



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

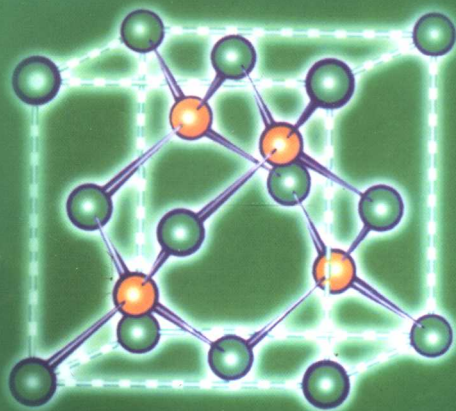


面向21世纪课程教材
Textbook Series for 21st Century

普通化学

(第3版)

赵士铎 主编



中国农业大学出版社

ZHONGGUONONGYEDAXUE CHUBANSHE

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
面向 21 世纪 课 程 教 材

普通化学

(第 3 版)

赵士铎 主编

中国农业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

普通化学/赵士铎主编. —3版. —北京:中国农业大学出版社,2007.8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-81117-241-6

I. 普… II. 赵… III. 普通化学-高等学校-教材 IV. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 111596 号

书 名 普通化学(第3版)

作 者 赵士铎 主编

策划编辑 张秀环 丛晓红

责任编辑 彭威鑫 丛晓红

封面设计 郑 川

责任校对 陈 莹 王晓凤

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路2号

邮政编码 100094

电 话 发行部 010-62731190,2620

读者服务部 010-62732336

编辑部 010-62732617,2618

出版部 010-62733440

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

e-mail cbsszs @ cau.edu.cn

经 销 新华书店

印 刷 北京鑫丰华彩印有限公司

版 次 2007年8月第3版 2007年9月第2次印刷

规 格 787×980 16开本 21印张 384千字 彩页1

印 数 10 001~15 000

定 价 28.00元

图书如有质量问题本社发行部负责调换

元素周期表

IUPAC 2003

氧化态(单质的氧化态为0, 未列入, 常见的为红色)
元素符号(红色的为放射性元素)
元素名称(注: * 的为人造元素)
价层电子构型
原子序数
原子序数
原子序数

