

新|世|纪|高|职|高|专|教|材

# 大学基础化学

(第三版)

钟国清 蔡自由/主编



科学出版社

新世纪高职高专教材

# 大学基础化学

(第三版)

钟国清 蔡自由 主编



科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书为“教育部新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划”资助项目的研究成果之一,将传统的无机化学、分析化学、有机化学等课程内容整合而成,典型教学案例与理论教学内容有机结合。全书共 22 章,主要内容包括溶液和胶体,物质结构基础知识,化学反应速率和化学平衡,四大平衡与四大滴定分析,吸光光度法与电势分析法,烃、卤代烃及光学异构,醇、酚、醚,醛、酮、醌,羧酸及衍生物、取代酸,含氮、含磷有机物,生命有机化学,几类重要的天然有机化合物,化学与生活,化学与环境。本书有配套的实验实训教材和学习指导书。

本书适合医药、轻工、农林、水产、生态、环境院校高职高专及成人教育各有关专业的学生使用,也可供其他高职高专学校相关专业的师生使用和参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

大学基础化学/钟国清,蔡自由主编. —3 版. —北京:科学出版社,2016  
新世纪高职高专教材

ISBN 978-7-03-049111-4

I. 大… II. ①钟…②蔡… III. 化学-高等职业教育-教材 IV. O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 142149 号

责任编辑:陈雅娴 郭慧玲 / 责任校对:何艳萍

责任印制:赵 博 / 封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

大厂书文印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2003 年 8 月第一版 开本:787×1092 1/16

2009 年 6 月第二版 印张:23 1/2 插页:1

2016 年 6 月第三版 字数:605 000

2016 年 6 月第十六次印刷

定价:56.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 第三版前言

本书对传统的无机化学、分析化学和有机化学等课程内容进行综合改革与整合,重组课程体系,优化课程内容,精选教学案例,强调基础理论,以必需够用为度,以应用为目的,以掌握概念、强化应用为重点,突出在生产实践中有广泛应用价值的基础理论、基础知识和基本技能,着眼于学生分析与解决实际问题能力的培养。

为适应高等职业教育的发展和教育教学改革的需要,对第二版中的部分章节进行调整,删除了色谱分析法和其他仪器分析法简介两章内容,每章增加了若干典型案例教学内容。修订过程中力求做到简明扼要、重点鲜明,典型案例与理论教学相结合,注意启发学生的思维,加强能力的培养。第三版全书共二十二章,每章开头有教学基本要求,教材中除例题外的小字体部分内容,可作为选学内容或学生的课外阅读材料。为了方便师生使用,编写了配套的《基础化学实训教程》(第二版)和《大学基础化学学习指导》。

参加本书修订和编写的单位及教师有:西南科技大学钟国清(绪论、第二十一、二十二章),广西生态工程职业技术学院粟本超(第一章)、吴雪文(第四、五章),扬州职业大学荆英(第二、十四章),聊城职业技术学院陈国华(第三章),南通科技职业学院蒋云霞(第六章),河南质量工程职业学院吕静(第七章)、郭森(第九章),揭阳职业技术学院吴漫晔(第八章)、林壮森(第十五、十六章),清远职业技术学院冯小军(第十章),河南大学濮阳工学院(濮阳职业技术学院)徐燊(第十一、十二章),漳州城市职业学院吴子斌(第十三章),广东食品药品职业学院蔡自由、崔英、李银花、石晓(第十七、十八章),徐州生物工程职业技术学院曹梦竺(第十九、二十章)。全书由主编、副主编统稿,最后由钟国清通读、修改和定稿。

在本书的修订过程中得到了参编学校和科学出版社的大力支持,在此向他们表示衷心的感谢。书中不妥和谬误之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编者

2016年5月

## 第二版前言

本书为“教育部新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划”资助项目的研究成果之一,将传统的无机化学、分析化学、有机化学等课程内容整合而成,适用于医药、轻工、农林、水产、生态、环境院校高职高专及成人教育各有关专业的学生,也可供其他高职高专学校相关专业的师生使用和参考。

根据高职高专人才“基本培养规格”和基础课程教学基本要求,我们对传统的课程设置及教学内容进行了综合改革与整合,重组课程,优化、精选教学内容。本书第一版出版后,在多所院校的教学实践中使用,受到了广大师生的欢迎和好评。为适应近年来高职高专教育的迅猛发展以及学科的不断发 展,我们对第一版中的某些章节进行了调整,加强了仪器分析的部分内容,删除了部分内容,并增加了一些拓宽学生视野的阅读材料。本书共 24 章,保持了第一版简明扼要、重点鲜明、强调应用的特色。教材中例题外的小字体部分内容,可作为选学内容或学生的课外阅读材料。

