

国家精品课程教材

高等学校理工科化学化工类规划教材

ANALYTICAL CHEMISTRY



分析化学 双语版 (第二版)

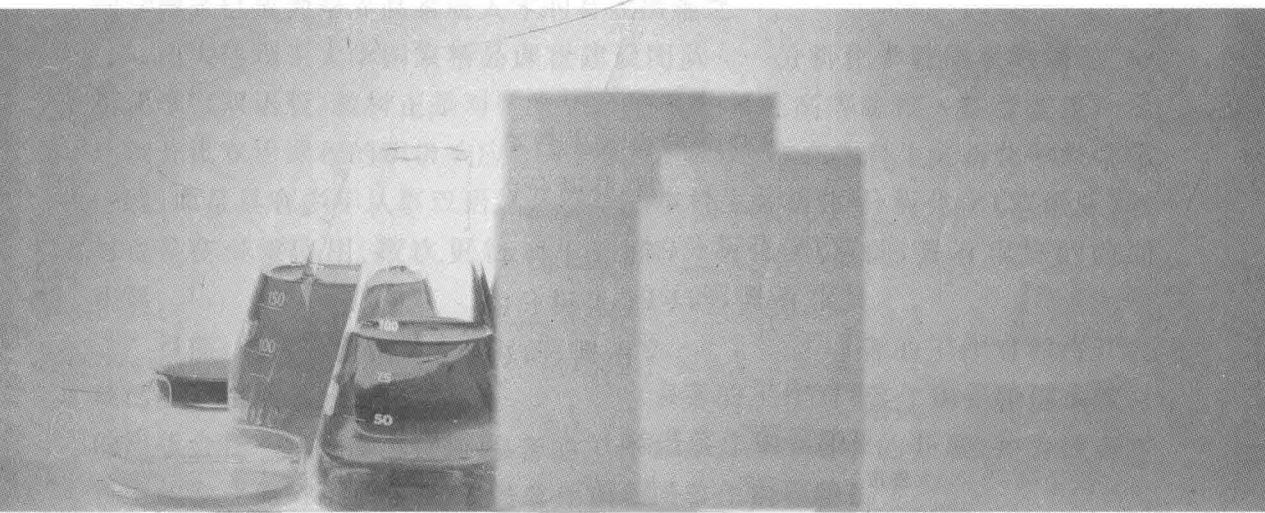
丁保君 © 主编 大连理工大学分析化学教研室 © 组编



大连理工大学出版社
Dalian University of Technology Press

高等学校理工科化学化工类规划教材

ANALYTICAL CHEMISTRY



分析化学 双语版 (第二版)

组编 © 大连理工大学分析化学教研室

主编 © 丁保君



大连理工大学出版社
Dalian University of Technology Press

图书在版编目(CIP)数据

分析化学：汉英对照 / 丁保君主编；大连理工大学分析化学教研室组编. — 2版. — 大连：大连理工大学出版社，2017.7

ISBN 978-7-5685-0392-1

I. ①分… II. ①丁… ②大… III. ①分析化学—双语教学—高等学校—教材—汉、英 IV. ①O65

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 115743 号

大连理工大学出版社出版

地址：大连市软件园路 80 号 邮政编码：116023

发行：0411-84708842 邮购：0411-84708943 传真：0411-84701466

E-mail: dutp@dutp. cn URL: http://dutp. dlut. edu. cn

大连市东晟印刷有限公司印刷

大连理工大学出版社发行

幅面尺寸：185mm×260mm 印张：22 字数：585 千字
2008 年 11 月第 1 版 2017 年 7 月第 2 版
2017 年 7 月第 1 次印刷

责任编辑：于建辉 许 蕾

责任校对：馨 悦

封面设计：奇景创意

ISBN 978-7-5685-0392-1

定 价：39.80 元

本书如有印装质量问题，请与我社发行部联系更换。

序 言

分析化学是人们获得物质组成、结构和信息的科学,即表征和测量的科学。现代分析化学已远远超出化学学科的范围,正逐步将化学与数学、物理学、计算机科学、生物学等学科结合起来,发展成为一门综合性科学。该学科快速发展促使分析化学课程不断更新,从而确保学生可以掌握最新的分析化学发展动态。

