

高等学校试用教材

普通化学

邵维俊 胡忠鰾 主编



四川科学技术出版社

4等学校试用教材

普通化学

（地质类专业）

邵维俊 胡忠鲮 主编

四川科学技术出版社

一九八六年·成都

责任编辑: 洪荣泽

封面设计: 张仁华

技术设计: 李明德

普通化学(高等学校教材)

四川科学技术出版社出版
(成都盐道街三号)

四川省新华书店发行
成都新华印刷厂印刷
统一书号: 7298.216

1986年8月第一版 开本850×1168 1/32

1986年8月第一次印刷 字数 410 千

印数1—2,156册 印张16 插页1

定 价: 3.65元

前 言

《普通化学》是根据1980年《高等工业学校普通化学教育大纲〈100学时、四年制试用草案〉》的要求,由成都地质学院编写组编写的,在经过多次试用的基础上,努力按照最近国家教育委员会对工科普通化学课程教学基本要求(征求意见稿),结合地质专业特点,最后由成都地质学院和西安地质学院编写而成。

本书力图适合普查找矿、地质勘探、水文、工程、石油、煤田、放射性等地质类专业学习用的普通化学试用教材。对于物探等学时较少的专业,在内容上作适当取舍后也可适用。在介绍化学基础知识和基本理论时,考虑地质学科的特点,并注意联系地质学科的实际。胶体化学部分供不开物化课的地质专业选用,有物化后继课者,可将胶体化学部分放在物化课中讲授。有机化合物根据地质需要作了适当的介绍,可供一些专业选用。环境化学则作了简要介绍,可作为学生自学的内容。

配位化合物按照化学学会1980年无机化学命名原则定义、命名。计量单位采用中华人民共和国法定计量单位。

在内容的精选上尽量做到深度和广度适中,叙述时由浅入深,文字通俗易懂,便于自学。同时注意与中学内容衔接,但又尽量避免不必要的重复,尽量用本书的化学基本理论阐明元素的单质和化合物的性质。

本课程的总学时数(包括实验)为90到100学时。书内以*号或小字排印者为选用或自学内容。根据专业不同要求,在顺序安排上可作适当调整,在内容上可作适当增减。本书除适用于地质类专业用书外,还可供其它专业学生或自修大学者参考。

本书共十二章，主编和参加编写的人员有：成都地质学院：胡忠鲮（主编，绪论、三、五和六章），王慎方（一、二和七章），王槐柱（四、八章），韩文宗（十一章）；西安地质学院：邵维俊（主编），姜天水（九章），薛惠明（十章），吕瑞林（十二章）。全国工科化学课程指导委员会成员、成都科技大学刘克本教授对全书进行了审阅。

1982年和1984年成都地院编印的《普通化学》教材是本书的基础，得到了全国工科普通化学编审组和成都科技大学无机普化教研室同志的帮助和指导，提出了许多宝贵意见。成都地质学院景漪、闫树旺、陈达士、李春华、齐鑫、朱玉衡、张德芝、黄志琪等同志曾先后参加过编写或审查工作，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中缺点和错误在所难免，敬希专家和读者批评指正。

编 者

1985年12月

目 录

绪论	1
第一章 气体定律和化学反应热	5
§ 1—1 物质的量、物质的量浓度和物质的量分数	5
§ 1—2 基本的气体定律	9
§ 1—3 化学反应热的简单计算	13
第二章 化学反应速率、平衡和方向	23
§ 2—1 化学反应速率	23
§ 2—2 化学平衡	36
§ 2—3 化学反应的方向	45
第三章 电解质溶液	65
§ 3—1 弱电解质的电离平衡	65
§ 3—2 强电解质的电离和有效浓度	72
§ 3—3 同离子效应和缓冲溶液	74
§ 3—4 盐类的水解	79
§ 3—5 酸碱质子理论	87
§ 3—6 多相离子平衡	91
第四章 氧化还原反应	105
§ 4—1 氧化还原反应的基本概念	105
§ 4—2 氧化还原反应方程式的配平	107
§ 4—3 原电池和电极电势	113
§ 4—4 电极电势的应用	124
§ 4—5 水的 φ —pH图和元素标准电极电势图	128
第五章 原子结构	139
§ 5—1 原子结构理论的早期发展	139

