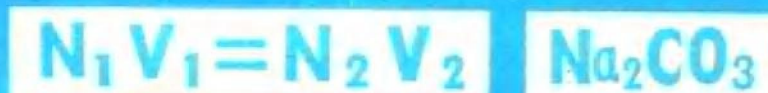
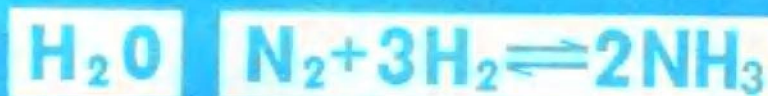


基础化学 计 算

余明才 房锦棠 编



教育科学出版社

基础化学计算

余明才 房锦棠 编著

教育科学出版社

一九八二年·北京

内 容 提 要

本书系统地介绍了普通化学计算知识和有关的基础知识, 书的内容按全国通用中学化学教材编写, 并在此基础上适当地加深加宽。全书共分十章, 编入例题 274 道, 习题 315 道, 选编时兼顾到多种类型和多种解题方法。文字简明扼要, 通俗易懂, 内容由浅入深, 循序渐进, 书后还附有习题答案。

本书为中学化学教师提供了丰富的备课资料, 同时也为中学化学课内外演算练习, 提供了大量例题和习题, 很有实用价值, 适合中学教师教学参考和学生课内课外学习参考。

基础化学计算

余明才 房锦棠 编著

*

教育科学出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

开本 787×1092 毫米 1/32 印张 10.75 插页 1 字数 239,000

1982 年 1 月第 1 版 1982 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—70,000 册

书号: 7232·86 定价: 1.00 元

前 言

本书意在比较系统地介绍普通化学的计算知识和有关的基础知识。本书共计十章,编入例题 274 个,习题 315 个。编选内容,以全国通用中学化学教材为基础,适当加深加宽。一些提高性的内容例如第八章电化学基础、第九章热力学基础和其它章节中的部分内容,是为了适应中学化学教学的现实需要,并考虑到中学化学教学的发展趋势而编入的初步知识。编选例题和习题时,注意兼顾到各种类型和多种解题方法。文字叙述力求简明扼要,通俗易懂,由浅入深,循序渐进,便于阅读。书末附有习题答案。

本书可供中学化学教师参考,也可作为高等师范院校、广播电视大学化学系(科)低年级学生以及自学青年的辅助读物。

本书曾请西北师范学院化学系郑载兴教授、兰州大学化学系马泰儒讲师、兰州一中特级教师刘鸿勋以及北京、兰州有关学校的王家骏、孙贵恕、王惠蓉、程国清等老师审阅并提出许多宝贵意见。对此我们表示衷心感谢。由于编者水平和经验所限,书中难免有缺点、错误,竭诚希望同志们批评指正。

余明才 房锦棠

1981年11月

目 录

第一章 化学式	(1)
第一节 实验式.....	(1)
一、根据成分元素的质量百分含量确定物质的实验式.....	(1)
二、根据物质里氧化物的质量百分含量 确定物质的实验式.....	(2)
三、根据成分元素的质量比确定物质的实验式.....	(3)
四、根据成分元素的质量确定物质的实验式.....	(3)
第二节 确定分子式 推导结构式.....	(6)
第三节 根据分子式的计算.....	(22)
一、由分子式计算物质的分子量.....	(22)
二、由分子式计算各成分元素在化合物里的质量比.....	(22)
三、由分子式计算化合物里某元素的质量百分含量.....	(23)
四、由分子式计算一定质量的化合物里 所含某元素的质量.....	(24)
第二章 摩 尔	(26)
第一节 摩尔质量.....	(26)
第二节 气体的摩尔体积.....	(31)
第三节 当量和克当量.....	(36)
一、元素的当量.....	(37)
二、酸、碱、盐、氧化物的当量.....	(41)
三、氧化剂、还原剂的当量.....	(44)
第三章 气态物质的特性	(49)
第一节 理想气体定律.....	(49)

