

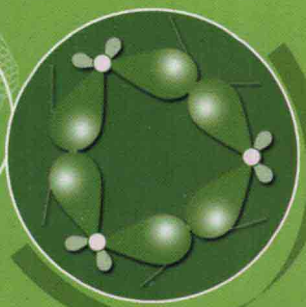


21世纪农业部高职高专规划教材

实用化学

SHIYONG HUAXUE

司文会 主编



中国农业出版社

21 世纪农业部高职高专规划教材

实 用 化 学

司文会 主编



中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

实用化学 / 司文会主编. —北京: 中国农业出版社,
2008.12

21 世纪农业部高职高专规划教材

ISBN 978-7-109-12066-2

I. 实… II. 司… III. 化学-高等学校: 技术学校-教材 IV. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 187200 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 曾丹霞

北京中兴印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 21.25 插页: 1

字数: 380 千字

定价: 29.50 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本教材是根据近年来全国职业院校（特别是农业职业院校）对化学课程的实际需要及开课情况，将有机化学、无机化学、分析化学的课程内容整合为一本书，使学生在较少的学时内，学到必须、够用的基础知识，从而适应职业教育对化学课程改革需要的基础上而编写的。

全书共 16 章，主要包括分散系与溶液、物质结构、常见离子的鉴定、化学反应速度和化学平衡、常见营养元素与有害元素及其化合物、烃、烃的含氧衍生物、杂环化合物、三大有机营养物质、定量分析化学基础、酸碱滴定法、氧化还原滴定法、沉淀滴定法、配位滴定法、吸光光度法和常用的富集分离方法等主要内容。

本教材系统地介绍了实用化学所必须掌握的基础理论和基本技能，使学生理解高职院校实用化学教育的基本构架，能自觉地运用实用化学的理论、观点、方法去审视、解决公众关注的环境、能源、材料、生命、质量与安全、品质监控等热点论题。把实用化学的理论方法与热点论题研究结合起来，有利于全面提高学生素质，解决一线实际问题，培养具有知识、能力、素质的高级专门应用型人才。

本教材适用于全国各高职高专相关专业，亦可供其他相近专业参考使用。

编写人员名单

主 编 司文会

副主编 刘 艳 孙 怡 周晓英

编 者 （按姓氏笔画排序）

于淑兰（潍坊职业学院）

王 丽（保定职业技术学院）

司文会（苏州农业职业技术学院）

孙 怡（河南农业职业学院）

刘 艳（黑龙江畜牧兽医职业学院）

李承林（青海畜牧兽医职业技术学院）

周晓英（江西生物科技职业学院）

主 审 瞿言勤 陈昌国

前 言

本教材是根据高职教育教学改革对化学类课程的实际需求，结合作者多年的教学经验和高职教育的特色，同时汲取了近年来国内外实用化学教材的特点，在无机化学、有机化学、分析化学、仪器分析课程整合、创新的基础上，在中国农业出版社指导下，组织全国七所高职高专院校编写而成的。教材紧密结合教育部教高[2006]16号文件精神，着力贴近“以服务为宗旨，就业为导向，能力为本位，培养生产、建设、管理、服务第一线实用型、技术型、应用型、复合型人才”的需要，集中体现了我国高职高专教育化学类基础课程改革的最新成果，科学地解决了化学类基础课程体系完整、门类齐全与教学时数少的突出矛盾，以新颖、实用、适度为原则，将多门课程进行有机整合，体系完整，同时，减少了验证性实验，增加了设计性实验和实训内容，突现基本理论“够用”、实践能力“强化”的教学目标。教材的出版，填补了我国高职高专教育同类课程的空白。

本教材体现了以能力培养为本位的高职教育特色，“立足实用，强化能力，注重实践”，尽力做到选材面广，内容新颖，始终渗透着“以生为本”的教学思想，突出对学生实用化学素质的培养，着重介绍实用化学的基础理论和基本方法，同时注意反映实用化学中的新理论和新方法，尤其注重理论与实践结合，收集了实用化学在各有关专业的应用实例，便于学生了解本门课程在实际工作中的具体价值，丰富了教材内容。全书涉及的实用化学内容丰富、覆盖面广，教师可从不同院校教学计划的整体优化出发，结合实验、实训条件，