§ 5—2	氢原子光谱和玻尔理论	140
§ 5—3	氢原子核外电子的运动状态	144
§ 5—4	多电子原子核外电子的运动状态	157
§ 5—5	元素性质与原子结构的关系	170
第六章	分子结构	187
§ 6—1	离子键	187
§ 6—2	共价键的价键理论	188
§ 6—3	杂化轨道理论	194
§ 6—4	价层电子对互斥理论	201
§ 6—5	分子轨道理论	205
§ 6—6	分子间力	211
§ 6—7	晶体结构	217
§ 6—8	离子的极化作用	230
第七章	配位化合物	240
§ 7—1	配位化合物的基本概念	240
§ 7—2	配合物的化学键理论	244
§ 7—3	配合物在溶液中的状况	262
§ 7—4	螯合物	268
第八章	胶体	277
§ 8—1	胶体的基本概念	277
§ 8—2	胶体的特性	280
§ 8—3	扩散双电层与胶团结构	287
§ 8—4	溶胶的稳定性和聚沉	293
§ 8—5	胶溶作用和保护作用	297
§ 8—6	凝胶	299
第九章	单质	305
§ 9—1	元素的存在状态	305
§ 9—2	主族元素	309
§ 9—3	过渡元素	326

§ 9—4 钢系元素	351
§ 9—5 鈳系元素	358
第十章 无机化合物	368
§ 10—1 卤化物	368
§ 10—2 氧化物和氢氧化物	378
§ 10—3 硫化物	395
§ 10—4 含氧酸盐	409
第十一章 有机化合物	429
§ 11—1 烃	430
§ 11—2 含氧有机化合物	441
§ 11—3 高分子化合物	451
第十二章 环境化学	469
§ 12—1 环境化学物质与人体健康	469
§ 12—2 水化学与水污染及防治	472
§ 12—3 大气污染及防治	478
附表一 法定计量单位	
表 1 国际单位制的基本单位	
表 2 用于构成十进倍数和分数单位的词头	
表 3 国际单位制中具有专门名称的导出单位和国家选定的非国际单位制单位	
附表二 一些物质的标准生成焓、标准生成吉布斯函数和标准熵的数据	
附表三 电离常数表	
附表四 一些常见物质的溶度积	
附表五 标准电极电势表	
附表六 一些常见配合物的稳定常数	
元素周期表	

绪 论

化学是研究物质及其变化规律的一门自然科学。它研究物质组成、结构、性质及其变化和变化过程中的能量关系。目的在于通过实践来认识物质化学变化的规律，并将这些规律加以应用。例如应用于化学工业生产、从廉价而富饶的天然资源中提取有用的原料或用以制备各种人工合成产品。

在现代生活和生产部门中，化学起着非常重要的作用。几乎每一个部门都离不开化学。例如，在现代航空事业中，特殊性能的橡胶，高能燃料和各种合金的制造；半导体工业中超纯材料和试剂的提纯；原子能工业核燃料的生产；另外，如化肥、农药、人造纤维、医药等都与化学有不可分割的联系。尤其是当前人类关心的能源与资源的开发、利用；粮食的增产，环境的保护，三废的利用，都离不开化学知识。

自然界是物质财富、时间与空间的最富有者，物种之繁多，影响因素之复杂是无可比拟的。目前地质学仅研究地球的一个薄壳，经过长期的发展，建立了三大基础：矿物学、岩石学、矿床学等学科研究物质成分问题；地史、古生物等学科研究时间问题；构造学和大地测量等学科则研究空间问题。其经典的研究方法主要是综合、归纳法。然而这是一个足够宽广的领域。它涉及数学、物理、化学、天文、地理、生物等几乎一切自然科学范畴，这些学科主要的研究方法是分析、演绎法。在当代，地学大量地吸取着这些学科的精髓，正在使自己得到长足的进步和飞跃的发展。可以这样说，当代地学的发展速度取决于数、理、化等基础学科向地学渗透的速度。

化学与地质科学有密切的关系：地球相当于一个规模庞大而

有足够生产时间的天然化工厂，不断地生产出产品——矿物，为人们提供丰富的天然资源。为了合理寻找、开发、利用矿物资源，必须研究地球的成因及其演变的规律，研究矿物的组成及元素迁移、富集规律。地质现象、地球的成因、矿物的形成，除了物理变化、生物作用外，化学变化起着十分重要的作用。矿物学、岩石学、矿床学不同程度地涉及化学问题，尤其地球化学更是化学和地质科学相互渗透的边缘学科。它是研究地球的各种化学现象的学科，因而地球化学找矿离不开化学知识。矿物、岩石分析更是化学的直接应用。所以化学是现代地学的重要基础之一，或者说它是地学基础学科的基础。

