

# 绪论

---

主讲： 张新荣

电话： 76888  
13501061957

Email : [xrzhang@mail.tsinghua.edu.cn](mailto:xrzhang@mail.tsinghua.edu.cn)



# 学习要求

---

## 1. 辅导和作业要求

- 辅导在每周一晚上 **7：00-9：00** 进行
- 作业布置后下周一交

## 2. 考试与成绩评定

- 期末考试：**40%**
- 期中测验：**40%**
- 作业和讨论成绩：**10+10%**

## 3. 课代表：

- 姓名 - 电话

## 第 0 章

## 绪论

80 学时

## 第一章

## 电化学分析法

## 第二章

## 原子发射光谱

## 第三章

## 原子吸收光谱

## 第四章

## 紫外 - 可见分子吸收法

## 第五章

## 红外吸收光谱法

## 第六章

## 核磁共振波谱法

## 第七章

## 色谱分析法

## 第八章

## 质谱分析法

## 第九章

## 化学分析法

## 第十章

## 误差与数据处理

# 第 0 章

# 绪论

---

## 第一节 概述

### 一、《分析化学》的定义与发展历史

- 《分析化学》课程是生命、材料和环境科学研究中所抽象出的一门测量物质成分、含量、结构、表面等物理化学特性的基础理论和实验课程。
- 按照 1993 年爱丁堡会议的定义：《分析化学》是发展和应用各种方法、仪器和策略以获得有关物质在空间和时间方面组成和性质的一门科学。

# 分析化学经历了三次巨大的变革

---

**第一次变革** —— 20 世纪初，由于物理化学溶液理论的发展，为分析化学提供了理论基础，建立了四大平衡理论，由一门技术发展为一门独立的学科。

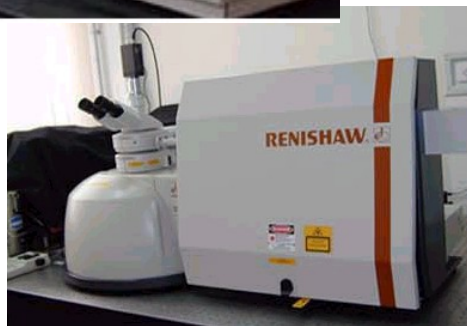
**第二次变革** —— 20 世纪 40 年代，物理学和电子学的发展，使分析化学从以化学分析为主的经典分析化学，发展到以仪器分析为主的现代分析化学。

**第三次变革** —— 21 世纪，生命科学、环境科学、新材料科学发展的要求，生物学、信息科学，计算机技术的引入，使分析化学进入了一个崭新的境界。

# 三次变革



从化学分析  
到物理分析



- 传统的分析方法研究主要是利用化学分析，20 世纪初，随着工业的发展和科技水平的提高，采用瓶瓶罐罐式的化学分析的方法已经满足不了时代发展的需要了，因此提出仪器分析。
- 物理分析仪器是利用物质的光电声热磁等物理性质进行参数测量的仪器。
  - 1922 年，Heyrovsky 提出极谱分析法，获得 1959 年诺贝尔化学奖；
  - 1941 年，Martin and Synge 开创气相色谱法，获 1952 年诺贝尔化学奖；
  - Bloch and Purcell 提出的核磁共振测定，获 1952 年诺贝尔物理奖；目前，分析仪器已成为推动科技进步的重要手段。
  - 纳米尺度分析仪器的出现，使分析化学进入纳米分析和单分子分析阶段。

# 扫描隧道显微镜（STM）与纳米科技

由德国人宾宁 (G.Binnig, 1947-) 和瑞士人罗勒 (H.Roher, 1933-) 1981 年发明，根据量子力学原理中的隧道效应而设计。宾宁和罗勒因此获得 1986 年诺贝尔奖

