



高等院校石油天然气类规划教材

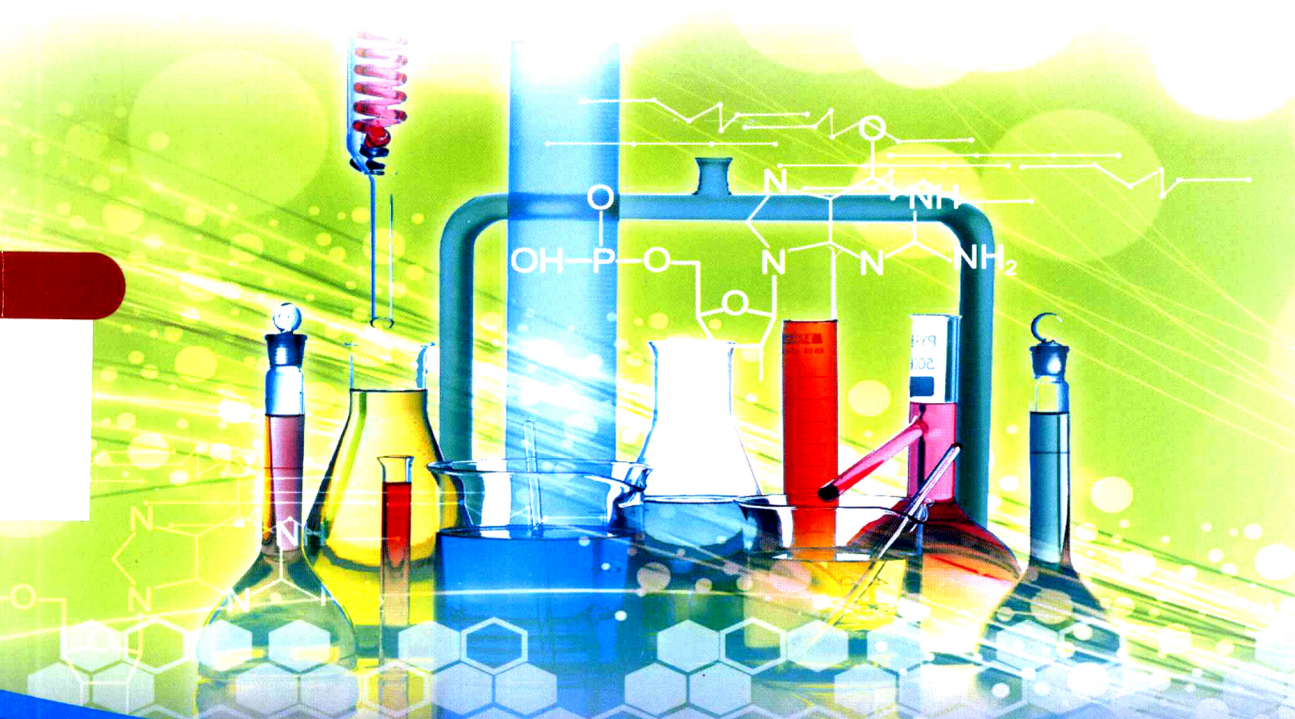
无机及分析化学

(第二版)

主 编 © 易洪潮

副主编 © 周享春 孙代红

龚银香 童金强



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

高等院校石油天然气类规划教材

无机及分析化学

(第二版)

主 编 易洪潮
副主编 周享春 孙代红
 龚银香 童金强

石油工业出版社

内 容 提 要

本书共十四章,从内容安排上体现了宏观和微观的结合、理论与实际的结合。主要内容包括溶液与胶体、化学反应热力学和反应速率、物质结构、定量分析基础、四大化学平衡及相关滴定分析方法、重要元素及其化合物、常用化学分离方法、分光光度分析法和电位分析法。本次修订在保持原有框架和特点基础上,以实用、应用作为指导原则重新编写了各章节。每章编有思考题和习题,书末附习题答案。

本书可作为将化学作为一门应用性基础课教学的石油类、化工类、生物技术类、环境类、医学类、农林类、食品类、材料类等主要专业大类的教学使用,也可作为其他有关专业人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

无机及分析化学/易洪潮主编. —2版.