化学和其它学科相同的是从观察和记述现象开始，为了探求现象的本质，发生的原因和条件，就必须进行实验。并在观察和实验的基础上提出假说、理论或定律。理论和定律不可能是绝对的，而只是接近于真理，其接近的程度主要取决于当时的科学水平。它们随着生产实践和科学的发展而发展，但是理论或定律的近似性，并不削弱其实际意义。

化学分成无机化学、分析化学、有机化学、物理化学、结构化学等分支。在高等工科院校，特别是地质工科院校教学计划中，普通化学是一门重要基础课，是培养全面发展的现代工程技术人员知识结构和能力的主要组成部分。

普通化学是整个化学学科的导言，是化学和工程技术之间的桥梁，它简明地反映了化学学科的一般原理、基本知识和方法。

本课程的教学目的是使学生通过对物质结构理论基础、化学平衡、化学热力学基础、化学反应的基本规律，结合地质工程实际密切相关的重要元素和化合物的基本知识的学习，以及通过化学实验，使学生了解近代化学的若干基本理论、具有必要的基本知识和一定的基本技能，为今后学习地质学课程以及后继课程，如物理化学或有机化学，为以后从事社会主义建设奠定必要的化学基础。能主要在地质工程技术中以化学的观点观察物质变化现

象，对一些涉及化学有关的实际问题，有初步分析、比较、综合考虑的能力，培养学生正确的学习和研究方法，逐步树立辩证唯物主义世界观。

本课程在内容安排上，基本上是先宏观后微观。把一般的化学平衡理论应用于电解质、氧化还原、配位化合物等方面；物质结构理论联系周期系，并反映近代结构理论的基本知识；化学热力学主要介绍一些基本知识和几个状态函数的简单计算，用以判断化学反应的方向和加深有关理论。单质、化合物以介绍通性为主，并以化学基本理论，如平衡原理、结构知识、化学热力学、电极电势等基础知识，阐明其物理和化学性质。全书以讲清基本理论为主，适当结合地质科学和其它工程中的应用。

通过学习，除要求学生掌握基本知识外，更重要的是提高自学能力，如阅读能力和解题能力。提倡独立思考，刻苦钻研和相互讨论。

普通化学实验是本课程不可缺少的一个重要环节。通过实验课加深基本理论和基本知识的理解，训练基本操作的能力，并培养独立观察现象、分析现象和作出结论的能力，以培养科学的工作方法。



第一章 气体定律和化学反应热

§ 1-1 物质的量、物质的量浓度和物质的量分数

1-1 物质的量

物质的量是量纲上独立的七个基本量之一，不能由其它量导出。它是以摩尔为单位表示物质粒子数量的物理量，用符号 n 表示。

在系统中的单元 B 的物质的量 n_B ，比例于物质 B 的特定单元的数目 N_B ，即：

$$n_B = (1/L) N_B \quad (1-1)$$

式中： L 称为阿佛加德罗(Avogadro)常数。特定单元可以是原子、分子、离子、原子团、电子、光子及其它粒子，或是这些粒子的特定组合。使用物质的量这一物理量时，必须明确指出物质 B 的特定单元(基本单元)。

SI基本单位规定，物质的量 n 的单位为“摩尔(mole)”，符号为“mol”。SI定义为：摩尔是一系统的物质的量，该系统中所包含的基本单元数与 $0.012\text{kg}^{12}\text{C}$ 的原子数目(6.022045×10^{23})相同。

在使用物质的量单位摩尔时，其基本单元应该用化学式写明。如“ $1\text{ mol H}_2\text{O}$ ”表示基本单元是 H_2O ，含有 N_A 个 H_2O ；“ $1\text{ mol } (3\text{ H}_2\text{O})$ ”表示基本单元是 $3\text{H}_2\text{O}$ ，含有 N_A 个 $(3\text{ H}_2\text{O})$ ；相反，“ 1 mol 水 ”则不明确，因为“水”不是化学式，它没有表明系统的基本单元。由此例可以理解：基本单元 B 的化学式，不仅在

