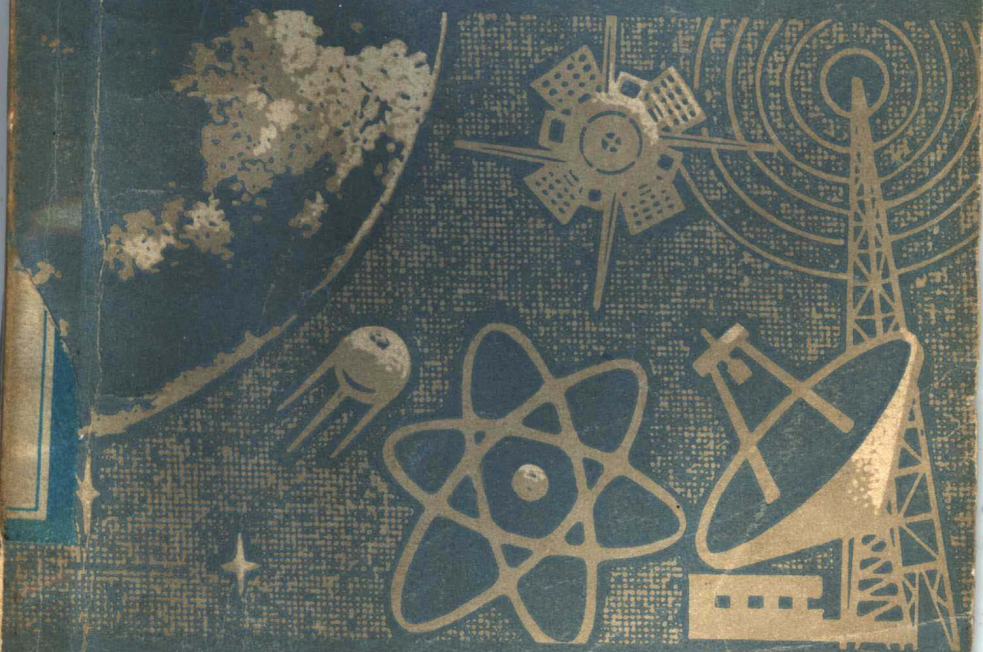


# 化学基础知识与题解

华瑞先 编著

(二)



# 化学基础知识与题解

(二)

华瑞先 编著

安徽人民出版社

# 化学基础知识与题解

## (二)

华瑞先 编著

\*

安徽人民出版社出版  
安徽省新华书店发行  
淮南市印刷厂印刷

\*

开本 787×1092 1/32 印张 7.125 插页 1 字数 151,000  
1979年3月第1版 1979年3月第1次印刷  
印数 1—200,000  
统一书号 13102·55 定价 0.60 元

## 出版说明

为帮助中学生和知识青年自学化学，兹由华瑞先（合肥二中化学教师孙玉华、费瑞卿、曹占先）编写了《化学基础知识与题解》一书。书中对化学基本概念作了通俗说明，对重点和较疑难问题作了简要阐述，对有关化学实验和数据分别画了图表，每章后面还选作了较多的习题解答（包括历年来的部分高考化学试题解答），目的是便于读者自学，帮助读者更好地掌握化学基础知识和化学计算的基本技能。

作者在编写过程中，参考了上海师大、上海化工学院、南京大学、武汉大学化学系等十多个单位编写的有关化学书籍，并注意结合中学化学教学过程中的实际体会。但由于化学学科在飞速发展，教材内容在不断更新和深化，因而本书所介绍的化学基础知识，在内容上还不能适应形势发展的需要，缺点、错误在所难免，欢迎广大读者批评指正。