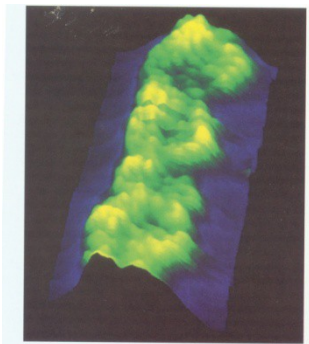
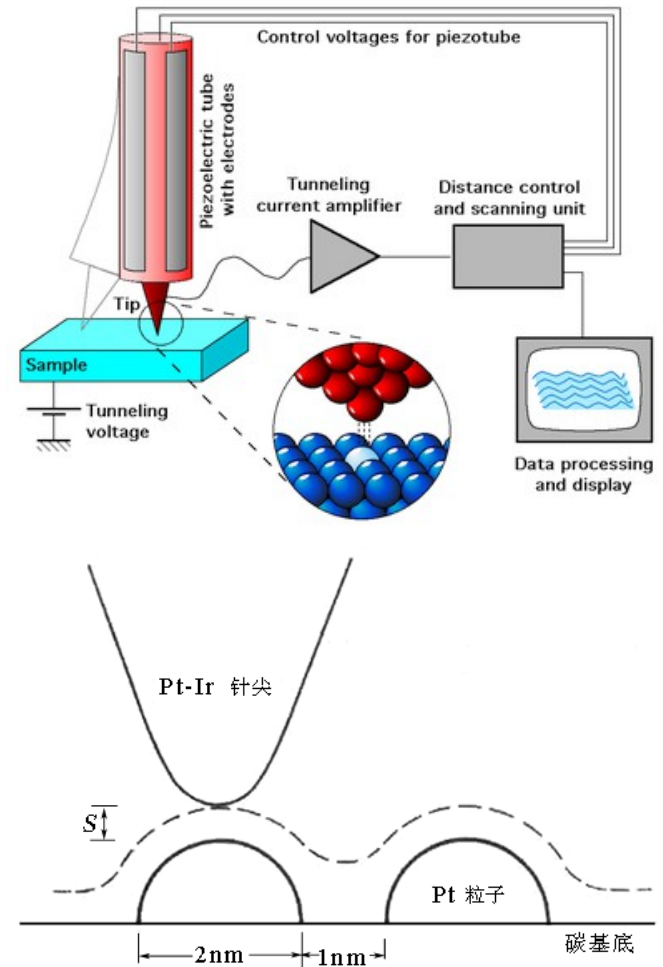
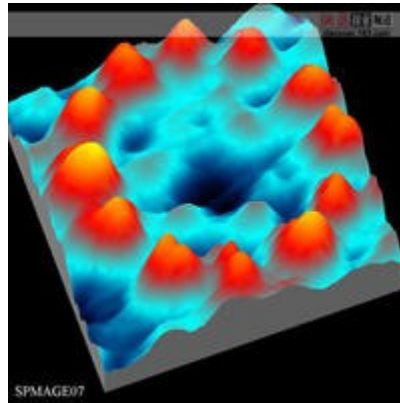
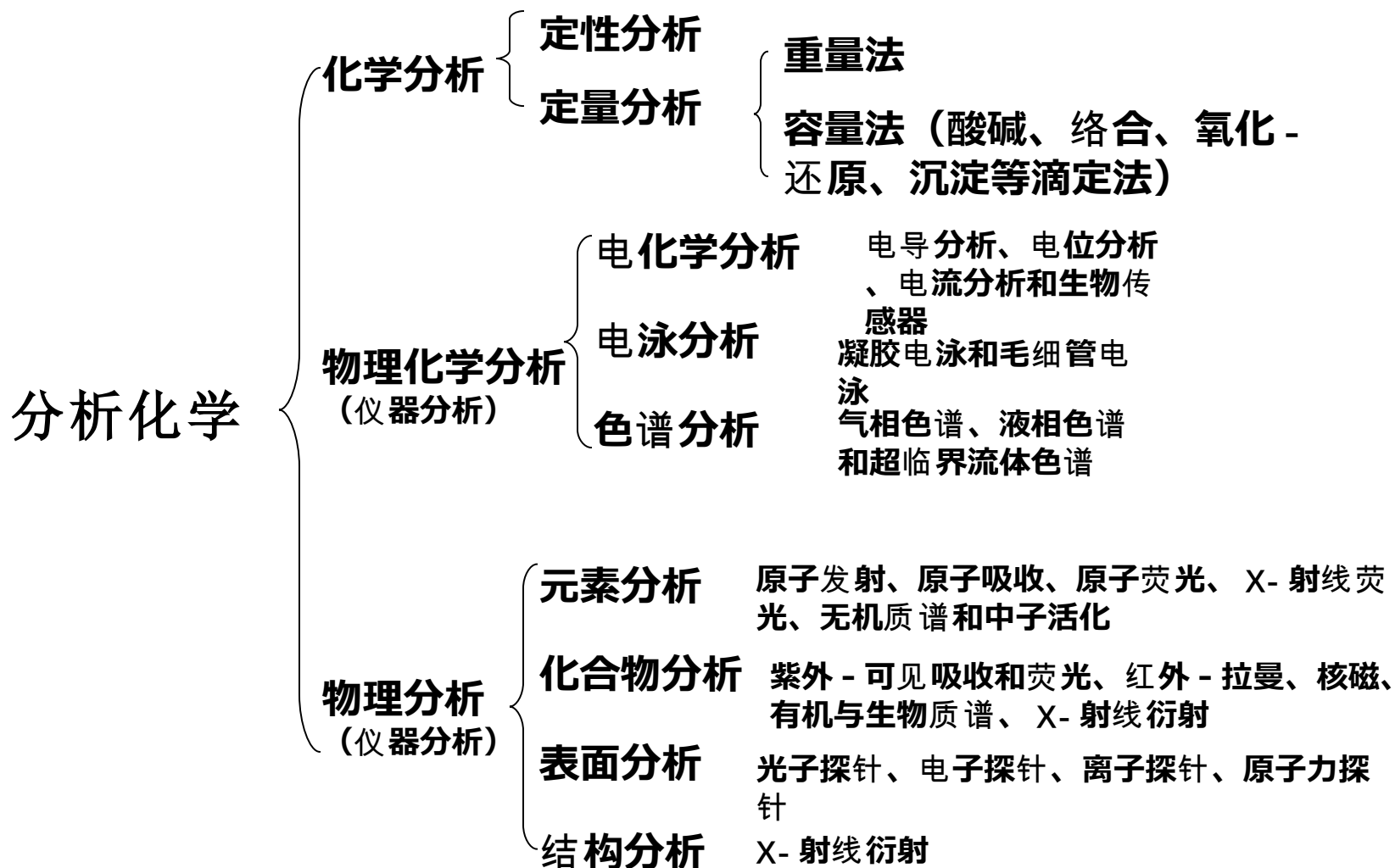


