

中学化学 计算题解法

陈耀根 编著

上海教育出版社

中学化学計算題解法

陈耀根編著

*

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

上海市书刊出版业营业許可証出090号

中华书局上海印刷厂印刷

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

*

开本：787×1092 1/32 印張：4 字数：89,000

1963年3月第1版 1963年3月第1次印刷

印数：1—35,000本

統一書号：7150·1383

定 价：(八)0.34元

前 言

化学計算对化学生产和科学研究都有重要的意义。同學們在学习化学的时候,都迫切地要求掌握化学計算的原理、規律及方法,以便不断地提高化学計算的技能和技巧,以便更透彻地了解所学的化学知識。为了使同學們学好化学計算,編者根据現行高中化学教学大綱的精神和高中化学課本的内容,吸取某些工农业生产上的資料,結合自己教学上的点滴經驗,写成本书,作为同學們学习化学計算的参考。虽然尽了个人的最大努力,但由于水平限制,本书定有不少缺点和錯誤,敬希讀者和老師們批評指正。

1962年6月于广州第九中学

目 录

第一章 根据分子式的计算	1
一 克原子和克分子	1
1 克原子与克的换算(1) 2 克原子与原子个数的关系(2)	
练习1	4
3 克分子与克的换算(5) 4 克分子与分子个数的关系(7) 5 克分子与克原子的关系(11)	
练习2	12
二 气体克分子体积	13
1 由气体克分子数求气体的体积(15) 2 由气体的重量求气体的体积(15) 3 由气体的体积求气体的重量(16) 4 求混和气体里成分物质的重量和体积(18) 5 标准状况与非标准状况下气体体积的换算(21)	
练习3	23
三 气体的密度和相对密度	24
1 从克分子量求气体的密度(24) 2 根据气体的已知体积和重量求密度(24) 3 根据气体分子量求相对密度(25) 4 根据密度求相对密度(27) 5 混和气体的相对密度(28)	
练习4	28
四 气态物质的分子量	29
1 从气体密度求气体分子量(29) 2 从气体的相对密度求分子量(30) 3 求混和气体的平均分子量(31)	

练习 5	31
五 元素在化合物分子里的百分含量	32
1 根据化合物分子式求元素的百分含量(33)	
2 根据化合物的重量求元素的百分含量(34)	
3 求混和物理元素的百分含量(35)	
4 求化合物里氧化物或氢化物的百分含量(36)	
5 物质的百分含量与重量的关系(39)	
练习 6	41
六 元素的原子量	42
1 已知化合物里元素的百分含量, 求元素的原子量(42)	
2 利用化学方程式求元素的原子量(44)	
练习 7	46
七 物质实验式的确定	47
1 根据元素的重量百分含量确定物质的实验式(47)	
2 根据化合物里氧化物的百分含量求物质的实验式(48)	
3 根据元素的相对重量比求物质的实验式(49)	
4 根据反应生成物的重量确定物质的实验式(50)	
练习 8	52
八 物质分子式的确定	53
1 根据气态物质的体积和重量, 确定物质的分子式(54)	
2 根据元素重量比确定物质的分子式(56)	
3 根据元素的重量百分含量确定物质的分子式(58)	
4 根据反应物与生成物的重量或体积确定物质的分子式(59)	
5 根据化学反应确定物质的分子式(62)	
练习 9	65
第二章 有关溶液的計算	67
一 溶解度	67
练习 10	69
二 物质的結晶	70

练习 11	74
三 溶液的百分比濃度	75
1 百分比濃度溶液的配制(75) 2 濃溶液的稀釋(78)	
3 不同濃度溶液的混和(80) 4 百分濃度与飽和溶液 的关系(82)	
练习 12	83
四 溶液的克分子濃度	84
1 克分子濃度溶液的制备(85) 2 濃溶液的稀釋(87)	
3 不同濃度溶液的混和(88) 4 克分子濃度与百分比 濃度的換算(89)	
练习 13	92
第三章 利用化学方程式的計算	94
一 物质重量的計算	94
1 应用克原子和克分子的計算(94) 2 直接用重量单 位的計算(96)	
二 关于气体体积的計算	98
三 应用溶液濃度的計算	103
练习 14	107
四 有关物质純度和产率的計算	108
五 反应物过量問題的計算	111
六 多步反应問題的計算	115
七 关于剩余物的計算	117
练习 15	119
附表: 重要元素的原子量	121

