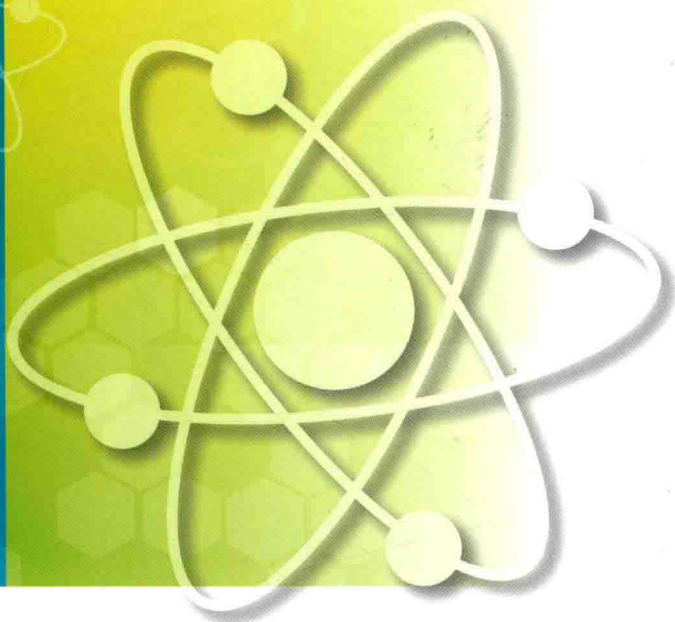
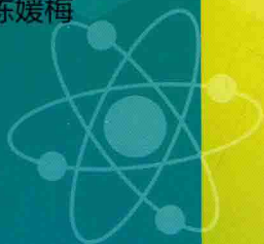


高等学校教材

普通化学

主编 陈媛梅



高等教育出版社

高等学校教材

普通化学

PUTONG HUAXUE

主编 陈媛梅

高等教育出版社·北京

内容提要

本书是为普通高等院校农、林、水产等专业本科生开设普通化学课程而编写的教材。全书共有 10 章,分别介绍了物质的状态、溶液和胶体,化学热力学基础,化学平衡,酸碱反应,沉淀反应,氧化还原反应,原子结构,化学键与分子结构,配位化合物与配位反应,重要元素及其化合物。每章均提供学科前沿、本章小结、思考题与习题以供学习者参考使用。

本书知识性与趣味性相结合,图文并茂,可读性强。为了帮助学习者自主学习,建立了与本书配套的网站,设有电子教案、测试题、习题解答等栏目,具体情况详见书后数字课程网站使用说明。

图书在版编目(CIP)数据

普通化学/陈媛梅主编.--北京:高等教育出版社,2016.9

ISBN 978-7-04-045928-9

I. ①普… II. ①陈… III. ①普通化学-高等学校-教材 IV. ①O6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 166509 号

策划编辑	郭新华	责任编辑	郭新华	封面设计	王 琰	版式设计	马敬茹
插图绘制	杜晓丹	责任校对	吕红颖	责任印制	毛斯璐		

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	国防工业出版社印刷厂	网上订购	http://www.hepmall.com.cn
开 本	787mm×960mm 1/16		http://www.hepmall.com
印 张	22		http://www.hepmall.cn
字 数	400 千字	版 次	2016 年 9 月第 1 版
插 页	1	印 次	2016 年 9 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	32.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 45928-00

《普通化学》编写委员会

主 编 陈媛梅

副主编 (按姓氏笔画顺序)

石绍会 冉红涛 张春荣 徐峙晖

编 委 (按姓氏笔画顺序)

王元兰 石绍会 冉红涛 张春荣

汪快兵 陈媛梅 国 静 徐峙晖

徐善东 彭庆蓉

前 言

本书以教育部相关教学指导委员会制定的“普通高等农林院校非化学专业化学教学基本要求”为依据,以“21 世纪着重培养学生创新精神和进行整体化知识教育”的现代教育思想为指导,由一线教师在多年教学工作经验基础上编写而成。同时,编者参考了国外高校优秀化学教材,吸取了国外先进的教学思想和方法并将其融入本书的编写之中。与国内同类教材相比,本书有如下特点:

1. 突出农林特色。由于农林学科的特色和专业培养目标、培养规格与其他学科、专业不同,因此本书力求体现农林院校普通化学课程教学改革新成果和学科的新发展。在阐述基本原理、基本方法的基础上,注重知识在农林学科中的应用。

