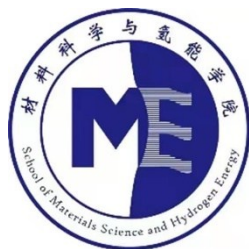




佛山大学

储能科学与工程专业 实验课程

教学大纲



材料科学与氢能学院

二〇二四年五月

目录

《普通化学实验》课程教学大纲	1
《有机化学实验》课程教学大纲	10
《物理化学实验》课程教学大纲	18
《电化学基础实验》课程教学大纲	26
《储能科学与工程专业综合实验》课程教学大纲	34

《普通化学实验》课程教学大纲

执笔人：张玉媛

审核人：赵凯

编写日期：2024 年 5 月

一、实验类别：专业基础实验 课程性质：必修 课程学分：1.5

二、实验总学时：48 学时

三、应开实验个数：11 必开实验个数：5 选开实验个数：6

四、适用专业：储能科学与工程专业

五、考核方式：考查

六、实验成绩评定方法：实验操作和实验报告相结合，按百分制计分。根据平时实验和实验综合考查环节评定实验成绩，其中平时成绩占 60%，每个实验根据预习情况、纪律卫生、实验操作规范性、实验结果正确性、实验报告等进行考核；实验综合考查成绩占 40%，将选取某一个必开实验项目作为考试内容，该实验的综合评分作为实验综合考查的成绩。

七、实验成绩占课程总成绩比例：100%

八、实验教材或自编指导书：赵新华. 无机化学实验. ISBN: 9787040398991. 北京：高等教育出版社，第四版（2014 年）。

九、实验项目汇总表：

实验编号	实验项目名称	实验类型	实验学时	要求
实验一	仪器的认领、洗涤和干燥	验证性	2	必开
实验二	溶液的配制	验证性	2	必开
实验三	灯的使用，玻璃管加工和塞子钻孔	验证性	4	选开
实验四	胆矾结晶水的测定——分析天平的使用，灼烧恒重	综合性	6	必开
实验五	醋酸解离度和解离常数的测定——pH 计的使用	验证性	4	选开
实验六	$I_3^- \rightleftharpoons I^- + I_2$ 平衡常数的测定	验证性	4	选开
实验七	碘化铅溶度积的测定	验证性	4	选开
实验八	碱式碳酸铜的制备	综合性	6	必开
实验九	硫酸亚铁铵的制备	综合性	4	选开
实验十	磺基水杨酸合铁(III)配合物的组成及其稳定常数的测定	验证性	4	选开
实验十一	转化法制备硝酸钾——溶解、蒸发、结晶和固液分离	验证性	4	选开
实验十二	化学反应速率和活化能	验证性	6	选开
实验十三	一种钴(III)配合物的制备	综合性	4	选开
实验十四	微波辐射合成磷酸锌	综合性	4	选开
实验十五	由粗食盐制备试剂级氯化钠	综合性	6	必开
实验十六	离子的鉴定和未知物的鉴别	设计性	6	选开
实验十七	四氧化三铅组成的测定	综合性	6	选开

实验一 仪器的认领、洗涤和干燥

学时：2

(一) 实验类型：验证性

(二) 实验目的：

1. 熟悉基础化学实验规则和要求；
2. 领取基础化学实验常用仪器，熟悉其名称、规格，了解使用注意事项；
3. 学习并练习常用仪器的洗涤和干燥方法。

(三) 实验内容：

1. 认领仪器；
2. 玻璃仪器的洗涤和干燥。

(四) 要求及思政设计：必开；

课程思政设计：通过介绍普通化学实验的实验要求和实验室安全准则，使学生了解实验室安全及规范操作的必要性；了解及学习常用仪器的特点、洗涤和干燥，培养学生规范操作、实事求是的实验素养。

(五) 每组人数：1 人/组

(六) 主要仪器设备及台套数：常用玻璃仪器 40 套

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验二 溶液的配制

学时：2

(一) 实验类型：验证性

(二) 实验目的：

1. 掌握一般溶液的配制方法和基本操作；
2. 学习相对密度计、吸量管、容量瓶的使用方法。

(三) 实验内容：

1. 配制各种浓度的溶液。

(四) 要求及思政设计：必开；

课程思政设计：通过学习和练习天平和各种量器的使用，使学生初步确立化学计量的准确概念，规范学生“称”和“量”的实验操作，同时掌握各种特殊溶液的安全配制，了解废弃化学试剂和废液的分类和回收原则及回收方法，增强学生环保意识。

(五) 每组人数：1 人/组

(六) 主要仪器设备及台套数：分析天平 (FA2104) 10 台；常用玻璃仪器 40 套。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验三 灯的使用，玻璃管加工和塞子钻孔

学时：4

(一) 实验类型：验证性

(二) 实验目的：

1. 了解酒精灯，酒精喷灯的构造和原理，掌握正确的使用方法；
2. 练习玻璃管的截断、弯曲、拉制、熔烧等操作。练习塞子钻孔的基本操作。

(三) 实验内容：

1. 灯的使用；
2. 玻璃管的简单加工和塞子的钻孔。

(四) 要求及思政设计：选开；

课程思政设计：通过学习酒精灯和酒精喷灯的使用，进一步掌握各种仪器设备的安全规范使用，通过玻璃管加工和塞子钻孔，锻炼学生的动手能力。

- (五) 每组人数：1 人/组
(六) 主要仪器设备及配套数：酒精喷灯，常用玻璃仪器 40 套
(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验四 胆矾结晶水的测定——分析天平的使用，灼烧恒重

学时：6

- (一) 实验类型：综合性
(二) 实验目的：
1. 了解结晶水合物中结晶水含量的测定原理和方法；
2. 学习分析天平的使用；
3. 学习沙浴加热、恒重等基本操作。

- (三) 实验内容：
1. 恒重坩埚；
2. 五水合硫酸铜脱水；
3. 数据记录与处理。

- (四) 要求及思政设计：必开；

课程思政设计：通过“恒重”的概念和实验步骤进一步使学生掌握化学计量的准确概念，“恒重”的实验操作培养学生精益求精和追求事实真相的实验精神，锻炼学生从理论到实践的思维，培养其分析解决实际问题的能力。

- (五) 每组人数：1 人/组

(六) 主要仪器设备及台套数：分析天平 (FA2104) 10 台；调温加热板 (TWJR-B) 15 台；常用玻璃仪器 40 套。

- (七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验五 醋酸解离度和解离常数的测定——pH计的使用

学时：4

- (一) 实验类型：验证性
(二) 实验目的：
1. 测定醋酸的解离度和解离常数；
2. 学习使用酸度计。

- (三) 实验内容：
1. 醋酸溶液浓度的测定；
2. 配制不同浓度的醋酸溶液；
3. 测定醋酸溶液的pH值。

- (四) 要求及思政设计：选开；

课程思政设计：通过标定醋酸溶液浓度的酸碱滴定实验和精密酸度计的使用，进一步强化学生对化学计量点的理解，练习和掌握滴定操作和滴定终点的判断。了解废弃化学试剂和废液的分类和回收原则及回收方法，增强学生环保意识。

- (五) 每组人数：1人/组

(六) 主要仪器设备及其台套数：精密酸度计 (PHS-3E) 6台；常用玻璃仪器40套。

- (七) 所在实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验六 $\text{I}_3^- \rightleftharpoons \text{I}^- + \text{I}_2$ 平衡常数的测定

学时：4

(一) 实验类型：验证性

(二) 实验目的

1. 测定 $I_3^- \rightleftharpoons I^- + I_2$ 平衡常数；
2. 了解化学平衡和平衡移动的原理；
3. 练习滴定操作。

(三) 实验内容：

1. $I_3^- \rightleftharpoons I^- + I_2$ 平衡常数的测定；
2. 数据处理。

(四) 要求及思政设计：选开；

课程思政设：学习碘量法的原理，练习和掌握滴定操作和滴定终点的判断。培养学生精益求精和追求事实真相的实验精神，锻炼学生从理论到实践的思维，培养其分析解决实际问题的能力。了解废弃化学试剂和废液的分类和回收原则及回收方法，增强学生环保意识。

(五) 每组人数：1人/组

(六) 主要仪器设备及其台套数：常用玻璃仪器40套。

(七) 所在实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验七 碘化铅溶度积的测定

学时：4

(一) 实验类型：验证性

(二) 实验目的：

1. 掌握用离子交换法测定溶度积的原理；
2. 练习滴定操作。

(三) 实验内容：

1. 溶度积的测定；
2. 数据处理。

(四) 要求及思政设计：选开；

课程思政设计：学习离子交换法的原理和实验操作，强调重金属离子排放对于水资源的污染情况以及人类身体健康的危害性，使学生进一步了解环境保护的意义及必要性。了解废弃化学试剂和废液的分类和回收原则及回收方法，增强学生环保意识。

(五) 每组人数：1人/组

(六) 主要仪器设备及其台套数：常用玻璃仪器40套。

(七) 所在实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验八 碱式碳酸铜的制备

学时：6

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 通过碱式碳酸铜制备条件的探求和生成物颜色、状态的分析，研究反应物的合理配比并确定制备反应合适的温度条件，以培养独立设计实验的能力。

(三) 实验内容：

1. 设计总体实验方案；
2. 制备反应条件的探求；
3. 碱式碳酸铜制备。

(四) 要求及思政设计：必开；

课程思政设计：通过碱式碳酸铜制备条件的探求，培养学生精益求精和追求事实真相的实验精神，锻炼学生从理论到实践的思维，培养其分析解决实际问题的能力，提高学生动手能力。了解废弃化学试剂和废液的分类和回收原则及回收方法，增强学生环保意识。