分析化学是高等理工院校化学、化工及相关专业的一门基础课。在保证教学要求的基础上,既要使学生理解和掌握教学内容,对课程整体及学科发展前沿有所了解,又要扩展学生的知识面,提高专业水平。教育部提出的双语教学模式已成为培养高素质人才的有效措施之一。

由大连理工大学国家精品课程建设团队——分析化学教研室组编的“分析化学”(双语版)教材正是对教育部提出的关于在高等院校一些专业按一定比例开设双语课程的积极响应。编者不仅长期工作在本科生分析化学教学第一线,而且具有多年从事双语教学的经验。即将出版的分析化学(双语版)教材也是在多年使用、数次更新的自编讲义基础上编写的,具有很好的前期积累。

目前,国内分析化学专业的双语教材还比较少。编者的工作对即将开展或已经开始从事分析化学双语教学的高校具有很好的借鉴作用。相信本教材的出版会在一定程度上促进国内分析化学双语教学工作的开展,并为提高本科生的专业英语水平起到积极的推动作用。



2008年11月

第 2 版前言

本书自 2008 年出版以来,受到了广大读者,特别是相关高等院校师生的厚爱。其良好的发行使用情况在一定程度上促进了国内分析化学双语教学工作的发展,对提高本科生的专业英语水平起到积极的作用。本书于 2013 年 1 月入选首批辽宁省“十二五”规划教材,于 2016 年获得大连理工大学优秀教材奖。

根据各院校在使用本教材过程中提出的宝贵意见以及编者教学过程中的实际情况,我们对本书的一些细节、习题及参考书目进行了全面修订。给出了课后习题的参考答案,增加了两套测试题及其答案,以便读者自主学习和检验学习效果。为使学生在习惯用英文进行专业思考的同时,熟悉相应的中文用语,特在每章末列出该章用到的主要专业名词的中文解释,以及用中文书写的重点内容概述。

本次修订仍保持本书第 1 版的编写指导思想、体系和特点:作为分析化学双语课的教学用书,保证基础,精选内容,深入浅出,使之适合基础分析化学教学;结合国情,处理好传统方法和现代方法、基本原理和实际应用之间的关系,将众多分析方法按大类编写;加强仪器分析内容,突出工科特点,在符合专业发展趋势及社会需要的同时,重视学习的规律和逻辑性;参考了众多国外通用教材,以使语言表述准确;努力按照国内工科分析化学的教学大纲选择和组织教学内容,使本书更加有利于分析化学教学及学生对专业基础知识的学习和掌握。

由于编者水平有限,书中错误和疏漏之处在所难免,诚挚地欢迎各位读者、专家不吝赐教,我们将不胜感谢!

您有任何意见或建议,请通过以下方式与大连理工大学出版社联系:

邮箱 jcyj@dutp.cn

电话 0411-84708947

编者

2017 年 6 月

第 1 版前言

目前,双语教学模式与其他教学模式的区别主要体现在两个方面:一方面是在教材的选取上,或直接采用原版教材,或采用中文版教材,加外语补充材料;另一方面是在授课方式上,有的采用全外语授课,或部分外语授课,有的在使用原版教材的基础上采用全中文授课。各高校大多根据学生的外语水平及师资情况在上述几种情况中选择。

原版教材内容体系一般比较庞杂,与国内教学要求难以完全符合。如果采用中文版教材,再提供外语补充材料,则双语教学体现得不充分,效果不明显。最好的选择是请既懂专业又有良好外语写作能力的教师(或中方和外方直接合作),按照国内的教学要求有针对性地编写。本教材无疑是满足时代要求的一种有益尝试。

大连理工大学分析化学教研室多年来致力于分析化学课程体系的改革与建设,已经建立起包括教材、电子教案、网络课程、多媒体软件等多种教学资源的分析化学立体化课程体系,其核心课程“分析化学”已经入选国家级精品课程。

分析化学的双语教学是分析化学课程体系建设的重要组成部分。大连理工大学分析化学双语教学工作始于 1985 年,在 20 余年的教学过程中,经过教研室几代教师持续不断的探索,逐渐积累了一些教学经验,对英文讲义内容不断补充、修改及更新,并于 2003 年获大连理工大学教材建设出版基金项目支持,由赵常志等对校内讲义进行了更新编写。在多年对教学材料不断积累和完善的基础上,2006 年教研室组织启动了分析化学双语教材的编写工作。