s区元素
p区元素
d区元素
ds区元素
f区元素
稀有气体

族	周期表主体																		18	电子层										
周期	1A	IIA																3A	4A	5A	6A	7A	8A	VIIA	VI A	V A	IV A	III A	2	1
1	H 1s																	He 1s	K											
2	Li 2s	Be 2s																	B 2s ² 2p ¹	C 2s ² 2p ²	N 2s ² 2p ³	O 2s ² 2p ⁴	F 2s ² 2p ⁵	Ne 2s ² 2p ⁶	L					
3	Na 3s	Mg 3s																	Al 3s ² 3p ¹	Si 3s ² 3p ²	P 3s ² 3p ³	S 3s ² 3p ⁴	Cl 3s ² 3p ⁵	Ar 3s ² 3p ⁶	M					
4	K 4s	Ca 4s	Sc 3d ¹ 4s ²	Ti 3d ² 4s ²	V 3d ³ 4s ²	Cr 3d ⁵ 4s ¹	Mn 3d ⁵ 4s ²	Fe 3d ⁶ 4s ²	Co 3d ⁷ 4s ²	Ni 3d ⁸ 4s ²	Cu 3d ¹⁰ 4s ¹	Zn 3d ¹⁰ 4s ²	Ga 4s ² 4p ¹	Ge 4s ² 4p ²	As 4s ² 4p ³	Se 4s ² 4p ⁴	Br 4s ² 4p ⁵	Kr 4s ² 4p ⁶	N											
5	Rb 5s	Sr 5s	Y 4d ¹ 5s ²	Zr 4d ² 5s ²	Nb 4d ⁴ 5s ¹	Mo 4d ⁵ 5s ¹	Tc 4d ⁵ 5s ²	Ru 4d ⁷ 5s ¹	Rh 4d ⁸ 5s ¹	Pd 4d ¹⁰	Ag 4d ¹⁰ 5s ¹	Cd 4d ¹⁰ 5s ²	In 5s ² 5p ¹	Sn 5s ² 5p ²	Sb 5s ² 5p ³	Te 5s ² 5p ⁴	I 5s ² 5p ⁵	Xe 5s ² 5p ⁶	O											
6	Cs 6s	Ba 6s	La-Lu 6s	Hf 5d ² 6s ²	Ta 5d ⁴ 6s ²	W 5d ⁴ 6s ²	Re 5d ⁵ 6s ²	Os 5d ⁶ 6s ²	Ir 5d ⁷ 6s ²	Pt 5d ⁹ 6s ¹	Au 5d ¹⁰ 6s ¹	Hg 5d ¹⁰ 6s ²	Tl 6s ² 6p ¹	Pb 6s ² 6p ²	Bi 6s ² 6p ³	Po 6s ² 6p ⁴	At 6s ² 6p ⁵	Rn 6s ² 6p ⁶	P											
7	Fr 7s	Ra 7s	Ac-Lr 7s	Rf 6d ² 7s ²	Db 6d ³ 7s ²	Sg 6d ⁴ 7s ²	Bh 6d ⁵ 7s ²	Hs 6d ⁶ 7s ²	Mt 6d ⁷ 7s ²	Ds 6d ⁹ 7s ¹	Uu ^a	Uub ^a	Uuq ^a	Uuh ^a	Uus ^a	Uuo ^a	Uu ^a	Uu ^a	Q											

系	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	
18	La 5d ⁶ 6s ²	Ce 4f ⁶ 6s ²	Pr 4f ⁷ 6s ²	Nd 4f ⁷ 6s ²	Pm 4f ⁶ 6s ²	Sm 4f ⁶ 6s ²	Eu 4f ⁶ 6s ²	Gd 4f ⁷ 6s ²	Tb 4f ⁷ 6s ²	Dy 4f ⁹ 6s ²	Ho 4f ⁹ 6s ²	Er 4f ¹⁰ 6s ²	Tm 4f ¹⁰ 6s ²	Yb 4f ¹⁴ 6s ²	Lu 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²	★	★	★	★	★	★
17	Ac 6d ⁷ 7s ²	Th 6d ⁷ 7s ²	Pa 5f ⁶ 6d ¹ 7s ²	U 5f ⁶ 6d ¹ 7s ²	Np 5f ⁶ 6d ¹ 7s ²	Pu 5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Am 5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Cm 5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Bk 5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Cf 5f ¹⁰ 7s ²	Es 5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Fm 5f ⁷ 6d ¹ 7s ²	Md 5f ¹⁰ 7s ²	No 5f ¹⁴ 7s ²	Lr 5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²	★	★	★	★	★	★

第3版编委会名单

主 编 赵士铎

副主编 董元彦 杨桂梧 冯贵颖 马文英 刘希光 孙 英

编 者 郑先福 石 军 李子荣 蒋 疆 宁爱民 王红梅
朱荣华 江文世

第 1 版前言

本书是教育部《面向 21 世纪高等农林院校本科生化学系列课程教学内容和课程体系改革的研究与实践》研究课题成果之一,编写过程中得到中华农业科教基金和北京市高教委的大力资助。本书适用于高等农、林、水院校各专业本科生使用。

化学科学是现代生物科学的基础,化学系列课程,是农林院校本科生必修的重要基础课。为培养新世纪的合格生物、农、林科技工作者,编者多年来对农林院校《普通化学》课程改革做了大量尝试性的研究和实践,本书正是在此基础上编写而成的。编者力图在以下几方面有所突破:

1. 精简化学理论内容,力图做到够用即可;尽量避免公式的冗长推导和解释,有些内容仅做科普性的叙述,强调理论的应用。

2. 加强与农林科学有重要关系的元素化学内容,其中部分内容分散于各有关理论章节,力图做到以理论教学带动元素化学教学。实践证明,这种新的处理方法,避免了理论部分教学的空洞和元素化学教学的枯燥,再将理论与实践有机结合起来,无论对学生知识的掌握,还是对学生应用理论分析问题、解决问题能力的培养均大为有益。

3. 注意化学科学发展的新动向,力图用新的观点对理论、概念进行叙述和定义。本书积极贯彻《量和单位国家标准》(1993),以力图保证概念的科学性。全国量和单位标准化技术委员会副主任委员 **刘天和** 教授对本书编写给予了大量指导,并亲自对有关章节进行了修改,在此,再次对 **刘天和** 教授表示诚挚的感谢。

4. 学生课后作业,是教学中的一极其重要的环节。本书正文简约,将部分内容放于习题中,引导学生经思考而掌握之,着意调动学生学习的积极性,利于对学生能力的培养,也给使用此书的教师充分发挥的余地,便于教学的组织。

参加本书编写的有:华中农业大学董元彦(第三、十章)、内蒙古农业大学杨桂梧(第五、六、十一章)、浙江大学贾之慎(第四、八章)、北京林业大学张荣华(第七、九章)、中国农业大学赵士铎(第一、二章),全书由主编、副主编修改统稿完成。中国农业大学出版社和编辑丛晓红同志对本书的出版付出了极大的精力和艰辛,在此特致谢意。

像小儿“呀呀”学语,至长大回首,定觉幼稚可笑。本书的编写,是编者对普通化学课程改革的初步尝试,书中不足,恳望同行专家和使用此书的同学不吝赐教,以待改进。

编者

1999年4月20日

第 2 版前言

本书于 1999 年出版发行,被很多农林院校选作教材,收到了良好的教学效果。但正如第 1 版前言所说,本书“仅是对普通化学课程改革的初步尝试”。4 年来,我们收到使用过这本教材的同行专家和学生的很多中肯的批评和建议,也真切地意识到本书亟待修订,以适应教育改革的不断深入。感谢中国农业大学出版社又给了我们一次珍贵的机会,使本书第 2 版能够及时面世发行。

根据同行专家和学生的建议,第 2 版依然保持了原书精简理论、强调应用、加强元素化学内容等特点。除修正了原书中出现的错误外,我们还在以下几方面做了调整:

1. 考虑到现行分析化学课程的内容安排,本书增添了无机定性分析一章,以满足资源与环境、食品等专业的教学需求;考虑到有机化学课程的需要,增加了蒸馏、分馏原理等内容。

2. 加强了与生物科学、农业科学有关知识,如氨基酸的酸碱性、稀土肥料等的讨论和介绍。

3. 根据课堂讲授内容应难、易相间安排的特点,对部分章节内容的先后顺序做了调整。

4. 避免文字过于艰涩,对一些学生不易理解的定义、原理,尽量通过示例进行说明和解释。

尽管想努力做好,但这次再版也只能算是我们对普通化学课程改革的又一次尝试。囿于编者水平,不足之处仍恳请同行赐教。

参加第 2 版编写工作的,除董元彦、杨桂梧、张荣华、贾之慎、赵士铎外,还请到了使用过原书的王伊强、王春娜、孙英、胡唐华几位同志。他们的加入为本书的编写带入了很多新思想、新方法、新内容。