本书共十四章，篇幅较多，为便于装订，及时供应读者，现分四册出版，特此说明。

# 目 录

|     |                                    |     |
|-----|------------------------------------|-----|
| 第五章 | 化学的基本量及其计算 .....                   | 197 |
| 第一节 | 摩尔原子和摩尔分子<br>(即克原子和克分子) .....      | 198 |
| 第二节 | 气体的摩尔体积(气体克分子<br>体积)和阿佛加德罗定律 ..... | 205 |
| 第三节 | 应用气体摩尔体积进行有关<br>化学计算 .....         | 220 |
| 第四节 | 溶液的摩尔浓度(克分子浓度) .....               | 228 |
| 第五节 | 元素的化学当量 .....                      | 236 |
| 第六节 | 化合物的当量 .....                       | 242 |
| 第七节 | 溶液的当量浓度 .....                      | 255 |
| 第八节 | 溶液浓度的相互换算 .....                    | 260 |
| 第九节 | 根据热化学方程式计<br>算化学反应的热效应 .....       | 267 |
|     | 习题解答(五) .....                      | 274 |
| 第六章 | 氯和硫 .....                          | 311 |
| 第一节 | 氯 .....                            | 311 |
| 第二节 | 氧化还原反应的配平 .....                    | 316 |
| 第三节 | 氯的重要化合物—盐酸 .....                   | 321 |
| 第四节 | 卤 素 .....                          | 325 |

|            |                       |            |
|------------|-----------------------|------------|
| 第五节        | 硫 .....               | 332        |
| 第六节        | 硫 酸 .....             | 336        |
| 第七节        | 氧族元素 .....            | 342        |
|            | 习题解答(六) .....         | 343        |
| <b>第七章</b> | <b>原子结构和周期律 .....</b> | <b>363</b> |
| 第一节        | 原子的组成和原子核 .....       | 363        |
| 第二节        | 原子核外电子的运动状态 .....     | 368        |
| 第三节        | 原子核外电子的排布规律 .....     | 375        |
| 第四节        | 原子结构和周期律的关系 .....     | 379        |
| 第五节        | 元素周期表 .....           | 383        |
| 第六节        | 从周期表看元素性质的递变规律 .....  | 386        |
| 第七节        | 元素周期表的总结和应用 .....     | 393        |
| 第八节        | 化学键 .....             | 397        |
|            | 习题解答(七) .....         | 406        |

## 第五章 化学的基本量及其计算

化学上关于物质的质量，通常是用克等做单位的；分子量和原子量只是一个比值而没有单位表示。国际上根据化工生产和科学实验的需要，还用一些特殊的量度单位，例如摩尔原子(习惯上叫做克原子)和摩尔分子(习惯上叫做克分子)以及气体的摩尔体积(习惯上叫做气体的克分子体积)等，用来分别表示一定数目的原子的质量、一定数目的分子的质量和一定数目的气体分子的体积。因此，在化学上摩尔原子和摩尔分子是关于某种元素和某种物质使用的一种质量单位，气体的摩尔体积是关于气体物质使用的一种体积单位。这些计量单位，我们把它们叫做化学的基本量。

国务院一九七七年五月廿七日颁发了《中华人民共和国计量管理条例(试行)》，根据条例的规定，本书这一章采用“摩尔”作为物质的量的单位。

为了表示千千万万个原子、分子等结构粒子的量，科学上采用0.012千克(即12克)的碳<sup>12</sup>作为计量物质的量(摩尔原子数、摩尔分子数等摩尔结构粒子数)的标准，单位为摩尔(mol)。

结构粒子是指原子、分子、离子、电子或其他粒子。物质的量就是这些粒子的量。摩尔是物质的量的单位，该物质所包含的结构粒子数与0.012千克(即12克)碳<sup>12</sup>里所含的原子数目相等就是1摩尔。

## 第一节 摩尔原子和摩尔分子 (即克原子和克分子)

### 一、摩尔原子(克原子)、原子的摩尔质量 克原子量)、原子的摩尔数(克原子数)

实验测得：1个碳原子的质量是 $1.992 \times 10^{-23}$ 克。

一九七五年国际原子量表规定：以 $C^{12}=12$ 为基准，即碳的原子量为12。

则碳原子量12，相当于 $1.992 \times 10^{-23}$ 克。

因质子和中子的质量都约等于 $1.67 \times 10^{-24}$ 克，又都约等于碳原子质量的 $\frac{1}{12}$ 。 $\therefore$  碳原子质量的 $\frac{1}{12} = 1.67 \times 10^{-24}$ 克。