第一章 根据分子式的計算

分子式是用元素符号来表示物质分子里的原子种类和数目的式子。

分子式严格地反映着定組成定律，它表示成分元素間的重量比。根据分子式，可以直接計算物质的分子量，并由此作出一系列的計算。

一 克原子和克分子

在各种化学計算中，常常遇到应用克原子和克分子进行的計算。因为在計算中应用它們时，会使习题解答得准确而簡捷。所以，我們要彻底地弄清楚这两个概念，熟悉有关的計算。

克原子 用克作单位来表示元素一定的量，該量在数值上等于它的原子量时，这一定的量叫做克原子（用 G_A 来表示）。例如，铁的原子量是 55.85（氧单位），那么 1 克原子铁就等于 55.85 克；鈣的原子量是 40（氧单位），那么 1 克原子鈣就等于 40 克；等等。

(1) 克原子与克的換算

元素的克原子数和它的重量克数成正比。例如，1 克原子鈣的重量是 40 克（可表示为 40 克/克原子），那么，2 克原子鈣的重量就是：

$$40 \text{ 克/克原子} \times 2 \text{ 克原子} = 80 \text{ 克 (Ca)}$$

反过来，60 克鈣也就是：

$$60 \text{ 克} \div 40 \text{ 克/克原子} = 1.5 \text{ 克原子 (Ca)}$$

例 1 2.5 克原子硫是多少克?

解 1 单位归算法

已知硫的原子量是 32, 那么 1 克原子硫就是 32 克, 2.5 克原子硫就是:

$$32 \text{ 克/克原子} \times 2.5 \text{ 克原子} = 80 \text{ 克 (S)}$$

解 2 比例法

考虑: 1 克原子 S 重 32 克

2.5 克原子 S 重 x 克

比例式: $1:2.5 = 32:x$

$$x = \frac{2.5 \times 32}{1}$$

$$= 80 \text{ (克, S)}$$

答: 2.5 克原子硫是 80 克。

习惯上把 1 克原子任何元素的重量克数叫作**克原子量**。根据解 1 求任何元素一定克原子数的重量, 可用下述公式:

元素的重量(克数) = 克原子量 $\times$ 克原子数

例 2 100 克溴含有几个克原子溴?

解 因为溴的原子量是 80, 所以 1 克原子溴就是 80 克。
100 克溴里含有:

$$100 \text{ 克} \div 80 \text{ 克/克原子} = 1.25 \text{ 克原子 (Br)}$$

答: 100 克溴里含有 1.25 克原子溴。

根据例 2 可以作出已知元素重量克数求克原子数的公式:

克原子数 = 元素的重量(克数) $\div$ 克原子量

(2) 克原子与原子个数的关系

各种元素的克原子数相同时, 它们所含的原子个数必然相同; 反之, 具有相同原子个数的不同元素, 它们的克原子数亦必然相同。证明如下:

設金屬鎂和非金屬碳的原子個數相同（都是 n ），求證鎂與碳的克原子數相同。

證 已知鎂、碳的原子量分別是 24 和 12，可見 1 個鎂原子的重量是 1 個碳原子重量的 $2\left(\frac{24}{12}\right)$ 倍。

設 n 個碳原子等於 1 克原子碳，則 n 個碳原子的重量是 12 克（ $\because$ 碳的克原子量是 12 克）。

因為 1 個鎂原子的重量是 1 個碳原子重量的 2 倍，所以 n 個鎂原子的重量就應等於：

$$12 \text{ 克} \times 2 = 24 \text{ 克 (Mg)}$$

而 24 克鎂恰好是 1 克原子鎂（ $\because 24 \text{ 克} \div 24 \text{ 克/克原子} = 1 \text{ 克原子}$ ）。所以 n 個鎂原子是 1 克原子鎂。