根据需要进行相应地选择,挑选出最需要的部分组织教学,其余内容可作为学生拓宽知识的阅读材料。本教材建议教学时数 110~120 学时。

本教材由司文会教授主编。具体分工为:司文会编写第 5、14、15、16 章及实验 19、20、22、23、24、25、27、28;刘艳编写第 2、9 章(第 1 节)及实验 21;孙怡编写第 6、8、9 章(第 2、3 节)及实验 12;周晓英编写第 1、3、4 章及实验 1、2、3、4、5、26;李承林编写第 10、11、12 章及实验 13、14、15、17、18;于淑兰编写第 7(第 1、2、3 节)、13 章及实验 6、7、8、9、16;王丽编写第 7 章(第 4、5 节)及实验 10、11。全书承蒙訾言勤、陈昌国教授审阅,并提出许多宝贵的建设性意见,特致谢忱。

全书由主编、副主编审稿、修改,最后由主编通读、定稿。限于水平,本书可能存在缺点和不足,谨请专家和读者批评指正。

编 者

2008 年 8 月

目 录

前言

1 分散系与溶液	1
1.1 分散系	1
1.2 溶液浓度的表示方法和配制	1
1.3 稀溶液的依数性	3
复习思考题	6
习题	6
2 物质结构	7
2.1 原子核外电子的运动状态	7
2.2 原子核外电子排布规则	10
2.3 离子键和共价键	12
2.4 分子间作用力	17
2.5 杂化轨道理论	18
复习思考题	23
习题	23
3 常见离子的鉴定	25
3.1 常见阴离子的鉴定	25
3.2 常见阳离子的鉴定	27
复习思考题	29
习题	30
4 化学反应速度和化学平衡	31
4.1 化学反应速度	31
4.2 化学平衡	33

复习思考题	35
习题	35
5 常见营养元素与有害元素及其化合物	37
5.1 常见营养元素及其化合物	37
5.2 常见有害元素及其化合物	38
5.3 生命元素	39
复习思考题	41
6 烃	42
6.1 有机化合物的结构、特性和分类	42
6.2 烷烃	46
6.3 烯烃和炔烃	52
6.4 环烷烃	60
6.5 芳香烃	63
复习思考题	73
习题	73
7 烃的含氧衍生物	78
7.1 醇	78
7.2 酚	85
7.3 醚	89
7.4 醛、酮	91
7.5 羧酸及其衍生物	96
复习思考题	106
习题	107
8 杂环化合物	109
8.1 杂环化合物的分类和命名	109
8.2 重要的杂环化合物	111
复习思考题	118
习题	118
9 三大有机营养物质	119
9.1 糖类	119

9.2 油脂	127
9.3 蛋白质	130
复习思考题	139
习题	140
10 定量分析化学基础	142
10.1 定量分析法概述	142
10.2 定量分析的误差	144
10.3 有效数字和数据处理	149
10.4 滴定分析法概述	153
复习思考题	156
习题	157
11 酸碱滴定法	158
11.1 酸碱质子理论	158
11.2 同离子效应、盐效应、缓冲溶液	161
11.3 酸碱指示剂	164
11.4 酸碱滴定曲线和指示剂的选择	166
11.5 酸碱滴定法的应用	171
复习思考题	173
习题	173
12 氧化还原滴定法	174
12.1 氧化还原滴定法指示剂	174
12.2 氧化还原滴定法的分类及应用举例	175
复习思考题	181
习题	181
13 沉淀滴定法	182
13.1 莫尔法	182
13.2 佛尔哈德法	183
13.3 法扬斯法——吸附指示剂法	185
复习思考题	186
习题	186