因此， $1.67 \times 10^{-24}$ 克，叫做“原子质量单位”。

根据，元素的原子数 =  $\frac{\text{元素的质量}}{\text{该元素的1个原子绝对质量}}$  的关系式，可以推算出：

$$\begin{aligned} \text{1克氢中含氢原子的数目} &= \frac{1 \text{克}}{1 \times 1.67 \times 10^{-24} \text{克}} \\ &\approx 6.02 \times 10^{23} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{16克氧中含氧原子的数目} &= \frac{16 \text{克}}{16 \times 1.67 \times 10^{-24} \text{克}} \\ &\approx 6.02 \times 10^{23} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{12克碳中含碳原子的数目} &= \frac{12 \text{克}}{12 \times 1.67 \times 10^{-24} \text{克}} \\ &\approx 6.02 \times 10^{23} \end{aligned}$$

.....

从以上的推算中可以得出：任何元素的原子量如果以克为单位，其中所含的原子数目都约等于  $6.02 \times 10^{23}$ 。

$6.02 \times 10^{23}$  这个数目叫做阿佛加德罗常数。

### 1. 摩尔原子(克原子)

凡含有  $6.02 \times 10^{23}$  个原子的元素叫做1摩尔原子(习惯上叫做1克原子)。

例如，铁的原子量是55.85，1个铁原子的质量是  $55.85 \times 1.67 \times 10^{-24}$  克

那么，55.85克铁里所含的铁原子数目是：

$$\frac{55.85}{55.85 \times 1.67 \times 10^{-24}} = 6.02 \times 10^{23}$$

$6.02 \times 10^{23}$  个铁原子叫做1摩尔铁原子(1克原子铁)；

$6.02 \times 10^{23}$  个氢原子叫做1摩尔氢原子(1克原子氢)；

$6.02 \times 10^{23}$  个氧原子叫做1摩尔氧原子(1克原子氧)；

$6.02 \times 10^{23}$  个碳原子叫做1摩尔碳原子(1克原子碳)。

所以说，1摩尔的任何元素中都含有  $6.02 \times 10^{23}$  个原子。或者说，摩尔数相同的元素所含的原子数相等。

### 2. 原子的1摩尔质量(1克原子量)

原子的1摩尔质量就是  $6.02 \times 10^{23}$  个原子的质量。如果质量以克为单位，在数值上就等于该元素的原子量。

例如，铁原子的1摩尔质量(1克原子铁的质量)就是55.85克，即55.85克/摩尔(55.85克/克原子)。

同样，碳原子的1摩尔质量(1克原子碳的质量)等于12.011克，即12.011克/摩尔(12.011克/克原子)。

注：严格地说，1摩尔原子的质量，即摩尔质量(质量与物质的

量之比)。在国际单位制中,质量的单位为千克,摩尔质量的单位则为千克/摩尔。

### 3. 原子的摩尔数(克原子数)

原子的摩尔数表示多少个摩尔原子(克原子)的数值。此数值可以是整数,也可以不是整数。

例如, 111.7 克的铁, 相当于多少个摩尔(克原子)铁?

因为, 铁原子的1摩尔质量(克原子量)是 55.85 克, 即 55.85克/摩尔(55.8克/克原子),

$$\therefore \frac{111.7 \text{ 克}}{55.85 \text{ 克/摩尔}} = 2 \text{ 摩尔}$$

$$\text{或} \quad \frac{111.7 \text{ 克}}{55.85 \text{ 克/克原子}} = 2 \text{ 克原子}$$

32.69克的锌, 是几个摩尔(克原子)锌?