(五) 每组人数：1人/组

(六) 主要仪器设备及其台套数：循环水式真空泵（SHB-III A）4台；常用玻璃仪器40套。

(七) 所在实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验九 硫酸亚铁铵的制备

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 根据有关原理及数据设计并制备复盐硫酸亚铁铵；
2. 进一步掌握水浴加热、溶解、过滤、蒸发结晶等基本操作；
3. 了解检验产品中杂质含量的一种方法——目视比色法。

(三) 实验内容：

1. 设计总体实验方案；
2. 制备硫酸亚铁铵；
3. 产品检验—— Fe^{3+} 的限量分析。

(四) 要求及思政设计：选开；

课程思政设计：通过学生设计硫酸亚铁铵的制备方案，锻炼学生从理论到实践的思维，培养其分析解决实际问题的能力，提高学生动手能力。了解废弃化学试剂和废液的分类和回收原则及回收方法，增强学生环保意识。

(五) 每组人数：1人/组

(六) 主要仪器设备及其台套数：循环水式真空泵（SHB-III A）4台；常用玻璃仪器40套。

(七) 所在实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验十 磺基水杨酸合铁（III）配合物的组成及其稳定常数的测定

学时：4

(一) 实验类型：验证性

(二) 实验目的：

1. 了解光度法测定配合物的组成及其稳定常数的原理和方法，测定 $\text{pH}<2.5$ 时磺基水杨酸铁的组成及其稳定常数；
2. 学习分光光度计的使用。

(三) 实验内容：

1. 配制系列溶液；
2. 测定系列溶液的吸光度。

(四) 要求及思政设计：选开；

课程思政设计：通过分光光度计的使用，培养学生精益求精和追求事实真相的实验精神，锻炼学生从理论到实践的思维，培养其分析解决实际问题的能力，提高学生动手能力。了解废弃化学试剂和废液的分类和回收原则及回收方法，增强学生环保意识。

(五) 每组人数：1人/组

(六) 主要仪器设备及其台套数：分光光度计（722SP）6套，常规玻璃仪器40套。

(七) 所在实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验十一 转化法制备硝酸钾——溶解、蒸发、结晶和固液分离

学时: 4

(一) 实验类型: 验证性

(二) 实验目的:

1. 学习用转化法制备硝酸钾晶体;
2. 熟悉溶解、过滤操作, 练习重结晶操作。

(三) 实验内容:

1. 制备硝酸钾;
2. 粗产品的重结晶;
3. 纯度检验。

(四) 要求及思政设计: 选开;

课程思政设计: 通过硝酸钾的制备和纯度检验, 培养学生精益求精和追求事实真相的实验精神, 锻炼学生从理论到实践的思维, 培养其分析解决实际问题的能力, 提高学生动手能力。了解废弃化学试剂和废液的分类和回收原则及回收方法, 增强学生环保意识。

(五) 每组人数: 1人/组

(六) 主要仪器设备及其配套数: 常用玻璃仪器40套。

(七) 所在实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验十二 化学反应速率和活化能

学时: 6

(一) 实验类型: 验证性

(二) 实验目的:

1. 了解浓度、温度和催化剂对反应速度的影响;
2. 测定过二硫酸铵与碘化钾反应的反应速度, 并计算反应级数、反应速度常数和反应的活化能。

(三) 实验内容:

1. 化学反应速度、反应级数和活化能的测定;
2. 数据处理。

(四) 要求及思政设计: 选开;

课程思政设计: 通过反应速度、反应级数、反应速度常数和活化能的测定和计算, 培养学生认真分析实验数据, 精益求精和追求事实真相的实验精神, 锻炼学生从理论到实践的思维, 培养其分析解决实际问题的能力, 提高学生动手能力。了解废弃化学试剂和废液的分类和回收原则及回收方法, 增强学生环保意识。

(五) 每组人数: 1人/组

(六) 主要仪器设备及其台套数: 常用玻璃仪器40套。

(七) 所在实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验十三 一种钴(III)配合物的制备

学时: 4

(一) 实验类型: 综合性

(二) 实验目的:

1. 掌握制备金属配合物最常用的方法---水溶液中的取代反应和氧化还原反应;
2. 对配合物组成进行初步推断;
3. 学习使用电导仪。

(三) 实验内容:

1. 制备钴(III)配合物;
2. 组成的初步推断。

(四) 要求及思政设计: 选开;

课程思政设计: 通过电导率仪的使用, 培养学生精益求精和追求事实真相的实验精神, 锻炼学生从理论到实践的思维, 培养其分析解决实际问题的能力, 提高学生动手能力。了解废弃化学试剂和废液的分类和回收原则及回收方法, 增强学生环保意识。

(五) 每组人数: 1人/组

(六) 主要仪器设备及其台套数: 电导仪(DDS-307A) 6台, 常用玻璃仪器40套。

(七) 所在实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验十四 微波辐射合成磷酸锌

学时: 4

(一) 实验类型: 综合性

(二) 实验目的:

1. 了解磷酸锌的微波合成原理和方法;
2. 掌握浸取、洗涤、分离等基本操作。

(三) 实验内容:

1. 微波合成磷酸锌;
2. 产品的定性检验。

(四) 要求及思政设计: 选开;

课程思政设计: 通过对微波合成磷酸锌产品的定性检验, 培养学生精益求精和追求事实真相的实验精神, 锻炼学生从理论到实践的思维, 培养其分析解决实际问题的能力, 提高学生动手能力。了解废弃化学试剂和废液的分类和回收原则及回收方法, 增强学生环保意识。

(五) 每组人数: 1人/组

(六) 主要仪器设备及其台套数: 微波炉6台; 循环水式真空泵(SHB-III A) 4台; 常用玻璃仪器40套。

(七) 所在实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验十五 由粗食盐制备试剂级氯化钠

学时: 6

(一) 实验类型: 综合性

(二) 实验目的:

1. 学习由粗食盐制备试剂级氯化钠的方法;
2. 练习溶解、过滤、蒸发、结晶等基本操作。

(三) 实验内容:

1. 设计杂质去除实验方案;
2. 粗盐的提纯;
3. 产品检验。

(四) 要求及思政设计: 必开;

课程思政设计：针对粗盐中各种杂质离子的去除方法，通过粗盐提纯各种化学试剂的添加顺序和添加量，培养学生逻辑思维能力和动手能力，锻炼学生从理论到实践的思维，培养其分析解决实际问题的能力。

(五) 每组人数：1人/组

(六) 主要仪器设备及其台套数：循环水式真空泵（SHB-III A）4台；常用玻璃仪器40套。

(七) 所在实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验十六 离子的鉴定和未知物的鉴别

学时：6

(一) 实验类型：设计性

(二) 实验目的：

1. 运用所学的元素及化合物的基本知识，进行常见物质的鉴定或鉴别；
2. 进一步巩固常见阳离子和阴离子重要反应。

(三) 实验内容：

1. 设计总体实验方案；
2. 对未知阴离子、阳离子进行鉴定和鉴别。

(四) 要求及思政设计：选开；

课程思政设计：通过对各种离子的鉴定和未知物的鉴别，培养学生精益求精和追求事实真相的实验精神，锻炼学生从理论到实践的思维，培养其分析解决实际问题的综合能力，提高学生动手能力。了解废弃化学试剂和废液的分类和回收原则及回收方法，增强学生环保意识。。

(五) 每组人数：1人/组

(六) 主要仪器设备及其台套数：常用玻璃仪器40套。

(七) 所在实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验十七 四氧化三铅组成的测定

学时：6

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 测定 Pb_3O_4 的组成；
2. 进一步练习碘量法操作。
3. 学习用EDTA测定溶液中的金属离子。

(三) 实验内容：

1. Pb_3O_4 的分解；
2. PbO 含量的测定；
3. PbO_2 含量的测定。

(四) 要求及思政设计：选开；

课程思政设计：强调重金属离子排放对于水资源的污染情况以及人类身体健康的危害性，使学生进一步了解环境保护的意义及必要性。了解废弃化学试剂和废液的分类和回收原则及回收方法，增强学生环保意识。

(五) 每组人数：1人/组

(六) 主要仪器设备及其配套数：分析天平（FA2104）、常用玻璃仪器40套。

(七) 所在实验室：材料科学与工程实验教学中心

《有机化学实验》课程教学大纲

执笔人：李静静

审核人：赵凯

编写日期：2024 年 5 月

一、实验类别：专业学科基础课 课程性质：学科基础必修课 课程学分：1.5

二、实验总学时：48 学时

三、应开实验个数：11 必开实验个数：3 选开实验个数：8

（注：应开实验个数=必开实验个数+实际被选择开出的选开实验个数）

四、适用专业：储能科学与工程专业

五、考核方式：考查

六、实验成绩评定方法：实验操作和实验报告相结合，按百分制记分。

根据平时实验、综合设计性实验或实验综合考查等环节评定实验成绩，平时实验成绩占 60%，综合设计性实验或/及实验综合考查占 40%。每个实验根据预习、纪律卫生、操作、实验报告、或综合设计开放性实验报告及开题报告等因素进行考核，实验报告占 70%，预习、纪律卫生、操作等占 30%。

