

中学化学计算指导

赵仰祚 秦继圣 编著



广西师范大学出版社

中学化学计算指导

赵仰祚 秦继圣 编著

广西师范大学出版社

中学化学计算指导

赵仰祚 秦继圣 编著



广西师范大学出版社出版

(广西桂林市育才路8号)

广西新华书店发行

广西全州印刷厂印刷



开本787×1092 1/32 印张8.375 字数181千字

1989年1月第1版 1989年1月第1次印刷

印数: 00001—10000

ISBN7-5633-0323-5/G·290

定价: 2.20元

前 言

通过化学计算，可以从量的方面理解物质及其变化规律，并获得化学计算的基本技能。

本书以现行中学化学教材、全日制中学化学教学大纲为依据，系统地讨论了中学化学计算的有关内容，其中有些章节内容是以前出版的化学计算书中所没有的。全书共分六章，每一章节内容除介绍计算原理和计算公式外，都精选有适量的例题和练习题。所精选的例题具有典型性和广泛性，且解题方法新颖，并把近几年杂志上发表的一些新的解题方法引入本书。

本书可作为中学生提高化学计算解题能力和计算技能的课外读物，亦可供自学青年学习和中学化学教师参考。

本书承蒙广西师大化学系薛万川教授认真审阅，并提出不少宝贵意见，在此表示衷心感谢。

限于编者水平，书中错误一定不少，恳请读者批评指正。

编者

一九八八年八月

目 录

第一章 化学基本量的计算	(1)
第一节 摩 尔.....	(1)
练习一.....	(6)
第二节 当量及克当量.....	(7)
练习二.....	(16)
第三节 原子量.....	(18)
练习三.....	(26)
第二章 气体的计算	(28)
第一节 气体摩尔体积.....	(28)
练习四.....	(37)
第二节 理想气体状态方程式.....	(39)
练习五.....	(45)
第三章 分子量和分子式的计算	(47)
第一节 求物质的分子量.....	(48)
练习六.....	(53)
第二节 求混和气体的平均分子量.....	(54)
练习七.....	(60)
第三节 应用平均分子量的计算.....	(61)
练习八.....	(68)
第四节 求物质的分子式.....	(69)
练习九.....	(81)
第五节 根据分子式的计算.....	(84)
练习十.....	(92)

第四章 溶解度和溶液浓度的计算	(94)
第一节 溶解度.....	(94)
练习十一.....	(104)
第二节 质量百分比浓度.....	(106)
练习十二.....	(121)
第三节 ppm浓度和体积比浓度.....	(123)
练习十三.....	(128)
第四节 摩尔浓度.....	(129)
练习十四.....	(142)
第五节 当量浓度.....	(144)
练习十五.....	(156)
第五章 根据化学方程式的计算	(160)
第一节 基本计算.....	(161)
练习十六.....	(168)
第二节 不纯物的计算.....	(170)
练习十七.....	(176)
第三节 混和物反应的计算.....	(178)
练习十八.....	(189)
第四节 过量问题的计算.....	(192)
练习十九.....	(199)
第五节 多步反应的计算.....	(201)
练习二十.....	(205)
第六节 产率和原料利用率的计算.....	(206)
练习二十一.....	(211)
第七节 热化学方程式的计算.....	(212)
练习二十二.....	(217)
第八节 部分氧化-还原反应的计算.....	(218)

第九节	有两个可能答案的计算.....	(221)
第十节	电解的有关计算.....	(225)
	练习二十三.....	(230)
第六章	化学平衡和电离平衡的计算.....	(232)
第一节	化学平衡.....	(232)
	练习二十四.....	(240)
第二节	电离度和电离常数.....	(243)
	练习二十五.....	(250)
第三节	溶液pH值的计算.....	(251)
	练习二十六.....	(260)

第一章 化学基本量的计算

在各种化学计算中，常常用到一些化学基本量，如摩尔、原子量、当量和克当量等等。了解和掌握这些基本量的意义及其计算方法，对于进一步学好化学基础知识和基本计算具有重要的作用。因此，有关化学基本量的计算是化学计算的基础。