Figure 2.32 Scanning Tunneling Microscopy of DNA. The DNA double helix with approximately three turns shown (false color,  $\times 2,000,000$ ).



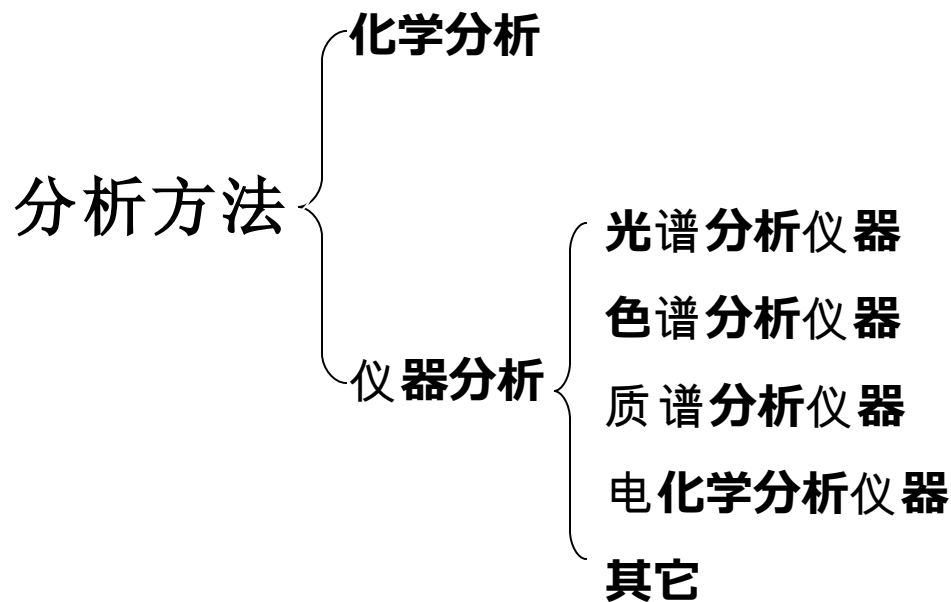


## 二、分析化学的分类



# 其他分类方法1

---



仪器分析是以物质的物理或物理化学性质作为基础的一类分析方法，它的显著特征是以仪器作为分析测量的主要手段。

# 其他分类方法 2

---

{ 定性分析  
定量分析  
结构分析

{ 无机分析  
有机分析  
生物分析

# 其他分类方法3

---

按被分析物质的含量划分，分为 3 类

- 常量成分分析 ( $> 0.01\%$ )
- 痕量成分分析 ( $0.01 - 0.00001\%$ )
- 超痕量成分分析 ( $< 0.00001\%$ )