一、气体体积和压强的关系·····	(49)
二、气体体积与温度的关系·····	(50)
三、气体压强与温度的关系·····	(52)
四、理想气体的状态方程式·····	(53)
第二节 混和气体·····	(61)
第三节 气体的密度·····	(67)
一、纯气体的密度·····	(67)
二、相对密度·····	(68)
三、混和气体的密度·····	(70)
第四节 求算气态物质的分子量·····	(72)
一、根据标准状况下气体密度求分子量·····	(72)
二、根据气体的相对密度求分子量·····	(74)
三、用气态方程式求非标准状况下气体的分子量·····	(74)
第四章 溶 液 ·····	(77)
第一节 溶解度·····	(77)
一、根据饱和溶液中溶质和溶剂的质量 求物质的溶解度·····	(78)
二、根据一定温度下某物质的溶解度 求饱和溶液中溶质或溶剂的含量·····	(79)
三、当改变饱和溶液中溶剂的含量或改 变温度时,求溶质的溶解量或析晶量·····	(80)
四、关于结晶水合物的溶解度和析晶计算·····	(84)
第二节 质量百分比浓度·····	(91)
一、百分比浓度和溶质、溶剂质量之间的相互换算·····	(91)
二、百分比浓度和溶解度之间的相互换算·····	(95)
三、用结晶水合物配制的溶液和化学反 应中溶液浓度的有关计算·····	(97)
四、混和溶液·····	(100)
第三节 摩尔浓度·····	(107)

一、摩尔浓度的有关计算·····	(108)
二、摩尔浓度和百分比浓度的相互换算·····	(110)
三、溶液摩尔浓度的改变·····	(112)
四、根据化学方程式进行有关摩尔浓度的计算·····	(115)
第四节 当量浓度·····	(121)
一、有关当量浓度的计算·····	(121)
二、溶液当量浓度的改变·····	(122)
三、当量浓度与百分比浓度、摩尔浓度 以及溶解度的相互换算·····	(125)
四、化学反应中当量浓度的计算·····	(127)
第五节 稀溶液的依数性·····	(131)
一、溶液的蒸气压下降·····	(132)
二、溶液的沸点升高·····	(132)
三、溶液的凝固点下降·····	(133)
四、稀溶液依数性的应用·····	(133)
第五章 根据化学方程式的计算·····	(137)
第一节 关于反应物和生成物质量的计算·····	(137)
一、一般的计算步骤·····	(137)
二、反应物非等当量的计算·····	(141)
三、多步反应的计算·····	(144)
第二节 非纯物质的计算·····	(147)
一、反应物或生成物含有杂质的计算·····	(148)
二、反应物百分含量的计算·····	(150)
三、关于产率和原料利用率的计算·····	(154)
第三节 有关气体体积的计算·····	(158)
第六章 化学反应速度和化学平衡·····	(166)
第一节 化学反应速度·····	(166)
一、温度对化学反应速度的影响·····	(167)
二、浓度对化学反应速度的影响·····	(167)

三、催化剂对化学反应速度的影响·····	(169)
第二节 化学平衡·····	(169)
一、可逆反应和化学平衡·····	(169)
二、化学平衡状态的质量作用定律·····	(170)
三、平衡常数 K_c 的意义和应用·····	(173)
第三节 化学平衡的移动·····	(179)
一、浓度对化学平衡的影响·····	(179)
二、压强对化学平衡的影响·····	(180)
三、温度对化学平衡的影响·····	(182)
四、催化剂不影响化学平衡的移动·····	(183)
五、化学平衡移动的规律——吕·查德里原理·····	(183)
第七章 电解质溶液中的平衡·····	(189)
第一节 弱电解质的电离平衡·····	(189)
一、弱电解质的电离平衡和电离常数·····	(189)
二、电离度·····	(192)
三、电离度和浓度的关系·····	(194)
四、强电解质的表观电离度和离子的有效浓度·····	(196)
第二节 溶液的酸碱性·····	(199)
一、水的电离平衡·····	(199)
二、溶液的酸碱性·····	(199)
三、pH 值和 pOH 值·····	(200)
第三节 盐的水解平衡·····	(204)
一、一元弱酸和强碱所生成的盐的水解·····	(205)
二、一元弱碱和强酸所生成的盐的水解·····	(208)
三、一元弱酸、弱碱所生成的盐的水解·····	(209)
四、多元弱酸和强碱所生成的盐的水解·····	(211)
五、影响水解的因素·····	(213)
第四节 缓冲溶液·····	(214)
一、同离子效应·····	(214)