七、实验成绩占课程总成绩比例：100%

八、实验教材或自编指导书：

[1] 兰州大学.《有机化学实验》 高等教育出版社 2018 年第四版

[2] 许遵乐等.《有机化学实验》中山大学出版社 1999 年第二版

[3] 曾昭琼等.《有机化学实验》高等教育出版社 2000 年第三版

[4] 陈东红.《有机化学实验》华东理工大学出版社 2009 年第一版

[5] 吕俊民.《有机化学试验实验常用数据手册》 高等教育出版社 1987 年第三版

九、实验项目汇总表：

实验编号	实验项目名称	实验类型	实验学时	要求
实验一	有机化学实验基本认识及基本操作	验证性	2	必开
实验二	蒸馏和沸点的测定	验证性	2	必开
实验三	重结晶提纯法	验证性	2	选开
实验四	熔点的测定	验证性	2	选开
实验五	正溴丁烷的制备	综合性	6	必开
实验六	正丁醚的制备	验证性	6	选开
实验七	乙酸乙酯的制备	综合性	6	选开
实验八	己二酸的制备	验证性	4	选开
实验九	肉桂酸的制备	综合性	6	选开
实验十	生物碱的提取	综合性	6	选开
实验十一	乙酰水杨酸的制备	验证性	4	选开
实验十二	乙酰苯胺的制备	综合性	4	选开
实验十三	甲基橙的制备	验证性	4	选开
实验十四	叔丁基对苯二酚的制备	设计性	6	选开
实验十五	二羧酸酐的制备	创新性	6	选开

实验一 有机化学实验基本认识及基本操作

学时：2 学时

(一) 实验类型：验证性

(二) 实验目的：

1. 了解有机化学实验的特点与要求，学习有机化学实验室规则和安全知识。
2. 了解常用仪器装置、使用方法和保养措施。
3. 了解实验报告的要求。

(三) 实验内容：

1. 介绍有机化学实验基本知识；
2. 清点仪器。

(四) 要求及课程思政设计：必开；

课程思政设计：通过介绍有机化学实验的实验要求和实验室安全准则，使学生了解实验室安全及规范操作的必要性；了解及学习常用仪器的特点、洗涤和干燥，培养学生规范操作、实事求是的实验素养。培养学生科学实验方法和科学伦理的教育；提高实验安全意识。

(五) 每组人数：1 人/组

(六) 主要仪器设备及配套数：标准磨口有机制备仪器 38 套

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验二 蒸馏和沸点的测定

学时：2 学时

(一) 实验类型：验证性

(二) 实验目的：

1. 掌握蒸馏与测定沸点的意义和原理；
2. 掌握蒸馏法及微量法测定沸点的方法和操作。

(三) 实验内容：

1. 蒸馏和测沸点的原理；
2. 蒸馏和沸点测定的基本操作及其装置的装配；

(四) 要求及课程思政设计：必开；

课程思政设计：通过蒸馏和乙醇沸点的测试，使学生初步了解蒸馏装置的装配与操作方法；提高学生实验室安全操作意识和危险化学品使用意识，增强学生安全意识。

(五) 每组人数：1 人/组

(六) 主要仪器设备及其配套数：标准磨口有机制备仪 38 套，电热干燥箱 1 台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验三 重结晶提纯法

学时：2 学时

(一) 实验类型：验证性

(二) 实验目的：

1. 学习重结晶提纯固体有机化合物的原理和方法；
2. 掌握脱色、抽滤、热滤操作。

(三) 实验内容：

1. 学习抽滤、热滤的基本操作；
2. 学习重结晶提纯固体有机化合物的操作。

(四) 要求及课程思政设计：选开；

课程思政设计：通过重结晶法提纯乙酰苯胺，使学生初步了解重结晶的基本操作方法，

根据化合物性质选择合适的溶剂和方法进行分离提纯。进一步提高学生实验室安全操作意识和危险化学品使用意识。

(五) 每组人数: 1 人/组

(六) 主要仪器设备及其配套数: 标准磨口有机制备仪 38 套; 干燥箱 1 台。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验四 熔点的测定

学时: 2 学时

(一) 实验类型: 验证性

(二) 实验目的:

1. 了解测定熔点的意义;
2. 掌握测定熔点的操作。

(三) 实验内容:

1. 毛细管法测定熔点;
2. 数字熔点仪测定熔点。

(四) 要求及课程思政设计: 选开;

课程思政设计: 通过熔点的测试, 使学生了解熔点的操作方法, 提高学生实验室安全操作意识和实事求是的工作学习态度。

(五) 每组人数: 1 人/组

(六) 主要仪器设备及其配套数: 标准磨口有机制备仪 38 套; 数字熔点仪 2 台

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验五 正溴丁烷的制备

学时: 6 学时

(一) 实验类型: 综合性

(二) 实验目的:

1. 学习以溴化钠、浓硫酸和正丁醇制备 1-溴丁烷的原理和方法;
2. 练习带有吸收有害气体装置的回流加热操作。

(三) 实验内容:

1. 有害气体的吸收装置;
2. 分液漏斗的使用;
3. 干燥和干燥剂的使用;
4. 1-溴丁烷制备和精制;
5. 蒸馏提纯产物并测定其沸点。

(四) 要求及课程思政设计: 必开;

课程思政设计: 通过以溴化钠、浓硫酸和正丁醇制备 1-溴丁烷, 使学生了解带有有害气体处理, 提高环保意识; 进一步强化学生基于分液漏斗进行液体化合物萃取、洗涤达到分离的目的, 强化学生严谨、认真、科学规范的实验素养; 强化危险化学品药品——浓硫酸的使用注意事项, 增强学生实验安全意识。

(五) 每组人数: 1 人/组

(六) 主要仪器设备及其配套数: 标准磨口有机制备仪 38 套。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验六 正丁醚的制备

学时：6 学时

(一) 实验类型：验证性

(二) 实验目的：

1. 掌握醇分子间脱水制醚的反应原理和实验方法；
2. 学习使用分水器的实验操作。

(三) 实验内容：

1. 分水器的分水原理和使用；
2. 制备正丁醚粗产品；
3. 洗涤粗产品并干燥；
4. 蒸馏提纯产物并测定其沸点。

(四) 要求及课程思政设计：选开；

课程思政设计：介绍 Williamson 在化学之路上的探索，培养学生坚持执着的科学精神。通过强酸条件下正丁醇分子间脱水制备正丁醚的实验操作，学会分水器的使用，让学生掌握提高产物转化率的实验方法，培养其分析解决实际问题的能力，提高学生动手实践能力；强化危险化学品药品——浓硫酸的使用注意事项，增强学生安全意识。

(五) 每组人数：1 人/组

(六) 主要仪器设备及其配套数：标准磨口有机制备仪 38 套。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验七 乙酸乙酯的制备

学时：6 学时

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 了解从有机酸合成酯的一般原理及方法；
2. 掌握蒸馏、分液漏斗的使用操作；
3. 学习折光率的测定。

(三) 实验内容：

1. 制备乙酸乙酯粗产品；
2. 洗涤粗产品并干燥；
3. 蒸馏提纯产物并测定其沸点和折光率。

(四) 要求及课程思政设计：必开；

课程思政设计：通过乙酸和乙醇制备乙酸乙酯，了解一般酯化反应的基本操作，掌握提高酯化率的实验方法；培养其分析解决实际问题的能力，提高学生动手能力；强化危险化学品药品使用的安全意识。

(五) 每组人数：1 人/组

(六) 主要仪器设备及其配套数：标准磨口有机制备仪 38 套；阿贝折射仪 4 套。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验八 己二酸的制备

学时：4 学时

(一) 实验类型：验证性

(二) 实验目的：

1. 学习用环己醇氧化制备己二酸的原理和方法；
2. 掌握滴液装置、气体吸收装置的使用；
3. 巩固回流、重结晶等操作。

(三) 实验内容：

1. 制备己二酸粗产品；
2. 重结晶提纯粗产品并干燥。

(四) 要求及课程思政设计：选开；

课程思政设计：通过用环己醇以硝酸氧化法制备己二酸，强化危险化学品药品（硝酸）的安全使用意识；进一步强化学生基于重结晶法提纯固体化合物的操作和方法，提高学生分析设计实验的能力。

(五) 每组人数：1 人/组

(六) 主要仪器设备及其配套数：

标准磨口有机制备仪 38 套，干燥箱 1 台，数字熔点仪 1 台。。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验九 肉桂酸的制备

学时：6 学时

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 了解 Perkin 反应制备原理和方法，加深对加成-消去反应的理解；
2. 学习水蒸汽蒸馏原理及操作。
3. 掌握固体产物后处理及提纯、检测等操作。

(三) 实验内容：

1. 水蒸汽蒸馏的原理；
2. 制备肉桂酸粗产品；
3. 重结晶提纯粗产品并干燥。

(四) 要求及课程思政设计：选开；

课程思政设计：学会水蒸汽蒸馏装置的装配与基本操作，强化浓盐酸、苯甲醛等危险化学品药品的安全使用意识；培养其分析解决实际问题的能力，提高学生动手能力和分析设计实验的能力。

(五) 每组人数：1 人/组

(六) 主要仪器设备及其配套数：

标准磨口有机制备仪 38 套，水蒸汽发生器 38 套，干燥箱 1 台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验十 生物碱的提取

学时：6 学时

(一) 实验类型：创新性

(二) 实验目的：

1. 学习生物碱提取的原理和方法，加深对从天然产物中分离、提取产物的理解和认识；
2. 掌握从固体中萃取有机化合物、升华法提纯固体有机物的操作；

3. 加深对萃取、重结晶、蒸馏、回流等的理解，熟练掌握操作要领；
4. 进一步培养综合实验能力。

(三) 实验内容：

1. Soxhlet 提取器的提取原理；
2. 用乙醇为溶剂提取茶叶中的咖啡因；
3. 升华法提纯咖啡因。

(四) 要求及课程思政设计：选开；

课程思政设计：学习 Soxhlet 提取器的工作原理，了解基于 Soxhlet 提取器高效自动化提取装置的发明与应用；了解咖啡因的生理反应，提高学生辩证分析问题的能力；了解本草纲目关于升华法提取樟脑的记载，提高学生的文化自信与科技自信；进一步提高学生根据化合物性质提出实验方案，分析和解决问题的能力。