14 配位滴定法	188
14.1 EDTA 及其配合物	188
14.2 配位平衡及稳定常数	189
14.3 配位滴定曲线与金属指示剂的选择	190
14.4 配位滴定法的应用	199
复习思考题	201
习题	201
15 吸光光度法	202
15.1 吸光光度法的基本原理	202
15.2 显色反应、显色剂与显色条件优化	207
15.3 吸光光度法的应用	211
复习思考题	216
习题	216
16 常用的富集分离方法	218
16.1 富集分离的效果评价	218
16.2 沉淀与共沉淀富集分离法	219
16.3 液-液萃取富集分离法	222
16.4 离子交换分离法	227
16.5 色谱分离法	229
16.6 其他分离和富集方法简介	231
复习思考题	233
习题	233
实验与实训	234
实验 1 实用化学实验基本操作	234
实验 2 分析天平的称量练习	238
实验 3 常见阴离子的个别鉴定	240
实验 4 常见阳离子的个别鉴定	243
实验 5 酸碱溶液的配制和比较滴定	246
实验 6 熔点的测定	249
实验 7 重结晶和过滤	252

实验 8 分馏	255
实验 9 蒸馏及沸点的测定	258
实验 10 乙酸乙酯的制备	261
实验 11 醇、酚、醛、酮、羧酸的性质	263
实验 12 糖和蛋白质的性质	265
实验 13 铵盐中氮的测定 (甲醛法)	267
实验 14 化学需氧量的测定 (高锰酸钾法)	269
实验 15 过氧化氢含量的测定	270
实验 16 酱油中氯化钠含量的测定	272
实验 17 药用硼砂的含量测定	274
实验 18 亚铁盐中铁含量的测定	275
实验 19 自来水中 Ca、Mg、Fe 的测定 (综合实验)	277
实验 20 电导滴定法测定盐酸的浓度 (设计实验)	280
实验 21 茶叶中咖啡因的提取	283
实验 22 土壤中磷的比色测定 (设计实验)	284
实验 23 紫外分光光度法同时测定维生素 C 和维生素 E	286
实验 24 离子选择电极法测定氯离子 (设计实验)	288
实验 25 污水处理厂进出水口样品采集与分析 (实训)	291
实验 26 果蔬蛋禽水产品农残检测调研与果蔬总酸度的测定 (实训)	292
实验 27 自动电位滴定法测定腐败食品总酸度 (设计实验)	293
实验 28 组分分析及测定 (设计实验) 混合碱中 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 含量的测定 (双指示剂法)	295
附录	298
附录 1 常用有机溶剂的纯化	298
附录 2 常见弱酸和弱碱的离解常数	299
附录 3 配合物的稳定常数 (18~25 °C)	301
附录 4 常用酸碱溶液的密度、浓度及配制方法	306
附录 5 一些无机化合物的相对分子质量	307
附录 6 常用干燥剂的性能及应用范围	308
附录 7 一些常见有机化合物的物理常数	309
附录 8 特种有机试剂的配制	310

附录 9 常用有机溶剂的沸点和密度.....	311
习题参考答案	312
主要参考文献	324

分散系与溶液

自然界中，许多物质并非纯净物，多为一种或几种物质分散到另一种物质中构成的复杂体系，溶液是其中重要的一类。

1.1 分散系

一种或几种物质分散到另一种物质中构成的体系，称为分散系。例如，乐果乳油药液、食盐水、牛奶等。常将被分散的物质称为分散质，分散质多为液体、气体或固体；把能容纳分散质的物质称为分散剂，水、汽油、酒精等是常见的分散剂。

根据分散质颗粒直径的大小，把分散系分为三类，见表 1-1。

表 1-1 分散系的分类

分类	颗粒直径/m	性 质
溶液	$<10^{-9}$	透明、均匀、稳定，可长期放置
浊液	$>10^{-7}$	分乳浊液和悬浊液两种。颗粒较大，不透明，不稳定
胶体	$10^{-9} \sim 10^{-7}$	透明、不均匀、较稳定

一种或几种物质以分子或离子状态分布在另一种物质中所构成的均匀、稳定分散系，称为溶液。这是一种分子级程度相互分散的体系，又称为真溶液。

1.2 溶液浓度的表示方法和配制

在法定计量单位中“浓度”一词专指“物质的量浓度”。

1.2.1 溶液浓度的表示方法

物质的量浓度，是指单位体积溶液中所含溶质的物质的量，用符号 c_B 表示，即：

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

式中： n_B 为溶质的物质的量，单位为 mol； V 为溶液体积，单位为 dm^3

或 m^3 ; c_B 为物质的量浓度, SI 单位为 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$, 常用单位为 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 。