因为, 锌原子的 1 摩尔质量(克原子量)是 65.38 克, 即 65.38克/摩尔(65.38克/克原子),

$$\therefore \frac{32.69 \text{ 克}}{65.38 \text{ 克/摩尔}} = 0.5 \text{ 摩尔}$$

$$\text{或} \quad \frac{32.69 \text{ 克}}{65.38 \text{ 克/克原子}} = 0.5 \text{ 克原子}$$

可见, 物质的质量、原子的1摩尔质量(克原子量)和物质的量(在此是指结构粒子——原子的量为多少摩尔)三者具有如下的关系:

$$\frac{\text{质量(克)}}{\text{原子的1摩尔质量(克/摩尔)}} = \text{原子的摩尔数(摩尔)}$$

$$\text{或} \quad \frac{\text{质量(克)}}{1 \text{ 克原子量(克/克原子)}} = \text{克原子数(克原子)}$$

**例** 1克原子氧和1克氧原子是否一样?

**解** 不一样。1克原子氧的质量是16克,其中含有  $6.02 \times 10^{23}$  个氧原子。而1克氧原子的质量就是1克,1克氧中所含的氧原子数是  $\frac{1}{16} \times 6.02 \times 10^{23}$ 。

上例中1克原子氧和一克氧原子,如果用摩尔量的概念表示,即:1摩尔原子氧和1克氧原子,一看就知道完全不一样。

## 二、摩尔分子(克分子)、分子的摩尔质量

(克分子量)、分子的摩尔数(克分子数)

水的分子量为18,氧气的分子量为32,硫酸的分子量为98。如果在分子量后面加上单位“克”,就变成了18克水、32克氧气和98克硫酸。显然,都不是一个分子的质量,那么,18克水里含有多少个水分子呢? 32克氧气里含有多少个氧分子呢? 98克硫酸中含有多少个硫酸分子呢?

因为,碳原子质量的  $\frac{1}{12} = 1.67 \times 10^{-24}$  克

根据,物质的分子数 =  $\frac{\text{物质的质量}}{\text{该物质的1个分子绝对质量}}$  的关

系式,可以推算出:

$$\begin{aligned} \text{18克水中含水分子数} &= \frac{18 \text{ 克}}{18 \times 1.67 \times 10^{-24} \text{ 克}} \\ &\approx 6.02 \times 10^{23} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{98克硫酸中含硫酸分子数} &= \frac{98 \text{ 克}}{98 \times 1.67 \times 10^{-24} \text{ 克}} \\ &\approx 6.02 \times 10^{23} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{32克氧气中含氧分子数} &= \frac{32 \text{ 克}}{32 \times 1.67 \times 10^{-24} \text{ 克}} \\ &\approx 6.02 \times 10^{23} \end{aligned}$$

.....

由此可知，各种物质的分子量，如果以克为单位，其中所含的分子数目都约等于  $6.02 \times 10^{23}$ 。

### 1. 摩尔分子(克分子)

凡含有  $6.02 \times 10^{23}$  个分子的物质叫做 1 摩尔分子。

例如，氢氧化钠的分子量是 40，则：1 个氢氧化钠分子的质量  $= 40 \times 1.66 \times 10^{-24}$  克，那么，40 克氢氧化钠中含氢氧化钠分子数目是：

$$\frac{40 \text{ 克}}{40 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ 克}} \approx 6.02 \times 10^{23} \text{ (个分子)}。$$

同理，36.46 克氯化氢里所含的氯化氢分子数目是：

$$\frac{36.46 \text{ 克}}{36.46 \times 1.66 \times 10^{-24} \text{ 克}} \approx 6.02 \times 10^{23} \text{ (个分子)}。$$

因此， $6.02 \times 10^{23}$  个氢氧化钠分子叫做 1 摩尔氢氧化钠分子(1 克分子氢氧化钠)，

$6.02 \times 10^{23}$  个氯化氢分子叫做 1 摩尔氯化氢分子(1 克分子氯化氢)。

所以，1 摩尔的分子(1 克分子)物质中都含有  $6.02 \times 10^{23}$  个分子。或者说，摩尔数(克分子数)相同的物质所含的分子数相等。

### 2. 摩尔质量，即分子的 1 摩尔质量(克分子量)

分子的 1 摩尔质量就是  $6.02 \times 10^{23}$  个分子的质量。如果质量以克为单位，在数值上就等于该物质的分子量，单位为

克/摩尔(克/克分子)。

例如,水分子的1摩尔质量(1克分子水的质量)就是18.02克,即18.02克/摩尔(18.02克/克分子)。

同样,氯化氢分子的1摩尔质量就是36.46克,即36.46克/摩尔。

### 3. 分子的摩尔数(克分子数)

摩尔分子数表示多少个摩尔分子(克分子)的数值。此数值可以是整数,也可以不是整数。

例如,36.04克的水,相当于多少个摩尔(克分子)水?