(五) 每组人数：1 人/组

(六) 主要仪器设备及其配套数：

标准磨口有机制备仪 38 套，Soxhlet 提取器 38 套。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验十一 乙酰水杨酸的制备

学时：4 学时

(一) 实验类型：验证性

(二) 实验目的：

1. 了解乙酰化反应的一般原理及方法；
2. 巩固粗产物提纯方法

(三) 实验内容：

1. 制备乙酰水杨酸粗产品；
2. 提纯粗产品并干燥；
3. 检测最终产物纯度（显色反应）

(四) 要求及课程思政设计：选开。

课程思政设计：引入乙酰水杨酸的发现历史，以及它在不同历史时期对人类健康的贡献，培养学生的社会责任感和服务社会的愿望。通过乙酰水杨酸的制备过程，强调科学探究的重要性，鼓励学生培养求真务实、勇于创新的科学精神。让学生了解乙酰水杨酸生产过程中的废物处理和环境保护措施，提高学生环保意识。

(五) 每组人数：1 人/组

(六) 主要仪器设备及其配套数：标准磨口有机制备仪 38 套。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验十二 乙酰苯胺的制备

学时：4 学时

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 掌握苯胺乙酰化反应的原理和实验操作；
2. 进一步熟悉分馏装置在合成反应中的应用；
3. 巩固重结晶、熔点测定的操作。

(三) 实验内容:

1. 制备乙酰苯胺粗产品;
2. 重结晶提纯粗产品并干燥;
3. 测定产物的熔点。

(四) 要求及课程思政设计: 选开;

课程思政设计: 通过刺形分馏柱的使用将反应产物中的水蒸出, 以提高产物产率, 培养学生关于有机化学实验可逆反应中提高转化率方法的实验操作技能和科学探究能力。同时, 进一步强化学生的实验安全操作意识。

(五) 每组人数: 1 人/组

(六) 主要仪器设备及其配套数:

标准磨口有机制备仪 38 套, 干燥箱 1 台, 数字熔点仪 1 台。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验十三 甲基橙的制备

学时: 4 学时

(一) 实验类型: 验证性

(二) 实验目的:

1. 通过甲基橙的制备掌握重氮化反应和偶合反应的实验操作;
2. 学习冰盐浴的使用;
3. 巩固盐析和重结晶的原理和操作。

(三) 实验内容:

1. 对氨基苯磺酸重氮盐的制备;
2. 对氨基苯磺酸重氮盐的制备与 N,N-二甲基苯胺的偶合;
3. 重结晶提纯粗甲基橙。

(四) 要求及课程思政设计: 选开。

课程思政设计: 分析甲基橙制备过程中的三废处理和环保措施, 提升学生的环境保护意识, 倡导绿色化学和可持续发展的理念。通过实验操作控制甲基橙的质量和纯度, 培养学生的质量意识和追求卓越的职业态度。

(五) 每组人数: 1 人/组

(六) 主要仪器设备及其配套数: 标准磨口有机制备仪 38 套。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验十四 叔丁基对苯二酚的制备

学时: 6 学时

(一) 实验类型: 综合性

(二) 实验目的:

1. 学习制备叔丁基对苯二酚的原理与方法;
2. 熟练搅拌、回流、重结晶等实验操作。

(三) 实验内容:

1. 对苯二酚的烷基化;
2. 叔丁基对苯二酚的制备;
3. 重结晶提纯粗叔丁基对苯二酚;

4. 测定产物熔点;
5. 红外光谱测试。

(四) 要求及课程思政设计: 选开。

课程思政设计: 通过叔丁基对苯二酚的制备与提纯实验操作, 让学生了解抗氧化剂在食品安全和健康中的作用。强调作为化学工作者对公众健康和安全的责任, 以及职业道德的重要性。让学生了解“健康中国”战略, 了解化学产品在维护公共安全和健康中的作用。

(五) 每组人数: 1 人/组

(六) 主要仪器设备及其配套数: 标准磨口有机制备仪 38 套。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验十五 二羧酸酐的制备

学时: 6 学时

(一) 实验类型: 综合性

(二) 实验目的:

1. 通过 Diels-Alder 反应合成六元环的反应机理;
2. 学习内型双环[2.2.1]-2-庚烯-5,6-二羧酸酐的合成方法;
3. 学习冰盐浴的使用;
4. 巩固盐析和重结晶的原理和操作。

(三) 实验内容:

1. 内型双环[2.2.1]-2-庚烯-5,6-二羧酸酐的制备;
2. 重结晶提纯粗内型双环[2.2.1]-2-庚烯-5,6-二羧酸酐;
3. 红外光谱测试。

(四) 要求及课程思政设计: 选开。

课程思政设计: 培养学生严谨、细致、认真的实验态度, 强化实验安全意识。

(五) 每组人数: 1 人/组

(六) 主要仪器设备及其配套数: 标准磨口有机制备仪 38 套。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

《物理化学实验》课程教学大纲

执笔人：赵凯

审核人：陈旻

编写日期：2024 年 5 月

一、实验类别：专业基础实验 课程性质：必修 课程学分：1.5

二、实验总学时：48

三、应开实验个数：12，必开实验个数：5，选开实验个数：7

四、适用专业：储能科学与工程专业

五、考核方式：考查

六、实验成绩评定方法：实验操作、实验汇报和实验报告相结合，按百分制记分。

根据平时实验、综合设计性实验或实验综合考查等环节评定实验成绩，平时实验（包括实验预习、实验操作和实验记录）成绩占 70%；实验总结（包括实验报告、实验汇报和综合考察）成绩占 30%。

七、实验成绩占课程总成绩比例：100%

八、实验教材或自编指导书：

1. 胡晓洪、刘弋潞、梁舒萍.《物理化学实验》 北京：化学工业出版社，2016 年。

2. 钟金莲、王燕飞、李勋.《物理化学实验》中国石化出版社，2020 年。

3. 冯霞、朱莉娜、朱荣娇.《物理化学实验》 高等教育出版社，2015 年。

九、实验项目汇总表：

实验编号	实验项目名称	实验类型	实验学时	要求
实验一	燃烧热的测定	验证性	4	选开
实验二	中和热的测定	验证性	4	选开
实验三	原电池电动势的测定	综合性	4	选开
实验四	离子迁移数的测定	综合性	4	选开
实验五	电极材料电化学性能的综合测定	综合性	4	选开
实验六	乙醇物理性质的测定	验证性	4	选开
实验七	电导法测定弱电解质的电离常数及难溶盐的溶解度	验证性	4	选开
实验八	一级反应—蔗糖的转化	验证性	4	必开
实验九	H ₂ O ₂ 分解速率常数的测定	综合性	4	必开
实验十	比表面测定-溶液吸附法	验证性	4	选开
实验十一	最大泡压法测定溶液的表面张力	验证性	4	选开
实验十二	胶体的制备和电泳	综合性	4	选开
实验十三	溶胶聚沉值的测定	验证性	4	必开
实验十四	双液系气-液平衡相图	验证性	4	选开
实验十五	偶极矩的测定	验证性	4	必开
实验十六	磁化率的测定	验证性	4	必开

实验一 燃烧热的测定

学时：4

(一) 实验类型：验证性

(二) 实验目的：

1. 明确燃烧热的定义，了解恒压燃烧热与恒容燃烧热的区别。
2. 了解氧弹热计测量蔗糖的燃烧热。

(三) 实验内容：

1. 搭建燃烧热反应装置。
2. 测定蔗糖的燃烧热。
3. 雷诺曲线的确定。

(四) 要求及课程思政：选开

在实验教学过程中，指导老师向学生讲述我国物理化学学家在燃烧反应方面的研究成果，激励同学们的学习热情，帮助学生树立正确的人生观和价值观，发挥《物理化学实验》课程的思政育人功能。

(五) 每组人数：2

(六) 主要仪器设备及台套数：燃烧热装置和氧弹热计 10 套。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验二 中和热的测定

学时：4

(一) 实验类型：验证性

(二) 实验目的：

1. 掌握中和热的测定方法。
2. 掌握量热计常数 K 、盐酸溶液和氢氧化钠溶液的中和热以及醋酸的解离热测定和计算方法，并求醋酸的解离热。

(三) 实验内容：

1. 搭建中和热反应装置。
2. 测定强酸强碱反应的中和热。
3. 测定弱酸强碱反应的中和热。

(四) 要求及课程思政：选开

在实验教学过程中，指导老师向学生列举我国物理化学家在反应热方面的研究成果，激励同学们的学习热情，帮助学生树立正确的人生观和价值观，发挥《物理化学实验》课程的思政育人功能。

(五) 每组人数：2

(六) 主要仪器设备及台套数：WLS-2 数字恒流源 (0.01A 和 0.01V 分辨率) 6 台、SWC-II_D 精密数字温度温差仪 6 台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验三 原电池电动势的测定

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 加深对可逆电池、可逆电极、盐桥等的认识。

2. 学会电极的制备和处理方法。
3. 掌握数字电位差综合测试仪的测量原理和使用方法。

(三) 实验内容:

1. 测定 Cu-Zn 电池的电动势和 Cu、Zn 电极的电极电位。
2. 用电位差计测量铜—锌、锌—甘汞、甘汞—铜的电动势。

(四) 要求及课程思政: 选开

在实验教学过程中, 指导老师向学生讲述我国现代电化学重要奠基人查全性院士在电化学催化、半导体电化学、高比能化学电源、燃料电池、生物电化学等多个领域的贡献, 激励同学们的学习热情, 帮助学生树立正确的人生观和价值观, 发挥《物理化学实验》课程的思政育人功能。

(五) 每组人数: 2

(六) 主要仪器设备及台套数: SDC-II 数字电位差综合测试仪(SDC-II)10 台。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验四 离子迁移数的测定