为了方便师生使用,我们同时编写了配套的《大学基础化学学习指导》和《基础化学实训教程》。

参加本书修订和编写的单位及教师有:西南科技大学钟国清(绪论、第二十三章),清远职业技术学院冯小军(第一章),中山职业技术学院庄晓梅(第二章),河南质量工程职业学院王振丽(第三、十五章)、席会平(第九章)、孟庆(第十八章),浙江医药高等专科学校戴静波(第四章),广西生态工程职业技术学院吴雪文(第五、八章),广东食品药品职业学院崔英(第六章)、蔡自由(第十章)、王充(第十二章)、李银花(第十四章)、石晓(第二十一章),扬州环境资源职业技术学院孙成(第七、十三章),山西大学潘继刚(第十一章),四川职业技术学院王碧(第十六章),广东中山火炬职业学院赵素芬(第十七章),南通农业职业技术学院蒋云霞(第十九、二十章),西南大学曾仁权(第二十二章),山西生物应用职业技术学院黄月君(第二十四章)。全书由主编、副主编统稿、修改,最后钟国清通读、定稿。

在本书编写过程中,我们得到了参编学校和科学出版社的大力支持,在此向他们表示衷心的感谢。

由于水平所限,书中不妥之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2009 年 3 月

## 第一版前言

本书是在教育部“高职高专教育化学课程教学内容体系改革、建设的研究与实践”课题资助下,结合有关学校多年的高职高专及成人教育教学改革和教学实践的基础上编写的。主要包含无机、分析和有机化学的基本内容,及化学与生活、化学与环境等知识介绍内容。本教材适用于高等院校农林类、生物类高职高专及成人教育各专业基础化学教学。全书共分 22 章,介绍了溶液和胶体、物质结构基础知识、化学反应速度和化学平衡、四大平衡和四大滴定分析的基本原理和方法,对仪器分析重点介绍吸光光度分析法和电势分析法,有机化学部分介绍了开链烃、碳环烃、卤代烃及光学异构,醇、酚、醚、醛、酮,羧酸及衍生物、取代酸,含氮、磷有机物,糖、氨基酸、蛋白质,几类重要的天然有机物,并介绍了化学与日常生活、化学与环境等知识。

高职高专及成人教育教学的特点是:课程多,学时少,强调基础理论以必需够用为度,以应用为目的,以掌握概念、强化应用为重点,突出在生产实践中有广泛应用价值的基础理论、基础知识和基本技能,着眼于培养学生的动手能力,在校期间完成上岗前的实践技能训练。本教材根据高等学校农林类、生物类高职高专各专业人才“基本培养规格”和教学要求,对传统的课程设置(无机及分析化学、有机化学等)及教学内容进行了综合改革与整合,重组课程,优化、精选教学内容,在编写过程中力求做到简明扼要、重点鲜明、突出基本概念阐述,强调理论联系实际,特别是化学知识与农林、生物类学科以及日常生活的有机结合,注意启发学生多思考,加强能力的培养。在文字叙述上,力求做到深入浅出,通俗易懂。教材中加注“\*”号的内容,可按需要酌情选用,小字体部分内容作为学生阅读材料。

本书全部采用中华人民共和国法定计量单位。

本书由钟国清、赵明宪任主编,孙世清、曾仁权、蒋礼任副主编。

参加本书编写的单位有:西南农业大学,吉林农业大学,西南科技大学,吉林特产高等专科学校,广西生态工程职业技术学院。参加编写的教师有:钟国清(第一、二十一章),陈阳(第二章),赵明宪(第三章),孙世清(第四、十五章),吴方琼(第五章),阳泽平(第六、七章),丰利(第八章),陈朝晖(第九、二十二章),蒋礼(第十、十一章),朱鹤(第十二章),杨新斌(第十三章),赵元聪(第十四章),曾仁权(第十六、十九章),罗万芬(第十七章),马凤霞(第十八章),吴雪文(第二十章)。全书由主编、副主编统稿、修改,最后钟国清通读、定稿。

本书在编写过程中得到了课题组有关成员、参编学校的有关领导特别是西南农业大学有关领导的大力支持,在此向他们表示衷心的感谢。由于编者水平所限,时间仓促,不妥和疏漏之处在所难免,恳请广大师生和读者批评指正。