按取样量划分，分为 3 类

- 常量样品分析 ( $> 10\text{ mg}, > 1\text{ ml}$ )
- 微量样品分析 ( $0.1 - 10\text{ mg}, 0.01 - 1\text{ ml}$ )
- 超微量样品分析 ( $< 0.1\text{ mg}, < 0.01\text{ ml}$ )

按被分析物质的状态划分，分为 6 类：

- |   |      |   |         |
|---|------|---|---------|
| { | 成分分析 | { | 表面与界面分析 |
|   | 价态分析 |   | 微区分析    |
|   | 结构分析 |   | 剥层分析    |

---

## 第二节 分析化学在生物学研究中的作用

# 2002 年诺贝尔化学奖

---

授予三位蛋白质分析仪器研究的学者



美国 John B. Fenn

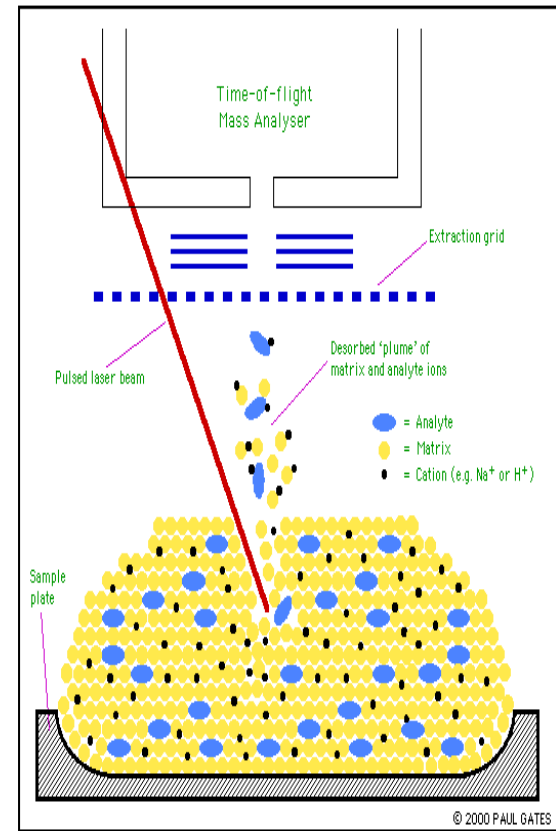
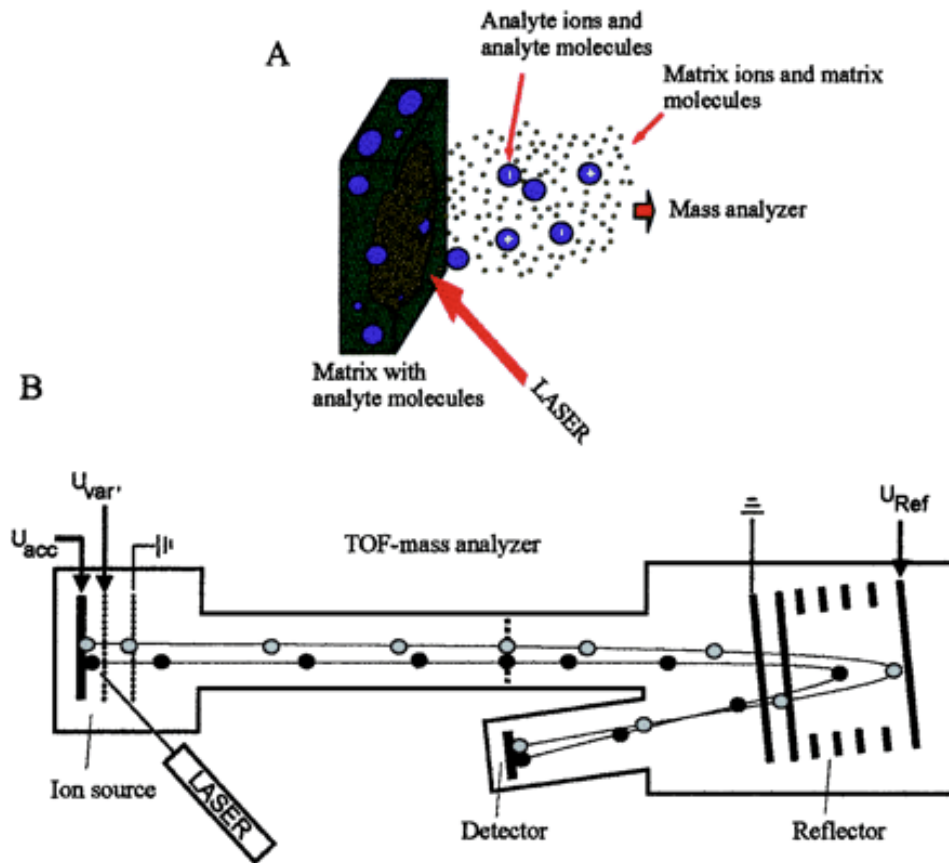
日本 田中耕一