学时: 4

(一) 实验类型: 综合性

(二) 实验目的:

1. 掌握测定离子迁移数的原理和方法。
2. 了解库仑计的使用。
3. 掌握迁移管装液方法。

(三) 实验内容:

1. 阴极镀铜。
2. 装电镀线路。
3. 称量库仑计增重。
4. 计算 Cu^{2+} 和 SO_4^{2-} 迁移数。

(四) 要求及课程思政: 选开

在实验教学过程中, 指导老师向学生讲述我国物理化学的奠基人黄子卿开展的界面移动法测定电解质溶液中离子迁移数实验研究, 并发表第一篇学术论文的故事, 激励同学们的学习热情, 帮助学生树立正确的人生观和价值观, 发挥《物理化学实验》课程的思政育人功能。

(五) 每组人数: 2

(六) 主要仪器设备及台套数: 离子迁移数测定装置(LQY)10 套。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验五 电极材料电化学性能的综合测定

学时: 4

(一) 实验类型: 综合性

(二) 实验目的:

1. 测定 Cu-Zn 电池的电动势和 Cu、Zn 电极的电极电位。
2. 了解可逆电池、可逆电极和盐桥等概念。
3. 学会一些电极的制备和处理方法。
4. 掌握电位差计的测量原理和使用方法。

(三) 实验内容:

1. 电极的制备 (锌电极、铜电极和盐桥的制备)。

2. 电池电动势的测定。

(四) 要求及课程思政：选开

在实验教学过程中，指导老师向学生讲述我国电化学学科带头人之一田昭武研制我国第一台电化学综合测试仪的经历，激励同学们的学习热情，帮助学生树立正确的人生观和价值观，发挥《物理化学实验》课程的思政育人功能。

(五) 每组人数：2

(六) 主要仪器设备及台套数：UJ-25 型电位差计、标准电池和检流计 10 套（或 SDC-II 数字电位差综合测试仪 10 套），锌电极、铜电极各 10 支。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验六 乙醇物理性质的测定

学时：4

(一) 实验类型：验证性

(二) 实验目的：

1. 掌握乙醇三项物理性能的测定方法。
2. 了解奥氏黏度及测定乙醇某一温度下的黏度的原理。
3. 明确饱和蒸气压的定义和气液两相平衡的概念

(三) 实验内容：

1. 乙醇密度的测定
2. 乙醇黏度的测定

(四) 要求及课程思政：选开

在实验教学过程中，指导老师向学生列举我国物理化学家在材料基础数据测量方面的研究成果，激励同学们的学习热情，帮助学生树立正确的人生观和价值观，发挥《物理化学实验》课程的思政育人功能。

(五) 每组人数：2

(六) 主要仪器设备及台套数：恒温槽装置 (HH-2) 6 套，奥氏黏度计 6 个，秒表 6 个，10ml 移液管 12 支，洗耳球 6 个。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验七 电导法测定弱电解质的电离常数及难溶盐的溶解度

学时：4

(一) 实验类型：验证性

(二) 实验目的：

1. 测定醋酸的电离常数。
2. 测定硫酸钙的溶解度。
3. 掌握电导率仪测定溶液电导率的方法。

(三) 实验内容：

1. 配制不同浓度的电解质的溶液
2. 采用电导率测试仪测定溶液的电导率
3. 计算电离常数或溶解度

(四) 要求及课程思政：选开

在实验教学过程中，指导老师向学生介绍我国物理化学家黄子卿在溶液理论方面的研究成果，激励同学们的学习热情，帮助学生树立正确的人生观和价值观，发挥《物理化学实验》课程的思政育人功能。

- (五) 每组人数：2
- (六) 主要仪器设备及台套数：电导率仪 (DDS-11A) 6 台；恒温槽装置 (HH-2) 6 套。
- (七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验八 一级反应-蔗糖的转化

学时：4

- (一) 实验类型：验证性
- (二) 实验目的：
1. 了解蔗糖转化反应的反应物浓度与旋光度之间的关系。
 2. 了解旋光仪的基本原理，掌握旋光仪的正确操作技术。
- (三) 实验内容：利用蔗糖的旋光性，用旋光仪测定蔗糖水解的速率常数和半衰期。
- (四) 要求及课程思政：必开

在实验教学过程中，指导老师向学生讲述国家攀登计划项目首席科学家楼南泉研究分子反应动力学的成果，激励同学们的学习热情，帮助学生树立正确的人生观和价值观，发挥《物理化学实验》课程的思政育人功能。

- (五) 每组人数：2
- (六) 主要仪器设备及台套数：圆盘旋光仪 (WXG-4) 10 套。
- (七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验九 H_2O_2 分解速率常数的测定

学时：4

- (一) 实验类型：综合性
- (二) 实验目的：
1. 掌握量气法测定气体体积的实验技术。
 2. 了解不同的催化剂对反应速率常数的影响。
- (三) 实验内容：
1. 测定过氧化氢分解反应的速率常数。
 2. 利用过氧化氢催化分解释放出氧气，通过测定不同时刻氧气的体积来求 H_2O_2 的分解速度常数。

- (四) 要求及课程思政：必开

在实验教学过程中，指导老师向学生讲述中国科学院大连化学物理研究所张东辉院士研究分子反应动力学的理论的经历以及由此获得的成果，激励同学们的学习热情，帮助学生树立正确的人生观和价值观，发挥《物理化学实验》课程的思政育人功能。

- (五) 每组人数：2
- (六) 主要仪器设备及台套数： H_2O_2 分解实验装置、磁力搅拌器(78HW-1(P20750))等各 10 套。
- (七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验十 比表面测定—溶液吸附法

学时：4

- (一) 实验类型：验证性
- (二) 实验目的：
1. 了解溶液法测定比表面的基本原理。

2. 了解分光光度计的基本原理并熟悉其使用方法。

(三) 实验内容:

1. 测定次甲基蓝水溶液的浓度。

2. 用次甲基蓝水溶液吸附法测定颗粒微球硅胶的比表面。

(四) 要求及课程思政: 选开

在实验教学过程中, 指导老师向学生讲述我国物理化学家邓景发在表面化学的科研工作, 激励同学们的学习热情, 帮助学生树立正确的人生观和价值观, 发挥《物理化学实验》课程的思政育人功能。

(五) 每组人数: 2

(六) 主要仪器设备及台套数: 分光光度计 (722) 10 台, 康氏振荡器 10 台。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验十一 最大泡压法测定溶液的表面张力

学时: 4

(一) 实验类型: 验证性

(二) 实验目的:

1. 了解表面张力性质、表面自由能意义以及表面张力和吸附关系。

2. 掌握用最大泡法测定表面张力的原理和技术。

(三) 实验内容:

1. 测定不同浓度乙醇水溶液的表面张力。

2. 计算表面吸附量和乙醇横截面积。

(四) 要求及课程思政: 选开

在实验教学过程中, 指导老师向学生讲述中国科学院院士、冶金过程物理化学家陈新民在材料表面张力和密度的研究, 激励同学们的学习热情, 帮助学生树立正确的人生观和价值观, 发挥《物理化学实验》课程的思政育人功能。

(五) 每组人数: 2

(六) 主要仪器设备及台套数: 表面张力测定装置等各 10 套。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验十二 胶体的制备和电泳

学时: 4

(一) 实验类型: 综合性

(二) 实验目的:

1. 了解氢氧化铁胶体的制备和纯化。

2. 观察胶粒的带电性质。

(三) 实验内容:

1. 氢氧化铁胶体制备。

2. 电泳仪搭建。

3. 胶体电位测定。

(四) 要求及课程思政: 选开

在实验教学过程中, 指导老师向学生列举我国物理化学家在胶体化学方面的研究, 激励同学们的学习热情, 帮助学生树立正确的人生观和价值观, 发挥《物理化学实验》课程的思政育人功能。

(五) 每组人数: 2

(六) 主要仪器设备及台套数: 电泳仪(DYJ 型)10 套。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验十三 溶胶聚沉值的测定

学时: 4

(一) 实验类型: 验证性

(二) 实验目的:

1. 掌握溶胶聚沉值的测定方法。
2. 观察电解质反离子价数的聚沉规则。

(三) 实验内容: 测定 NaCl、 Na_2SO_4 对 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶的聚沉值。

(四) 要求及课程思政: 必开

在实验教学过程中, 指导老师向学生讲述我国著名胶体化学家物理化学家虞宏正院士在胶体化学和热力学方面的研究, 激励同学们的学习热情, 帮助学生树立正确的人生观和价值观, 发挥《物理化学实验》课程的思政育人功能。

(五) 每组人数: 2

(六) 主要仪器设备及台套数: 离心机(800B) 2 台。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验十四 双液系气—液平衡相图

学时: 4

(一) 实验类型: 验证性

(二) 实验目的:

1. 用沸点仪测定在大气压下乙酸乙酯、乙醇双液系的气液平衡相图。
2. 了解沸点的测定方法。
3. 用阿贝折光仪测定液体和蒸气的组成, 掌握液体折光率的测定原理及方法。

(三) 实验内容:

1. 用回流冷凝法测定乙酸乙酯、乙醇在不同组成时的沸点。
2. 作出乙酸乙酯、乙醇混合液体的沸点组成图。

(四) 要求及课程思政: 选开

在实验教学过程中, 指导老师向学生讲述中国科学院院士、我国著名相图与热力学专家金展鹏院士在相图热力学与相变动力学研究, 激励同学们的学习热情, 帮助学生树立正确的人生观和价值观, 发挥《物理化学实验》课程的思政育人功能。

(五) 每组人数: 2

(六) 主要仪器设备及台套数: 阿贝折射仪(2WJ)、WLS-2 数字恒流源(WLS-2)、沸点测定仪等各 10 套。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验十五 偶极矩的测定