特别感谢任丽萍、葛兴二位主审和中国农业大学出版社编辑丛晓红同志,她们为本书的出版付出了大量辛劳。

再次感谢所有同行和学生给予我们的支持和帮助。

编 者

2003 年 4 月 20 日

目 录

绪论	(1)
1 分散系	(4)
1.1 分散系	(5)
1.2 气体	(6)
1.3 液体	(9)
1.4 溶液的组成标度	(11)
1.5 稀溶液的依数性	(14)
1.6 两挥发组分的溶液蒸馏和分馏原理	(21)
1.7 胶体溶液	(24)
1.8 表面活性剂和乳浊液	(31)
本章小结	(33)
思考题	(33)
习题	(34)
2 化学热力学基础	(36)
2.1 热力学基础知识	(37)
2.2 热化学	(43)
2.3 化学反应的自发性	(51)
本章小结	(66)
思考题	(66)
习题	(67)
3 化学平衡原理	(70)
3.1 标准平衡常数	(71)
3.2 多重平衡系统	(75)
3.3 化学平衡的移动	(77)
本章小结	(81)
思考题	(82)
习题	(82)
4 化学反应速率	(84)
4.1 化学反应速率概念	(85)

4.2 浓度对化学反应速率的影响	(87)
4.3 温度对化学反应速率的影响	(89)
4.4 反应速率理论简介	(91)
4.5 催化作用	(93)
本章小结	(96)
思考题	(97)
习题	(97)
5 原子结构	(99)
5.1 微观粒子的特性	(100)
5.2 单电子原子的波函数及其结构	(106)
5.3 多电子原子的结构	(114)
5.4 原子结构与元素周期律	(120)
本章小结	(133)
思考题	(133)
习题	(133)
6 化学键与分子结构	(136)
6.1 离子键与离子晶体	(137)
6.2 共价键的价键理论	(140)
6.3 分子轨道理论简介	(148)
6.4 分子的极性、分子间力和氢键	(152)
6.5 物性与结构简介	(160)
本章小结	(167)
思考题	(168)
习题	(168)
7 酸碱反应	(170)
7.1 酸碱质子理论	(171)
7.2 水溶液中的重要酸碱反应	(173)
7.3 酸碱平衡的移动	(178)
7.4 酸碱缓冲溶液	(185)
7.5 强电解质溶液简介	(189)
7.6 酸碱反应的生物学意义	(190)
本章小结	(193)
思考题	(193)

习题	(193)
8 沉淀-溶解反应	(195)
8.1 难溶电解质的溶度积	(196)
8.2 溶度积原理的应用	(198)
8.3 沉淀反应在分析化学中的应用	(208)
本章小结	(209)
思考题	(209)
习题	(209)
9 氧化还原反应	(211)
9.1 基本概念	(212)
9.2 氧化还原反应与原电池	(215)
9.3 原电池电动势和电极电势	(218)
9.4 氧化还原反应的自发方向	(219)
9.5 氧化还原反应的标准平衡常数	(225)
9.6 电极电势图解及应用	(227)
9.7 常见重要氧化还原反应	(231)
本章小结	(247)
思考题	(248)
习题	(248)
10 配位化合物	(251)
10.1 配位化合物的基本概念	(252)
10.2 配位化合物的价键理论	(259)
10.3 配位平衡	(262)
10.4 重要的配位化合物及其应用	(268)
本章小结	(270)
思考题	(271)
习题	(272)
11 无机定性分析概论	(274)
11.1 概述	(275)
11.2 定性分析的化学反应	(277)
11.3 阴离子分析	(281)
11.4 阳离子分析	(285)
习题	(293)

12 化学与食品、化学与环境保护	(295)
12.1 化学与食品	(296)
12.2 化学与环境保护	(301)
习题	(309)
附录	(310)
附录 I-1 SI 单位制的词头	(310)
附录 I-2 一些非推荐单位、导出单位 SI 单位的换算	(310)
附录 II 常见物质的 $\Delta_f H_m^\ominus$ 、 $\Delta_f G_m^\ominus$ 和 S_m^\ominus (298.15 K)	(311)
附录 III 弱酸、弱碱的离解常数 K^\ominus	(316)
附录 IV 常见难溶电解质的溶度积 K_{sp}^\ominus (298.15 K)	(316)
附录 V-1 酸性溶液中的标准电极电势 φ^\ominus (298.15 K)	(317)
附录 V-2 碱性溶液中的标准电极电势 φ^\ominus (298.15 K)	(320)
附录 VI 常见配离子的稳定常数 K_f^\ominus (298.15 K)	(321)
附录 VII 元素的第一电离能 I_1	(322)
参考文献	(323)