质谱法 研究蛋白质

瑞士 Kurt Wuthrich

生物分子的三维结构

# MALDI-TOF-MS



## 利用核磁共振技术测定溶液中生物大分子三维结构

---

- 瑞士科学家库尔特·维特里希“发明了利用核磁共振技术测定溶液中生物大分子三维结构的方法”，他获得2002年诺贝尔化学奖一半的奖金。
- 这种方法的优点是可对溶液中的蛋白质进行分析，进而可对活细胞中的蛋白质进行分析，能获得“活”蛋白质的结构，其意义非常重大。1985年，科学家利用这种方法第一次绘制出蛋白质的结构。目前，科学家已经利用这一方法绘制出15—20%的已知蛋白质的结构。



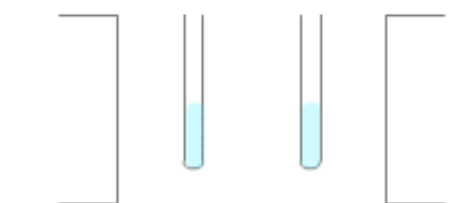


# 核磁成像

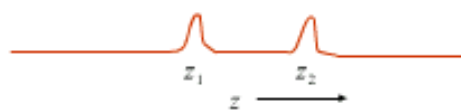
- 1944 Rabi et al 用共振方法记录原子核磁性
- 1952 Bloch et al 发展核磁共振精细测量法
- 1991 Ernst 对高分辨核磁共振方法发展
- 2002 Kurt Wuthrich 利用核磁共振测定蛋白质
- 2003 Paul Lauterbur 核磁成像



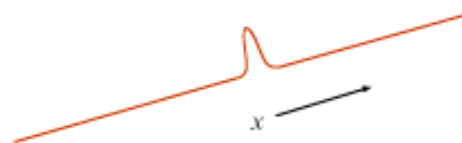
AP/Wide World Photos



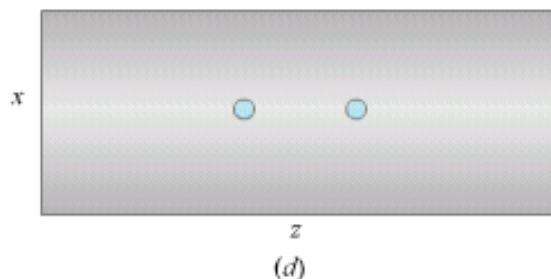
(a)



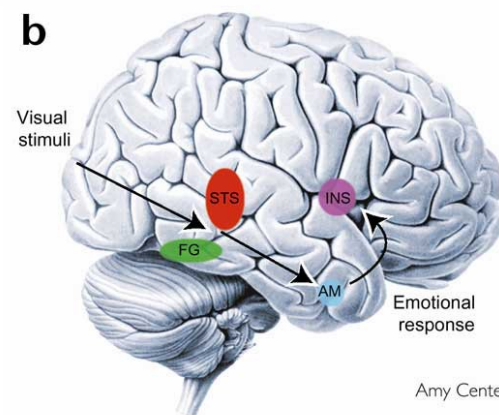
(b)