北京:石油工业出版社,2015.8

(高等院校石油天然气类规划教材)

ISBN 978-7-5183-0829-3

I. 无…

II. 易…

III. ①无机化学-高等学校-教材

②分析化学-高等学校-教材

IV. ①061 ②065

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 180630 号

出版发行:石油工业出版社

(北京市朝阳区安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com

编辑部:(010)64523612 发行部:(010)64523633

经 销:全国新华书店

排 版:北京苏冀博达科技有限公司

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2015 年 8 月第 2 版 2015 年 8 月第 5 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:26.25

字数:667 千字

定价:48.00 元

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

第二版前言

“无机及分析化学”课程是将原传统的四大化学分支之无机化学和分析化学两门课程合并为一门课程的一种有益尝试。通过知识和理论体系的重组,达到了删繁就简、避免重复、减少学时的目的。在前期,经过多年的改革实践,这一课程已逐步得到了认可,且适用于理、工、农、医等专业的各类“无机及分析化学”课程的教材先后问世。本校的“无机及分析化学”课程自1995年开始设课,2002年被评为湖北省普通高校优质课程,2003年申报审核成为湖北省省级精品课程。

作为课程建设的成果之一,2007年由石油工业出版社出版了《无机及分析化学》教材以供教学之用。教材经过近8年教学实践的使用和检验。在目前高等教育改革的浪潮中,我们一直在深入地思考化学教育工作者如何面对现实、更新教学内容、改革和完善教学体系,使之适应21世纪科技发展的要求,全面提高高等教育质量,主动适应经济结构调整和产业转型升级,大力培养创新型、应用型、复合型人才,凸显学科专业建设的区域特色和学校特色;也苦恼于在教学实践中没有一本针对本校学科专业众多,既适合工科(特别是石油地质专业突出),也适应农科各专业,且只是将化学作为一门应用性基础课教学的教材。经与石油工业出版社多次协商,决定对原教材重新修订。

本版修订,在基本保持原有教材体系和风格的基础上,以实用、应用作为教材编写的指导原则重新编写了各章节,特别是对原教材中涉及理论较多的章节进行了较大幅度的修订;加大了样品分离部分的比重;增加了元素部分一些新近成果的介绍。同时考虑到仪器分析已经单独设课的情况,精简了仪器分析部分,仅保留了基础的分光光度分析和电位分析部分。本次修订也对原教材的一些错漏之处一并进行了修正,并在教材后附上习题的参考答案。

本教材能适应一个学期内完成课程教学的学时需求。当然,由于考虑到多个不同专业的选用,本教材在编写时留有了一定的取舍空间。在教学实践中教师可以根据各专业对化学基础知识的要求和侧重面不同对教材进行适当的取舍,部分内容可安排学生自学。

编写本书时,编者力求科学、严谨地反映当前学科的发展,使基本概念更为严谨、清晰,编写结构层次更加合理;力求使本书简明扼要、特色鲜明、深入浅出、通俗易懂、理论联系实际;力求更加适用于石油、化工、应用化学、材料、环境、生物、农学、医药、轻工等主要专业大类的学生使用。

本教材贯彻中华人民共和国国家法定计量单位,采用国家标准所规定的符号和单位。

本教材由易洪潮任主编。由于工作变动等原因,部分原参编教师没有参加此次修订工作。本次参加编写工作的有易洪潮(绪论、第6章、第7章、附录)、周享春(第1章、第10章)、刘华荣(第2章、第3章)、童金强(第4章、第5章)、龚银香(第8章、第12章)、王兰洁(第9章)、胡琳莉(第11章)、孙代红(第13章、第14章)。全书最后由易洪潮统稿、定稿并收集整理了习题参考答案。

本教材在编写过程中借鉴和参考了许多国内外优秀的同类或相近课程教材及其他资料,

其中的主要书目列在书后的参考文献中,在此谨向原作者表达我们的敬谢之意。同时本教材在编写过程中还得到了石油工业出版社和长江大学有关领导的大力支持,也借此向他们一并表示衷心的感谢。