说到物质B的物质的量 n_B 时必须给出，而且在说到含有物质的量的所有其它导出量，如物质的量浓度、质量摩尔浓度、物质的量分数或反应速率时，都必须明确地指出。

事实上，只要考查对象的基本单元（用化学式表示）数与阿佛加德罗常数成倍数关系，就可以用“摩尔(mol)”作单位表示，如“ $1\text{ mol}(\text{C}-\text{H})$ ”称为“ 1 mol 碳氢单键”，表示有 N_A 根 $\text{C}-\text{H}$ 键。“ $1\text{ mol}(\frac{1}{2}\text{Cl}_2 + \text{e} = \text{Cl}^-)$ ”表明有 N_A 次 $(\frac{1}{2}\text{Cl}_2 + \text{e} = \text{Cl}^-)$ 反应，称为“ $1\text{ 摩尔}(\text{mol})$ 反应”。即 $1\text{ mol}(\frac{1}{2}\text{Cl}_2)$ 获得 1 mole (电子)生成 1 molCl^- 。

由于物质的量以摩尔为单位，可以废除当量概念。如 $1\text{ mol}(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4)$ 、 $1\text{ mol}(\frac{1}{3}\text{AlCl}_3)$ 就相当于过去的 1 当量 H_2SO_4 、 1 当量 AlCl_3 。

在使用物质的量摩尔与物质的质量时，要注意加以区别。物质的量不等于质量。对于特定的粒子或基本单元，可以说相当于多少质量。如 1 mol HCl 的质量是 0.03645kg ，而不能说 1 mol HCl 等于 0.03645kg 。即可写为：

$$n(\text{HCl}) = 1\text{ mol} \quad (m = 0.03645\text{kg})$$

而不能写为： $n(\text{HCl}) = 1\text{ mol} = 0.03645\text{kg}$

1-2 物质的量浓度

根据SI定义，单位体积溶液中所含溶质B的物质的量，称为该溶液中溶质B的物质的量浓度（在不引起混乱情况下可简称浓度）。用式子表示则为： $C(B) = n_B/V$ 。 $C(B)$ 或 $[B]$ 为浓度符号，浓度单位为 mol/m^3 。这个单位太小，常用单位是 $\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ ，读作摩尔每立方分米($1\text{ dm}^3 = 1\text{ 升}$)。

由于物质的量浓度单位是SI基本单位“摩尔”导出的，因此使用浓度单位时必须注明“基本单元”(化学式)。

如, $0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{CaCl}_2$ 溶液, 表明在 1 dm^3 溶液中含有 0.1 mol CaCl_2 。而 CaCl_2 在溶液中完全电离为 Ca^{2+} 和 Cl^- , 因此, 溶液中含有 0.1 mol Ca^{2+} , 0.2 mol Cl^- , 它们的浓度分别表示如下:

$$C(\text{Ca}^{2+}) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ 或 } [\text{Ca}^{2+}] = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$C(\text{Cl}^-) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ 或 } [\text{Cl}^-] = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

由于当量概念的废除, 必然导致当量浓度概念的摒弃。

例如, 0.1 mol H_2SO_4 相当于 $0.2 \text{ mol}(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4)$;

$$C(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ 相当于 } C(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}。 \text{ 后者是过去的当量和当量浓度。}$$

1-3 物质的量分数

每单位物质的量所具有的质量叫摩尔质量, 符号为 M , 单位是 $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, 读作: 千克每摩。数学表示式为:

$$M_B = \frac{m_B}{n_B} (\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}) \quad (1-2)$$

式中: m_B 是物质 B 的质量, n_B 是物质 B 的物质的量。单质、化合物的摩尔质量就是组成单质、化合物的原子的摩尔质量之和。

混合系统中含有 a、b、c……h 物质(有明确的化学式)其总质量为 m , 各物质的摩尔质量、物质的量分别为 M_a 、 M_b 、 M_c 、…… M_h ; n_a 、 n_b 、 n_c …… n_h , 则混合系统总的物质的量为:

$$n = n_a + n_b + n_c + \dots + n_h (\text{mol})$$

$$\text{总质量 } m = m_a + m_b + m_c + \dots + m_h$$

$$= n_a M_a + n_b M_b + n_c M_c + \dots + n_h M_h (\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1})$$