本教材在章节顺序和内容安排上参照了《分析化学》(第 3 版,大连理工大学分析化学教研室组编,刘志广主编)中文教材,将众多分析方法按大类编写,同时加强仪器分析内容,突出工科特点,在符合发展趋势及社会需要的同时重视学习的规律和逻辑性。英文内容以高等学校化学化工专业本科生少学时分析化学课程教学大纲为依据,参考多种国外原版教材,以使语言表述准确、地道。为使学生在习惯用英文进行专业思考的同时,熟悉相应的中文用语,在每章末列出该章主要专业名词的中文解释,以及用中文书写的重点内容概述。

本书由大连理工大学分析化学教研室统一组织编写,刘志广教授确定了编排思路及大纲,并负责中文部分的编写。参加本书编写工作的有:丁保军(第1~3、5、7章)、宿艳(第4、6章)、潘玉珍(第8~10章),全书由丁保军统稿并最终定稿。感谢教研室新老同事对本书的出版所作出的贡献!中国科学院大连化学物理研究所张玉奎院士为本书的编写提出了宝贵的意见,并为本书作序,在此表示深深的感谢和诚挚的敬意。

本书的出版得到了大连理工大学教材建设出版基金和双语课程建设项目的资助,得到了大连理工大学出版社的大力支持,在此表示衷心的感谢。

本书是我们双语教学的一个阶段性总结,也是首次正式出版,恳请各位专家、同行及广大读者提出宝贵建议和意见,可以通过以下方式和我们联系:

邮箱 jcjf@dutp.cn

电话 0411-84707962 84708947

编者

2008年11月

目 录

Chapter 1 Introduction

绪 论 /1

- 1.1 The nature of analytical chemistry
分析化学的性质 /1
- 1.2 The role of analytical chemistry
分析化学的作用 /2
- 1.3 The classification of analytical chemistry
分析化学的分类 /3
- 1.4 The total analytical process
分析全过程 /4
- Terms to understand /8
- 重点内容概述 /9

Chapter 2 Errors and Data Treatment in Quantitative Analysis

定量分析中的误差及数据处理 /10

- 2.1 Fundamental terms of errors
误差的基本术语 /11
- 2.2 Types of errors in experimental data
实验数据中的误差类型 /15
 - 2.2.1 Systematic errors
系统误差 /15
 - 2.2.2 Random errors
偶然误差 /19
- 2.3 Evaluation of analytical data
分析数据的评价 /24
 - 2.3.1 Tests of significance
显著性检验 /24
 - 2.3.2 Rejecting data
可疑值取舍 /26
- 2.4 Significant figures
有效数字 /28
- Problems /30
- Terms to understand /32
- 重点内容概述 /32