限于编者水平所限,加之时间仓促,教材中定会有诸多不尽人意甚至错误之处,敬请读者和专家不吝指正。

编者
2015年3月

第一版前言

近年来,在我国高等学校化学基础课教学内容和课程体系的改革中,把无机化学和分析化学两门课程合并成无机及分析化学一门课程是一种有益的尝试。通过知识和理论体系的重组,达到了删繁就简、避免重复、减少学时的目的。经过近 20 年的改革实践,这一课程已逐步得到了认可,且适用于理、工、农、医等专业的各类无机及分析化学课程的教材先后问世。我国高等教育的结构发生了巨大的变化,教育改革不断深入,对高等学校教学内容和教学体系的改革也提出了更高的要求。化学教育工作者如何面对现实,更新教学内容,改革和完善教学体系,使之适应 21 世纪科技发展的要求,这是摆在我们面前的一项重要任务。在此过程中,长江大学化工学院的化学基础课教育也一直在寻求改革的突破口,把无机化学和分析化学两门课程合并成无机及分析化学一门课程是其中的尝试之一。经过多年的建设,本课程在 2002 年被评为湖北省普通高校优质课程,2003 年申报审核成为湖北省省级精品课程。作为课程建设的成果之一,经与石油工业出版社协商,编写出版本教材以供教学之用。

本教材的主要目标,就是使非理科化学类专业的学生在学习无机及分析化学课程后,能掌握最基本的化学原理和定量化学分析的方法,并能用这些原理和方法来观察、思考和处理实际问题,为今后的专业学习、科学研究和生产实践打下基础。因此,本教材首先从宏观上介绍分散体系(稀溶液、胶体)的基本性质和化学反应的基本原理(能量变化、反应速率、反应方向、反应的平衡移动),进而从微观上介绍物质结构(原子、分子、晶体)的基本知识。然后简述定量化学分析的基础知识,论述溶液中各种类型的化学平衡以及在滴定分析中的应用,并对最常用的几种仪器分析法作了简介。最后介绍重要的元素和复杂物质的分离和富集。本教材突破原有无机及分析化学教材中无机化学、分析化学理论分段编排的体系,将无机化学中的化学平衡原理和定量(滴定)分析有机地结合,减少不必要的重复或脱节;在教学理念上,也是将定量(滴定)分析看作是化学平衡原理的具体应用来组织教学;各类滴定分析不单独设章后,特设定量分析基础一章,以加强分析化学中量的概念;同时,增加了一些仪器分析的内容,以适应当前分析化学的发展趋势。合并相关章节后,突出了主题,减少了篇幅,能满足一个学期内完成本课程教学的学时需求。各专业对化学的要求侧面会有所不同,教师可以根据实际情况对教材进行适当的取舍,部分内容可安排学生自学。

编写本书时力求使量和单位在体系、名称和符号上系统化,科学、严谨地反映当代学科的概念,使基本概念更为科学、严谨、清晰,编写结构层次更加合理;力求使本书简明扼要、特色鲜明、深入浅出、通俗易懂、理论联系实际;力求更加适用于石油化工、材料、环境、生物、农业、应用化学等主要专业大类的学生使用。

本教材贯彻中华人民共和国国家法定计量单位,采用国家标准所规定的符号和单位。

本书由易洪潮主编,参加本书编写工作的有易洪潮(绪论、第六章、第七章、第九章),周享春(第一章、第十章)、李爱国(第二章、第三章)、童金强(第四章、第五章)、龚银香(第八章、第十二章)、胡琳莉(第十一章)、孙代红(第十三章、第十四章)。全书最后由易洪潮通读、定稿并收集整理了附录的数据。

本书承武汉大学胡胜水教授审阅,提出了许多宝贵的修改意见,在此深表谢意。

本书在编写过程中得到了长江大学有关领导的大力支持,在此向他们表示衷心的感谢。

限于编者水平所限,书中定会有诸多不尽如人意甚至错误之处,敬希读者和专家不吝指正。

编 者

2007年2月

目 录

绪论	1
第 1 章 气体和溶液	5
1.1 分散系	5
1.2 溶液的浓度	7
1.3 非电解质稀溶液的依数性	9
1.4 胶体溶液	14
1.5 高分子溶液和乳浊液	17
1.6 电解质溶液	20
思考题	21
习题	22
第 2 章 化学热力学基础和化学平衡	24
2.1 热力学基础知识	24
2.2 热化学	28
2.3 化学反应的方向	36
2.4 化学平衡	44
思考题	53
习题	54
第 3 章 化学反应速率	59
3.1 化学反应速率的概念	59
3.2 化学反应速率理论	66
3.3 影响化学反应速率的因素	68
思考题	74
习题	75
第 4 章 原子结构和元素周期系	78
4.1 核外电子的运动特征	78
4.2 核外电子运动状态的描述	82
4.3 多电子原子结构	88
4.4 电离能和电子亲和能(势)	97
4.5 电负性(χ)	101
思考题	101