学时: 4

(一) 实验类型: 验证性

(二) 实验目的:

1. 了解偶极矩与分子电性质的关系。
2. 掌握测定偶极矩的原理和方法。

(三) 实验内容:

1. 介电常数测试仪的调整与使用。

2. 工作溶液的配制。
 3. 介电常数的测定。
 4. 密度及折光率的测定。
 5. 数据处理。
- (四) 要求及课程思政：必开
- 在实验教学过程中，指导老师向学生讲述我国催化科学研究与配位催化理论的开拓者、我国著名物理化学家、中科院院士蔡启瑞在“偶极—离子电荷相互作用”理论方面的贡献，激励同学们的学习热情，帮助学生树立正确的人生观和价值观，发挥《物理化学实验》课程的思政育人功能。
- (五) 每组人数：2
- (六) 主要仪器设备及台套数：阿贝折射仪（2WAJ）、PGM-II 数字小电容测试仪（PGM-II）等各 10 套。
- (七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验十六 磁化率的测定

学时：4

- (一) 实验类型：验证性
- (二) 实验目的：
1. 掌握用古埃磁天平测定物质的磁化率。
 2. 了解古埃法测定磁化率的实验原理和技术。
- (三) 实验内容：
1. 测定顺磁物质在磁场中的重量。
 2. 计算磁化率并估算离子的不成对电子数。
- (四) 要求及课程思政：必开
- 在实验教学过程中，指导老师向学生讲述中科院合肥物质科学研究院在超导磁体特殊功能材料方面的研究，激励同学们的学习热情，帮助学生树立正确的人生观和价值观，发挥《物理化学实验》课程的思政育人功能。
- (五) 每组人数：2
- (六) 主要仪器设备及台套数：磁天平（CTP-1）10 台，精密电子天平（T-214）10 台。
- (七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

《电化学基础实验》课程教学大纲

执笔人：赵凯

审核人：夏冬生

编写日期：2024 年 6 月

一、实验类别：专业基础实验 课程性质：必修 课程学分：1

二、实验总学时：32

三、应开实验个数：7，必开实验个数：3，选开实验个数：4

四、适用专业：储能科学与工程专业

五、考核方式：考查

六、实验成绩评定方法：实验操作、实验汇报和实验报告相结合，按百分制记分。

根据平时实验、综合设计性实验或实验综合考查等环节评定实验成绩，平时实验（包括实验预习、实验操作和实验记录）成绩占 70%；实验总结（包括实验报告、实验汇报和综合考察）成绩占 30%。

七、实验成绩占课程总成绩比例：100%

八、实验教材或自编指导书：

1. 王瑞虎.《电化学实验》 北京：化学工业出版社，2023 年。

2. 辛西娅《实验电化学》北京：化学工业出版社，2020 年。

九、实验项目汇总表：

实验编号	实验项目名称	实验类型	实验学时	要求
实验一	稳态恒流极化曲线测定	综合性	4	必开
实验二	恒电位法研究金属的阳极行为	综合性	4	选开
实验三	直流法测量隔膜的电阻	综合性	4	选开
实验四	恒电流暂态法测电化反应动力学参数	综合性	4	选开
实验五	恒电位方波法测多孔电极微分电容及比表面积	综合性	4	选开
实验六	三角波电位扫描法研究氢和氧在铂电极上吸附行为	综合性	4	选开
实验七	载波扫描法快速测定滴汞电极微分电容曲线	综合性	4	选开
实验八	交流阻抗法测定电极过程参数	综合性	4	必开
实验九	方波电流法测定化学电源的欧姆内阻	综合性	4	选开
实验十	线性极化法测量金属的腐蚀速率	综合性	4	选开
实验十一	阴极电流效率的测定-赫尔槽电镀实验	综合性	8	必开
实验十二	铝阳极氧化及着色实验	综合性	4	选开
实验十三	金属腐蚀速率的测定	综合性	4	选开

实验一 稳态恒流极化曲线测定

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 理解并掌握经典恒电流法测量稳态阴极极化曲线的基本原理和测量技术。
2. 测定锌在碱性溶液中的阴极极化曲线。

(三) 实验内容：

利用电化学工作站，测量金属锌在 1M KOH 溶液中的阴极极化过程，并绘制稳态阴极极化曲线，从曲线上得到锌在碱性溶液中的阴极电化学行为。要求学生掌握稳态的特点，真实电极过程的稳态是如何控制的，准稳态与稳态的差别。

熟练掌握经典恒流方法的仪器和电路连接，实验条件的控制和结果的测量。利用计算机软件处理实验数据并绘制极化曲线，从而对极化曲线进行分析。

(四) 要求及课程思政：必开

通过稳态恒流极化曲线测定实验，培养学生的科学精神与探索精神。学生需要在实验过程中严格遵守科学规范，严谨操作，同时不断尝试新的实验条件和参数，以获取更准确、更全面的实验数据。这种科学精神与探索精神是学生在未来学习和工作中不可或缺的素质。

(五) 每组人数：2-4

(六) 主要仪器设备及台套数：电化学工作站 2-5 台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心。

实验二 恒电位法研究金属的阳极行为

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 掌握恒电流法研究金属钝化的实验原理及方法。
2. 了解金属的阳极钝化现象。
3. 了解恒电位仪的一般使用方法。

(三) 实验内容：

利用恒电位仪测量金属镍在 1M 硫酸溶液中的阳极极化过程，并绘制稳态阳极极化曲线，从曲线上得到镍在酸性溶液中的阳极电化学行为，通过本实验掌握金属的钝化曲线的测量技术。要求学生掌握稳态的特点，真实电极过程的稳态是如何控制的，准稳态与稳态的差别。

熟练掌握电化学工作站的原理和使用方法，电路的连接，实验条件的控制和结果的测量。利用计算机软件处理实验数据并绘制极化曲线，从而对极化曲线进行分析。

(四) 要求及课程思政：选开

恒电位法实验要求精确控制电极电位，并准确记录不同电流密度下的电位变化。这有助于培养学生严谨的科学态度和精细的实验技能。通过分析阳极极化曲线，学生可以学会如何从复杂的数据中提炼出有意义的科学规律，进一步加深对电化学原理的理解。

(五) 每组人数：2-4

(六) 主要仪器设备及台套数：电化学工作站 2-5 台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心。

实验三 直流法测量隔膜的比电阻

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 通过实验掌握直流法测量隔膜比电阻的原理和方法。
2. 通过对各种隔膜比电阻的测量比较它们的性质。

(三) 实验内容：

利用电化学工作站测量电池用隔膜材料在 1M KCl 溶液中的极化过程，在达到稳态时，测量隔膜两端的电压降，计算隔膜的电阻和比电阻。

要求学生掌握隔膜电阻的含义，掌握稳态的特点，真实电极过程的稳态是如何控制的，准稳态与稳态的差别。

(四) 要求及课程思政：选开

直流法测量隔膜的比电阻实验，要求学生掌握直流电阻的测试原理和方法，如电流电压法、平衡电桥法等，并能正确操作相关测试仪器和材料。这一过程中，学生将学习到实验技能，并培养严谨的科学精神。在实验过程中，学生需要仔细观察实验现象，记录实验数据，并进行分析处理。这种实践操作有助于培养学生的观察力、记录能力和分析能力，同时强化其科学思维和实验精神。

(五) 每组人数：2-4

(六) 主要仪器设备及台套数：电化学工作站 2-5 台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验四 恒电流暂态法测电化反应动力学参数

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 掌握恒电流暂态法的基本原理和基本操作。
2. 测定在 Cu/CuSO_4 体系中铜电极上的交换电流密 i 和反应速度常数 K 。

(三) 实验内容：

利用电化学工作站测量金属铜在 1M Cu/CuSO_4 溶液中的阴极极化过程，在一定电流下，利用函数记录仪记录电位-时间曲线，从曲线上得到金属铜的阴极电化学过程，对极化曲线进行一系列处理，得到电化学过程反应动力学参数。

要求学生掌握暂态的特点，真实电极过程的暂态是如何控制的。熟练掌握恒电位仪进行恒定电流的原理和使用方法，实验条件的控制和结果的测量。电位-时间曲线处理得到交换电流密度和反应速度常数的方法。

(四) 要求及课程思政：选开

恒电流暂态法要求精确控制电流脉冲的大小和时间，并准确记录电势变化，学生需要学会从实验数据中提取关键信息，通过数据分析和处理，得出准确的电化反应动力学参数。这一过程锻炼了学生的数据分析和逻辑思维能力。

(五) 每组人数：2-4

(六) 主要仪器设备及台套数：电化学工作站 2-5 台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验五 恒电位方波法测多孔电极微分电容及比表面积

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 掌握恒电位方波法测量多孔电极的微分电容及比表面积的基本原理和方法。
2. 测量并计算多孔电极的比表面积。

(三) 实验内容:

利用电化学工作站给定的方波信号, 测量多孔性电极在 1M 硫酸溶液中的电极过程, 利用函数记录仪自动记录曲线。

要求学生掌握暂态的特点, 真实电极过程的暂态的控制, 掌握真实表面积和表观表面积的区别。熟练掌握信号发生器、恒电位仪、函数记录仪的原理和使用方法, 电路的连接, 实验条件的控制和结果的测量。利用得到的电流-时间曲线进行处理, 计算比表面积的方法。

(四) 要求及课程思政: 选开

通过实验让学生理解恒电位方波法的基本原理和操作步骤, 培养其科学思维和实验技能。鼓励学生自主设计实验方案, 探索不同条件下电极的微分电容和比表面积变化规律, 激发其科学探索的兴趣。