绪 论

化学是研究物质的组成、结构、性质以及这三者之间关系的科学。它与人们的生活息息相关。首先,化学极大地丰富了绚丽多彩的物质世界,如各种金属和高分子材料、合成纤维、药品、火箭高能燃料、超高纯的半导体材料,以及现代农业须臾不可少缺的化肥、高效低毒农药、除草剂和植物生长调节剂等,无一不依赖于化学工作者的创造性劳动。其次,化学反应为人们提供了生产和生活中所需的大量能量。至今,人类活动所需能量的95%以上仍来自化学能源。

化学不但是人们生活的“第二大自然”,还与数学、物理并称为三大“中心科学”,渗入到几乎所有的现代学科中。化学第一次把物质结构揭示到分子、原子水平,并在此基础上研究物质的变化规律。在历史上,化学曾对物理学、地质学、冶金学、农学等学科的发展产生过极大的影响。在近现代,化学与生物学联手,对揭示生命的奥秘有着任何其他科学无法替代的重要意义。光合作用的物质基础和机理、血红蛋白的输氧机理、神经对信号的快速传递机理等,都是靠化学家与生物学家联手才得以研究清楚;蛋白质、DNA、RNA的结构测定及人工合成,人类基因组测定等,更是主要依赖于化学工作者的聪明才智和艰辛劳动才得以完成。我国化学工作者于1965年首次人工合成牛胰岛素的成功,让人们重新认识了生命。诺贝尔奖获得者、美国医学教授 A. Kornberg 更明确地指出,要把生命理解成化学。

在对相关学科做出重大贡献的同时,化学科学也不断地从其他学科中汲取思想的营养,学习其方法和手段,从而发展为现代化学。如化学热力学就是热力学在化学科学中的应用,解决了化学反应的方向和限度问题;而现代原子结构、分子结构理论的基础正是量子力学。

但是,化学科学和任何一门科学一样,是一柄双刃剑。随着工业的发展、人民生活水平的提高,大量化学制品被滥用,环境的严重污染已经成为困扰社会进步的全球性问题。如何发展“绿色化学”已成为现代化学工作者的重要研究课题。与此同时,在环境监测、环境治理工作中,化学工作者也发挥了重要的作用。

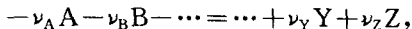
由此可见,化学知识是现代科学工作者必不可少的武器。而“普通化学”课程,正是介绍化学科学的基本理论和基本知识的导论性课程。在农林院校中,普通化

学课程为后继分析化学、有机化学、物理化学以及有关专业课程的先导性课程。学习化学科学,最重要的是正确处理好理论与实际的关系。自然科学中,所谓理论,实际上是人类对自然界某一侧面的抽象。科学理论的发展过程,也就是人类对自然本质的逐渐接近过程。从一定意义上讲,一切科学理论都只是一种简化了的模型,是不全面的、近似的,有些已经被或将被新的实验事实证明为错误的,必将被新的理论所替代。这个过程,也就是科学不断完善、发展、进步的过程。因此,我们一定要强调以下两点问题:一,注意科学理论的适用局限性。比如牛顿力学仅适用于对宏观物体运动特征的描述,而电子、原子等微观粒子的运动特征只能用量子力学的方法进行研究;元素的电离能和电极电势都可以定量说明元素原子的氧化还原能力大小,但适用条件却大不相同,等等。二,重视实际的化学反应。化学变化是物质的复杂的高级形式的运动,影响化学反应进行的因素十分复杂,很多还未被人类所认识,化学理论的分析、计算结果往往或多或少地存在着误差,很多只能作为实际工作的指导或参考。所以从这个意义上讲,化学至今主要还是一门实验科学。学习化学的目的,是为了驾驭复杂的化学反应,能熟练地按照需要控制反应的方向、程度和进行的快慢。因此,理论的意义在于指导实践。学习化学,切忌脱离性质各异的化学物质和生动的化学反应,一定要注意积累、理解重要的化学反应知识。否则,满腹经纶而对实际的化学反应不甚了了,进到实验室而手足无措,终究是毫无意义的。