习题	102
第 5 章 分子结构与晶体初步知识	106
5.1 化学键理论	106
5.2 分子的空间构型与分子间的作用力	123
5.3 晶体的一般知识	130
5.4 离子极化	132
思考题	134
习题	135
第 6 章 分析化学概论	139
6.1 分析化学的任务、方法及发展趋势	139
6.2 定量分析的一般程序	141
6.3 定量分析的误差	142
6.4 有限数据的统计处理	149
6.5 滴定分析概述	157
思考题	166
习题	167
第 7 章 酸碱平衡与酸碱滴定法	170
7.1 酸碱质子理论	170
7.2 影响酸碱平衡的因素	174
7.3 酸碱平衡体系中各组分的计算	176
7.4 缓冲溶液	185
7.5 酸碱滴定基本原理	188
7.6 酸碱滴定法的应用	199
思考题	203
习题	204
第 8 章 沉淀溶解平衡及在分析化学中的应用	206
8.1 沉淀溶解平衡	206
8.2 溶度积规则及应用	207
8.3 沉淀滴定法	214
8.4 重量分析法	218
思考题	223
习题	223
第 9 章 配位化合物与配位滴定法	226
9.1 配位化合物的基本知识	226
9.2 配位化合物的价键理论	233
9.3 配位平衡	237
9.4 配位滴定法	242
9.5 配位滴定的基本原理	250
9.6 金属指示剂	253
9.7 配位滴定法的应用	255

思考题	259
习题	259
第 10 章 氧化还原平衡与氧化还原滴定法	262
10.1 氧化还原反应的基本概念	262
10.2 电极电势	264
10.3 氧化还原滴定法	279
10.4 常用的氧化还原滴定方法	287
思考题	296
习题	297
第 11 章 元素化学	301
11.1 元素概述	301
11.2 s 区元素	303
11.3 p 区元素	306
11.4 d 区元素	314
11.5 ds 区元素	316
11.6 f 区元素	319
思考题	320
习题	320
第 12 章 分析样品的预处理及分离与富集	322
12.1 概述	322
12.2 分析样品的一般预处理方法	322
12.3 沉淀分离法	327
12.4 溶剂萃取分离法	329
12.5 离子交换分离法	332
12.6 薄层色谱分离法	337
12.7 新的分离和富集方法简介	339
思考题	344
习题	345
第 13 章 紫外-可见分光光度法	347
13.1 光学分析法概述	347
13.2 基本原理	347
13.3 分光光度计及测定方法	350
13.4 显色反应及其影响因素	354
13.5 测量误差与条件的选择	356
13.6 紫外-可见分光光度法应用实例	358
思考题	362
习题	362
第 14 章 电位分析法	364
14.1 电位分析法的基本原理	364
14.2 离子选择性电极	366
14.3 电位测量法	368

14.4 电位滴定法	371
思考题	374
习题	374
附录	376
习题参考答案	399
参考文献	407

1. 化学的研究变迁和重要作用

化学是在原子和分子水平上研究物质的组成、结构、性质、变化及变化过程中的能量关系的学科。化学是一门核心、实用、创造性的自然科学,化学也是促进当代科学技术进步和人类物质文明飞速发展的基础学科和动力之一。如果简单地总结目前的化学工作者正在进行着的工作,则可以用“一些化学家在研究自然界并试图了解它,另一些化学家则在创造自然界不存在的新物质和完成化学变化的新途径”来描述。

化学研究的历史源远流长,并伴随人类从野蛮进入了文明。燃烧是人类最早利用的化学反应,燃烧不仅改善了人类的饮食条件,而且也改善了人类的生活条件。人们利用燃烧反应制作了陶器,冶炼了青铜等金属,古代的炼丹家更是在寻求长生不老药的过程之中使用了燃烧、煅烧、蒸馏、升华等化学基本操作。造纸、染色、酿造、火药等使人类生活质量提高的生产技术的发明无一不是经历无数化学反应的结果。因此,化学从一开始就和人类的生活密切相关。当然,古代实用化学是在缺少科学理论指导的情况下发展的,当时的化学表现出的是一种经验性、零散性和实用性的技术,并没有成为一门科学。17世纪中叶以后,随着资本主义的迅速发展,积累了许多有关物质变化的知识;同时,数学、物理学、天文学等相关学科的发展也促进了化学的发展。直到1661年玻意耳(R. Boyle)首次指出“化学的对象和任务就是寻找和认识物质的组成和性质”,明确地把化学作为一门认识自然的科学,而不是一种以实用为目的的技艺,化学才走上了科学的道路。恩格斯对此给予高度评价,指出:“是玻意耳把化学确立为科学。”