因为,水分子的1摩尔质量(1克分子水的质量)是18.02克,即18.02克/摩尔(18.02克/克分子),

$$\text{所以 } \frac{36.04 \text{ 克}}{18.02 \text{ 克/摩尔}} = 2 \text{ 摩尔}$$

$$\text{或 } \frac{36.04 \text{ 克}}{18.02 \text{ 克/克分子}} = 2 \text{ 克分子}$$

18.23克的氯化氢相当于几摩尔氯化氢?

因为,氯化氢分子的1摩尔质量是36.46克,即36.46克/摩尔,

$$\text{所以 } \frac{18.23 \text{ 克}}{36.46 \text{ 克/摩尔}} = 0.5 \text{ 摩尔}$$

$$\text{或 } \frac{18.23 \text{ 克}}{36.46 \text{ 克/克分子}} = 0.5 \text{ 克分子}$$

由此可见,物质的质量,分子的1摩尔质量和物质的量〔在此是指结构粒子——分子的量为多少个摩尔〕三者具有如下的关系:

$$\frac{\text{质量(克)}}{\text{分子的1摩尔质量(克/摩尔)}} = \text{分子的摩尔数(摩尔)}$$

或  $\frac{\text{质量(克)}}{1\text{克分子的质量(克/克分子)}} = \text{克分子数(克分子)}$

**例1** 2.5摩尔硝酸重多少克?

**解** 因为 $\text{HNO}_3$ 的分子量=63,

所以, 1摩尔 $\text{HNO}_3$ 重63克, 即63克/摩尔,

$$2.5 \text{ 摩尔} \times 63 \text{ 克/摩尔} = 157.5 \text{ 克}$$

答: 2.5摩尔硝酸重157.5克。

**例2** 多少克碳酸氢铵( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ )和36克水所含的分子数相同?

**解** 摩尔数相同的物质所含的分子数目相等。

$\text{NH}_4\text{HCO}_3$ 的摩尔数= $\text{H}_2\text{O}$ 的摩尔数

$$= \frac{36 \text{ 克}}{18 \text{ 克/摩尔}} = 2 \text{ 摩尔}$$

$\therefore \text{NH}_4\text{HCO}_3$ 的分子量=79

$\text{NH}_4\text{HCO}_3$ 的摩尔量=79克

$\therefore \text{NH}_4\text{HCO}_3$ 的质量=2摩尔 $\times$ 79克/摩尔=158克

答: 158克碳酸氢铵和36克水所含的分子数相同。

由于任何物质的1摩尔所含的分子数目都是 $6.02 \times 10^{23}$ 个, 所以不同物质分子个数之比就等于摩尔数之比。在化学反应方程中的元素符号, 可以表示1摩尔原子的元素; 分子式可以表示1摩尔分子的物质。这样, 掌握了摩尔原子和摩尔分子这两个特殊的量度单位后, 根据化学方程式进行计算就方便得多。

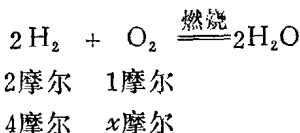
**例3** 8克氢气在空气里完全燃烧完, 问有多少个氢分子和多少个氧分子参加了反应?

**解**  $\therefore$  氢气的分子量=2.016

则 1摩尔氢气分子质量为2.016克, 即2.016克/摩尔,

$$\therefore \frac{8\text{克}}{2.016\text{克/摩尔}} = 4\text{摩尔}$$

设 4摩尔  $\text{H}_2$  完全燃烧完, 需要空气里的氧气为  $x$  摩尔



$$2\text{摩尔}: 1\text{摩尔} = 4\text{摩尔}: x\text{摩尔}$$

$$\therefore x = \frac{1 \times 4}{2} = 2\text{摩尔}$$

因此,  $6.02 \times 10^{23} \times 4 = 2.4 \times 10^{24}$  (个氢分子)