编者

2003 年 4 月

# 目 录

|                     |    |
|---------------------|----|
| 第三版前言               |    |
| 第二版前言               |    |
| 第一版前言               |    |
| 绪论                  | 1  |
| 第一章 溶液和胶体           | 4  |
| § 1-1 溶液            | 5  |
| § 1-2 稀溶液的依数性       | 8  |
| § 1-3 胶体溶液          | 13 |
| § 1-4 高分子溶液和乳浊液     | 16 |
| 习题                  | 17 |
| 第二章 物质结构基础知识        | 19 |
| § 2-1 原子核外电子的运动状态   | 20 |
| § 2-2 原子核外电子的排布     | 25 |
| § 2-3 元素基本性质的周期性    | 28 |
| § 2-4 化学键           | 31 |
| § 2-5 杂化轨道理论与分子空间构型 | 35 |
| § 2-6 分子间力和氢键       | 37 |
| 习题                  | 40 |
| 第三章 化学反应速率和化学平衡     | 42 |
| § 3-1 化学反应速率        | 43 |
| § 3-2 化学平衡          | 47 |
| 习题                  | 52 |
| 第四章 化学分析概论          | 54 |
| § 4-1 化学分析概述        | 55 |
| § 4-2 误差与数据处理       | 57 |
| § 4-3 滴定分析法         | 63 |
| 习题                  | 67 |
| 第五章 酸碱平衡与酸碱滴定法      | 69 |
| § 5-1 弱电解质的解离平衡     | 70 |
| § 5-2 酸碱质子理论        | 72 |
| § 5-3 酸碱溶液 pH 的计算   | 75 |
| § 5-4 同离子效应与缓冲溶液    | 77 |
| § 5-5 酸碱滴定法         | 82 |
| 习题                  | 92 |
| 第六章 沉淀平衡与沉淀滴定法      | 95 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| § 6-1 溶度积原理 .....               | 96  |
| § 6-2 溶度积规则的应用 .....            | 98  |
| § 6-3 沉淀滴定法 .....               | 103 |
| 习题 .....                        | 106 |
| <b>第七章 氧化还原平衡与氧化还原滴定法</b> ..... | 107 |
| § 7-1 氧化还原反应 .....              | 108 |
| § 7-2 电极电势 .....                | 111 |
| § 7-3 电极电势的应用 .....             | 115 |
| § 7-4 氧化还原滴定法 .....             | 117 |
| § 7-5 氧化还原反应的应用 .....           | 124 |
| 习题 .....                        | 125 |
| <b>第八章 配位平衡与配位滴定法</b> .....     | 128 |
| § 8-1 配合物 .....                 | 129 |
| § 8-2 配离子的配位解离平衡 .....          | 132 |
| § 8-3 配位滴定法 .....               | 136 |
| § 8-4 配合物的应用 .....              | 143 |
| 习题 .....                        | 144 |
| <b>第九章 吸光光度法</b> .....          | 146 |
| § 9-1 吸光光度法的基本原理 .....          | 147 |
| § 9-2 光度分析法及其仪器 .....           | 152 |
| § 9-3 吸光光度法的应用 .....            | 155 |
| 习题 .....                        | 156 |
| <b>第十章 电势分析法</b> .....          | 158 |
| § 10-1 电势分析法的基本原理 .....         | 159 |
| § 10-2 电势分析法的应用 .....           | 161 |
| 习题 .....                        | 164 |
| <b>第十一章 有机化合物概论</b> .....       | 166 |
| § 11-1 概述 .....                 | 167 |
| § 11-2 有机化合物的分类 .....           | 168 |
| § 11-3 有机反应的基本类型 .....          | 170 |
| § 11-4 有机高分子化合物及其分类 .....       | 171 |
| 习题 .....                        | 172 |
| <b>第十二章 脂肪烃</b> .....           | 173 |
| § 12-1 烷烃 .....                 | 174 |
| § 12-2 烯烃和炔烃 .....              | 181 |
| § 12-3 共轭二烯烃 .....              | 187 |
| § 12-4 烯烃高聚物及其应用 .....          | 189 |
| 习题 .....                        | 191 |
| <b>第十三章 环烃</b> .....            | 193 |
| § 13-1 环烷烃 .....                | 194 |