1.2.2 溶液浓度的有关计算

(1) 物质的量浓度的计算 进行这类计算时, 除经常用到公式 (1-1) 外, 还要用到下列公式:

$$n_B = \frac{m_B}{M_B} \quad (1-2)$$

式中: n_B 为物质的量; m_B 为物质的质量; M_B 为物质的摩尔质量。

(2) 物质的量浓度与质量分数的换算 进行计算时, 常用到下式:

$$c_B = \frac{1\,000 \times \rho \times w}{M_B} \quad (1-3)$$

式中: c_B 为物质的量浓度; ρ 为溶液的密度; w 为溶质的质量分数; M_B 为物质的摩尔质量。

注意, 使用该公式时, 各物理量的单位为: $c_B \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, $\rho \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, $M_B \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

[例 1-1] 某市售浓硫酸中溶质的质量分数为 98%, 密度为 $1.84 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 计算该浓 H_2SO_4 的物质的量浓度。

解: 根据公式 (1-3), 数据代入, 得:

$$c_B = 1\,000 \times 1.84 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \times 98\% / 98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 18.4 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

答: 物质的量浓度是 $18.4 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 。

(3) 溶液稀释 浓溶液稀释前后, 溶液中溶质的物质的量相等, 即:

$$c(\text{浓溶液}) \cdot V(\text{浓溶液}) = c(\text{稀溶液}) \cdot V(\text{稀溶液}) \quad (1-4)$$

[例 1-2] 计算配制 $250 \text{ cm}^3 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ HCl}$ 溶液, 需要 $12 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 浓 HCl 溶液的体积。

解: 根据公式 (1-4), 数据代入, 得:

$$12 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \times V(\text{浓 HCl}) = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \times 250 \text{ cm}^3$$

$$V(\text{浓 HCl}) = 20 \text{ cm}^3$$

答: 需要 $12 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ 浓 HCl 溶液的体积是 20 cm^3 。

1.2.3 溶液的配制

在进行溶液配制时都要使用到容量瓶、玻璃棒、烧杯、胶头滴管等仪器。容量瓶常用的有 100 cm^3 、 250 cm^3 、 500 cm^3 和 $1\,000 \text{ cm}^3$ 等几种。

(1) 用固体药品配制溶液 在用固定药品配制溶液时, 首先根据所配制溶液的物质的量浓度和体积, 计算出所需要溶质的质量, 然后根据所需配制溶液的体积, 选用合适的容量瓶。

以 $250 \text{ cm}^3 0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ NaOH}$ 溶液为例, 说明配制步骤。

首先, 计算所需 NaOH 的质量:

$$\begin{aligned} m &= cVM \\ &= 0.250 \text{ dm}^3 \times 0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \times 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= 1 \text{ g} \end{aligned}$$

其次, 用天平称取 1 g NaOH 固体, 并将固体倒入烧杯中, 用适量的蒸馏水溶解后, 冷却至室温。然后将烧杯中的溶液沿玻璃棒小心地注入到 250 cm³ 容量瓶中, 用蒸馏水洗涤烧杯内壁 2~3 次, 并将每次洗涤后的溶液都注入到容量瓶中。轻轻振荡容量瓶, 使溶液充分混合。

最后, 缓缓地将水注入到容量瓶内, 直到容量瓶中的液面接近容量瓶刻度 1~2 cm 处时, 改用胶头滴管滴加蒸馏水到溶液的凹液面正好和刻度线相切。这时将容量瓶塞盖好, 反复上下颠倒, 摇匀, 贴上标签即可。

(2) 用液体药品配制溶液 用液体药品配制溶液时, 据其质量分数及其密度, 由公式 (1-3) 换算出浓度后, 再根据公式 (1-4) 进行配制。

以密度为 1.84 g · cm⁻³、质量分数为 98% 的浓硫酸配制 250 cm³ 0.1 mol · dm⁻³ 的 H₂SO₄ 溶液为例, 说明配制步骤。

首先, 计算浓硫酸的浓度:

$$\begin{aligned} c &= 1000 \times 1.84 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \times 98\% / 98 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \\ &= 18.4 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \end{aligned}$$

其次, 计算出所需浓硫酸体积:

$$\begin{aligned} V(\text{浓}) &= c(\text{稀}) \times V(\text{稀}) / c(\text{浓}) \\ V(\text{浓}) &= 250 \text{ cm}^3 \times 0.1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} / 18.4 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \\ &= 1.36 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