混合系统的总摩尔质量为:

$$\begin{aligned} M &= \frac{m}{n} = \frac{n_a M_a + n_b M_b + n_c M_c + \dots + n_h M_h}{n} \\ &= x_a M_a + x_b M_b + x_c M_c + \dots + x_h M_h \\ &= \sum_{i=a}^h x_i M_i \end{aligned} \quad (1-3)$$

此式中的 M_i 是物质 i 的摩尔质量, x_i 是物质 i 的物质的量分数。它表示系统中物质 i 的物质的量(n_i), 占整个系统中总物质的量(n)的分数, 是一个无量纲的量, 可用下式表示:

$$x_i = \frac{n_i}{n} \quad (1-4)$$

纯物质的 $x_i = 1$; 混合物的 $x_i < 1$ 。

物质的量分数即过去的“摩尔分数”。

例1 求 $0.096\text{kg} (\frac{1}{2}\text{O}_2)$ 的物质的量。

解: $\frac{1}{2}\text{O}_2$ 的摩尔质量就是组成原子的摩尔质量之和。即

$$M(\frac{1}{2}\text{O}_2) = 2 \times 0.016 \times \frac{1}{2} = 0.016 (\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1})$$

故
$$n(\frac{1}{2}\text{O}_2) = \frac{m}{M} = \frac{0.096}{0.016} = 6.0 (\text{mol})$$

例2 求 $0.513\text{kg Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 的物质的量。

解:
$$M[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] = 2 \times 0.027 + (0.032 + 0.016 \times 4) \times 3 = 0.342 (\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1})$$

$$n[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3] = \frac{0.513}{0.342} = 1.5 (\text{mol})$$

例3 混合气体中含有 0.028kg N_2 , 0.008kg O_2 , $4 \times 10^{-4}\text{kg Ar}$ 。求混合气体中物质的量、各物质的量分数及混合气体的摩尔质量。

解: 根据 $n_B = m_B / M_B$

$$n(\text{N}_2) = \frac{m(\text{N}_2)}{M(\text{N}_2)} = \frac{0.028}{2 \times 0.014} = 1 (\text{mol})$$

$$n(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)}{M(\text{O}_2)} = \frac{0.008}{2 \times 0.016} = 0.25 (\text{mol})$$

$$n(\text{Ar}) = \frac{m_{\text{Ar}}}{M_{\text{Ar}}} = \frac{4 \times 10^{-4}}{1 \times 0.004} = 0.001 (\text{mol})$$

$$n(\text{混}) = 1 + 0.25 + 0.001 = 1.251 (\text{mol})$$

根据 $x_i = n_i / n$, 有:

$$x(\text{N}_2) = \frac{1}{1 + 0.25 + 0.001} = 0.799$$

$$x(\text{O}_2) = \frac{0.25}{1 + 0.25 + 0.001} = 0.1998$$

$$x(\text{Ar}) = \frac{0.001}{1 + 0.25 + 0.001} = 7.99 \times 10^{-4}$$

故 混合气体的摩尔质量 $[M(\text{混})]$ 为:

$$\begin{aligned} M(\text{混}) &= \frac{m(\text{混})}{n(\text{混})} = \frac{0.028 + 0.008 + 4 \times 10^{-5}}{1.251} \\ &= 0.02878 \text{ (kg} \cdot \text{mol}^{-1} \text{)} \end{aligned}$$

§ 1-2 基本的气体定律

气体由大量分子组成。分子间的距离是分子本身大小的几千倍。加之分子间的相互作用力极小,故分子可以自由地高速运动。微观地看,气体分子的秩序极其混乱而毫无规则。宏观性质上表现为没有固定的形状和体积,有流动性和扩散性,既可膨胀也可压缩,还能与其它气体以任意比例混合。

2-1 气体状态方程式

气体状态方程式如下:

$$pV = nRT \quad (1-5)$$

此式是波义尔(R·Boyle)定律、查理(J·A·C Charles)定律和阿佛加德罗定律的总结。式中: T 是气体所处的热力学温度,法定计量单位为K(开尔文), p 是气体施加给单位器壁面积上的力,称为气体的压力,单位是Pa(帕斯卡), V 是气体占有的体积,单位为 m^3 ,也可用升(L)或毫升(ml),而 $1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3$, n 是气体物质的量,单位为mol, R 是摩尔气体常数,其数值及单位与 p 、 V 有关,可由气体状态方程式确定。

标准状态($p = 101.325 \text{ kPa}$)下,温度 $T = 273.15 \text{ K}$ 时,1摩