附加线性磁场



(d)



Amy Center

# 分析化学的作用

---

- 是生物化学和分子生物学的重要研究工具
- 分析化学的进步推动了生命科学的进步

## 百年来与分析化学有关的诺贝尔奖项

年度	获奖人	获奖项目
1901	W.C.Rontgen	发现 X 射线
1902	S.A.Arrhenius	电解质理论
1907	A.A.Michelson	制造光学精密仪器及对天体光谱研究
1914	M.von.Laue	晶体 X 射线衍射研究
1915	W.H.Bragg & W.L.Bragg	X 射线晶体结构研究
1917	C.G..Barkla	发现各种元素 X 射线辐射
1922	F.W.Aston	研究成功第一台质谱仪
1923	F.Pregl	发明有机化合物微量分析技术
1925	R.Zsigniondy	发明超显微镜用于胶体化学研究
1926	T.Svedberg	研究成功超离心机，用于测定蛋白质相对分子质量
1930	C.V.Raman	发现拉曼效应
1939	E.O.Lawrence	发明回旋粒子加速器
1943	G.C.de Hevesy	放射性同位素示踪研究
1948	A.W.K.Tiselius	发明电泳分离法用于分离蛋白质
1952	A.J.P.Martin & R.L.M.Synge	发明分配层析色谱分析技术
1959	J.Heyrovsky	制造第一台极谱仪，创建极谱学
1960	W.F.Libby	发明碳-14 年代测定技术

## 百年来与分析化学有关的诺贝尔奖项

年度	获奖人	获奖项目
1969	O.Hassel & D.H.R.Barton	X 射线和电子衍射测定有机物三维结构
1971	G.Herzberg	用闪光光解法研究分子结构和自由基
1981	K.M.Siegbahn	发展高分辨电子光谱法
1981	N.Bloembergen	发展激光光谱
1982	A.Klug	将 X 射线技术应用于电子显微镜
1985	H.A.Hauptman & J.Karle	用计算机技术解 X 射线衍射晶体结构分析
1986	G.Binnig & H.Rohrer	发明扫描隧道显微镜
1991	R.R.Ernst	发展高分辨率核磁共振方法
1995	F.Molina ,F.S.Rowland & P.Crutzen	发现臭氧层的破坏
2002	J.B.Fenn & K.Tanaka	发明质谱法分析生物大分子
2002	K.Wotherich	发展了核磁共振谱法测定溶液中生物大分子的三维结构
2003	P.C.Lauterbur & P.Mansfield	发明核磁共振造影

摘自何锡文主编《近代分析化学教程》，高等教育出版社，2005 年

---

## 第三节 分析化学的发展趋势

# 发展基于新方法，新技术，新理论

---

## 的分析方法及测试仪器

- 方法更灵敏、更有选择性和专一性
- 获得的数据更准确、更快速
- 涉及的时空尺度更广阔
- 得到的信息更多维
- 测定的体系、环境更微小
- 所用的样品更微量
- 遥感遥测、极端条件检测
- 现场、在体、在线、无损检测