|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| § 13-2 芳香烃 .....               | 195        |
| 习题 .....                       | 201        |
| <b>第十四章 卤代烃 光学异构</b> .....     | <b>203</b> |
| § 14-1 卤代烃 .....               | 204        |
| § 14-2 光学异构 .....              | 212        |
| 习题 .....                       | 219        |
| <b>第十五章 醇 酚 醚</b> .....        | <b>222</b> |
| § 15-1 醇 .....                 | 223        |
| § 15-2 酚 .....                 | 229        |
| § 15-3 醚 .....                 | 233        |
| § 15-4 硫醇和硫醚 .....             | 236        |
| 习题 .....                       | 238        |
| <b>第十六章 醛 酮 醌</b> .....        | <b>239</b> |
| § 16-1 醛 酮 .....               | 240        |
| § 16-2 醌 .....                 | 246        |
| 习题 .....                       | 247        |
| <b>第十七章 羧酸 羧酸衍生物 取代酸</b> ..... | <b>249</b> |
| § 17-1 羧酸 .....                | 250        |
| § 17-2 羧酸衍生物 .....             | 257        |
| § 17-3 取代酸 .....               | 261        |
| 习题 .....                       | 266        |
| <b>第十八章 含氮和含磷有机化合物</b> .....   | <b>269</b> |
| § 18-1 胺 .....                 | 270        |
| § 18-2 重氮盐及偶氮化合物 .....         | 275        |
| § 18-3 含磷有机化合物 .....           | 276        |
| 习题 .....                       | 279        |
| <b>第十九章 生命有机化学</b> .....       | <b>280</b> |
| § 19-1 糖 .....                 | 281        |
| § 19-2 蛋白质 .....               | 287        |
| § 19-3 核酸 .....                | 295        |
| 习题 .....                       | 299        |
| <b>第二十章 几类天然有机化合物</b> .....    | <b>300</b> |
| § 20-1 杂环化合物 .....             | 301        |
| § 20-2 生物碱 .....               | 307        |
| § 20-3 萜类和甾体 .....             | 310        |
| <b>第二十一章 化学与生活</b> .....       | <b>315</b> |
| § 21-1 化学与衣食住行 .....           | 316        |
| § 21-2 化学与健康 .....             | 322        |
| § 21-3 药物与疾病 .....             | 330        |
| § 21-4 日用化学品 .....             | 333        |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 第二十二章 化学与环境               | 339 |
| § 22-1 化学与环境概述            | 340 |
| § 22-2 水污染及其防治            | 342 |
| § 22-3 土壤污染及其防治           | 345 |
| § 22-4 大气污染及其防治           | 346 |
| § 22-5 绿色化学概论             | 350 |
| 参考文献                      | 353 |
| 附录                        | 354 |
| 附录 I 一些化合物的相对分子质量         | 354 |
| 附录 II 弱酸、弱碱在水中的解离常数       | 357 |
| 附录 III 难溶电解质的溶度积(298.15K) | 358 |
| 附录 IV 标准电极电势表(298.15K)    | 359 |
| 附录 V 配离子的稳定常数(298.15K)    | 362 |
| 附录 VI 国际单位制(SI)           | 363 |

## 绪 论

### 一、化学的研究对象和重要作用

化学是研究物质的组成、结构、性质、变化和变化过程中能量关系的科学。它涉及存在于自然界的物质——地球上的矿物、空气中的气体、海洋里的水和盐、在动物身上找到的化学物质,以及由人类创造的新物质;它涉及自然界的变化——与生命有关的化学变化,还有由化学家发明和创造的新变化。化学包含两种不同类型的工作,一些化学家在研究自然界并试图了解它,同时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。

物质是一个广泛的哲学概念,是不以人的主观意志为转移而客观存在的。大千世界是由各种各样、形形色色的物质所组成的。物质有两种基本形态:一种是具有静止质量的物质,称为“实物”,如日月星辰、江河湖海、山岳丘陵、动植物、微生物、原子、分子、离子、电子等;另一种是只有运动质量没有静止质量的物质,称为“场”,如引力场、电磁场等。实物和场是物质存在的两种基本形态,可以互相转化但不会被消灭,也不可能凭空创造出来。化学所研究的物质是实物。

物质永远处于不停的运动、变化和发展状态之中。世界上没有不运动的物质,也没有脱离物质的运动。物质的运动形式可以归纳为机械的、物理的、化学的、生命的和社会的五种。这些运动形式既互相联系,又互相区别,每一种运动形式都有其特殊的本质。化学主要研究物质的化学运动形式。