18世纪末,化学实验室开始有了较精密的天平,使化学科学从对物质变化的简单定性研究进入到精密的定量研究。随后相继发现了质量守恒定律、定组成定律、倍比定律等定律,为化学新理论的诞生打下了基础。19世纪初,为了说明这些定律的内在联系,道尔顿(J. Dalton)和阿伏伽德罗(Avogadro)分别创立了原子论和原子-分子论,从此进入了近代化学的发展时期。19世纪下半叶,物理学的热力学理论被引入化学,从宏观角度解决了化学平衡的问题。随着工业化的进程,出现了生产酸、碱、合成氨、染料及其他有机化合物的大工厂,化工工业的发展更促使了化学科学的深入发展。由此,化学开始形成了无机化学、分析化学、有机化学和物理化学四大基础化学学科。

20世纪是化学取得巨大成就的世纪,玻尔(Bohr)把“量子”的概念首先引入原子结构研究,成功地解释了氢原子光谱。量子力学的建立冲破了经典力学的束缚,开辟了现代原子结构理论发展的新历程,在此基础上,化学键理论及晶体结构的研究也都获得了新发展。物质结构理论的发展,使人们从微观尺度更深入地认识物质的性质与结构的关系,对于无机物、有机物的合成和各种新材料的研制,都具有指导作用。化学的研究对象从微观世界到宏观世界,从人类社会到宇宙空间不断地发展,无论在化学的理论、研究方法、实验技术及应用等方面都发生了巨大的变化。原来的四大基础化学学科已容纳不下新的发展,其中的某些内容已经发展成

为一些新的独立分支,如热力学、动力学、电化学、配位化学、稀有元素化学、胶体化学等。另一方面化学通过向其他学科的渗透和交融从而又衍生出了新的学科分支,如生物化学、农业化学、环境化学、海洋化学、材料化学、计算化学、核化学、激光化学、高分子化学、药物化学、石油化学、地球化学、分子生物学和化学生物学等。化学科学不但对物理、地质、能源、材料、医学等学科的发展产生过重大的影响,更与生物科学联手,对揭示生命的奥秘有着其他学科无法替代的重要作用。特别是 20 世纪生命化学的崛起给古老的生物学和化学研究都注入了新的活力,其研究结果已经多次获得了诺贝尔奖。典型事例如 1955 年维格诺德(Vigneand)因首次合成多肽激素而获得了诺贝尔化学奖。1962 年肯德鲁(J. C. Kendrew)和佩鲁茨(M. F. Perutz)因利用 X 射线衍射成功地测定了鲸肌红蛋白和马血红蛋白的空间结构而获得了诺贝尔化学奖。1980 年伯格(P. Berg)、桑格(F. Sanger)和吉尔伯特(W. Gilbert)因在 DNA 分裂、重组和测序方面的贡献而获得了诺贝尔化学奖。1982 年克卢格(A. Klug)利用 X 射线衍射法测定了染色体的结构而获得了诺贝尔化学奖。1984 年梅里菲尔德(R. B. Merrifield)因发明多肽固相合成技术而获得了诺贝尔化学奖。1989 年切赫(T. Cech)和奥尔特曼(S. Altman)因发现核酶而获得了诺贝尔化学奖。1997 年斯科(J. Skou)因发现了维持细胞中 Na^+ 和 K^+ 浓度平衡的酶及有关机理、博耶(P. Boyer)和沃克尔(J. Walker)因揭示能量分子的形成过程而共获诺贝尔化学奖。由此可见化学已成为促进现代社会及科学发展的基础学科之一。