這樣，我們就知道鎂和碳原子個數相同（都是 n ）時，它們的克原子數也相同（都是 1 克原子）。

我們已經知道，任何元素的 1 克原子里，所含的原子個數都相等，都等於 6.02×10^{23} 。因此，不難明白，元素的克原子量和它的原子量是有區別的，就是說克原子量是表示該元素 6.02×10^{23} 個原子的重量，而原子量僅表示該元素 1 個原子的相對重量。

例 3 2 克氮里含有多少個氮原子？

解 氮的原子量是 14，1 克原子氮是 14 克，2 克氮換算成克原子就應該是：

$$2 \text{ 克} \div 14 \text{ 克/克原子} = \frac{1}{7} \text{ 克原子 (N)}$$

因為 1 克原子氮含有 6.02×10^{23} 個氮原子，所以

$$\begin{aligned} \frac{1}{7} \text{ 克原子氮含有的氮原子數} &= 6.02 \times 10^{23} \times \frac{1}{7} \\ &= 8.6 \times 10^{22} \end{aligned}$$

答：2 克氮里含有 8.6×10^{22} 个氮原子。

正因为克原子既反映着元素的一定数目的原子，又反映着元素的一定重量，因此，从元素的重量，经过克原子，可以算出该元素的原子个数。反过来，从元素的原子个数，也可以经过克原子的途径，求出元素的重量。它们三者的关系可用下式表示：

$$\frac{\text{重量(克)}}{\text{克原子量}} \times 6.02 \times 10^{23} = \text{原子个数}$$

例 4 多少克镁所含的原子个数跟 3 克碳所含的原子个数相等？

题意分析 当镁跟碳的原子个数相等时，它们的克原子数亦必相等。如果先求出碳的克原子数，镁的克数也就可以解决了。

解 3 克碳的克原子数是：

$$3 \text{ 克} \div 12 \text{ 克/克原子} = \frac{1}{4} \text{ 克原子 (C)}$$

而 $\frac{1}{4}$ 克原子镁的重量是：

$$24 \text{ 克/克原子} \times \frac{1}{4} \text{ 克原子} = 6 \text{ 克 (Mg)}.$$

答：6 克镁跟 3 克碳的原子数目相等。

练 习 1

1. 求下列物质的重量克数：

- ① 2 克原子铁；② 4.5 克原子锌；③ $\frac{1}{5}$ 克原子氧；
④ 0.25 克原子磷。

2. 求下列物质的克原子数：

- ① 7 克氮；② 10 克钙；③ 2.4 克镁；④ 140 克硅。

3. 在 255 克氧化铝中含有几克原子铝？

4. 500 克含硫 1.6% 的煤里含有几克原子硫?

5. 求与 4000 克氧具有相同原子数目时下列各物质的重量:

① 硅的重量克数; ② 溴的重量公斤数。

6. 多少克含鋅 80% 的鋅粉里所含的鋅的原子个数跟 8 克純淨的铁所含的原子个数相等?

7. 用在測微計上的因瓦合金里含鎳 36% 和铁 64%, 問这种合金里哪种金属的原子多些?

8. 某些国家采用的金币中含 90% 的金和 10% 的銅, 銀币中含 50% 的銀和 50% 的銅。求在两种貨幣中与 1 克原子銅相对应的金和銀的重量克数。

9. 某有机体内含鈉 0.15% 和氯 0.25%。其中哪一种元素的原子数目多些?

10. 軟橡皮中約含硫 2%, 硬橡皮中約含硫 32%。問两种橡皮各 1 公斤里各含有几克原子硫?

克分子 用克作单位来表示物质一定的量, 該量在数值上等于物质的分子量时, 这个一定量叫做物质的**克分子**(用 *GM* 来表示)。例如, H_2SO_4 的分子量是 98 (氧单位), 那么 1 克分子硫酸就是 98 克; $NaOH$ 的分子量是 40 (氧单位), 那么 1 克分子氫氧化鈉就是 40 克; 等等。

1 克分子的任何物质所具有的重量克数, 习惯上叫做**克分子量**。一般可用下列形式来表示, 例如硫酸和氫氧化鈉的克分子量分别是 98 克/克分子和 40 克/克分子。

(3) 克分子与克的換算

物质的克分子数和它的重量克数是按正比例增大或減小的。例如, 1 克分子硫酸的重量是 98 克, 那么, 2 克分子硫酸的重量就是 196 克; $\frac{1}{2}$ 克分子硫酸的重量就是 49 克。

由此可見, 物质的重量克数, 等于物质的克分子量和它的克

分子数的乘积。

物质重量(克数) = 克分子量 × 克分子数

例 5 0.5 克分子氢氧化钠是多少克?

解 NaOH 的分子量是 40, 1 克分子氢氧化钠的重量就是 40 克。那么 0.5 克分子氢氧化钠的重量就应该是:

$$40 \text{ 克/克分子} \times 0.5 \text{ 克分子} = 20 \text{ 克}$$

答: 0.5 克分子氢氧化钠是 20 克。

例 6 32.8 克硝酸钙是几克分子?

解 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 的分子量是 164, 所以 1 克分子硝酸钙的重量是 164 克。那么 32.8 克硝酸钙的克分子数就应该是:

$$32.8 \text{ 克} \div 164 \text{ 克/克分子} = 0.2 \text{ 克分子}$$

答: 32.8 克硝酸钙是 0.2 克分子。

如果已知的物质的重量单位不是克, 而是其他单位的话, 当确定克分子数时, 必须把这个重量单位化为克, 然后再计算克分子数。

例 7 1 吨含 90% 碳酸钙的大理石里有几克分子碳酸钙?

解 ① 求大理石里含有碳酸钙的重量克数。

$$\because 1 \text{ 吨} = 1,000,000 \text{ 克}$$

$\therefore$ 1 吨含 90% 碳酸钙的大理石里有碳酸钙:

$$1,000,000 \text{ 克} \times 90\% = 900,000 \text{ 克}$$

② 求碳酸钙的克分子数。

$$900,000 \text{ 克} \div 100 \text{ 克/克分子} = 9,000 \text{ 克分子}$$

答: 1 吨含 90% 碳酸钙的大理石里有 9,000 克分子碳酸钙。

其实, 如果我们很好理解了克分子和克的关系, 一步就可以算出。算法如下。

$$(1,000,000 \text{ 克} \times 90\%) \div 100 \text{ 克/克分子} = 9,000 \text{ 克分子}$$

在上例中,我們是从物质的百分率計算物质的重量,有时我們也从物质的比重計算它的重量,特别是在有关溶液的計算中。物质的**比重**,是指該物质 1 立方厘米 (1 毫升) 的重量克数。这种关系可用通式表示为:

$$\text{比重 (克重/厘米}^3\text{)} = \frac{\text{物质的重量 (克数)}}{\text{物质的体积 (立方厘米数)}}$$

对于溶液来說,上面的关系可表示为:

$$\text{比重 (克重/毫升)} = \frac{\text{溶液的重量 (克数)}}{\text{溶液的体积 (毫升数)}}$$

下例是由比重求物质的克分子数。

例 8 200 毫升比重是 1.84 含 98% 硫酸的溶液里含有几克分子硫酸?

解 計算步骤:先从比重求出溶液的重量克数,然后从溶液的重量克数与所含溶质的百分数的关系求出溶质的重量克数,再根据該重量克数求出克分子数。現分步解答如下:

① 求溶液的重量克数。

比重 1.84 意思是 1 毫升液体重 1.84 克,因而 200 毫升硫酸溶液的重量是:

$$1.84 \text{ 克/毫升} \times 200 \text{ 毫升} = 368 \text{ 克}$$

② 368 克硫酸溶液里含硫酸的重量是:

$$368 \text{ 克} \times 98\% = 360.64 \text{ 克}$$

③ 360.64 克硫酸的克分子数是:

$$360.64 \text{ 克} \div 98 \text{ 克/克分子} = 3.68 \text{ 克分子}$$

答: 200 毫升比重是 1.84 含 98% 硫酸的溶液里含有 3.68 克分子硫酸。

(4) 克分子与分子个数的关系

具有相同克分子数的固态或液态物质,它們的重量和体积

是不相等的,这是由于它们的分子量、比重等不相同的缘故。可是它们所含的分子个数却是相等的。证明如下:

设碳酸钙和氢氧化钠的分子数目相同(都是 n),求证碳酸钙和氢氧化钠的克分子数也相同。

证 已知 CaCO_3 、 NaOH 的分子量分别是 100 和 40, 可知碳酸钙的一个分子比氢氧化钠的一个分子重 $2.5 \left(\frac{100}{40} \right)$ 倍。

设 n 个氢氧化钠分子等于 1 克分子氢氧化钠, 那么 n 个分子氢氧化钠的重量是 40 克($\because$ 1 克分子氢氧化钠重 40 克)。

因为碳酸钙的 1 个分子比氢氧化钠的一个分子重 2.5 倍, 所以 n 个分子碳酸钙的重量就是 n 个分子氢氧化钠重量的 2.5 倍:

$$40 \text{ 克} \times 2.5 = 100 \text{ 克}$$

而 100 克碳酸钙刚好是 1 克分子碳酸钙 ($\because$ 100 克 $\div$ 100 克/克分子 = 1 克分子)。

因此, 碳酸钙和氢氧化钠的分子个数相同时(均为 n), 它们的克分子数也相同(1 克分子)。

我们已经知道, 任何物质的 1 克分子里, 所含的分子个数都相等, 都等于 6.02×10^{23} 。

因此, 不难明白, 物质的克分子量和它的分子量是有区别的, 就是说, 克分子量是表示该物质 6.02×10^{23} 个分子的重量, 而分子量仅表示该物质 1 个分子的相对重量。

例 9 26.4 克硫酸铵里含有多少个分子?

解 先求出 26.4 克硫酸铵的克分子数, 再求它的分子个数。已知 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的分子量是 132。

26.4 克硫酸铵的克分子数是:

$$26.4 \text{ 克} \div 132 \text{ 克/克分子} = 0.2 \text{ 克分子}$$

1 克分子硫酸铵里含有 6.02×10^{23} 个分子，因此 0.2 克分子硫酸铵里含有的分子个数就是：

$$6.02 \times 10^{23} \times 0.2 = 1.204 \times 10^{23}$$

答：26.4 克硫酸铵里含有 1.2×10^{23} 个分子。

正因为克分子反映物质一定数目分子的重量，因此从物质的重量经过克分子可算出该物质的分子个数。反过来，从物质的分子个数也可经过克分子的途径求出物质的重量。

例 10 我国用合成法生产的醋酸，浓度达 98%。问在多少克这种醋酸里含有 8.6×10^{20} 个醋酸分子？

解 ① 1 克分子醋酸里含有 6.02×10^{23} 个醋酸分子；所以，含有 8.6×10^{20} 个醋酸分子时，醋酸的克分子数是：

$$\frac{8.6 \times 10^{20}}{6.02 \times 10^{23}} = 0.00143 (\text{克分子})$$

② CH_3COOH 的分子量是 60，1 克分子醋酸是 60 克；所以，0.00143 克分子醋酸的重量是：

$$60 \text{ 克/克分子} \times 0.00143 \text{ 克分子} = 0.0858 \text{ 克}$$

③ 98% 醋酸的重量就是：

$$0.0858 \text{ 克} \div 98\% = 0.0875 \text{ 克}$$

答：0.0875 克 98% 的醋酸里含有 8.6×10^{20} 个醋酸分子。

例 11 多少克亚硫酸酐 (SO_2) 与 49 克硫酸具有相同的分子个数？

题意分析 只有当亚硫酸酐与硫酸的克分子数相同时，它们所含的分子个数才会相等。因此，应该先求出硫酸的克分子数，然后再按相同的克分子数求亚硫酸酐的重量克数。

今用三种方法解答如下：

解 1 49 克 H_2SO_4 的克分子数是：

$$49 \text{ 克} \div 98 \text{ 克/克分子} = 0.5 \text{ 克分子} (\text{H}_2\text{SO}_4)$$

显然,当亚硫酸也是 0.5 克分子时才能具有与 49 克硫酸相同的分子个数。

因此,0.5 克分子亚硫酸的重量就是:

$$64 \text{ 克/克分子} \times 0.5 \text{ 克分子} = 32 \text{ 克} (\text{SO}_2)$$

解 2 已知 49 克 H_2SO_4 是 $\frac{49}{98}$ 克分子。

设 x 为 SO_2 的重量克数,则 SO_2 的克分子数就是 $\frac{x}{64}$ 。

因为克分子数相同时,它们具有的分子个数相等,所以

$$\frac{49}{98} = \frac{x}{64}$$

$$x = \frac{49 \times 64}{98} = 32 \text{ (克, } \text{SO}_2\text{)}$$

解 3 从硫酸与亚硫酸的分子量比较,可知 1 个分子的亚硫酸是 1 个分子硫酸的 $\frac{64}{98}$ 倍。当它们的分子个数相同时,硫酸的重量是 49 克,亚硫酸的重量就应该是 49 克的 $\frac{64}{98}$ 倍:

$$49 \text{ 克} \times \frac{64}{98} = 32 \text{ 克} (\text{SO}_2)$$

答: 32 克亚硫酸与 49 克硫酸具有相同的分子个数。

例 12 在过磷酸钙肥料中,含有 46.24% 的磷酸二氢钙和 53.76% 的硫酸钙。问在过磷酸钙肥料中,哪种物质的分子个数多些?

题意分析 要比较它们分子个数的多少,就要根据它们在混和物里的百分含量找出它们的克分子数作比较。为简便起见,取这种肥料 100 克来计算。依题意,100 克肥料里有

磷酸二氢钙 46.24 克和硫酸钙 53.76 克。

解 已知 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 和 CaSO_4 的分子量分别是 234 和 136, 1 克分子磷酸二氢钙和 1 克分子硫酸钙的重量分别是 234 克和 136 克。所以磷酸二氢钙的克分子数是:

$$46.24 \text{ 克} \div 234 \text{ 克/克分子} = 0.197 \text{ 克分子}$$

硫酸钙的克分子数是:

$$53.76 \text{ 克} \div 136 \text{ 克/克分子} = 0.395 \text{ 克分子}$$

因此, 硫酸钙的克分子数大于磷酸二氢钙的克分子数, 就是硫酸钙的分子数多于磷酸二氢钙的分子数。

答: 在过磷酸钙肥料里, 硫酸钙的分子数目大些。

(5) 克分子与克原子的关系

物质的分子是由元素的原子组成的。例如水的分子是由 2 个氢原子和 1 个氧原子组成的, 分子式是 H_2O 。那么 1 克分子水就应由 2 克原子氢和 1 克原子氧所组成。这是因为 1 克分子水里有 6.02×10^{23} 个分子, 那么, 其中就必然有 $[(6.02 \times 10^{23}) \times 2]$ 个氢原子和 $[(6.02 \times 10^{23}) \times 1]$ 个氧原子; 然而每 6.02×10^{23} 个原子就是 1 克原子, 因此在 1 克分子水里有 2 克原子氢和 1 克原子氧。可以看到, 在 1 克分子水里氢和氧的克原子数刚好是水的分子式 (H_2O) 里氢和氧的原子个数。由此可以得出, 1 克分子的任何物质里所含元素的克原子数, 等于该物质分子式中元素的原子个数。例如, 在 1 克分子 K_2CO_3 中, 含有 2 克原子钾, 1 克原子碳和 3 克原子氧。由此可以算出在 1 克分子 K_2CO_3 里有:

$$\text{K: } 39 \text{ 克/克原子} \times 2 \text{ 克原子} = 78 \text{ 克}$$

$$\text{C: } 12 \text{ 克/克原子} \times 1 \text{ 克原子} = 12 \text{ 克}$$

$$\text{O: } 16 \text{ 克/克原子} \times 3 \text{ 克原子} = 48 \text{ 克} \quad (+$$

$$\therefore 1 \text{ 克分子 } \text{K}_2\text{CO}_3 \text{ 的重量就是 } 138 \text{ 克}$$