Chapter 3 Titrimetric Analysis

滴定分析法 /38

3.1 General principles

基本原理 /38

3.1.1 Relevant terms of titrimetric analysis

滴定分析相关术语 /40

3.1.2 The preparation of standard solution and the expression of concentration

标准溶液的配制与浓度表示方法 /41

3.1.3 The types of titrimetric reactions

滴定反应类型 /44

3.2 Acid-base titration

酸碱滴定 /45

3.2.1 Acid-base equilibria

酸碱平衡 /45

3.2.2 Titration curves

滴定曲线 /54

3.2.3 Acid-base indicators

酸碱指示剂 /57

3.2.4 Applications of acid-base titration

酸碱滴定的应用 /58

3.3 Complexometric titration

配位滴定 /61

3.3.1 Metal-chelate complexes

金属螯合物 /61

3.3.2 EDTA

乙二胺四乙酸 /62

3.3.3 EDTA titration curves

EDTA 滴定曲线 /65

3.3.4 Metal ion indicators

金属离子指示剂 /67

3.3.5 Applications of EDTA titration techniques

EDTA 滴定方法的应用 /68

3.4 Oxidation-reduction titration

氧化还原滴定 /71

3.4.1 Redox reactions

氧化还原反应 /71

3.4.2 Rate of redox reactions

氧化还原反应的速率 /75

3.4.3 Titration curves

滴定曲线 /76

3.4.4 Redox indicators

氧化还原指示剂 /77

- 3.4.5 Applications of redox titrations
氧化还原滴定的应用 /79

3.5 Precipitation titration
沉淀滴定 /84

- 3.5.1 Precipitation reactions
沉淀滴定反应 /84

- 3.5.2 Titration curves
滴定曲线 /85

- 3.5.3 End-point detection
终点检测 /86

Problems /88

Terms to understand /90

重点内容概述 /92

Chapter 4 Potentiometry

电位分析法 /106

- 4.1 Introduction
概 述 /106

- 4.1.1 Classification and characteristics
分类及性质 /107

- 4.1.2 Definition
定 义 /108

- 4.2 Types of potentiometric electrodes
电极种类 /110

- 4.2.1 Reference electrodes
参比电极 /111

- 4.2.2 Indicator electrodes
指示电极 /113

- 4.2.3 Electrode response and selectivity
电极响应及选择性 /120

- 4.3 Potentiometric methods and application
电位法及应用 /121

- 4.3.1 Direct potentiometric measurement
直接电位法 /121

- 4.3.2 Potentiometric titrations
电位滴定 /124

- 4.3.3 Applications of potentiometry
电位法应用 /127

Problems /127

Terms to understand /128

重点内容概述 /129

Chapter 5 Chromatography**色谱法 /134**

- 5.1 Introduction
概述 /134
- 5.2 Fundamental theory of gas chromatography
气相色谱基本原理 /140
 - 5.2.1 Plate theory
塔板理论 /140
 - 5.2.2 Kinetic theory(rate theory)
速率理论 /142
 - 5.2.3 The resolution R_s as a measure of peak separation
分离度 /145
- 5.3 Gas chromatography
气相色谱 /147
 - 5.3.1 Components of a gas chromatograph
气相色谱仪的组成 /148
 - 5.3.2 Stationary phases for gas-liquid chromatography
气液色谱固定相 /151
 - 5.3.3 Applications of gas-liquid chromatography
气液色谱的应用 /154
 - 5.3.4 Adsorption chromatography
吸附色谱 /157
- 5.4 High performance liquid chromatography
高效液相色谱 /158
 - 5.4.1 Instrumentation
仪器组成 /158
 - 5.4.2 High-performance partition chromatography
高效分配色谱 /163
- 5.5 Miscellaneous separation methods
其他分离方法 /166
 - 5.5.1 High-performance ion-exchange chromatography
高效离子交换色谱 /166
 - 5.5.2 Capillary electrophoresis
毛细管电泳 /167
 - 5.5.3 Planar chromatography
平板色谱 /170

Problems /171

Terms to understand /172

重点内容概述 /173

Chapter 6 Atomic Absorption Spectrometry**原子吸收光谱分析法 /183**

- 6.1 Introduction
概述 /183

- 6.2 Principles
原 理 /184
 - 6.2.1 The process of AAS, resonance line and absorption line
原子吸收光谱法的过程,共振线及吸收线 /184
 - 6.2.2 The number of ground atom and the temperature of flame
基态原子数与光焰温度 /185
 - 6.2.3 Quantitative analysis of AAS
原子吸收光谱定量分析 /186
- 6.3 Instrumentation
仪 器 /189
 - 6.3.1 Primary radiation sources
光 源 /189
 - 6.3.2 Atomizer
原子仪器 /190
 - 6.3.3 Optical dispersive systems
分光系统 /192
 - 6.3.4 Detectors
检测器 /193
 - 6.3.5 Signal measurements
信号测量 /193
- 6.4 Quantitative measurements and interferences
定量测定及干扰 /193
 - 6.4.1 Quantitative measurements
定量测定 /193
 - 6.4.2 Interferences
干 扰 /194
 - 6.4.3 Sensitivity and Detection limits
灵敏度与检测限 /195
- 6.5 Applications of AAS
原子吸收光谱法的应用 /196
- Problems /198
- Terms to understand /198
- 重点内容概述 /198