2. 引入实际案例,注重知识的应用。在不改变学科体系的前提下,增加知识在生活和实际中的应用案例,从而使教学内容扩展到生活与社会相关的各个方面。在每章开始首先列举实践案例引出问题,然后展开本章内容。第十章是相对独立的应用章节,介绍了化学知识在生命科学及定性分析中的应用。

3. 知识性与趣味性结合。本书形式上力图创新,在保证内容正确和完整的基础上,以贴近实际生活为主,语言生动活泼;每章开始的问题尽可能列举发生在身边的话题,内容生动有趣,以便激发学生的学习热情。

4. 图文并茂,可读性强。每章开头有一幅本章的主题图;每节至少有一幅本节的主题图。取材广泛且生动的插图顺应了学生身心发展的规律,比较适合大学一年级学生阅读。

5. 引入“互联网+”技术,传统出版方式与新媒体数字出版相结合。建立教材专属网站,设有电子教案、测试题、学习指导、习题解答等栏目。读者可进入网站查阅相关资料、自主学习。

本书由北京林业大学与中国农业大学、南京农业大学和中南林业科技大学联合编写。参加本书编写的人员有北京林业大学徐善东、冉红涛、石绍会、陈媛梅(编写第一章、第二章、第三章、第五章和第七章),中国农业大学彭庆蓉、张春荣(编写第六章和第十章),南京农业大学国静、徐峙晖、汪快兵(编写第四章、第八章和第九章),另外中南林业科技大学王元兰也参与了编写工作。

II 前言

本书由浙江大学贾之慎教授主审,对书稿提出了宝贵的修改意见。高等教育出版社郭新华对本书的出版给予了关心与帮助。北京林业大学理学院廖蓉苏、陈红艳、李莉对本书的编写给予了大力支持并提出宝贵建议。编者对上述诸位致以由衷的感谢。

限于编者水平,错误和不妥之处,恳请广大同行专家和读者批评指正。

编 者

2016年4月

目 录

第一章 物质的状态、溶液和胶体	1
学习目标	1
问题	1
第一节 物质的存在状态	2
一、气体	2
二、液体	4
三、固体	7
四、等离子体	8
第二节 溶液	9
一、分散系的概念	9
二、溶液的浓度	10
三、稀溶液的依数性	11
第三节 胶体溶液	17
一、溶胶的动力学性质	17
二、溶胶的光学性质	19
三、溶胶的电学性质	19
四、胶团的结构与胶体的稳定性	20
第四节 乳状液和高分子溶液	22
一、乳状液	22
二、高分子溶液	23
学科前沿	24
本章小结	25
思考题与习题	26
第二章 化学热力学基础	27
学习目标	27
问题	27
第一节 热力学的一些基本概念	28

II 目录

一、体系和环境	28
二、状态和状态函数	29
三、过程和途径	30
四、热和功	31
五、热力学能	33
六、热力学的标准状态	33
七、反应进度	34
第二节 热化学	35
一、热力学第一定律	35
二、化学反应的热效应	37
三、盖斯定律	40
四、物质的标准摩尔生成焓与反应标准摩尔焓变	41
五、物质的标准摩尔燃烧焓与反应标准摩尔焓变	42
第三节 化学反应的方向	45
一、自发过程	45
二、热力学第二定律	51
三、反应的吉布斯自由能变和自由能判据	52
四、反应自发性的判断	53
学科前沿	61
本章小结	62
思考题与习题	64
第三章 化学平衡	67
学习目标	67
问题	67
第一节 化学平衡状态	68
一、可逆反应与化学平衡	68
二、标准平衡常数	70
三、非标准状态下反应方向的判据	73
第二节 多重平衡规则	75
一、多重平衡体系	75
二、多重平衡原理	75
第三节 化学平衡的移动	76
一、影响化学平衡移动的因素	76

