《仪器分析技术》课程教学大纲2023

**一、教学目的和要求**

仪器分析技术是测量物质的化学组成、分子结构、物理性质和状态，进行科学研究与质量监控的重要手段，是研究生必须掌握的基础知识之一。

《仪器分析》是化学与化学工程、材料工程、生物和生物工程各专业的基础课程之一。鉴于硕博士研究生在本科阶段已经具备一定的课程基础知识，并且仪器分析技术种类繁多，发展迅速，本课程《仪器分析技术》教学大纲及教学内容的编制主要遵循“通用、精炼、新进展”的原则，通过这门课程的教学，可帮助学员较好地掌握本研究所研究领域较通用的仪器分析技术，重点学习测量误差和不确定度、各类仪器分析技术的原理、仪器结构和构效关系、主要实验技术/方法的特点、影响检测的主要因素、谱图解析的一般步骤和方法、前沿技术进展和典型应用实例等内容。从而提高学生使用本研究所大中型仪器进行科研工作的能力。

本课程采用课堂教学、实验实验和多媒体辅助教学等多种教学手段相结合的方式完成教学内容。教学内容注重实践应用价值，通过本课程学习，学员应能够在两个方面得到能力提升：（1）正确选择分析技术和分析仪器的能力。（2）评判数据质量，解析数据、挖掘数据信息的能力。

**二、预修课程**

本课程是在学生已完成本科分析化学和仪器分析课程或了解相关知识，具有较好的化学专业基础知识，特别是具备较好的“定性定量分析”的概念基础上开设的。

**三、适用对象**

化学与化学工程、材料工程、生物和生物工程相关专业博硕士研究生。

**四、授课方式**

采用课堂理论教学和实验演示教学相结合的授课方式，并结合讨论、学生自学、课外辅导答疑以及考核。

**五、课程内容**

课堂理论教学总计42学时，实验演示教学18.5学时，分6个技术模块共计11章展开教学，模块I包括第一章和第二章，模块II-VI包括第三章至第十一章。其中，模块1为必选项，在模块II-VI中，不同专业研究生可根据自身专业基础和技术需求情况，从第三章至第十一章教学内容中任选数个章节学习。总学时数不少于36学时。本课程采取闭卷考试方法进行考核。

**教学内容和建议学时分配**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 技术模块 | 章 | 内 容 | 课堂教学当量学时 | 实验教学  当量学时 |
| I测量不确定度  （共5学时） | 一 | 仪器分析技术概述 | 2 | 0 |
| 二 | 测量误差和测量不确定度评定 | 3 | 0 |
| II光谱分析技术  （共19.5学时）  理论13学时  实验6.5学时 | 三 | 红外-近红外、拉曼、紫外-可见光光谱分析技术 | 5 | 2.5 |
| 四 | 核磁共振波谱分析技术 | 5 | 2.5 |
| 五 | X射线衍射谱分析技术 | 3 | 1.5 |
| III 色谱和质谱分析技术 （共15.5学时）  理论10学时  实验5.5学时 | 六 | 色谱分离分析技术 | 5 | 2.5 |
| 七 | 质谱和色质联用分析技术 | 5 | 3  GC-MS、LC-MS |
| IV 显微分析技术  （共12.5学时）  理论8学时  实验4.5学时 | 八 | 显微分析技术和电子显微镜 | 5 | 3  TEM、SEM |
| 九 | 扫描探针显微分析技术 | 3 | 1.5 |
| V 热分析技术  （共4.5学时）  理论3学时  实验1.5学时 | 十 | 热分析技术（DSC、TGA） | 3 | 1.5 |
| VI 生物实验技术  （共4.5学时）  理论3学时  实验1.5学时 | 十一 | 流式细胞分析和生物分子相互作用分析 | 3 | 1.5 |
| 总计 |  |  | 42 | 19.5 |

**第一章 仪器分析技术概述（2学时）**

**教学目的与要求**

让学生掌握仪器分析与化学分析的区别、仪器分析的分类、特点与作用，了解仪器分析的现状与发展趋势。通过相关实例的讲授，让学生了解本课程在科研、生产中的重要作用，提高学生的学习兴趣和积极性。

**主要教学内容**

§1.1仪器分析与化学分析

§1.2仪器分析方法

§1.3仪器分析的特点

§1.4仪器分析的发展趋势

**第二章 测量误差和测量不确定度评定（3学时）**

**教学目的与要求**

让学生掌握测量误差、测量不确定度的基本概念和评价方法，提高对测量数据的分析能力。

**主要教学内容**

§2.1测量数据的表示方法

（1）数值和量纲

（2）测量精密度、准确度和精确度

§2.2测量误差

（1）测量误差的定义及表示方法

（2）测量误差的来源和类型

（3）测量误差的合成

（4）修正值和数值修约

§2.3测量不确定度

（1）测量不确定度的概念与意义

（2）测量不确定度的来源

（3）测量不确定度的分类

（4）测量不确定度的评定

（5）测量不确定度的报告

§2.4测量误差与测量不确定度的比较

**第三章 紫外-可见、红外、拉曼和近红外光谱分析技术**

**（5+2.5学时）**

**教学目的与要求：**

通过本章教学，使学生理解各类分子吸收光谱（包括紫外-可见、红外、拉曼、近红外光谱技术）的原理、特点和在分析检测中的应用；了解光谱仪的基本结构和特点；掌握使用光谱仪进行定性定量分析的基本方法和谱图解析的基本知识。

**主要教学内容：**

§3.1 分子光谱概述和基本术语

§3.2 紫外-可见吸收光谱与分子结构的关系

（1）紫外-可见吸收光谱的产生机制

（2）各种电子跃迁所产生的吸收带及其特征、应用

（3）紫外吸收光谱与分子结构的关系：无机化合物、有机化合物的电子跃迁类型及紫外可见吸收光谱特征

§3.3 紫外-可见分光光度计类型和基本结构

§3.4 紫外-可见分子吸收光谱的特点与应用

（1）有机化合物的鉴定

（2）朗伯—比耳定律

（3）吸光光度法用于定量分析：多组分样品的分析法、双波长分析法

§3.5 红外、拉曼和近红外吸收光谱产生的基本原理和术语

（1）分子化学键的振动、转动能级与吸收光谱

（2）红外活性与非红外活性

（3）拉曼效应与拉曼光谱

§3.6 化合物红外光谱特征吸收峰及其影响因素

（1）化学键的红外光谱吸收频率及其影响因素

（2）化合物特征吸收峰及其与分子结构之间的关系

（3）红外谱图解析的一般方法

§3.7 化合物拉曼光谱特征吸收峰及其影响因素

（1）化学键的拉曼光谱吸收频率及其影响因素

（2）化合物特征吸收峰及其与分子结构之间的关系

（3）拉曼谱图解析的一般方法

§3.8 红外、拉曼光谱仪类型、基本结构和常见实验方法

§3.9 红外、拉曼和近红外光谱的特点和比较

§3.10 光谱应用实例

（1）红外光谱：红外活性官能团的指认

（2）拉曼光谱：非红外活性官能团的指认

（3）近红外光谱：在光度法定量测定上的优势

§3.11 实验教学

**第四章 核磁共振波谱分析技术（5+2.5学时）**

**教学目的与要求：**

通过本章的学习，让学生掌握核磁共振波谱法（NMR）的基本原理、NMR波谱仪的基本结构、主要NMR参数（化学位移、自旋偶合常数、弛豫时间等）的涵义与作用，了解常见自旋系统以及NMR图谱结构解析的一般步骤和方法，了解常用核磁共振技术。

**主要教学内容：**

§4.1 NMR基本原理

（1）原子核的磁性

（2）核自旋能级

（3）核磁共振

（4）驰豫现象

§4.2 NMR仪器简介

(1)NMR谱仪的结构及主要部件

(2)傅里叶变换NMR波谱仪

§4.3 主要NMR参数

（1）化学位移定义、各向异性以及影响因素

（2）自旋-自旋相互作用、自旋耦合及影响因素

（3）弛豫时间（弛豫速率）

§4.4 常见自旋系统及图谱初步解析

§4.5 常用NMR技术

§4.6 实验教学

**第五章 X射线衍射谱分析技术（3+1.5学时）**

**教学目的及要求：**

通过本课程学习，要求学生基本掌握有关晶体学知识、X射线基本性质和衍射理论、衍射实验技术。了解X射线衍射技术的应用范围，掌握其基本的表达方式与分析方法，学会正确分析基本的X射线衍射谱图，获得准确的材料结构信息。

**主要教学内容：**

§5.1 X射线物理学基础

（1）X射线的产生与性质

（2）X射线谱及应用

§5.2 X射线衍射方向

（1）晶体几何学基础

（2）X射线衍射的概念与布拉格方程（布拉格定律、劳埃方程、衍射矢量方程、爱瓦德图解）

§5.3 多晶X射线衍射分析法

（1）多晶X射线衍射仪结构及工作原理

（2）多晶X射线衍射分析方法的基本原理

§5.4 X射线物相分析

(1)物相定性分析的原理与方法

(2)物相定量分析的原理与方法

§5.5 实验教学

**第六章 色谱分离分析技术（5+2.5学时）**

**教学目的：**

通过本章的学习，使学生掌握色谱技术的基本理论和概念，了解各类色谱进行定性定量分析的原理、方法及优化实验条件的一般策略；简要介绍色谱分析的发展概况及在生物学、医学、环境分析中的应用。

**主要教学内容：**

§6.1色谱技术的基本理论和概念

（1）色谱发展概况

（2）色谱基本理论：色谱分离基本原理、基本参数、塔板理论、速率理论

（3）分离条件的优化

（4）色谱的定性和定量分析基本方法

§6.2 气相色谱仪及检测器

（1）气相色谱仪基本结构

（2）色谱检测器性能指标及评价：灵敏度、噪音、漂移、检测限、最小检测量、最小检测浓度、线形范围

（3）气相色谱用检测器：热导检测器(TCD)、氢火焰离子化检测器(FID)、其它检测器

（4）气相色谱柱简介

§6.3 液相色谱及检测器

（1）液相色谱仪器基本构造

（2）液相色谱分离机制:吸附、分配、离子键合/静电作用、体积排阻

（3）液相色谱用检测器：紫外可见光检测器、光电二极管阵列检测器、示差折光检测器、蒸发光散射检测器、电导和电化学检测器等

（4）液相色谱柱简介

§6.4 色谱技术应用及比较

（1）气相色谱技术应用

（2）液相色谱技术应用

（3）其他色谱技术及应用

§6.5 实验教学

**第七章 质谱和色质联用分析技术（5+3学时）**

**教学目的：**

通过本章的学习，使学生基本掌握质谱分析技术的基本理论和色质联用技术的特点，了解色质联用技术进行定性定量分析的原理、方法及在生物学、医学、环境分析中的应用。

**主要教学内容：**

§7.1 基本技术原理和概念

（1）质谱分析技术和色谱-质谱联用技术的基本原理

（2）质谱仪器构造

（3）质谱分析的基本概念和术语

§7.2 离子源、质量分析器的工作原理、特点和性能比较

（1）离子源的种类和离子化原理

（2）不同离子源的特点和性能比较

（3）质量分析器的种类和工作原理

（4）质量分析器的特点和性能比较

§7.3 质谱图解析及定性、定量分析方法

（1）质谱图解析的一般步骤和方法

（2）建立色谱-质谱联用分析方法的一般流程：根据样品的性质如何选择仪器、色谱柱、流动相、离子源等）以及定量分析方法（如SIM或MRM定量方法）

§7.4实际应用案例解析

（1）重点针对所内开展的测试项目，如蛋白质组学分析、代谢物组学分析、脂肪酸族生物液体燃料分析等。

（2）高分辨质谱定性分析技术

§7.5 实验教学

**第八章 显微分析技术和电子显微镜（5+3学时）**

**教学目的：**

通过本章的学习，使学生了解显微分析技术的基本原理，掌握光学显微镜和电子显微镜技术特点、仪器主要结构和功能应用。

**主要教学内容：**

§8.1显微镜

(1) 显微镜的分辨率

(2) 显微镜的分类及比较

§8.2光学显微镜

(1) 光学显微镜的结构原理

(2) 光学显微镜的分类及应用

(3) 光学显微镜观察模式的发展

(4) 荧光显微镜

(5) 激光共聚焦显微镜

§8.3 电子显微镜

(1) 电子显微学基础知识-光学和电子光学基础

(2) 电子束与样品的相互作用

(3) 扫描电镜结构、成像机制和应用应用

(4) 透射电镜结构、成像机制及应用

(5) X射线能谱仪结构与应用

§8.4 实验教学

**第九章 扫描探针显微分析技术（3+1.5学时）**

**教学目的：**

通过本章的学习，使学生了解扫描探针显微分析技术的基本原理，掌握扫描探针显微镜的技术特点、仪器主要结构和功能应用。

**主要教学内容：**

§9.1 扫描探针显微镜的产生和发展

§9.2 扫描探针显微镜的分类和基本工作原理

§9.3扫描隧道显微镜

1. 扫描隧道显微镜结构、工作原理和特点
2. 扫描隧道显微镜主要工作模式 (恒流和恒高模式、隧道谱)

§9.4 原子力显微镜

(1) 原子力显微镜结构、工作原理和特点

(2) 原子力显微镜工作模式（恒力和恒高；接触、轻巧、非接触；多通道信号成像）及其应用

(3) 原子力显微镜特殊应用（电敏感模式、力敏感模式、纳米加工模式等）

§9.5 实验教学

**第十章 热分析技术（3+1.5学时）**

**教学目的：**

通过本章的学习，使学生了解材料热分析技术的分类、基本原理及其应用，掌握差热分析技术和热重分析技术特点。

**主要教学内容：**

§10.1概述

(1) 热分析历史

(2) 热分析技术定义

(3) 热分析技术分类

(4) 热分析的基本特征

(5) 热分析的标准实验方法

§10.2 热分析仪器

(1) 常用热分析仪器

(2) 非标准型热分析仪器

(3) 热分析仪与其他分析仪器的联用

§10.3 差示扫描量热分析和热重分析技术

1. 差热分析（DTA）与差示扫描量热法（DSC）
2. 差示扫描量热仪的测量原理及分类
3. 差示扫描量热仪的应用及举例
4. 热重法分析的基本原理
5. 热重分析的应用领域及举例
6. 磁悬浮高温高压热重分析的主要特色及应用

§10.4 热分析测量的实验因素

(1) 影响热分析测量的实验因素

(2) 仪器分辨率的判别方法

§10.5 热分析动力学与数据表达

(1) 热分析动力学

(2) 热分析曲线及反应终点的判断

(3) 分步反应TG数据的定量测定

§10.6 实验教学

**第十一章 流式细胞分析和生物分子相互作用分析（3+1.5学时）**

**教学目的及要求：**

通过本章学习，使学生了解基于荧光识别的流式细胞分析技术（flow cytometry），分别基于表面等离子共振（Surface Plasmon Resonance, SPR）和等温滴定量热（Isothermal Titration Calorimetry, ITC）原理的两种研究生物分子相互作用的分析技术。掌握其基本技术原理，理解并掌握流式细胞仪、Biacore生物大分子相互作用分析系统、ITC微量热仪的基本结构、技术特点及应用。

**主要教学内容：**

§11.1 流式细胞分析技术

1. 细胞分析-分选技术概述
2. 流式细胞技术理论（基本概念、原理、仪器构造、技术特点）
3. 流式细胞分析技术方法
4. 应用领域和实例

§11.2 基于表面等离子共振（SPR）技术的生物大分子相互作用研究方法

（1）生物分子相互作用研究方法简介

（2）Biacore生物大分子相互作用分析系统的技术理论（基本概念、原理、仪器构造、技术特点）

（3）Biacore生物分子相互作用分析技术方法

（4）应用领域和实例

§11.3 基于等温滴定量热（ITC）技术的生物热力学和动力学研究方法

1. 等温滴定微量热技术理论(基本概念、原理、仪器构造、技术特点）
2. 等温滴定微量热技术方法
3. 应用领域和实例

§11.4 几种常见生物分子互作方法的比较（各自优势及局限性）

§11.5 实验教学

六、考核方式

课程结束后试卷考试。

七、教材和参考书

（1）《分析化学》（第五版），武汉大学主编，高等教育出版社，2006

（2）《仪器分析》（第五版），华东理工大学 胡坪王氢 编，高等教育出版社，2019

（3）《21世纪的分析化学》，汪尔康主编，科学出版社，1999