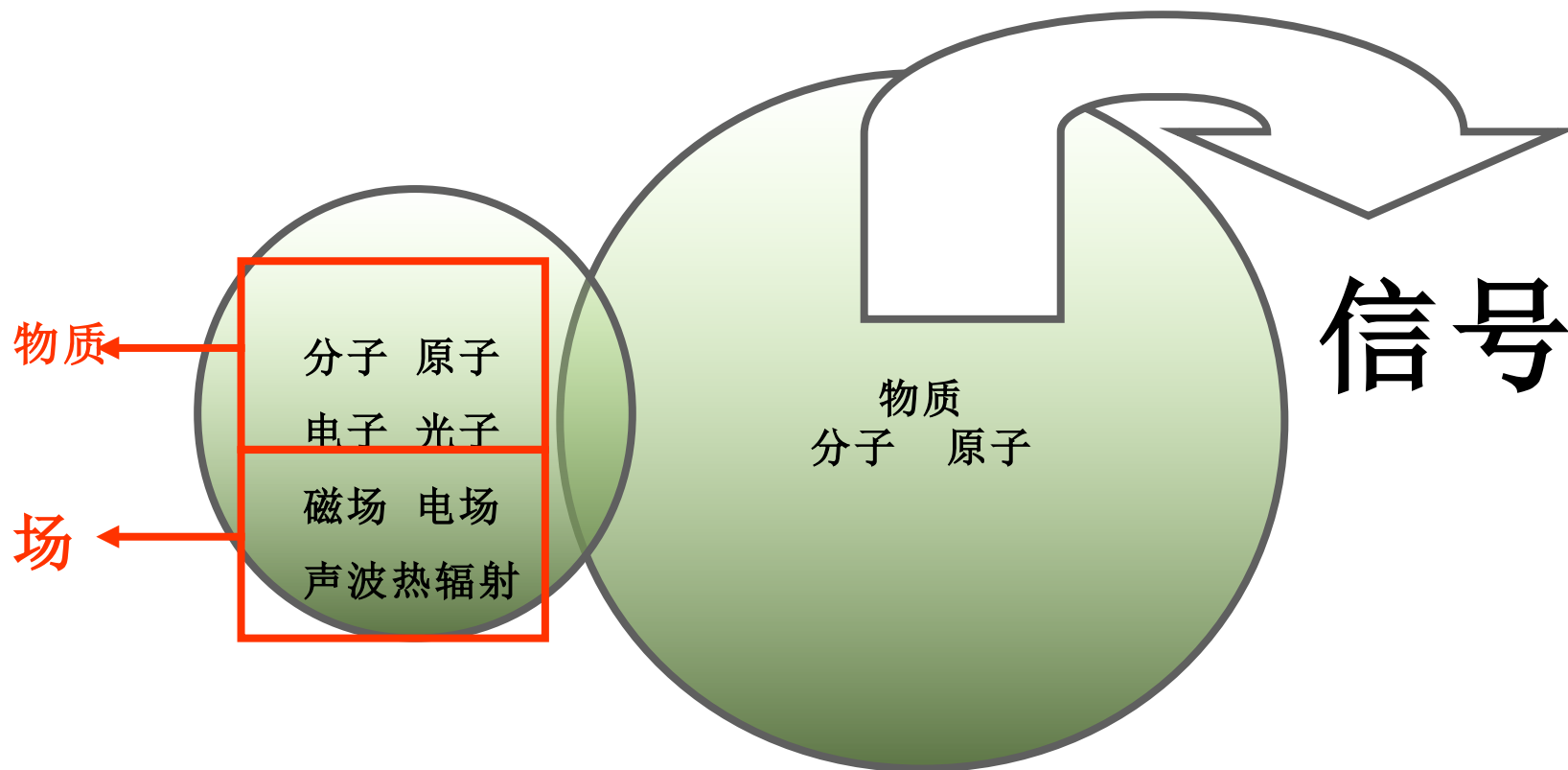
---

## 四、分析化学教学体系与内容

作为一个学科，分析化学有没有一个完整统一的理论？

# 分析化学是研究物质与物质相互作用中 信息传递与表达的一门学科？

---





# 分析化学教材体系

基于原子分子相互作用的分析方法

均相作用

酸碱滴定  
配位滴定  
氧化还原滴定  
沉淀滴定

异相作用

气 - 固 ( GC )  
液 - 固 ( LC )  
液 - 液 ( L-L )  
超临界 ( SF C )

基于原子分子 - 物理场相互作用的分析方法

光 ( 原子、分子、离子、核 )  
电 ( 原子、分子、离子、核 )  
磁 ( 原子、分子、离子、核 )  
热 ( 原子、分子、离子、核 )  
声 ( 原子、分子、离子、核 )