(五) 每组人数: 2-4

(六) 主要仪器设备及台套数: 电化学工作站 2-5 台。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验六 三角波电位扫描法研究氢和氧在铂电极上吸附行为

学时: 4

(一) 实验类型: 综合性

(二) 实验目的:

1. 掌握三角波电位扫描法的测量技术。
2. 测量氢、氧在铂电极上的吸脱附规律, 并绘制 φ -i 曲线。
3. 通过实验加深对氢电极过程的理解。

(三) 实验内容:

利用电化学工作站控制铂电极上的电极电位在一定范围内按三角波规律扫描, 测定电流随时间的变化曲线, 从曲线的氧化还原峰得到氢和氧的吸附行为。

要求学生掌握电化学工作站的原理和使用方法, 三角波电位扫描法的测量技术, 分析 φ -i 曲线并得到相关的信息。

(四) 要求及课程思政: 选开

研究氢和氧在铂电极上的吸附行为, 本质上是一种科学探索活动。这能够激发学生的好奇心和探索欲, 培养科学精神; 在实验过程中, 鼓励学生尝试不同的实验条件和参数, 探索新的实验现象, 有助于培养他们的创新意识。

(五) 每组人数: 2-4

(六) 主要仪器设备及台套数: 电化学工作站 2-5 台。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验七 载波扫描法快速测定滴汞电极微分电容曲线

学时: 4

(一) 实验类型: 综合性

(二) 实验目的:

1. 掌握载波扫描法快速测定滴汞电极的微分电容曲线的原理及测量技术。
2. 利用微分电容曲线研究表面活性物质在电极表面上的吸附现象, 观察并分析表面活性物质对双层结构的影响。

3. 测定滴汞电极在 1MKCl 溶液中及 1MKCl+0.5g/LDT 溶液的微分电容曲线。

(三) 实验内容:

利用电化学工作站控制滴汞电极的电位随时间变化规律,测量滴汞电极在 1MKCl 溶液和 1MKCl+0.5g/L 溶液中电极过程, 利用函数记录仪自动记录电流-时间曲线。

要求学生掌握暂态的特点, 真实电极过程的暂态的控制, 掌握滴汞电极新鲜双层界面的保证方法, 掌握电镀参数测定仪、函数记录仪的原理和使用方法, 电路的连接, 实验条件的控制和结果的测量。利用得到的电流-时间曲线进行处理, 计算微分电容的方法。

(四) 要求及课程思政: 选开

在实验中, 学生需要严格按照实验步骤进行操作, 确保数据的准确性和可靠性。这有助于培养学生的严谨科学态度, 鼓励学生思考如何优化实验条件, 提高测量精度和效率。同时, 引导学生思考实验原理在实际应用中的可能性和局限性, 培养学生的创新思维。

(五) 每组人数: 2-4

(六) 主要仪器设备及台套数: 电化学工作站 5 台。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验八 交流阻抗法测定电极过程参数

学时: 4

(一) 实验类型: 综合性

(二) 实验目的:

1. 初步掌握用交流阻抗测试技术。

2. 测量 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3/\text{FeSO}_4$ 体系在铂电极上的电化学参数

(三) 实验内容:

利用电化学工作站给定的交流信号叠加到研究电极上, 进行不同频率下取样电阻和研究电极两端的电位变化测定, 经处理得到复数阻抗平面图, 进而得到相关的电化学参数。

要求学生掌握交流阻抗测试技术, 电路的连接, 实验条件的控制和结果的测量。数据的处理技术, 复数阻抗平面图法测定电化学参数的方法。

(四) 要求及课程思政: 必开

通过交流阻抗法实验, 学生将掌握一种重要的电化学测试技术, 了解如何应用该方法测定电极过程参数。这不仅能够提升学生的实验操作技能, 还能帮助他们深入理解电化学基本原理。在实验过程中, 学生需要记录和处理大量的实验数据, 如频率响应、电位响应等。这有助于培养学生的数据分析和处理能力, 以及从数据中提取关键信息的能力。

(五) 每组人数: 2-4

(六) 主要仪器设备及台套数: 电化学工作站 5 台。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验九 方波电流法测定化学电源的欧姆内阻

学时: 4

(一) 实验类型: 综合性

(二) 实验目的:

1. 掌握用方波电流法测定化学电源欧姆内阻的原理和方法。

2. 测量锌锰电池的欧姆内阻。

(三) 实验内容:

应用恒电位方波法的测试技术，由信号发生器控制恒电位仪的电流信号，在电池两端施加恒电流方波信号，由示波器显示相应的电位跟随信号，由此计算电池的欧姆内阻。

要求学生掌握用方波电流法测定技术及其在测量化学电源欧姆内阻方面的应用，熟悉电化学测量技术中常用的测试仪器，熟悉线路的连接方法，了解影响电池欧姆内阻的因素。

（四）要求及课程思政：选开

方波电流法作为一种先进的电化学测量技术，在测定化学电源的欧姆内阻方面发挥着重要作用。本课程旨在通过介绍和应用方波电流法，不仅培养学生的专业技能，同时也融入思政元素，帮助学生树立正确的价值观和社会责任感。

（五）每组人数：2-4

（六）主要仪器设备及台套数：电化学工作站 5 台。

（七）所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验十 线性极化法测量金属的腐蚀速率

学时：4

（一）实验类型：综合性

（二）实验目的：

1. 了解线性极化法测量金属腐蚀速度的原理和方法。
2. 进一步掌握恒电位方波法的测试技术及其应用。

（三）实验内容：

应用线性极化法的原理，采用恒电位方波法的测量技术，记录相应的电流一时间跟随曲线，测定腐蚀电阻进而计算腐蚀电流。

要求学生进一步掌握恒电位方波法的测试技术的应用，了解线性极化法测量金属腐蚀速度的原理和方法，初步了解电化学工作站的使用方法。

（四）要求及课程思政：选开

通过线性极化法测量金属的腐蚀速率这，培养学生的实验技能、科学思维及工程应用能力，同时融入思政教育，引导学生树立正确的科学态度、环保意识和社会责任感。

（五）每组人数：2-4

（六）主要仪器设备及台套数：电化学工作站 5 台。

（七）所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验十一 阴极电流效率的测定-赫尔槽电镀实验

学时：8

（一）实验类型：综合性

（二）实验目的：

1. 学习 Hull 槽电镀的基本原理。
2. 掌握电镀过程中主盐浓度、电流密度对电镀层厚度和光泽度的影响。
3. 试验并了解添加剂糖精、苯亚磺酸钠、镍光亮剂 XNF 和十二烷基硫酸钠对电镀镍的影响。
4. 掌握电镀层状况记录符号等结果分析方法。

（三）实验内容：

1. Hull 槽阴极片(铜片)和阳极片(镍片)的裁剪和打磨；

2. 基础镀液的配制;
3. Hull 槽阴极片通电, 电沉积镍;
4. 通过改变主盐浓度、NaCl 浓度、电流密度、光亮剂等探究最佳电镀工艺。

(四) 要求及课程思政: 必开

在实验教学过程中,指导老师向学生讲述电镀等表面技术的发展历程,介绍防护性镀层、装饰性镀层及功能性镀层在日常生活中的广泛应用,激励同学们学习材料表面工程技术的热情,帮助学生树立正确的科学观和人生观,发挥课程的思政育人功能。

(五) 每组人数: 2-4

(六) 主要仪器设备及台套数: Hull 槽 10 套, 电化学工作站 5 台。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验十二 铝阳极氧化及着色实验

学时: 4

(一) 实验类型: 综合性

(二) 实验目的:

1. 通过实验掌握铝的阳极氧化基本原理和着色工艺。
2. 了解各工艺过程对氧化膜性能的影响。

(三) 实验内容:

根据铝的阳极氧化的工艺流程,对试片进行前处理、阳极氧化、着色,并对氧化膜的耐蚀性能进行测试。

要求学生掌握铝的阳极氧化的基本原理和着色工艺,了解各工艺过程对氧化膜性能的影响,初步了解铝氧化膜耐蚀性能测试方法。

(四) 要求及课程思政: 选开

通过亲手进行实验操作,学生能够将理论知识转化为实践技能,提升解决实际问题的能力。实验中涉及到的多个步骤,如预处理、阳极氧化、着色等,都需要学生细致操作,从而培养其耐心和专注力。鼓励学生探索不同的阳极氧化条件和着色方法,以培养其创新思维和实验设计能力。通过对比不同条件下的实验结果,引导学生分析原因,拓宽思维视野。

(五) 每组人数: 2-4

(六) 主要仪器设备及台套数: 电化学工作站 5 台。

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验十三 金属腐蚀速率的测定

学时: 4

(一) 实验类型: 综合性

(二) 实验目的:

1. 掌握测量金属腐蚀速率的方法和原理。
2. 测量不锈钢在 0.5mol/L H_2SO_4 溶液中的阴、阳极极化曲线,并求腐蚀的速率。

(三) 实验内容:

利用动电位扫描法测定测量不锈钢在 0.5mol/L H_2SO_4 溶液中的阴、阳极极化曲线,并将其转换成半对数关系,绘制出塔菲尔曲线,求出腐蚀速度。

要求学生掌握动电位扫描的测试方法及实验条件对测试结果的影响,塔菲尔曲线法求腐蚀速度所适用的条件和电位范围。

(四) 要求及课程思政: 选开

通过案例分享,让学生了解金属腐蚀对工业生产和日常生活的影响,如桥梁断裂、管

道泄漏等安全事故。强调作为科学工作者或工程师，应具备高度的社会责任感，确保工程质量和公共安全。

（五）每组人数：2-4

（六）主要仪器设备及台套数：电化学工作站 5 台。

（七）所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

《储能科学与工程专业综合实验》课程教学大纲

执笔人：赵凯、张玉媛、司利平、李景灵、刘翠茵、夏冬生、王振兴、陈永、余凤

审核人：张玉媛

编写日期：2024 年 6 月

- 一、实验类别：专业实验 课程性质：必修 课程学分：3
二、实验总学时：96，其中第 5 学期 32 学时，第 6 学期 32 学时，第 7 学期 32 学时
三、应开实验个数：14-20，其中必开实验个数：5，选开实验个数：9-15
四、适用专业：储能科学与工程专业
五、考核方式：