化学运动形式即化学变化的主要特征是生成新的物质。但从物质构造层次讲,化学变化是在原子核不变的情况下,发生原子的化分(原有化学键或分子的破坏)和化合(新的化学键或分子的形成)而生成新物质。核裂变或核聚变的核反应,虽然也有新物质生成,但它们不是原子层次的反应,故不属于化学变化。因此,化学的研究对象应是在分子、原子或离子水平上,研究物质的组成、结构、性质、变化以及变化过程中能量关系的科学。

物质的各种运动形式是彼此联系的,并在一定条件下互相转化。物质的化学运动形式与其他运动形式也是有联系并互相转化的。化学变化总伴随有物理变化,生物过程总伴随着不间断的化学变化。因此,研究化学时还要结合其他许多有关学科的理论 and 实践。

化学是一门古老而又年轻的科学。火的利用、造纸、酿酒、染色、中草药、火药、冶金、陶瓷等,从古代开始,化学就一直伴随古人的生产和生活。直到17世纪后期,英国著名科学家波义耳指出“化学的对象和任务就是寻找和认识物质的组成和性质”,化学才走上科学发展的道路。如果从这时算起,化学作为一门科学,仅有300多年的历史。18世纪发现质量守恒定律、定组成定律、倍比定律等,为化学新理论的诞生打下了基础。19世纪初,道尔顿和阿伏伽德罗分别创立原子论和原子分子论;1869年俄国著名化学家门捷列夫提出了元素周期律,从此进入近代化学的发展时期。20世纪是化学取得巨大成就的世纪,1926年,量子力学的建立冲破经典力学的束缚,开辟了现代原子结构理论发展的新历程;1931年,丹麦科学家玻尔把量子的概念首先引入原子结构理论,成功地解释了氢原子光谱。在此基础上,化学键理论及晶体结构的研究,都获得了新发展。物质结构理论的发展,使人们从微观上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。化学热力学和动

力学的应用,从宏观上推动各类化学反应的研究,大大促进了化学工业的发展。20世纪,在化学高速发展的背景下,中国化学家不遑多让,侯氏制碱法、抗疟疾药物青蒿素、人工合成牛胰岛素等,都让中国人的名字写在了化学的荣誉榜上。总体来看,化学在以下方面创造了我们美好的生活:化肥将人类从饥饿中拯救出来,高分子合成材料改善了我们的生活,药物成为人类健康的守护神,染料的发明和应用使我们的生活多姿多彩。

传统化学按研究对象和研究的内在逻辑的不同,分为无机化学、有机化学、分析化学和物理化学四大分支。这些分支现在已经发生相当大的演变。一方面随着科学技术的进步和生产的发展,各门学科之间的相互渗透日益增强,化学已经渗透到农业、生物学、药学、环境科学、计算机科学、工程学、地质学、物理学、冶金学等很多领域,形成了许多应用化学的新分支和边缘学科,如农业化学、生物化学、医药化学、环境化学、地球化学、海洋化学、材料化学、计算化学、核化学、激光化学、高分子化学等;另一方面原有的“四大分支”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、化学生物学、稀有元素化学、胶体化学等。我国著名科学家徐光宪教授作了如下的比喻:“把21世纪的化学比作一个人,那么物理化学、理论化学和计算化学是脑袋,分析化学是耳目,配位化学是心腹,无机化学是左手,有机化学和高分子化学是右手,材料科学是左腿,生命科学是右腿,通过这两条腿使化学科学坚实地站在国家目标的地坪上。”化学是一门“中心科学”,它不仅生产用于制造住所、衣物和交通用的材料,发明提高和保证粮食供应的新办法,创造新的药物,而且多方面改善着人类的生活,因而化学也是一门实用科学。

伴随其他科学技术和生产水平的提高,新的精密仪器、现代化的实验手段和电子计算机的广泛应用,化学科学也在突飞猛进地发展,正在从描述性的科学向推理性的科学过渡,从定性科学向定量科学发展,从宏观现象向微观结构深入。一个比较完整的化学体系正在逐步建立起来。目前,世界上出现的以信息技术、生物工程、新型材料、新的能源、海洋开发等新技术为主导的技术革命是与化学密切相关的,离开化学和化学工业的发展,这些新技术的发展和应用都是不可能的。