$$6.02 \times 10^{23} \times 2 = 1.2 \times 10^{24} \text{ (个氧分子)}$$

答: 有  $2.4 \times 10^{24}$  个氢分子和  $1.2 \times 10^{24}$  个氧分子参加了反应。

## 第二节 气体的摩尔体积(气体克分子体积)和阿佛加德罗定律

### 一、气体的摩尔体积(气体克分子体积)

气体有一定的质量并占有一定的体积, 气体的体积和质量有一定的关系。在科研和生产的实际中, 有时要从气体的体积计算它的质量, 有时要从气体的质量计算它的体积。因为测定气体的体积比测定它的质量较为方便, 所以气体的量常用体积来表示。

1摩尔分子(1克分子)的任何气体物质, 尽管它们的质量是不相同的, 但是却都会有相同数目( $6.02 \times 10^{23}$ )的分子。试问, 它们所占的体积是相同呢? 还是不相同? 为了回答这个问题, 应从气体的特性谈起。

所有的气体, 都有一个共同的性质: 气体的体积和温度、压力有关。一定质量的气体, 温度升高, 则体积增大; 压力加大, 则体积缩小。因此, 要比较气体体积的大小, 必须在相同温度, 相同压力的条件下进行。

通常采用:  $0^{\circ}\text{C}$  的温度和1大气压(760毫米水银柱高)的压力, 叫做标准状况。

根据实验, 在标准状况下, 1升氢气重是0.0899克(即氢气的密度=0.0899克/升), 而1摩尔(1克分子)氢气的质量是2.016克, 所以1摩尔(1克分子)氢气在标准状况下所占的体积是:

$$\frac{2.016\text{克/摩尔}}{0.0899\text{克/升}} \approx 22.4\text{升/摩尔}$$

或 
$$\frac{2.016\text{克/克分子}}{0.0899\text{克/升}} \approx 22.4\text{升/克分子}$$

在标准状况下, 氧气的密度=1.429克/升, 而1摩尔(1克分子)氧气的质量是32克, 所以1摩尔(1克分子)氧气在标准状况下所占的体积是:

$$\frac{32\text{克/摩尔}}{1.429\text{克/升}} \approx 22.4\text{升/摩尔}$$

或 
$$\frac{32\text{克/克分子}}{1.429\text{克/升}} \approx 22.4\text{升/克分子}$$

在标准状况下, 1升二氧化碳气体重1.96克(或二氧化碳

气体的密度是1.96克/升)，而1摩尔(1克分子)二氧化碳的质量是44克，所以1摩尔(1克分子)二氧化碳气体在标准状况下所占的体积是：

$$\frac{44\text{克/摩尔}}{1.96\text{克/升}} \approx 22.4\text{升/摩尔}$$

或 
$$\frac{44\text{克/克分子}}{1.96\text{克/升}} \approx 22.4\text{升/克分子}$$

实践证明，在标准状况下，1摩尔(1克分子)的任何气体所占的体积都约等于22.4升。这个体积叫做气体的摩尔体积(克分子体积)。

即 在标准状况下

$$\text{气体的摩尔体积} = \frac{\text{该气体的摩尔质量(克)}}{\text{该气体的密度(克/升)}} \approx 22.4(\text{升})$$

或 
$$\text{气体的克分子体积} = \frac{\text{该气体的克分子量(克)}}{\text{该气体的密度(克/升)}} \approx 22.4(\text{升})$$

在标准状况下，气体的摩尔(克分子)体积22.4升，就相当于每边长 28.19 厘米的一个立方体的体积 (如图5—1所示)。

气态物质的分子量、摩尔质量(克分子量)、摩尔体积(克分子体积)的关系，如下表所示：

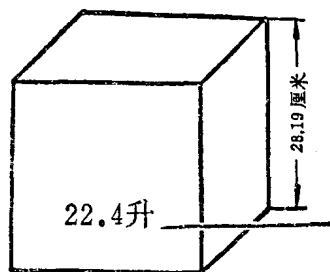


图 5—1 气体的1摩尔(1克分子)体积