化学向其他学科的渗透和交融的趋势在 21 世纪将更加明显,更多的化学工作者会投身到研究生命、材料、能源、药物、食品等影响人类生存和生活质量的工作中去,而研究生命、材料、能源、药物、食品的工作者也将更多地应用化学的原理和手段来从事各自的研究。化学的发展已经、并将会进一步带动和促进其他相关学科的发展,同时其他学科的发展和技术的进步也会反过来推动化学学科的不断前进。如物理科学的发展使得化学家不但能够描述慢过程,亦能用激光、分子束和脉冲等技术跟踪超快过程,这些进步将有助于化学家在更深层次揭示物质的性质及物质变化的规律。数学的非线性理论和混沌理论对化学多元复杂体系的研究也产生了深刻的影响,随着计算机技术的发展,化学科学与数学方法、计算机技术的结合,形成了化学计量学,实现了计算机模拟化学过程。应用量子力学方法处理分子结构与性能的关系,有可能按照预定性能要求设计新型分子。应用数学方法和计算机确定新型分子的合成路线,使分子设计摆脱纯经验的摸索,为材料科学开辟了新的方向。生物体是由化学元素构成的,元素构成了生物体内形形色色的物质,如蛋白质、核酸、糖类、油脂、水及各种无机盐,这些物质在整个生命活动中按照自身的化学性质和变化规律起着作用。近代生物学已把生命当作化学过程来认识,化学家和生物学家正在携手合作从分子水平研究生命科学。随着生物工程研究的进展,化学家将更多地和生物学家一起利用细胞来进行物质的合成,同时将更多地应用仿生技术来研制模拟酶催化剂。

化学作为一门中心的、实用的和创造性的科学,它与社会的多方面的需求有关,化学的基本研究和国民经济各部门的紧密结合将产生巨大的生产力,并影响到每个人的生活。在不久的将来,我们将会明显看到并享受化学为解决人类所面临粮食问题和化学对目前世界上出现的以信息技术、生物工程、新型材料、新能源、海洋开发等新技术为主导的技术革命所带来的贡献,使我们充分感受“化学是一门使人类生活得更美好的学科”。

总之,化学是与国民经济各部门、人民生活各个方面、科学技术各领域都有密切联系的基础学科。它不仅是化学工作者的必备专业知识,而且是理、工、农、医各相关学科专业人士所必须掌握的专业基础知识。为培养基础扎实、知识面宽、能力强、具有创新精神的高级人才,较为

系统地学习化学基本原理、掌握必需的化学基本技能,了解它们在现代科学各个领域的应用是十分必要的。同时,化学是一门充满活力和创造性的学科,通过化学课程的学习,不但可使学生掌握一定的化学专业知识,而且有利于培养学生的创新思维能力和辩证唯物主义观点。化学还是一门以实验为基础的科学,化学实验是人们认识物质的化学性质,揭示化学变化规律和检验化学理论的基本手段。学生在实验室模拟各种实验条件,细致地对实验现象进行观察比较,并从中得出有用的结论。这种学习方式可以培养学生的动手能力和认真细致的工作习惯,以及分析、解决一些实际问题的思想方法和工作方法,从而提升学生的综合素质。

2. “无机及分析化学”课程的主要内容

在化学的各门分支学科中,无机化学是化学最早发展起来的一门分支学科,是研究所有元素的单质和化合物(碳氢化合物及其衍生物除外)的组成、结构、性质和反应的学科。自19世纪60年代元素周期律发现后,现代无机化学的基础得以建立。20世纪以来,无机化学无论是在理论还是实践方面都取得了许多突破,同时还与其他学科相互渗透形成了一些交叉学科,这为无机化学的发展开辟了新的途径,也为无机化学的发展带来了新活力。

分析化学是研究物质组成成分及其含量的测定原理、测定方法和操作技术的学科,是化学学科的一个重要分支。在化学学科的自身发展及其他涉及化学的各有关学科领域研究中,分析化学一直都有着重要的地位,甚至可以说只要涉及化学现象的科学研究,分析化学几乎就会被作为一种手段而应用。