本章将分三节介绍摩尔、当量和克当量、原子量等基本量的计算。

第一节 摩 尔

摩尔是表示物质质量的单位。某物质如果含有阿佛加德罗常数个微粒，这种物质的量就是1摩尔。这里的微粒是指原子、分子、电子、离子等。

阿佛加德罗常数的数值是 6.02×10^{23} 。摩尔具有双重含义：它既表示物质的微粒数又表示物质的质量。如：

1摩尔Fe原子，既表示铁原子的个数是 6.02×10^{23} 个，又表示铁的质量是56克；

1摩尔H₂O分子，既表示H₂O的分子个数是 6.02×10^{23} 个，又表示H₂O的质量是18克；

1摩尔Cl⁻离子，既表示Cl⁻离子是 6.02×10^{23} 个，又表示Cl⁻的质量是35.5克。

由上述可知，1摩尔任何原子的质量就是以克为单位。

数值上等于该种原子的原子量；1摩尔任何分子的质量，以克为单位，数值上等于该种分子的分子量；1摩尔任何离子的质量，以克为单位，数值上等于该种离子的式量。

一、物质的量（摩尔）与物质质量间的换算

1摩尔物质的质量通常叫做该物质的摩尔质量，摩尔质量的单位是“克/摩尔”。物质的量、物质的质量和摩尔质量之间的关系可以用下式表示：

$$\text{物质的量 (摩尔)} = \frac{\text{物质的质量 (克)}}{\text{摩尔质量 (克/摩尔)}}$$

例1 45克水相当于多少摩尔水分子？

解 水的分子量是18，水的摩尔质量是18克/摩尔。

$$\frac{45 \text{ 克}}{18 \text{ 克/摩尔}} = 2.5 \text{ 摩尔}$$

答：45克水相当于2.5摩尔水，也可以说45克水所含的摩尔数是2.5。

例2 (1) 8摩尔NaOH的质量是多少克？

(2) 20克NaOH是多少摩尔？

解 (1) NaOH的摩尔质量是40克/摩尔

$$40 \text{ 克/摩尔} \times 8 \text{ 摩尔} = 320 \text{ 克}$$

$$(2) \frac{20 \text{ 克}}{40 \text{ 克/摩尔}} = 0.5 \text{ 摩尔}$$

答：(1) 8摩尔NaOH的质量是320克；(2) 20克NaOH所含的摩尔数是0.5。

例3 98%的浓H₂SO₄（密度1.84克/毫升）100毫升中含有H₂SO₄多少摩尔？

解 100毫升浓 H_2SO_4 中含纯 H_2SO_4 : $(100 \times 1.84 \times 98\%)$ 克; H_2SO_4 的摩尔质量是 98 克/摩尔。

$$\frac{(100 \times 1.84 \times 98\%) \text{克}}{98 \text{克/摩尔}} = 1.84 \text{摩尔}$$

答: 100毫升98%的浓 H_2SO_4 中含有纯 H_2SO_4 1.84摩尔。

例 4 2.5摩尔铁原子的质量是多少克?

解 铁的原子量是 56, 铁的摩尔质量是 56 克/摩尔。

2.5摩尔铁的质量 = 56 克/摩尔 $\times$ 2.5 摩尔 = 140 克

答: 2.5摩尔铁原子的质量是 140 克。

二、物质的量与物质微粒数间的关系

根据摩尔的概念可知, 1 摩尔任何物质中所含该种物质的微粒数都是 6.02×10^{23} 个。因此, 物质的量与物质微粒数间关系可用下式表示:

$$\text{物质的量(摩尔)} = \frac{\text{物质的微粒数(个)}}{6.02 \times 10^{23} \text{(个/摩尔)}}$$

例 5 (1) 18.06×10^{23} 个水分子是多少摩尔?

(2) 90 克水中含有多少个水分子?

解 (1) $\frac{18.06 \times 10^{23} \text{(个)}}{6.02 \times 10^{23} \text{(个/摩尔)}} = 3 \text{ 摩尔}$

(2) 90 克水中含水的摩尔数为:

$$\frac{90 \text{克}}{18 \text{克/摩尔}} = 5 \text{ 摩尔}$$

因为 1 摩尔水中含有 6.02×10^{23} 个水分子, 所以 90 克水中所含的水分子数为:

$$6.02 \times 10^{23} \times 5 = 3.01 \times 10^{24} \text{(个)}$$

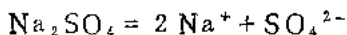
答: 18.06×10^{23} 个水分子是 3 摩尔, 90 克水中含有 3.01×10^{24} 个水分子。

例 6 14.2 克 Na_2SO_4 溶于水能电离出多少个离子?

解 Na_2SO_4 的摩尔质量是 142 克/摩尔, 14.2 克 Na_2SO_4 的摩尔数为

$$\frac{14.2 \text{ 克}}{142 \text{ 克/摩尔}} = 0.1 \text{ 摩尔}$$

Na_2SO_4 的电离方程式为:



即 1 摩尔 Na_2SO_4 能电离出 3 摩尔离子, 14.2 克 Na_2SO_4 能电离出的离子数为:

$$0.1 \text{ 摩尔} \times 3 \times 6.02 \times 10^{23} \text{ 个/摩尔} = 1.806 \times 10^{23} \text{ 个}$$

答: 14.2 克 Na_2SO_4 溶于水能电离出 1.806×10^{23} 个离子。

例 7 73 克 HCl 中含有多少摩尔电子? 含有多少个电子?

解 HCl 的摩尔质量为 36.5 克/摩尔, 73 克 HCl 的摩尔数为:

$$\frac{73 \text{ 克}}{36.5 \text{ 克/摩尔}} = 2 \text{ 摩尔}$$

氢的原子序数为 1, 氯的原子序数为 17。因此, 1 摩尔 HCl 中含有 18 摩尔电子, 所以 73 克 HCl 中含电子的摩尔数为:

$$2 \text{ 摩尔} \times 18 = 36 \text{ 摩尔}$$

因为 1 摩尔电子是 6.02×10^{23} 个电子。

$$\therefore 6.02 \times 10^{23} \text{ 个/摩尔} \times 36 \text{ 摩尔} = 2.1672 \times 10^{25} \text{ 个}$$

答: 73 克 HCl 中含有 36 摩尔电子, 即 2.1672×10^{25} 个

电子。

例 8 多少克 CO_2 与 16 克 O_2 有相同数目的分子？

解 因为摩尔数相等时所含的分子个数相等。

已知 16 克 O_2 的摩尔数为：
$$\frac{16 \text{ 克}}{32 \text{ 克/摩尔}} = 0.5 \text{ 摩尔}$$

那么 0.5 摩尔 CO_2 的质量为：

$$44 \text{ 克/摩尔} \times 0.5 \text{ 摩尔} = 22 \text{ 克}$$

答：22 克 CO_2 与 16 克 O_2 有相同数目的分子。

三、摩尔分子及其所含摩尔原子的关系

分子由原子组成，所以物质所含分子的摩尔数与所含原子的摩尔数间有着定量关系。如 1 摩尔 H_2SO_4 中含有 2 摩尔氢原子、1 摩尔硫原子、4 摩尔氧原子。由此可知，1 摩尔任何分子所含元素的原子的摩尔数，在数值上等于该物质的 1 个分子里所含元素的原子个数。

例 9 0.5 摩尔高锰酸钾里有多少摩尔氧原子？有多少个氧原子？氧元素的质量是多少？

解 $\because$ 1 摩尔 KMnO_4 中含有 4 摩尔氧原子

$\therefore$ 0.5 摩尔 KMnO_4 中含有 $0.5 \times 4 = 2$ 摩尔氧原子。

所含氧原子的个数为：

$$6.02 \times 10^{23} \text{ 个/摩尔} \times 2 \text{ 摩尔} = 12.04 \times 10^{23} \text{ 个。}$$