二、吕·查德里原理	82
学科前沿	82
本章小结	83
思考题与习题	85
第四章 酸碱反应	87
学习目标	87
问题	87
第一节 酸碱质子理论	88
一、质子酸碱定义	88
二、酸碱反应	89
三、酸碱的强度	90
四、水的质子自递反应及溶液的酸碱性	91
五、酸常数和碱常数	93
六、共轭酸碱解离常数的关系	95
第二节 水溶液的酸度计算	96
一、一元弱酸(碱)水溶液的酸度计算	96
二、多元弱酸(碱)水溶液的酸度计算	99
三、两性物质水溶液的酸度计算	101
第三节 酸碱平衡移动	103
一、稀释效应	104
二、同离子效应	105
三、盐效应	106
四、介质酸度对酸碱平衡的影响	106
第四节 缓冲溶液	108
一、缓冲作用原理	108
二、缓冲溶液 pH 的计算	110
三、缓冲溶液的选择和配制	111
学科前沿	114
本章小结	115
思考题与习题	116
第五章 沉淀反应	118
学习目标	118
问题	118

IV 目录

第一节 难溶电解质的溶度积	119
一、沉淀溶解平衡和溶度积常数	119
二、溶度积和溶解度的关系	120
第二节 溶度积规则及其应用	121
一、溶度积规则	121
二、沉淀的溶解	122
三、沉淀的生成	124
四、沉淀的转化	127
学科前沿	130
本章小结	131
思考题与习题	131
第六章 氧化还原反应	133
学习目标	133
问题	133
第一节 氧化还原反应的基本概念	134
一、氧化数	134
二、氧化与还原	135
三、氧化还原电对	137
第二节 氧化还原反应方程式的配平	139
第三节 氧化还原反应与原电池	140
一、原电池的组成	140
二、原电池的符号表示	142
三、电极的类型	142
第四节 原电池的电动势及电极电势	144
一、原电池的电动势	144
二、电极电势	145
第五节 能斯特方程及其应用	149
一、能斯特方程	149
二、电极电势的应用	154
第六节 元素标准电势图及其应用	159
一、判断物质在水溶液中能否发生歧化	160
二、计算未知电对的电极电势	161
学科前沿	162

本章小结	163
思考题与习题	164
第七章 原子结构	167
学习目标	167
问题	167
第一节 原子与原子结构理论的发展	168
一、原子的表征	168
二、原子结构理论模型的发展	169
三、可见光的特征与可见光谱的产生	170
四、原子光谱	172
第二节 微观粒子特征及运动规律的描述	172
一、微观粒子的量子化特征	172
二、微观粒子的波粒二象性	174
三、不确定原理	175
四、波粒二象性的统计解释	175
五、薛定谔方程与波函数	176
六、核外电子运动状态的描述	178
第三节 基态原子核外电子排布及元素周期表	190
一、核外电子排布规则	190
二、基态多电子原子核外电子的排布	191
三、原子结构与元素周期表	194
第四节 元素基本性质的周期性	196
一、原子半径	197
二、电离能	200
三、电子亲和能	202
四、电负性	204
学科前沿	207
本章小结	208
思考题与习题	209
第八章 化学键与分子结构	211
学习目标	211
问题	211
第一节 离子键与离子化合物	212

一、离子键的形成	212
二、离子键的特点	212
三、离子的特征	213
第二节 共价键的价键理论	214
一、 H_2 分子的形成和共价键的本质	215
二、现代价键理论的基本要点	216
三、共价键的类型	217
四、共价键的键参数	219
第三节 杂化轨道理论	221
一、杂化轨道理论的基本要点	221
二、杂化轨道的类型与分子的空间构型	222
第四节 价层电子对互斥理论	226
一、价层电子对互斥理论的基本要点	226
二、分子构型判断的一般程序、原则和实例	226
第五节 分子极性、分子间力和氢键	229
一、分子的极性与分子极化	230
二、分子间力	231
三、氢键	234
第六节 晶体结构简介	238
一、离子晶体	238
二、原子晶体	239
三、分子晶体	240
学科前沿	240
本章小结	241
思考题与习题	242
第九章 配位化合物与配位反应	244
学习目标	244
问题	244
第一节 配位化合物的基本概念	245
一、配合物的组成	245
二、配合物的类型	250
三、配合物的命名	254
第二节 配位化合物的价键理论	255