<p>Analytical Chemistry – Wiley pub.  Gary D. Christian (2003), 第六版</p>	<p>分析化学教程 – 北京大学出版社  李克安主编 ( 2005 ), 第一版</p>	<p>Principles of Instrumental Analysis –  Brooks Cole Pub.  Douglas Skoog et al. (2006), 第六版</p>
<p>Chapter 1 Analytical Objectives, or: What Analytical Chemists Do  Chapter 2 Basic Tools and Operations of Analytical Chemistry  Chapter 3 Data Handling and Spreadsheets in Analytical Chemistry  Chapter 4 Good Laboratory Practice: Quality Assurance of Analytical Measurements  Chapter 5 Stoichiometric Calculations: The Workhorse of the Analyst  Chapter 6 General Concepts of Chemical Equilibrium  Chapter 7 Acid–Base Equilibria  Chapter 8 Acid–Base Titrations  Chapter 9 Complexometric Reactions and Titrations  Chapter 10 Gravimetric Analysis and Precipitation Equilibria  Chapter 11 Precipitation Reactions and Titrations  Chapter 12 Electrochemical Cells and Electrode Potentials  Chapter 13 Potentiometric Electrodes and Potentiometry  Chapter 14 Redox and Potentiometric Titrations  Chapter 15 Voltammetry and Electrochemical Sensors  Chapter 16 Spectrochemical Methods  Chapter 17 Atomic Spectrometric Methods  Chapter 18 Sample Preparation: Solvent and Solid-Phase Extraction  Chapter 19 Chromatography: Principles and Theory  Chapter 20 Gas Chromatography  Chapter 21 Liquid Chromatography  Chapter 22 Kinetic Methods of Analysis  Chapter 23 Automation in Measurements  Chapter 24 Clinical Chemistry  Chapter 25 Century of the Gene—Genomics and Proteomics: DNA Sequencing and Protein Profiling  Chapter 26 Environmental Sampling and Analysis</p>	<p>概论篇  第1章 绪论  第2章 分析数据处理及分析测试的质量保证  第3章 酸碱平衡与酸碱滴定法  第4章 络合滴定法  第5章 氧化还原滴定法  第6章 沉淀重量法与沉淀滴定法  第7章 分析测定中的样品制备与分离方法  第8章 色谱与毛细管电泳法  光学分析篇  第9章 光学分析法引论  第10章 紫外–可见分光光度法  第11章 红外光谱法  第12章 分子发光分析法  第13章 原子光谱法  第14章 X射线荧光光谱法  第15章 表面分析  第16章 核磁共振波谱法  电分析化学篇  第17章 电分析化学引论  第18章 电位分析法  第19章 电解和库仑分析法  第20章 伏安法  第21章 电分析化学新方法和新技术  其他分析方法篇  第22章 质谱法  第23章 流动注射分析  第24章 热分析与有机元素分析  第25章 放射化学分析  第26章 生化分析  第27章 环境分析化学  第28章 电路和测量技术基础  第29章 计算机在分析化学中的应用</p>	<p>Introduction.  <b>SECTION I: MEASUREMENT BASICS</b>  2. Electrical Components and Circuits.  3. Operational Amplifiers in Chemical Instrumentation.  4. Digital Electronics and Microcomputers.  5. Signals and Noise.  <b>SECTION II: ATOMIC SPECTROSCOPY</b>  6. An Introduction to Spectrometric Methods.  7. Components of Optical Instruments.  8. An Introduction to Optical Atomic Spectrometry.  9. Atomic Absorption and Atomic Fluorescence Spectrometry.  10. Atomic Emission Spectrometry.  11. Atomic Mass Spectrometry.  12. Atomic X-Ray Spectrometry.  <b>SECTION III: MOLECULAR SPECTROSCOPY</b>  13. An Introduction to Ultraviolet/Visible Molecular Absorption Spectrometry.  14. Applications of Ultraviolet/Visible Molecular Absorption Spectrometry.  15. Molecular Luminescence Spectrometry.  16. An Introduction to Infrared Spectrometry.  17. Applications of Infrared Spectrometry.  18. Raman Spectroscopy.  19. Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy.  20. Molecular Mass Spectrometry.  21. Surface Characterization by Spectroscopy and Microscopy.  <b>SECTION IV: ELECTROANALYTICAL CHEMISTRY</b>  22. Introduction to Electroanalytical Chemistry.  23. Potentiometry.  24. Coulometry.  25. Voltammetry.  <b>SECTION V: SEPARATION METHODS</b>  26. An Introduction to Chromatographic Separations.  27. Gas Chromatography.  28. High-Performance Liquid Chromatography.  29. Supercritical Fluid Chromatography and Extraction.  30. Capillary Electrophoresis and Capillary Electrochromatography.  <b>SECTION VI: MISCELLANEOUS METHODS</b>  31. Thermal Methods.  32. Radiochemical Methods.  33. Automated Methods of Analysis.</p>

## 讨论题

---

- 你以前接触过分析化学相关的内容吗？请举例说明。