Chapter 7 Ultraviolet and Visible Spectrophotometry

紫外-可见分光光度法 /204

- 7.1 Introduction
概 述 /204
- 7.2 Ultraviolet and visible absorption spectroscopy
紫外-可见吸收光谱 /205
 - 7.2.1 Introduction for radiant energy
辐射能简介 /205

- 7.2.2 Selective absorption of radiation and absorbance spectrum
物质对光的选择性吸收和吸收光谱 /207
- 7.2.3 Absorbing species and electron transition
吸收物质与电子跃迁 /211
- 7.3 Law of absorption
吸收定律 /216
 - 7.3.1 Lambert-Beer's law
朗伯-比尔定律 /216
 - 7.3.2 Absorptivity
吸光系数 /217
 - 7.3.3 Apparent deviations from Beer's law
对比尔定律的明显偏离 /219
- 7.4 Instruments
仪器 /220
- 7.5 General types of spectrophotometer
分光光度计种类 /224
- 7.6 Application of UV-Vis absorption spectroscopy
紫外-可见吸收光谱的应用 /226
 - 7.6.1 Application of absorption measurement to qualitative analysis
光吸收测定在定性分析上的应用 /226
 - 7.6.2 Quantitative analysis by absorption measurements
光吸收测量定量分析法 /226
 - 7.6.3 Derivative spectrophotometry
导数分光光度法 /230
- Problems /231
- Terms to understand /232
- 重点内容概述 /233

Chapter 8 Infrared Absorption Spectroscopy

红外吸收光谱 /237

- 8.1 Theory of infrared absorption
红外吸收基本原理 /238
 - 8.1.1 Dipole changes during vibrations and rotations
振转运动中的偶极距变化 /238
 - 8.1.2 Mechanical model of stretching vibrations
伸缩振动机械模型 /239
 - 8.1.3 Quantum treatment of vibrations
振动的量子力学处理 /241
 - 8.1.4 Types of molecular vibrations
分子振动形式 /243
- 8.2 Infrared instrument components
红外仪器组成 /246

- 8.2.1 Wavelength selection
波长选择 /246
- 8.2.2 Sampling techniques
采样技术 /247
- 8.2.3 Infrared spectrophotometers for qualitative analysis
定性分析用红外分光光度计 /247
- 8.2.4 Other techniques
其他技术 /249
- 8.3 The group frequencies of functional groups in organic compounds
有机化合物官能团的特征频率 /250
- 8.4 The factors affecting group frequencies
影响基团特征吸收频率的因素 /253
 - 8.4.1 Adjacent groups
邻近基团的影响 /254
 - 8.4.2 Hydrogen bonding
氢 键 /254
- 8.5 Qualitative applications to structural analysis
结构分析的定性应用 /255
- Problems /258
- Terms to understand /260
- 重点内容概述 /260

Chapter 9 Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy

核磁共振波谱法 /265

- 9.1 Theory of nuclear magnetic resonance
核磁共振理论 /266
 - 9.1.1 Quantum description of NMR
NMR 的量子描述 /266
 - 9.1.2 Classical description of NMR
NMR 的经典描述 /268
- 9.2 Experimental methods of NMR spectroscopy
NMR 波谱的实验方法 /269
- 9.3 Chemical shift
化学位移 /273
 - 9.3.1 Source of the chemical shift
化学位移产生的原因 /273
 - 9.3.2 The chemical shift of protons in organic compounds
有机化合物中质子的化学位移 /275
 - 9.3.3 Environmental effects on the chemical shift of proton NMR spectra
影响 NMR 波谱中质子化学位移的环境因素 /277
- 9.4 Spin-Spin coupling
自旋-自旋耦合 /279

- 9.4.1 Source of Spin-Spin coupling and splitting
自旋-自旋耦合与裂分产生的原因 /279
- 9.4.2 Coupling constant
耦合常数 /281
- 9.4.3 Rules governing the interpretation of spectra
光谱解析规则 /281
- 9.5 Qualitative applications of proton NMR
质子 NMR 波谱的定性应用 /282
- Problems /285
- Terms to understand /287
- 重点内容概述 /288