一、配合物的价键理论的基本要点	256
二、杂化轨道与配合物的几何构型	256
三、外轨型配合物和内轨型配合物	259
第三节 配位化合物在水溶液中的稳定性和平衡	262
一、配合物的稳定常数	262
二、配位平衡的移动	265
第四节 配位化合物的应用简介	274
一、配合物在分析化学中的应用	274
二、配合物在材料科学及工业催化中的应用	274
三、配合物在生物医药中的应用	275
学科前沿	276
本章小结	278
思考题与习题	279
第十章 重要元素及其化合物	281
学习目标	281
问题	281
第一节 生物体内的常量元素及化合物	282
一、构成生命体的常量非金属元素	282
二、生物体中的四种常量金属离子	283
第二节 生物体内的微量元素及化合物	285
一、生物体内的微量非金属元素	285
二、生物体内的微量金属元素	286
三、有害元素及化合物	289
第三节 定性分析概述	293
一、定性分析的基本要求	293
二、定性分析的一般步骤	293
三、定性分析反应	294
四、空白试验和对照试验	295
五、系统分析和分别分析	295
第四节 常见阳离子的一般性质及鉴别	297
一、第一组阳离子分析	297
二、第二组阳离子分析	298
三、第三组阳离子分析	299

四、第四组阳离子分析	301
五、第五组阳离子分析	301
第五节 常见阴离子的一般性质及鉴定	302
一、阴离子的初步试验	302
二、阴离子的分离与鉴定	303
学科前沿	305
本章小结	306
思考题与习题	306
附录	308
附录 1 国际相对原子质量表(2009 年)	308
附录 2 常用相对分子质量表	311
附录 3 不同温度下水的饱和蒸气压	313
附录 4 常用酸碱的浓度表	315
附录 5 常见离子和化合物的颜色	316
附录 6 常见弱酸弱碱在水溶液中的解离常数(25 ℃)	317
附录 7 常见难溶电解质的溶度积	320
附录 8 常见配离子的稳定常数($K_f^\ominus$ 和 $\lg K_f^\ominus$)	322
附录 9 标准电极电势表(25 ℃)	324
附录 10 物质的热力学函数	328
附录 11 常见沉淀物的 pH	334
参考文献	336
元素周期表	

第一章 物质的状态、溶液和胶体

学习目标

1. 了解物质的四种存在状态,掌握理想气体状态方程和道尔顿分压定律。
2. 了解分散系的概念及分类特征。
3. 了解溶液浓度的不同表示方法及应用。
4. 掌握稀溶液的依数性(蒸气压下降、凝固点降低、沸点升高、渗透压)及相关计算。
5. 理解胶体的概念,掌握胶体的胶团结构、性质、稳定性及聚沉。

问题

细颗粒物又称细粒、细颗粒、PM2.5,是指环境空气中空气动力学当量直径小于等于 $2.5\ \mu\text{m}$ 的颗粒物。它能较长时间悬浮于空气中,其在空气中含量越高,代表空气污染越严重。虽然 PM2.5 只是地球大气成分中含量很少的组分,但它对空气质量和能见度等有重要影响,如图 1-1 所示。为什么在大气污染严重时看不到太阳和蓝天白云?这涉及胶体的光学性质。

通常情况下,物质的聚集状态有气态、液态和固态,物理学上把具有流动性的气态和液态称为流体;根据物质粒子间相互作用的强度把液

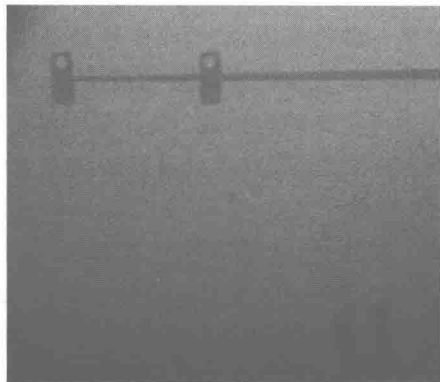


图 1-1 雾霾天气条件下的路口

态和固态称为凝聚态。物质分散到一种物质中就形成分散系(包括溶液或胶体等),不同的分散系的性质各不相同。物质的分散与聚集是两个相反的过程,在生产实践中我们会经常遇到这样的过程。例如,各种溶液的配制、农药的稀释、工业废液的处理等。本章将介绍物质的存在状态、溶液和胶体及相关问题。

第一节 物质的存在状态

自然界中的各种物质总是以一定的聚集状态存在着。通常认为物质有 4 种不同的物理聚集状态(如图 1-2 所示),即固态、液态、气态和等离子态。物质处于什么样的状态与外界条件密切相关。常温常压下,物质主要呈现气态、液态或固态。