本书中经常使用几个非常重要的基本概念,现介绍如下:

1. 化学反应方程式、化学计量数

化学反应的通式,一般可以写为:



式中,以 A、B 代表反应物(reactants),Y、Z 代表产物(products),它们可以是原子、分子、离子、自由基;式中 ν 为化学计量数(stoichiometric number),对于反应物其为负,对于产物其为正。 ν 的 SI 单位为 1。 ν 可以是整数,也可以是简分数。

上式常常写成下列简单形式:

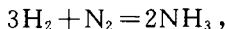
$$\sum_R (-\nu_R R) = \sum_P \nu_P P,$$

式中, ν_R 和 ν_P 分别代表反应物 R 和产物 P 的化学计量数。移项后,上式也常常写成更简单的形式:

$$0 = \sum_B \nu_B B,$$

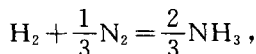
式中的 B 代表反应物和产物。

例如,合成氨反应,若反应式写为如下形式:



则 $\nu(\text{H}_2) = -3, \nu(\text{N}_2) = -1, \nu(\text{NH}_3) = +2$ 。

若反应式写为如下形式:



则 $\nu(\text{H}_2) = -1, \nu(\text{N}_2) = -1/3, \nu(\text{NH}_3) = +2/3$ 。

2. 反应进度

反应进度(extent of reaction)是化学反应的最基础的量。化学反应进度表示化学反应进行的程度。

对于化学反应:

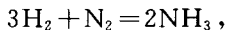
$$0 = \sum_{\text{B}} \nu_{\text{B}} \text{B},$$

反应进度 ξ 的定义式为:

$$\Delta\xi = \nu_{\text{B}}^{-1} \cdot \Delta n_{\text{B}},$$

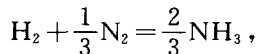
反应进度的 SI 单位为 mol。

例如,对于反应:



若 $\Delta\xi = 1 \text{ mol}$, 则 $\Delta n(\text{H}_2) = -3 \text{ mol}$, $\Delta n(\text{N}_2) = -1 \text{ mol}$, $\Delta n(\text{NH}_3) = +2 \text{ mol}$, 即 3 mol H_2 与 1 mol N_2 完全反应,生成 2 mol NH_3 。

如果反应式写为:



若 $\Delta\xi = 1 \text{ mol}$, 则 $\Delta n(\text{H}_2) = -1 \text{ mol}$, $\Delta n(\text{N}_2) = -1/3 \text{ mol}$, $\Delta n(\text{NH}_3) = 2/3 \text{ mol}$, 即 1 mol H_2 与 1/3 mol N_2 完全反应,生成 2/3 mol NH_3 。

由此可见,反应进度与反应式的写法有关,而与选择反应系统中何种物质 B 无关。使用反应进度概念时,必须指明反应式。

1 分散系

【教学目标】

- 了解均相分散系、多相分散系概念。
- 掌握理想气体状态方程式及其应用。
- 掌握理想气体分压定律。
- 熟练掌握各种溶液的组成标度及有关计算。
- 掌握稀溶液的通性、有关计算及应用。
- 胶体溶液：
 1. 了解胶体溶液的基本性质。
 2. 了解比表面、表面能概念,理解溶胶为热力学不稳定系统。
 3. 了解固体对溶液中离子的选择性吸附规律、了解胶团结构。
 4. 了解溶胶的稳定性、溶胶的保护和破坏。
- 了解表面活性物质和乳浊液的基本知识。