二、缓冲溶液·····	(215)
三、缓冲溶液的某些性质·····	(218)
第五节 难溶电解质的溶解平衡·····	(223)
一、溶度积原理·····	(223)
二、沉淀的生成和溶解·····	(225)
第六节 配位化合物在溶液中的离解平衡·····	(229)
一、几个基本概念·····	(230)
二、络离子的稳定性·····	(231)
三、配位化合物离解平衡的计算·····	(232)
第八章 电化学基础 ·····	(237)
第一节 原电池和电极电势·····	(237)
第二节 氧化-还原反应·····	(247)
一、判断氧化-还原反应的方向·····	(248)
二、选择氧化剂和还原剂·····	(255)
三、判断氧化-还原反应的先后顺序·····	(255)
第三节 氧化-还原平衡·····	(257)
第四节 电解·····	(262)
一、电解池·····	(262)
二、法拉第定律·····	(262)
三、电化当量·····	(263)
第五节 电镀 电流效率·····	(268)
第九章 热力学基础 ·····	(275)
第一节 热力学基本概念和能量守恒定律·····	(275)
一、几个基本概念·····	(275)
二、能量守恒定律·····	(276)
三、化学反应中的焓变 ΔH ·····	(278)
第二节 化学反应热效应·····	(280)
一、盖斯定律·····	(281)

二、生成热	(282)
三、燃烧热	(285)
四、键能	(287)
五、中和热	(289)
第三节 自由能和化学反应的自发性与方向性	(292)
一、自由能变化 ΔG	(292)
二、熵变 ΔS	(297)
三、化学反应自发性的影响因素	(298)
第十章 综合性例题	(304)
附：习题参考答案	(322)

第一章 化 学 式

第一节 实 验 式

表示组成化合物的各元素原子数目之间最简单的整数比的式子,叫做化合物的最简式或实验式。通过实验,可测得物质中各成分元素的质量百分含量、质量比或一定量物质中各成分元素的质量,即可由此推导出该物质的实验式。一般是用已知的该物质各成分元素的质量百分组成、质量比或质量,除以相应元素的原子量,将所得的商列比,并分别除以其中最小的数,化成最简整数比,即原子个数比。再将各比值分别写在相应元素符号的右下角,即得所求物质的实验式。

一、根据成分元素的质量百分含量确定物质的实验式

例 1 已知苯的质量百分组成为: 含碳 92.30%, 含氢 7.70%, 试求苯的实验式。

解: 已知原子量 $C=12$ $H=1$

$$\begin{aligned}\text{碳:氢} &= \frac{92.30}{12} : \frac{7.70}{1} \\ &= 7.69 : 7.70 \approx 1 : 1\end{aligned}$$

实验式为 CH

答: 苯的实验式为 CH 。

例 2 铁和硫的三种化合物的质量百分组成为: (1) 含铁 46.56%, 含硫 53.44%; (2) 含铁 63.53%, 含硫 36.47%; (3) 含铁 53.73%, 含硫 46.27%。试分别计算其实验式。

• 1 •

解: 已知原子量 $\text{Fe}=55.85$, $\text{S}=32.06$

(1) 铁 $46.56 \div 55.85 = 0.83$

硫 $53.44 \div 32.06 = 1.67$

铁:硫 $= 0.83:1.67 = 1:2$

实验式为 FeS_2

(2) 铁 $63.53 \div 55.85 = 1.14$

硫 $36.47 \div 32.06 = 1.14$

铁:硫 $= 1.14:1.14 = 1:1$

实验式为 FeS

(3) 铁 $53.73 \div 55.85 = 0.96$

硫 $46.27 \div 32.06 = 1.44$

铁:硫 $= 0.96:1.44 = 2:3$

实验式为 Fe_2S_3

答: 这三种化合物的实验式分别为 FeS_2 (二硫化亚铁)、 FeS (硫化亚铁)、 Fe_2S_3 (硫化铁)。

二、根据物质里氧化物的质量百分含量确定物质的实验式

许多矿物常以各氧化物的质量百分含量来表示。若将其换算成各成分元素的氧化物的分子个数比,即得其实验式。此类问题的计算方法与上例相同,只是将氧化物当成“元素”那样看待,用氧化物的百分含量除以相应氧化物的分子量,再将列比求得的各氧化物的分子个数比换算成最简整数比,将比值写在相应氧化物的分子式前面,分子式之间加小圆点隔开,即得该物质的实验式。也可写成含有结晶水的盐的实验式。

例 3 实验测得高岭土里含氧化铝 39.50%,含二氧化硅 46.50%,含水 14.00%,试求高岭土的实验式。

解: 已知氧化物的分子量 $M_{\text{Al}_2\text{O}_3}=102$, $M_{\text{SiO}_2}=60$,

$$M_{H_2O}=18$$

组成高岭土的各氧化物分子个数比为:

$$\begin{aligned} Al_2O_3:SiO_2:H_2O &= \frac{39.50}{102} : \frac{46.50}{60} : \frac{14.00}{18} \\ &= 0.39:0.78:0.78=1:2:2 \end{aligned}$$