无机及分析化学不是化学学科发展的一门传统分支学科,而是由无机化学和分析化学综合而成的一门基础化学课程。“无机及分析化学”课程作为高等学校化学教育改革的结果之一,是理工科化学类、材料类、环境类、农林类、生物类、化工、轻工类及其相近相关专业一门重要的必修化学基础课。其主要学习内容包括化学学科的一些基础知识、基本原理和基本操作技术。在此基础上,运用现代微观理论知识,去揭示物质的组成、结构及其性质与变化规律的关系;用宏观理论体系的化学热力学与化学动力学基础知识,讨论化学反应中的能量变化,化学反应的方向、限度、速率及反应历程,研究化学反应与外界条件的关系,并将其应用在水溶液中常见的四种化学平衡及基于其上发展的各种化学分析方法处理中。同时,本课程对误差理论及数据处理方法、基础电化学原理、光的吸收规律及在此基础上发展起来的一些仪器分析方法、重要元素化学知识等内容也有所阐述。具体内容主要包含近代物质结构理论、静态理想化学平衡理论、重要元素化学、物质组成的化学分析方法及其有关理论、基础仪器分析方法、分散体系基本知识等有关内容。

3. “无机及分析化学”课程的学习目的和学习方法

学生通过无机及分析化学课程的学习,应掌握化学科学的基本内容,扩大知识面,理解并掌握化学变化的基本规律,学会从化学反应的能量、反应的方向、反应的速率、反应进行的程度等方面来分析、优化化学反应的发生条件;学会用原子、分子结构的观点解释元素及其化合物的性质;正确处理各类化学平衡(酸碱平衡、沉淀溶解平衡、氧化还原平衡、配位平衡)的移动及平衡之间的转换;学会用定量分析的方法来测定物质的量,从而解决生产、科研中的实际问题;

了解基本仪器分析的原理并掌握其使用的方法,为进一步学习各门有关的专业课程打下基础。

无机及分析化学的学习方法如下:

(1)学习中要注重基本概念和基本理论的理解和应用,要注意提纲挈领地学习相关内容。在学习某一内容时,首先要注意研究的对象和背景,弄清问题是怎样提出的?用什么办法解决问题?结果如何?有什么实际意义和应用?然后再研究细致具体的内容、推导过程、得到的结论及应用等,这样才能抓住要领。

(2)积极参与课程教学过程,培养自学能力,学会“举一反三”的学习方式。21世纪的教育是终身教育,知识财富的创造速度非常之快,面对巨大浩瀚的信息量,任何人即使日夜攻读,也很难读完和记住现有的所有知识,而将来从事实际工作所必需的很多知识仅靠在学校的学习肯定是不能满足的,因此培养自学能力就显得非常重要。我们认为掌握知识是提高自学能力的基础,而提高自学能力又是掌握知识的主要条件,两者是相互促进的。因此在无机及分析化学课程的学习中,我们提倡课前预习;课上积极与老师互动,参与课程讨论学习;课后复习、归纳,将知识系统化。每学完一章,应对该章内容进行书面总结,包括基本概念、基本原理、基本公式和有关计算,弄清该章的主要内容。此外,有目的地看一些杂志或参考书,有助于加深对某一知识的理解,并拓宽自己的知识面。

(3)理论与实践结合。化学是一门以实验为基础的科学,许多化学的理论和规律很大一部分是从实验总结出来的。所以既要重视理论的掌握,又要重视实验技能的训练,努力培养实事求是、严谨治学的科学态度。

第 1 章 气体和溶液

DIYIZHANG

物质通常以三种不同的聚集状态存在,即气态、液态和固态。在化工生产和科学研究中,大多数化学反应都是在气相和液相中进行的。本来是固体的物料,为了便于处理和输送,在可能的条件下通常也制成溶液。因此,学习、研究气体和溶液具有十分重要的意义。

1.1 分散系

1.1.1 分散系的概念

一种或几种物质分散成微小的粒子分布在另一种物质中所构成的系统称为分散系(dispersion system)。例如,细小的水滴分散在空气中形成的云雾、奶油分散在水中形成的牛奶、各种金属化合物分散在岩石中形成的矿石等都是分散系。分散系中被分散的物质称为分散质(或分散相),容纳分散质的物质称为分散剂(或分散介质)。上述例子中,小水滴、奶油、金属化合物是分散质,空气、水、岩石是分散剂。分散质处于分割成粒子的不连续状态,而分散剂则处于连续状态。