在现代生活中,特别是在人类的生产活动中,化学起着重要的作用。几乎所有的生产部门都与化学有密切的联系。例如,运用对物质结构和性质的知识,科学地选择使用原材料;运用化学变化的规律,研制各种新产品。当前人类关心的能源和资源的开发、粮食的增产、人口的控制、环境的保护、海洋的综合利用、生物工程、化害为利、变废为宝、节能减排等都离不开化学知识;现代化的生产和科学技术往往需要综合运用多种学科的知识,但它们都与化学有着密切的联系。

包括医学及农、林、牧、渔大农业在内的生物科学与化学的联系更为密切。植物体的根、茎、叶、花、果实、种子,动物体的骨骼、肌肉、脏器以及它们的各种体液都是由各种化学元素经过生理、生化等各种变化而构成的。农、林、果、鱼、畜产品的初加工、深加工及其副产品和废物的综合利用;粮食、油料、蔬菜、水果、水产品、肉奶蛋等的贮存保鲜;使用饲料添加剂、生长激素、微量元素、必需氨基酸等调节动植物有机体的生理过程,以提高农牧业产品的质量和产量;利用杀虫剂、杀菌剂、杀鼠剂保护植物不受害虫、病菌、啮齿类动物的侵害;利用各种兽药和疫苗防治畜禽疾病和传染病;卫生监督、环境监控、产品质量的检验;微量元素肥料和化学肥料的合理使用,土壤结构的改良;盐碱地的治理、污水的净化等,都离不开化学的基本原理、基本知识和基本操作技能。许多专业基础课和专业课也与化学有着不可分割的联系。总之,化学在专业学习和专业工作中的重要意义,大家在今后的学习和实践中会有更深刻的体会。

## 二、大学基础化学的性质和任务

大学基础化学不是化学学科发展的一门分支学科,主要介绍无机化学、有机化学和分析化学等学科中的基础知识、基本原理和基本操作技术。在化学的各门分支学科中,无机化学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;有机化学是研究碳氢化合物及其衍生物的组成、结构、性质和反应的学科;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。

大学基础化学的教学任务是通过学习,掌握与医药、轻工、农林、水产、生态、环境等学科有关的化学基本理论、基本知识、基本技能;在学习溶液基础知识上,重点掌握四大平衡理论的原理和以滴定分析方法为主的测定物质含量的方法,建立准确的“量”的概念;以有机物的结构与性质为主线,学习并掌握有机物的一般特点、命名方法、反应规律;了解这些理论、知识和技能在专业中的应用,为后续课程的学习和今后的工作打下良好的化学基础,同时扩大自己的知识面。总之,教学中培养学生自学能力、分析和解决日常生活和生产实践中一些化学问题的能力,以及培养学生严谨的科学态度和习惯,是大学基础化学教学的重要任务。

## 三、大学基础化学的学习方法

(1) 学习中要注重基本概念和基本理论的理解和应用。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? 然后再研究细致的内容、推导过程、实验步骤等,这才能抓住要领。

(2) 培养自学能力。21 世纪的教育是终身教育,知识财富的创造速度非常之快,每隔 3~5 年翻一番。就化学而言,美国化学文摘服务部(CAS)给各种新化合物编有注册号,在 1950 年初大约是 200 万种,而到 1990 年已突破 1000 万种,2000 年已达到 2340 万种,2009 年已超过 3400 万种,平均每天超过 3000 种。面对这巨大浩瀚的信息量,任何人即使日夜攻读,也难读完和记住现有的知识。将来从事工作所必需的很多知识仅在学校学习肯定是不能满足的,需要不断地学习、更新知识来适应社会,增加自己的竞争力,即运用已有知识创造性地解决问题的能力 and 发现新知识的能力,因此培养自学能力就显得非常重要。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。提倡课前预习,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,有目的地阅读一些科技论文或参考书,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,许多化学理论和规律是从实验总结出来的。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。



# 第一章

---

## 溶液和胶体

§ 1-1 溶液

§ 1-2 稀溶液的依数性

§ 1-3 胶体溶液

§ 1-4 高分子溶液和乳浊液

### 学习要求

1. 熟悉溶液的组成量度、等物质的量规则及其应用。
2. 熟悉稀溶液的依数性及其应用。
3. 了解胶体的基本概念、结构和性质、稳定性与聚沉的关系。
4. 了解高分子溶液,乳浊液的有关概念和性质。

溶液和胶体溶液与人类的生产活动、科学实验以及生命过程关系十分密切。大多数化学反应是在溶液中进行的,人和动物的血液、淋巴液及各种腺体的分泌等也都属于溶液范畴。胶体溶液的存在也很普遍,土壤的形成、动植物的骨架、组织及各种生命现象与胶体密切相关,很多不溶于水的药物要制成胶体溶液才能被人体吸收,在药物制备、使用、保管等环节也要涉及胶体知识。本章主要介绍溶液的组成量度、稀溶液的依数性及胶体溶液的基本知识。