实验式为 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$

答: 高岭土的实验式为 $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ 。

例 4 某物质的组成为含铁 20.2%, 硫 11.5%, 氧(不包括水分的含氧量)23.0%, 水 45.3%, 求实验式。

解: 已知原子量 $Fe=56, S=32, O=16, H=1$

$$\begin{aligned} Fe:S:O:H_2O &= \frac{20.2}{56} : \frac{11.5}{32} : \frac{23.0}{16} : \frac{45.3}{18} \\ &= 0.36:0.36:1.44:2.52 \\ &= 1:1:4:7 \end{aligned}$$

实验式为 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$

答: 此物质的实验式为 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 。

三、根据成分元素的质量比确定物质的实验式

例 5 某有机物中碳、氢、氧三元素质量之比为 12:3:8, 求其实验式。

解: 已知原子量 $C=12, H=1, O=16$

成分元素的原子个数比:

$$\begin{aligned} C:H:O &= \frac{12}{12} : \frac{3}{1} : \frac{8}{16} \\ &= 1:3:0.5=2:6:1 \end{aligned}$$

实验式为 C_2H_6O

答: 该有机物的实验式为 C_2H_6O 。

四、根据成分元素的质量确定物质的实验式

例 6 燃烧某有机物 3 克, 生成 4.4 克的二氧化碳和 1.8

克的水,试求该有机物的实验式。

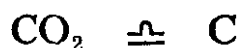
分析: 此类问题未直接给出成分元素的质量,但可根据燃烧产物求得原燃烧物的成分元素的质量,进而求出各元素的原子个数比。由产物可知,本题燃烧物中含有碳和氢,至于其中是否还含有氧,则需根据质量守恒定律通过计算来确定。

解: 已知原子量 $C=12, H=1, O=16$;

摩尔质量 $M_{CO_2}=44\text{克/摩尔}, M_{H_2O}=18\text{克/摩尔}$

设 3 克该有机物中含碳 x 克,含氢 y 克,含氧 z 克。

依题意



$$\begin{array}{cc} 44 \text{ 克} & 12 \text{ 克} \\ 4.4 \text{ 克} & x \text{ (克)} \end{array}$$

$$44 \text{ 克}:12 \text{ 克}=4.4 \text{ 克}:x$$

$$x = \frac{12 \text{ 克} \times 4.4 \text{ 克}}{44 \text{ 克}} = 1.2 \text{ 克}$$



$$\begin{array}{cc} 18 \text{ 克} & 2 \times 1 \text{ 克} \\ 1.8 \text{ 克} & y \text{ (克)} \end{array}$$

$$18 \text{ 克}:2 \text{ 克}=1.8 \text{ 克}:y$$

$$y = \frac{2 \text{ 克} \times 1.8 \text{ 克}}{18 \text{ 克}} = 0.2 \text{ 克}$$

$\therefore$ 含 C、H 质量之和为

$$x+y=1.2 \text{ 克}+0.2 \text{ 克}=1.4 \text{ 克}<3 \text{ 克}$$

$\therefore$ 该有机物中含有氧元素,含氧质量为

$$z=3 \text{ 克}-1.4 \text{ 克}=1.6 \text{ 克}$$

各成分元素的原子个数比为

$$C:H:O = \frac{1.2}{12} : \frac{0.2}{1} : \frac{1.6}{16}$$

注: 符号“ $\triangleq$ ”,在化学上表示“相当于”;在数学上可看作等号。

$$=0.1:0.2:0.1$$

$$=1:2:1$$

实验式为 CH_2O

答：该有机物的实验式为 CH_2O 。

习 题

1. 定量分析得知某物质的质量百分组成为： $\text{K}=16.08\%$ ， $\text{Pt}=40.15\%$ ， $\text{Cl}=43.77\%$ ，求其实验式。

2. 已知三种物质的质量百分组成分别为：(1) $\text{K}=32.55\%$ ， $\text{S}=26.67\%$ ， $\text{O}=39.94\%$ ， $\text{H}=0.84\%$ ；(2) $\text{Na}=32.39\%$ ， $\text{S}=22.54\%$ ， $\text{O}=45.07\%$ ；(3) $\text{C}=40\%$ ， $\text{H}=6.67\%$ ， $\text{O}=53.33\%$ 。试求各物质的实验式。

3. 有三种氮的氧化物其组成分别为(1) $\text{N}=30.43\%$ ， $\text{O}=69.57\%$ ；(2) $\text{N}=46.67\%$ ， $\text{O}=53.33\%$ ；(3) $\text{N}=63.18\%$ ， $\text{O}=36.82\%$ 。试求它们的实验式。