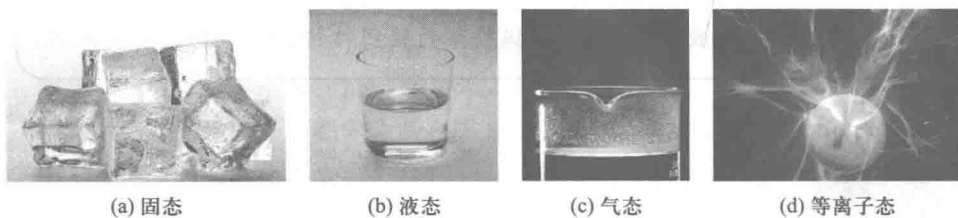


图 1-2 物质的聚集状态

对某一种物质来说,当改变外界条件(如温度、压力等)时,其存在状态也会随之变化。尽管这种变化是物理变化,但它常与化学变化相伴,进而对物质的化学行为产生影响。因此,学习和了解物质各种存在状态的内在规律,不仅可以说明许多物理现象,而且可以解决许多化学问题。

一、气体

到目前为止,人们对物质状态性质的认识,气体较为充分,固体次之,液体最差。相较于液体和固体而言,气体物质的密度低,分子之间的距离大,因此气体的扩散性和可压缩性是其显著特征。气体既没有固定的体积又没有固定的形状。一般说气体的体积就是指它们所占有的容器的体积。

在一定温度下,无规则运动的气体分子具有一定的能量,气体分子对器壁的碰撞产生了气体的压力。一般气体的状态可以用四个物理量描述,即物质的量(n)、体积(V)、压力(p)和热力学温度(T)。

(一) 理想气体状态方程

一般我们把忽略分子自身体积以及分子之间相互作用的气体称为理想气体。尽管理想气体在实际中并不存在,但是理想气体的提出为我们研究气体的状态建立了一个非常简单的模型,一般低压、高温条件下的气体可以近似看做理想气体。经过大量实验,人们最终确立了描述理想气体状态的四个物理量之间的关系,即理想气体状态方程:

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

式中, p 为气体压力; V 为气体体积; n 是气体物质的量; T 为气体温度; R 为摩尔气体常数, $R=8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}=8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 。

例 1-1 某氮气钢瓶的体积为 100.0 L , 20°C 时压力为 100 kPa , 计算钢瓶中氮气的质量。

解:已知 $V=100.0 \text{ L}$, $T=293 \text{ K}$, $p=100 \text{ kPa}$

根据理想气体状态方程: $n=\frac{pV}{RT}$

$$n=\frac{100 \text{ kPa} \times 100 \text{ L}}{8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 293 \text{ K}}=4.11 \text{ mol}$$

氮气摩尔质量为 $28.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, 钢瓶中的氮气质量 $m=28.0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 4.11 \text{ mol}=114.9 \text{ g}$ 。

例 1-2 某碳氢化合物的蒸气,在 100°C 、 101.325 kPa 时,密度为 $2.55 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$,经实验分析知道该化合物分子中碳氢原子数量之比为 $1:1$,请计算该化合物的分子式。

解:根据式(1-1)

$$pV=nRT=\frac{m}{M}RT$$

则

$$M=\frac{mRT}{pV}=\frac{\rho RT}{p}$$

$$\text{即 } M=\frac{2.55 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} \times 8.314 \text{ kPa} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \times 373.15 \text{ K}}{101.325 \text{ kPa}}=78 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

又因为碳氢原子数量之比 $=1:1$, 设分子式中有 x 个 H 原子, 则 $13x=78$, 所以 $x=6$, 该化合物分子式是 C_6H_6 。

(二) 理想气体分压定律

在实际生活中,我们常常会遇到有关气体混合物的问题。如果在同一容器中放置几种彼此不发生化学反应的气体,则各种气体就如同单独存在时一样充满整个容器,某一组分气体所产生的压力不会因为其他组分气体的存在而改变。在恒温条件下,混合气体中某一组分气体单独占有整个混合气体体积时所产生的压力,称为该组分的分压力。

如果体系内有 A、B 两种气体,其分压力分别用 p_A 、 p_B 表示,设 V 为体系的总体积,则有