## § 1-1 溶 液

### 一、分散系

在进行科学研究时,常把一部分物质与其余物质划分开来作为研究对象,这种被划分出来的研究对象称为体系。体系中物理性质和化学性质完全相同而与其他部分有明显界面的均匀部分称为相。只含一个相的体系为单相或均相体系,含有两个或两个以上相的体系为多相体系或非均相体系。

一种或几种物质以细小颗粒分散在另一种物质中形成的体系称为分散系。分散系中,被分散的物质称为分散质或分散相,而容纳分散质的物质称为分散剂或分散介质。

按分散质粒子的大小,常把分散系分为三类,见表 1-1。

表 1-1 按分散质粒子大小分类的各种分散系

| 分散系名称    |       | 分散质组成        | 分散质直径                | 分散系性质                    | 示 例   |
|----------|-------|--------------|----------------------|--------------------------|---|
| 分子或离子分散系 | 真溶液   | 小分子或离子       | $<1\text{nm}$        | 均相,透明,稳定,能透过半透膜、滤纸       | 食盐溶液、空气、合金等   |
| 胶体分散系    | 胶体溶液  | 分子、原子、离子的聚集体 | $1\sim 100\text{nm}$ | 非均相,有相对稳定性,能透过滤纸,不能透过半透膜 | $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶、 $\text{As}_2\text{S}_3$ 溶胶 |
|          | 高分子溶液 | 高分子          |                      | 均相,透明,稳定,能透过滤纸,不能透过半透膜   | 蛋白质、动物胶溶液   |
| 粗分散系     | 悬浊液   | 固体小颗粒        | $>100\text{nm}$      | 非均相,不透明,不稳定,不能透过滤纸和半透膜   | 泥浆水、乳汁、豆浆等  |
|          | 乳浊液   | 液体小液滴        |                      |                          |   |

### 二、物质的量及其单位

#### 1. 物质的量

物质的量  $n_B$  是以摩尔为计量单位来表示物质组成的物理量。摩尔(mol)是一系统物质的量,该系统中所包含的基本单元数与  $0.012\text{kg}^{12}\text{C}$  的原子数目相同。基本单元可以是分子、离子、原子、电子、光子及其他粒子或这些粒子的特定组合,使用摩尔时必须在其单位符号(mol)或量符号( $n$ )后用元素符号或化学式指明其基本单元,而不能用文字。

例如,  $1\text{mol}(\text{H}_2)$  或  $n(\text{H}_2)=1\text{mol}$  表示基本单元是  $\text{H}_2$  的物质的量是  $1\text{mol}$ , 即  $6.02\times 10^{23}$  个  $\text{H}_2$ ;  $1\text{mol}(2\text{H}_2)$  或  $n(2\text{H}_2)=1\text{mol}$  表示基本单元是  $(2\text{H}_2)$  的物质的量是  $1\text{mol}$ , 即  $6.02\times 10^{23}$  个  $(2\text{H}_2)$ ;  $1\text{mol}(\text{H})$  或  $n(\text{H})=1\text{mol}$  表示基本单元是  $\text{H}$  的物质的量是  $1\text{mol}$ , 即  $6.02\times 10^{23}$  个  $\text{H}$ 。



## 2. 物质的摩尔质量

1mol 物质所具有的质量称为摩尔质量,单位为  $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ ,常用  $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。若某物质 B 的质量为  $m$ ,物质的量为  $n_B$ ,则其摩尔质量  $M_B$  为

$$M_B = \frac{m}{n_B} \quad (1-1)$$

例如,  $M(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.098 \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $M(1/2\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.049 \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。当选择不同基本单元时,有

$$M_{aB} = aM_B \quad (1-2)$$

## 3. 物质的量的计算

物质的量  $n_B$  (mol) 与物质的质量  $m$  (kg)、物质的摩尔质量  $M_B$  ( $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) 之间的定量关系如下:

$$n_B = \frac{m}{M_B} \quad (1-3)$$

当基本单元选择不同时,有

$$n_{aB} = \frac{1}{a} n_B \quad (1-4)$$

## 三、溶液的组成量度

为更清晰地度量溶液,以下介绍的所有公式中下标 A 指示的对象为溶剂,下标 B 指示的对象为溶质,没有下标指示的是溶液。

### 1. 质量分数与体积分数

某组分 B 的质量与溶液质量之比,称为该组分 B 的质量分数,量纲为一,其数学表达式为

$$\omega_B = \frac{m_B}{m} \quad (1-5)$$

某组分 B 的体积与总体积之比,称为该组分 B 的体积分数,其数学表达式为

$$\varphi_B = \frac{V_B}{V} \quad (1-6)$$

### 2. 质量浓度

溶质质量与溶液的体积之比,称为质量浓度,用符号  $\rho_B$  表示,单位可用  $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、 $\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  等,即

$$\rho_B = \frac{m_B}{V} \quad (1-7)$$

### 3. 物质的量浓度

1L 溶液中所含溶质 B 的物质的量,称为物质的量浓度,简称浓度,用符号  $c_B$  表示,即

$$c_B = \frac{n_B}{V} \quad (1-8)$$



浓度的常用单位为  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , 有时也用  $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

因溶液浓度单位是基本单位“mol”的导出单位, 故在使用浓度单位时也必须注明所表示物质的基本单元。当基本单元选择不同时, 有

$$c_{aB} = \frac{1}{a} c_B \quad (1-9)$$

例如,  $c(\text{KMnO}_4) = 0.10 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  与  $c(1/5\text{KMnO}_4) = 0.10 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的两种溶液, 它们的浓度数值虽然相同, 但由于基本单元不同, 它们所表示 1L 溶液中所含  $\text{KMnO}_4$  的质量是不同的, 分别为 15.8g 和 3.16g。

#### 4. 质量摩尔浓度

1kg 溶剂中所含溶质 B 的物质的量, 称为溶质 B 的质量摩尔浓度, 其数学表达式为

$$b_B = \frac{n_B}{m_A} \quad (1-10)$$

式中:  $b_B$  为质量摩尔浓度, 单位  $\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;  $m_A$  为溶剂的质量, 单位 kg。因物质的质量不受温度的影响, 故质量摩尔浓度是一个与温度无关的物理量。因此, 它通常用于稀溶液依数性的研究和一些精密的测定中。而对浓度较稀的水溶液来说, 1L 溶液的质量约为 1kg, 故质量摩尔浓度数值上近似于物质的量浓度, 即  $b_B \approx c_B$ 。

#### 5. 摩尔分数

溶质的物质的量除以混合物各组分的物质的量之和称为溶质 B 的摩尔分数, 用符号  $x_B$  表示:

$$x_B = \frac{n_B}{n} \quad (1-11)$$

若溶液由溶质 B 和溶剂 A 组成, 不难看出:

$$x_B = \frac{n_B}{n_A + n_B} \quad (1-12)$$

同理可得溶剂 A 的摩尔分数  $x_A$ , 显然  $x_A + x_B = 1$ 。

**【例 1-1】** 已知浓硫酸的密度为  $1.84 \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ , 硫酸的质量分数为 96.0%, 试计算  $c(\text{H}_2\text{SO}_4)$  及  $c(1/2\text{H}_2\text{SO}_4)$ 。

$$\begin{aligned} \text{解} \quad c(\text{H}_2\text{SO}_4) &= \frac{1000\rho \cdot w(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{1000 \times 96.0\% \times 1.84}{98.0} = 18.0 (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}) \\ c(1/2\text{H}_2\text{SO}_4) &= \frac{1000\rho \cdot w(\text{H}_2\text{SO}_4)}{M(1/2\text{H}_2\text{SO}_4)} = \frac{1000 \times 96.0\% \times 1.84}{1/2 \times 98.0} = 36.0 (\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}) \end{aligned}$$

从例 1-1 可以看出, 同样一个溶液, 由于基本单元选择不同, 其浓度的数值不相同。

**【例 1-2】** 欲配制  $c(1/2\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.10 \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  的溶液 500mL, 应取密度为  $1.84 \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  质量分数为 96.0% 的硫酸多少毫升? 如何配制?

**解** 根据上题的计算结果, 由  $c_{\text{稀}} V_{\text{稀}} = c_{\text{浓}} V_{\text{浓}}$ , 有

$$V_{\text{浓}} = \frac{0.10 \times 500}{36.0} = 1.4 (\text{mL})$$

该溶液的配制方法: 取密度为  $1.84 \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  的浓硫酸 1.4mL, 加入盛有适量蒸馏水的烧杯中, 然后加蒸馏水稀释至 500mL 即得。