氧元素的质量为：

$$16 \text{ 克/摩尔} \times 2 \text{ 摩尔} = 32 \text{ 克}$$

答：0.5 摩尔高锰酸钾里有 2 摩尔氧原子，即 12.04×10^{23} 个氧原子，其质量为 32 克。

例 10 多少克硝酸铵与 39.5 克碳酸氢铵所含的氮原子个数相等？

解 NH_4HCO_3 的摩尔质量是79克/摩尔, 39.5克
 NH_4HCO_3 的摩尔数为: $\frac{39.5\text{克}}{79\text{克/摩尔}} = 0.5\text{摩尔}$

$\therefore$ 1摩尔 NH_4HCO_3 中含有 1 摩尔氮原子

$\therefore$ 0.5摩尔 NH_4HCO_3 中含有 0.5摩尔氮原子

而 1摩尔 NH_4NO_3 中含有 2 摩尔氮原子

故 0.25摩尔 NH_4NO_3 中含有 0.5摩尔氮原子

所求 NH_4NO_3 的质量为:

$$80\text{克/摩尔} \times 0.25\text{摩尔} = 20\text{克}$$

答: 20克硝酸铵与39.5克碳酸氢铵所含的氮原子个数相等。

练 习 一

1、求下列各物质的摩尔原子数及原子个数:

(1) 2克氢 (2) 9.6克镁 (3) 8克氧

[(1) 2 mol, 12.04×10^{23} 个原子; (2) 0.4 mol, 2.408×10^{23} 个原子; (3) 0.5 mol, 3.01×10^{23} 个原子。]

2、求下列各物质的摩尔数及分子个数:

(1) 24.5克硫酸 (2) 16克氧气 (3) 66克
二氧化碳 [(1) 0.25 mol, 1.505×10^{23} 个分子;

(2) 0.5 mol, 3.01×10^{23} 个分子; (3) 1.5 mol, 9.03×10^{23} 个分子]

3、求下列各物质的质量 (克):

(1) 0.5摩尔钠 (2) 1.5摩尔氢氧化钠

(3) 0.25摩尔氧原子 (4) 2.5摩尔氧分子

[(1) 11.5克; (2) 60克; (3) 4克; (4) 80克]

4、0.5摩尔氯酸钾里有多少摩尔氧原子？有多少个氧原子？有多少克？

[1.5 mol, 9.03×10^{23} 个, 24 克]

5、200毫升98%浓 H_2SO_4 （密度1.84克/毫升）中含有 H_2SO_4 多少摩尔？ [3.68 mol]

6、多少克 SO_2 与22克 CO_2 有相同的分子数目？

[32 克]

7、87克硫酸钾溶于水能电离出多少个离子？

[9.03×10^{23} 个]

8、0.5摩尔硫酸里含有多少个电子？

[150.5×10^{23} 个]

9、比较下列物质的分子个数（用计算回答）

（1）1克氢气跟10克氧气的分子数哪个多？

（2）100克 H_2SO_4 跟100克HCl的分子数哪个多？

（3）20克CO和20克 N_2 的分子数哪个多？

〔（1）氢气多；（2）HCl多；（3）相同〕

10、多少克氯化铵与2.5摩尔尿素 $[CO(NH_2)_2]$ 所含的氮原子个数相等？ [267.5 克]

第二节 当量及克当量

当量是物质之间发生化学反应时彼此相当的质量。例如：35.5份氯能跟1份氢完全作用，氯的当量就是35.5，氢的当量就是1；40份氢氧化钠与49份硫酸完全反应，它们彼此相当，氢氧化钠的当量就是40，硫酸的当量就是49。依此类推，可以找出所有元素和化合物的当量。