4. 某物质的组成是： CaO 占 30.40% ， MgO 占 21.77% ， CO_2 占 47.73% ，试求其实验式。

5. 某物质氧化物的含量为： K_2O 占 16.9% ， Al_2O_3 占 18.3% ， SiO_2 占 64.8% ，求其实验式。

6. 一化合物由氢和硫两种元素组成，氢跟硫的质量比是 $1:16$ ，试求其最简式。

7. 某物质由 0.84 克碳和 4.48 克硫组成，试求此物质的最简式。

8. 一有机物的成分元素碳、氢、氧的质量比为 $3:1:4$ ，试求其最简式。

9. 在标准状况下某气态烃 1.4 升燃烧后，生成 2.8 升 CO_2 和 0.125 摩尔的水，试确定其实验式。

10. 在两种磷的氯化物中：(1) 1 克磷和 3.34 克氯相化合；(2) 1 克氯和 0.175 克磷相化合。求其最简式。

11. 按质量单位计算， 29.44 份的 Na_2CO_3 ， 27.78 份的 CaCO_3 和 100 份的 SiO_2 混和煅烧熔化后，制成玻璃。试计算这种玻璃中各种氧

化物的百分含量,并写出其最简式。

第二节 确定分子式 推导结构式

表示分子型物质中一个分子所包含的各种原子数目的式子,叫做分子式。有些物质是由分子组成的,可用分子式表示。但是,有些物质并非由分子聚集而成,它们是由原子或离子等构成的,事实上不存在单个、分立的分子。例如无机盐类的大多数是由阴、阳离子组成的;金属是由金属原子、金属离子和自由电子构成的,不存在微小的所谓分子。在这种情况下,用实验式表示物质的组成,通常称之为化学式,习惯上也常称为“分子式”。

分子式和实验式是两种不同类型的化学式。二者既有相同点,又有不同点。分子式和实验式的共同点是:它们都表明了物质是由哪些元素的原子组成的和物质中各元素间的质量比。二者的不同点是:实验式只表示物质的各成分元素原子个数的最简比,而分子式则表明了物质一个分子里各成分元素原子的实际数目和物质的分子量。在既可用实验式又可用分子式表示一种物质的场合,通常总是选用后者,因为它更能说明问题;对于那些不含“分子”的物质,我们只用实验式(即最简式)来表示。

分子式和实验式的关系:某一物质分子式中各元素原子量之和即分子量,是该物质实验式中各元素原子量之和即式量的整数倍。所以根据实验式和分子量,可以确定单质或化合物的分子式。

结构式则表示化合物分子中各原子的排列次序。在确定了化合物的分子式以后,根据其化学性质,可进一步推导出其结构式。

例7 今有一瓶氯气其质量为 3.165 克 (已除去容器质量), 同温同压下相同体积的另一瓶氧气的质量为 1.429 克 (除去容器质量), 已知氧的分子量是 32, 试确定氯的分子式。

解: 已知氯和氧的质量分别为 $m_{\text{氯}} = 3.165$ 克, $m_{\text{氧}} = 1.429$ 克, 氧的分子量 $M_{\text{氧}} = 32$, 原子量 $\text{Cl} = 35.5$,

设氯的分子量为 $M_{\text{氯}}$

$\therefore$ 同温同压下同体积的两种气体质量比, 等于它们的分子量之比:

$$m_{\text{氯}} : m_{\text{氧}} = M_{\text{氯}} : M_{\text{氧}}$$

$$\therefore M_{\text{氯}} = \frac{M_{\text{氧}} \cdot m_{\text{氯}}}{m_{\text{氧}}} = \frac{32 \times 3.165}{1.429} = 71$$

氯分子中所含氯原子个数为 $\frac{71}{35.5} = 2$

答: 氯的分子式为 Cl_2 。

例8 某元素 R 的多种氧化物中的一种氧化物含氧 53.33%, R 与氧的原子个数比为 1 比 1; R 的第二种氧化物含氧 63.16%, 分子量是 76。试确定 R 的第二种氧化物的分子式。

解: (1) 求 R 的原子量, 确定元素名称。已知原子量 $\text{O} = 16$,

$\therefore$ 第一种氧化物 RO 含氧 53.33%

$\therefore R = (100 - 53.33)\% = 46.67\%$

$$\frac{46.67}{R} : \frac{53.33}{16} = 1:1$$

$$R = \frac{46.67 \times 16}{53.33} = 14 \quad \text{可知 } R \text{ 为氮元素}$$

(2) 求氮的第二种氧化物的分子式

由氧化物的含氧量求其含氮量: