の和にグラム単位(g)をつけた質量  
下線部を「イオン式量」という。

**質問 3** 次の原子, 分子, イオンについて, それぞれの 1 mol の質量はいくらか。原子量は, H 1, C 12, O 16, Na 23 を用いよ。

- (1) 酸素原子      (2) ナトリウム原子      (3) 水分子  $\text{H}_2\text{O}$       (4) 酸素分子  $\text{O}_2$   
(5) ナトリウムイオン  $\text{Na}^+$       (6) 炭酸イオン  $\text{CO}_3^{2-}$

炭酸ナトリウムは原子でも分子でも単独のイオンでもない。ナトリウムイオンと炭酸イオンが, 個数の比 2 : 1 で集合した物質である。このような物質の化学式を「組成式」という。炭酸ナトリウムの組成式は  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  である。組成式をつくる原子の原子量の和を「組成式量」という。高等学校の教科書では, 簡単に「式量」といつている。

**質問 4** 炭酸ナトリウムの式量はいくらか。

組成式で表される物質では, 1 mol の質量は, 式量にグラム単位(g)をつけた質量である。

**質問 5** 炭酸ナトリウム 1 mol の質量は何 g か。

いろいろな物質について, 1 mol 当たりの質量を「モル質量」といい, 単位は「g/mol」で表す。読み方は「グラム毎モル」であるが, 「グラムパーモル」と読む人が多い。

**質問 6** 次の物質について, それぞれのモル質量を, 単位を明記して示めせ。

- (1) 酸素原子      (2) ナトリウム原子      (3) 水分子  $\text{H}_2\text{O}$       (4) 酸素分子  $\text{O}_2$   
(5) ナトリウムイオン  $\text{Na}^+$       (6) 炭酸イオン  $\text{CO}_3^{2-}$       (7) 炭酸ナトリウム