物质的当量用克作单位表示时叫做克当量，例如NaOH

的当量是40，它的克当量就是40克。

物质的当量用毫克作单位表示时叫做毫克当量。

1 克当量 = 1000 毫克当量

当量有元素的当量，有酸、碱、盐的当量，有氧化物的当量等。

一、元素的当量

规定氢元素的当量为 1，氧元素的当量为 8。凡与 1 份质量的氢元素或 8 份质量的氧元素作用所需某元素的质量份数即该元素的当量。由下列公式可计算出元素的当量：

$$\text{元素的当量} = \frac{\text{元素的原子量}}{\text{元素的化合价}}$$

$$\text{元素的克当量} = \frac{1 \text{ 摩尔原子的质量}}{\text{元素的化合价}}$$

例 1 48 克镁能与 32 克氧完全化合生成氧化镁，求镁元素的当量及克当量。

解 设镁元素的当量为 E 。

$$\frac{48}{32} = \frac{E}{8}$$

解之 $E = 12$

答：镁元素的当量为 12，其克当量为 12 克。

例 2 试求铜与硫反应及铜与氯气反应时铜的当量。

解 元素在不同的反应中表现不同的化合价时，则该元素有不同的当量。



在上述第一个反应中 Cu 表现为 + 1 价，故铜元素的当

量 = $\frac{63.5}{1} = 63.5$; 在第二个反应中铜表现为 + 2 价, 故铜元

素的当量 = $\frac{63.5}{2} = 31.75$ 。

答: 铜与硫反应及铜与氯气反应时, 铜的当量分别为 63.5 和 31.75。

例 3 某主族元素 R , 其最高氧化物为 R_2O_5 , R 的原子量为 74.92, 求元素 R 在最高氧化物中的当量。

解 元素 R 的最高氧化物为 R_2O_5 , 所以它的最高正价为 +5 价, 故元素 R 在最高氧化物中的当量 = $\frac{74.92}{5} = 14.984$ 。

答: 元素 R 在其最高氧化物中的当量为 14.984。

二、氧化物的当量

当氧化物与酸或碱反应时, 可依下列公式求其克当量:

氧化物的当量 = $\frac{\text{氧化物的分子量}}{1 \text{ 分子氧化物结合 } H^+ \text{ (或 } OH^-) \text{ 数}}$

氧化物的克当量 = $\frac{1 \text{ 摩尔氧化物的质量}}{1 \text{ 摩尔氧化物结合 } H^+ \text{ (或 } OH^-) \text{ 的摩尔数}}$

例如: $SO_2 + 2OH^- = SO_3^{2-} + H_2O$

SO_2 的克当量 = $\frac{64}{2} = 32$ (克)

$CaO + 2H^+ = Ca^{2+} + H_2O$

CaO 的克当量 = $\frac{56}{2} = 28$ (克)

三、酸、碱、盐的当量

$$\text{酸的当量} = \frac{\text{酸的分子量}}{1 \text{ 分子酸中参加反应的H}^+ \text{数}}$$

$$\text{碱的当量} = \frac{\text{碱的分子量}}{1 \text{ 分子碱中参加反应的OH}^- \text{数}}$$

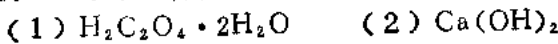
$$\text{盐的当量} = \frac{\text{盐的分子量}}{\text{盐分子中正价（或负价）总数}}$$

$$\text{物质的克当量数} = \frac{\text{物质的质量(克)}}{\text{该物质的克当量}}$$

$$\text{或} \quad n = \frac{W}{E}$$

这里要特别注意的是，克当量（ E ）与克当量数（ n ）是两个不同的概念。前者是质量单位，后者是数值。

例4 求下列各物质的当量：



解 (1) 草酸晶体当量 = $\frac{126}{2} = 63$

(2) 氢氧化钙当量 = $\frac{74}{2} = 37$

(3) 硫酸铝当量 = $\frac{342}{2 \times 3} = 57$

(4) 碳酸钙当量 = $\frac{100}{2} = 50$

例5 求下列各物质的克当量数：



解 (1) H_2SO_4 的克当量是49克。因此，24.5克 H_2SO_4 的克当量数是：