Chapter 10 Mass Spectrometry

质谱法 /292

- 10.1 The principle of mass spectrometer
质谱仪的原理 /293
- 10.2 Mass spectra
质谱图 /297
 - 10.2.1 The electron impact ionization process
电子轰击离子过程 /297
 - 10.2.2 The molecular ion
分子离子 /299
 - 10.2.3 Isotope peaks
同位素离子峰 /301
 - 10.2.4 Peaks for collision products
碎片离子峰 /301
 - 10.2.5 The base peak
基峰 /301
- 10.3 Qualitative applications of mass spectroscopy
质谱法的定性应用 /301
- Problems /304
- Terms to understand /305
- 重点内容概述 /306

TEST

测试 /308

Answers

答案 /317

Appendix

附录 /327

References

参考文献 /336

Chapter 1 Introduction

绪论

教学基本要求

了解分析化学学科的特点、作用及发展方向；

掌握分析化学的分类及分析的基本步骤。

Learning objectives

To know about the characteristics, the role and developing directions of analytical chemistry;

To grasp the classification of analytical chemistry and the analytical process.

1.1 The nature of analytical chemistry

分析化学的性质

Analytical chemistry is a scientific discipline that develops and applies methods, instruments, and strategies to obtain information on the composition and nature of matter in space and time (Edinburgh-Definition of WPAC 1993).

It is an important branch of chemistry, is a science by which people can obtain the chemical composition and structural information of matter.

In order to investigate problems in the field of both natural and social sciences, an analytical approach is in general first used. That is to say, the analysis is the first pieces of information which have been combined, the problem as a whole can finally be understood. The analysis of matter is carried out in a similar order. The matter is divided first into components, chemical species such as atoms, ions or molecules. Physical analysis now often allows the investigation of matter in its original state, without preparation or digestion 'in situ'. The primary purpose or aim of analytical chemistry involves finding out the amount and types of chemical species present in a system. After knowing the constituents of the matter, one can estimate or evaluate the constitution of original matter in question, just as in the processes described above.

In the recent sixty years, the technological development of instrumental analysis was so wide and rapid that today the field of analytical chemistry has even expanded to-

ward 'computer-based analytical chemistry'. In other words, the various characterizations of matter can be carried out nowadays also in total analysis systems (including both classical analysis and instrumental analysis). Nowadays, there is a widespread belief that the decades surrounding go down in history as the 'information age'. Considering the breathtaking advances which have been made in collecting, storing, manipulating, transmitting, and presenting information, this view has merit. Analytical chemistry is such an information science that produce, obtain, evaluate and process different chemical information.

1.2 The role of analytical chemistry 分析化学的作用

Analytical chemistry is applied throughout industry, medicine, and all the sciences and is very close to our modern lives and societies. It also plays a vital role in many research areas in chemistry, biochemistry, biology, environmental monitoring, geology, physics and the other sciences. It is a problem analyzer and solver.

The science of analytical chemistry has benefited in a number of ways from the burst of technology. Local area networks connecting analytical instruments, the Fourier transform manipulation of spectral information, and the comparative searching of analytical data to identify an 'unknown' are only a few examples of this contribution. However, analytical chemistry should be viewed as one of the strongest pillars of the 'information age' for several important reasons. While collecting, storing, manipulating, and transmitting information are vital activities, the generation of new, accurate information, which concentrates on enhancing the understanding of critical problems and opportunity areas facing mankind, is the promise of analytical chemistry. In fact, those tasks constitute only one definition of analytical chemistry. The focused approach of defining a problem, addressing it through multiple techniques or interdisciplinary methods if needed, and assuring that results are accurate and reproducible, constitutes analytical science. Past and future applications of this methodology to biotechnology, the chemical industry, materials science, food science, reaction mechanisms, and environmental issues have the potential to produce multiplicative levels of advancement when combined with the other technologies on which the 'information age' is being built. We live in an 'information age' which has brought great changes to society and also to the capabilities of analytical chemistry.

Many chemists, biochemists, and medicinal chemists devote much time in the laboratory gathering qualitative and quantitative information about systems that are important and interesting to them. In this enterprise and many others, analytical chemistry plays a central role. All branches of chemistry and many other scientific fields draw on the ideas and techniques of analytical chemistry. The interdisciplinary nature of chemical analysis makes it a vital tool in medical, industrial, government and academic laboratories throughout the world.