1 种或多种物质分散在其他物质中所构成的系统称为分散系。

1.1 分散系

在日常生活和生产实践中,经常可以碰到像泥浆、牛奶、海水等这样一些混合系统,这些系统是由 1 种或多种物质分散在另 1 种物质中所构成的,这些系统被称为分散系(dispersion system)。分散系由分散质(dispersate)和分散剂(dispersant)两部分构成:分散质是被分散的物质,分散剂是分散其他物质的物质。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的状态。在分散系内,分散质和分散剂可以是固体、液体或气体,故按分散质和分散剂的聚集状态分类,有 9 种分散系,如表 1.1 所示。

表 1.1 按聚集状态分类的各种分散系

分散质	分散剂	实 例
气	气	空气、家用煤气
液	气	云、雾
固	气	烟、灰尘
气	液	泡沫、汽水
液	液	牛奶、豆浆、农药乳浊液
固	液	泥浆、油漆
气	固	泡沫塑料、木炭
液	固	肉冻、硅胶
固	固	红宝石、合金、有色玻璃

生物体内的各种生理、生化反应都是在液体介质中进行的。按分散粒子的大小,常把液态分散系分为 3 类,如表 1.2 所示。

表 1.2 按分散质粒子大小分类的各种分散系

均相掺和物 分子或离子分散系 (粒子直径小于 1 nm)	胶体分散系 (粒子直径为 1~100 nm)		粗分散系 (粒子直径大于 100 nm)
	高分子溶液	溶胶	
最稳定	很稳定	稳定	不稳定
电子显微镜也不可可见分散质	超显微镜可觉察分散质存在		一般显微镜可见分散质
分散质能通过半透膜	能透过滤纸,不能透过半透膜		分散质不能透过紧密滤纸
单相系统			多相系统

上述液态的均相掺和物就是溶液(solution)。人们日常生活用水是一种含有某些矿物质的水溶液,生物体内的各种生理、生化反应主要在以水为溶剂的溶液系统中进行。科学研究和工农业生产也都与溶液密不可分。掌握有关溶液的基础知识对农业科技工作者有重要的意义。

液态胶体分散系常称为溶胶(colloid),溶胶在自然界普遍存在,在工农业生产、科学研究以及日常生活中有大量应用。

1.2 气体

1.2.1 理想气体状态方程式

许多化学变化和生理生化过程,如物质的燃烧、生物的呼吸、植物的光合作用、生物固氮等,都是在空气中发生的。在科学研究和生产实践中,也常利用气体参加的化学反应。了解气体的基本性质具有重要的理论和实践意义。

分子本身没有体积、分子间没有相互作用力的气体称为理想气体(ideal gas)。理想气体是一种人为的模型,实际中并不存在。

科学研究中的各种“模型”,是指某种想象的构造或图形,它将实际问题简化,仅反映某些对真实系统行为有决定意义的重要特征,对解决实际问题有重要的指导意义。

在低压、高温条件下,实际气体分子自身的体积与气体体积相比可忽略;气体分子之间距离相当远,分子间的作用力显得微不足道。因此可把低压、高温下的实际气体近似看作理想气体。

通过实验或根据理想气体分子运动论的推导,可得到极为重要的结论:理想气体的压力 p 、体积 V 、温度 T 和物质的量 n 之间的关系可用理想气体状态方程表示:

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

式中, R 为摩尔气体常数。实验测得,在 273.15 K、101.325 kPa 时,理想气体的摩尔体积 $V_m = 0.022\ 414\ 10\ \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$,依下式:

$$pV_m = RT, \quad (1-1')$$

可得 $R = 8.314\ 5\ \text{Pa} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} = 8.314\ 5\ \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

【例 1.1】 某种碳氢化合物的蒸汽,在 100℃ 及 101.325 kPa 时,测得其密度