最后, 用 5 cm³ 的量筒量取 1.36 cm³ 浓硫酸, 慢慢倒入盛有少量水的烧杯中, 边倒边用玻璃棒搅拌, 直至完全溶解。待冷却至室温后, 再沿玻璃棒倒入 250 cm³ 的容量瓶中, 定容, 贴上标签即可。

1.3 稀溶液的依数性

难挥发非电解质稀溶液, 依据其体系中独立质点数的不同, 表现为蒸气压下降、沸点升高、凝固点降低及渗透压不同, 上述现象与溶质的本性无关, 称为稀溶液的依数性。

1.3.1 几个重要的依数性

(1) 溶液的蒸气压下降 密闭容器里的一杯水, 在部分变为水蒸气的同时, 部分水蒸气分子又重新凝聚变为水。刚开始时, 蒸发速度大于凝聚速度, 一段时间后, 两者速度相等, 液、气处于动态平衡。此时, 液、气平衡对应的

压力,称为饱和蒸气压。显然,易挥发液体,蒸气压大。

1887年,法国物理学家拉乌尔经过大量实验证明,在一定温度下,稀溶液的蒸气压总是低于纯溶剂的蒸气压,下降的程度与浓度成正比。

显然,溶液浓度越大,溶液的蒸气压下降就越多。

在日常生活中,风化、潮解现象就和蒸气压有关。风化就是失去结晶水,比如 $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, 在空气中放置后会变成 Na_2SO_4 , 碱块 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 会变成碱面 Na_2CO_3 , 这是因为常温条件, $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 的蒸气压大于纯水的蒸气压。 CaCl_2 , P_2O_5 , FeCl_3 易发生潮解,即常温下吸水分别为 $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 H_3PO_4 、 $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 这是因为 CaCl_2 , P_2O_5 , FeCl_3 的蒸气压小于纯水的蒸气压,因此 CaCl_2 , P_2O_5 等常用做干燥剂。

(2) 溶液的沸点升高 当溶液的蒸气压随着温度升高而增大到和外界大气压相等时,溶液就开始沸腾。液体的蒸气压等于外界大气压(通常为 101.325 kPa)时的温度称为该液体的沸点。例如,水在 100 °C 时的蒸气压恰好是 101.325 kPa,所以水的沸点是 100 °C。高原地区由于空气稀薄,气压降低,所以水的沸点低于 100 °C。在一定压强下,液体的沸点是固定的。

由于稀溶液的蒸气压下降,所以其沸点总是比纯溶剂的高。如在常压下,海水的沸点高于 100 °C 就是这个道理。

在生产和实践中,对那些在较高温度时易分解的有机溶剂,常采用减压(或抽真空)操作进行蒸发,一方面可以降低沸点,另一方面可以避免一些产品因高温分解而影响质量和产量。

(3) 溶液的凝固点降低 物质的液相和固相共存时的温度,称为该物质的凝固点,此时,液相和固相蒸气压相等。常压下,水的凝固点是 0 °C。

由于稀溶液的蒸气压降低,这时冰的蒸气压高于溶液的蒸气压,于是冰便会融化,只有在比 0 °C 低的温度时,冰的蒸气压和溶液的蒸气压才会相等,此时冰和溶液能共存。所以溶液的凝固点总是低于纯溶剂的凝固点。

溶液凝固点降低的性质有广泛的应用。例如,在严寒的冬天,往汽车水箱中加入甘油或防冻液,可防止水的冻结。又如为使混凝土在低温下不致冻结,以顺利地进行冬季施工,可在水泥中掺入某些物质。盐和冰或雪的混合物可以作为制冷剂,因为盐溶解在冰表面的水中形成溶液,使溶液蒸气压下降而低于冰的蒸气压,冰融化。冰在融化时吸收大量的热,温度降低。三份冰和一份食盐的混合物可得到 -22 °C 的低温。

(4) 渗透压 渗透压的产生,是由于单位体积内稀溶液中含有的水分子数比纯溶剂少,因而在单位时间内从纯溶剂向稀溶液中扩散的水分子数多而导致