1.1.2 分散系的分类

按照分散质粒子直径大小不同,可将分散系分为三类,见表 1.1。

表 1.1 按分散质粒子大小分类的各种分散系

类型	粒子直径/nm	分散系名称	主要特征	实例
低分子或离子分散系	<1	真溶液	最稳定,扩散快,能透过滤纸及半透膜,对光散射极弱,单相系统	氢氧化钠、盐酸、碳酸钠等水溶液
胶体分散系	1~100	高分子溶液	很稳定,扩散慢,能透过滤纸,不能透过半透膜,光散射弱,黏度大,单相系统	蛋白质、核酸等水溶液,橡胶的苯溶液
		溶胶	稳定,扩散慢,能透过滤纸,不能透过半透膜,光散射强,多相系统	碘化银、氢氧化铁、硫化砷溶胶
粗分散系	>100	乳状液 悬浊液	不稳定,扩散慢,不能透过滤纸及半透膜,无光散射,多相系统	牛奶、泥浆

以上三种分散系之间虽然有明显的区别,但没有明显的界线,某些系统可以同时表现出两种或者三种分散系的性质,因此以分散质粒子直径的大小作为分散系分类的依据是相对的,分散系之间性质和状态的差异也是逐步过渡的。

在分散系内,分散质和分散剂可以是固体、液体或气体,故按物质的聚集状态分类,分散系

可以分为九种,见表 1.2。

表 1.2 按聚集状态分类的各种分散系

分散质	分散剂	实 例	分散质	分散剂	实 例
固	液	糖水、溶胶、油漆、泥浆	气	固	泡沫塑料、海绵、木炭
液	液	豆浆、牛奶、石油、白酒	固	气	烟、灰尘
气	液	汽水、肥皂泡沫	液	气	云、雾
固	固	矿石、合金、有色玻璃	气	气	煤气、空气、混合气
液	固	珍珠、硅胶、肌肉、毛发			

1.1.3 分散度与表面吸附

由于溶胶是一个多相系统,因此相与相之间就会存在界面,有时也将相与相之间的界面称为表面。分散系的分散度(dispersion degree)常用比表面积(specific surface)来衡量,所谓比表面积,就是单位体积分散质的总表面积,其数学表达式为

$$s = \frac{S}{V} \quad (1.1)$$

式中 s ——分散质的比表面积, m^{-1} ;

S ——分散质的总表面积, m^2 ;

V ——分散质的体积, m^3 。

分散质的颗粒越小,则比表面积越大,系统的分散度越高。

相界面上的质点与相内部的质点所受到的作用力是不同的,内部质点所受合力为 0,而表面质点因受到气体分子的吸引力较小,其合力不为零且方向指向液体或固体的内部(图 1.1),因而表面质点都有向相内部迁移,而使表面积缩小的趋势。如果要增加表面积,必须将部分相内部质点迁移到表面,这样就需要克服相内质点的阻力而消耗能量,所消耗的能量转变成了表面质点的位能,因而表面层质点比相内质点能量高,高出来的这部分能量就称为表面自由能,简称表面能。系统的分散度越高,比表面积越大,表面自由能就越高,系统就越不稳定,因此液体和固体都有自动降低表面自由能的能力。表面吸附是降低表面能的有效手段之一。

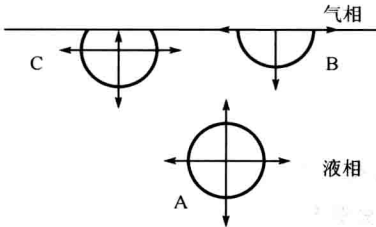


图 1.1 相界面与相内部质点受力情况示意图

吸附是指物质的表面吸住周围介质中分子、原子或离子的过程。有吸附能力的物质称为吸附剂;被吸附的物质称为吸附质。吸附剂的吸附能力与比表面积有关,比表面积越大,吸附能力越强。通过吸附质在吸附剂表面的相对浓集,改善了吸附剂表面质点的受力情况,降低了它的表面自由能。

根据吸附质与吸附剂表面分子间结合力的性质,吸附可分为物理吸附和化学吸附。物理吸附由吸附质与吸附剂分子间引力所引起,结合力较弱,吸附热比较小,容易脱附,如活性炭对气体的吸附。化学吸附则由吸附质与吸附剂间的化学键所引起,犹如化学反应,吸附常是不可逆的,吸附热通常较大,如气相催化加氢中镍催化剂对氢的吸附。在化工生产中,吸附专指用固体吸附剂处理流体混合物,将其中所含的一种或几种组分吸附在固体表面上,从而使混合物组分分离,是一种属于传质分离过程的单元操作,所涉及的主要是物理吸附。吸附分离广泛应用于化工、石油、食品、轻工和环境保护等部门。