根据学生对实验基本原理、目的、实验操作、数据处理和结果分析等方面的掌握程度，以及灵活运用所学知识开展综合设计开放性实验等方面的自主学习能力、创新能力进行考查。

六、实验成绩评定方法：

本课程根据平时实验、实验总结与汇报等环节评定实验成绩，平时实验成绩占 70%，实验总结与汇报 30%。

七、实验成绩占课程总成绩比例：100%

八、实验教材或自编指导书：

1. 储能科学与工程专业综合实验（自编）
2. 程方益，新能源实验科学与技术 储能科学与工程，科学出版社，2024

九、实验项目汇总表：（汇总表中的内容必须与表后各个实验项目中的相应内容一致）

实验编号	实验项目名称	实验类型	实验学时	要求
第 5 学期（32 学时）				
实验一	氢燃料电池用非贵金属阴极催化剂的制备与性能测试	综合性	8	必开
实验二	质子交换膜燃料电池制备和电流电压关系曲线测试	综合性	8	选开
实验三	质子交换膜燃料电池制备和阻抗性能测试	综合性	8	选开
实验四	燃料电池电解质的制备与结构测试	综合性	8	选开
实验五	燃料电池电解质的制备与电导率性能测试	综合性	8	选开
实验六	氧还原反应电极的制备与性能测试	综合性	8	选开
实验七	碳基钴单原子氧还原电催化剂的制备与性能测试	综合性	8	选开
实验八	循环伏安法用于电极材料动力学的测试与分析	综合性	4	选开
实验九	多孔碳负极材料的合成与制备	综合性	4	选开
实验十	电池材料电化学阻抗谱测试与分析	综合性	4	选开
第 6 学期（32 学时）				
实验一	超级电容器单电极的制备与性能测试	综合性	8	必开
实验二	水系超级电容器的组装与性能优化	综合性	8	选开
实验三	柔性超级电容器的制备与性能测试	综合性	8	选开
实验四	导电聚合物电极的制备及其电化学性能测试	综合性	4	选开
实验五	超级电容器流程化制备虚拟仿真实验	综合性	4	选开

实验六	对称超级电容器材料制备及器件组装	综合性	4	选开
实验七	超级电容器的充放电性能测试与分析	综合性	4	选开
实验八	热解生物炭的制备	综合性	8	选开
实验九	生物炭辅助水电解制氢性能测试	综合性	8	选开
第 7 学期 (32 学时)				
实验一	手套箱和真空干燥箱的使用	综合性	4	选开
实验二	锂离子电池正极电极片的制备	综合性	4	必开
实验三	纽扣式锂离子电池的装配	综合性	4	必开
实验四	纽扣式锂离子电池的循环性能测试	综合性	4	选开
实验五	钠离子电池负极材料多孔碳的制备	综合性	4	选开
实验六	钠离子电池负极电极片的制备	综合性	4	必开
实验七	钠离子纽扣电池的装配和阻抗性能测试	综合性	4	选开
实验八	锌离子电池电极片的制备与电池组装	综合性	8	选开
实验九	废弃锂/钠离子电池的拆卸与处置	综合性	2	选开

第 5 学期学时：32

应开实验个数：4-6 必开实验个数：1 选开实验个数：3-5

实验一 氢燃料电池用非贵金属阴极催化剂的制备与性能测试

学时：8

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 学习纳米材料的制备方法，了解单原子催化剂的概念及在储能技术中的应用前景；
2. 掌握铁掺杂 ZIF-8 纳米晶体材料的制备方法；
3. 熟悉碳基材料热解过程中结构变化的基本规律；
4. 理解影响催化剂氧还原电催化活性的控制因素。

(三) 实验内容：

1. 碳基铁单原子氧还原电催化剂的制备
 - (1) 混料：充分混合反应原料
 - (2) 固相反应：将上述混合粉体置于不锈钢反应釜中进行固相反应
 - (3) 球磨：对上述反应产物 (Fe-ZIF-8) 进行球磨处理
 - (4) 热处理：对球磨产物进行高温 (900~1100 °C) 热处理
2. 合成催化剂的氧还原性能测试
 - (1) 电极转速对氧还原极化曲线的影响
 - (2) 催化剂载量对氧还原极化曲线的影响
 - (3) 通过测试双电层电容计算催化剂的电化学活性面积

(四) 要求及课程思政：必开

在实验教学过程中，指导老师向学生讲述当前聚合物电解质燃料电池技术在商业推广过程中所面临的技术难题，介绍学校氢能燃料电池研究团队的最新成果，鼓励同学们学习相关的储能科学与工程知识，帮助学生树立正确的人生观和价值观，发挥“储能科学与工程专业综合实验”课程的思政育人功能。

(五) 每组人数：1—4 人

(六) 主要仪器设备及台套数：

1. 不锈钢反应釜 4 套

2. 高能行星式球磨仪 1 套
3. 气氛烧结炉 1 套

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验二 质子交换膜燃料电池制备和电流电压关系曲线测试

学时：8

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 学习氢/氧(空)质子交换膜燃料电池(Proton exchange membrane fuel cell, PEMFC)

关键组件膜电极(Membrane electrode assembly, MEA)的制备方法；

2. 掌握燃料电池电流电压关系曲线测试方法；
3. 加深对新能源电化学电池的认识和理解。

(三) 实验内容：

1. 膜电极制备
 - (1) 清洗质子交换膜
 - (2) 制备电极催化剂
 - (3) 涂覆电极催化剂
2. 燃料电池组装
 - (1) 组装端板
 - (2) 组装密封垫
 - (3) 组装集流板
 - (4) 组装膜电极
3. 燃料电池性能测试
 - (1) 电池开路电压测试
 - (2) 电流电压关系曲线测试

(四) 要求及课程思政：选开

在实验教学过程中，指导老师向学生讲述佛山氢能燃料电池的发展历程，介绍学校氢能燃料电池研究团队的最新成果，激励同学们学习储能科学与工程的热情，帮助学生树立正确的人生观和价值观，发挥“储能科学与工程专业综合实验”课程的思政育人功能。

(五) 每组人数：1—4 人

(六) 主要仪器设备及台套数：

1. 电化学工作站(CHI660) 6 台
2. 质子交换膜燃料电池实验模型(26020) 15 套
3. 烘箱(101-0B) 1 台

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验三 质子交换膜燃料电池制备和阻抗性能测试

学时：8

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 学习质子交换膜燃料电池单电池的制备方法；
2. 掌握燃料电池电化学阻抗性能测试的原理和方法；
3. 加深对新能源电化学电池的认识和理解。

(三) 实验内容：

1. 膜电极制备
 - (1) 制备电极催化剂浆料
 - (2) 质子交换膜表面涂覆电极催化剂
2. 燃料电池组装
 - (1) 组装端板
 - (2) 组装密封垫
 - (3) 组装集流板
 - (4) 组装膜电极
3. 燃料电池性能测试
 - (1) 电池开路电压测试
 - (2) 电化学阻抗测试
 - (3) 偏置电压下的电化学阻抗谱测试

(四) 要求及课程思政：选开

在实验教学过程中，指导老师向学生讲述我校广东省氢能重点实验室与广东佛山氢能企业产学研研究成果，激励同学们学习储能科学与工程的热情，帮助学生树立正确的人生观和价值观，发挥“储能科学与工程专业综合实验”课程的思政育人功能。

(五) 每组人数：1—4 人

(六) 主要仪器设备及台套数：

1. 电化学工作站（CHI660）6 台
2. 质子交换膜燃料电池实验模型（26020）10 套
3. 烘箱（101-0B）1 台

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验四 燃料电池电解质的制备与结构测试

学时：8

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 学习功能陶瓷材料的制备方法；
2. 掌握粉末压片法制备陶瓷基体的方法；
3. 学习陶瓷烧结原理；
4. 学习陶瓷结构测试方法。

(三) 实验内容：

1. 掺杂氧化铈陶瓷粉末的制备
 - (1) 低温自燃烧法合成陶瓷氧化物
 - (2) 合成粉体的煅烧
 - (3) 合成粉体的物相结构研究
2. 陶瓷片的制备
 - (1) 陶瓷坯体的制备
 - (2) 固体电解质的烧结
3. 电解质材料结构研究
 - (1) 材料物相结构分析
 - (2) 材料致密度研究

(四) 要求及课程思政：选开

在实验教学过程中，指导老师向学生讲述我国固体氧化物燃料电池的研究现状，介绍固

体氧化物燃料电池在能源行业中的重要作用，激励学生学习储能科学与工程的热情，帮助学生树立正确的人生观和价值观，发挥“储能科学与工程专业综合实验”课程的思政育人功能。

(五) 每组人数：1—4 人

(六) 主要仪器设备及台套数：

1. 1500°C 高温烧结炉 (KSL-1700X-S) 4 台
2. 粉末压片机 (GK-15) 1 台
3. 陶瓷片模具 (HMY-B) 2 套
4. 球磨机 (MSK-SFM-1S) 2 台
5. 高温测试炉 (OTF-1200X-S) 6 台

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验五 燃料电池电解质的制备与电导率性能测试

学时：8

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 学习纳米陶瓷材料的制备方法；
2. 掌握粉末压片法制备陶瓷基体的方法；
3. 学习陶瓷烧结原理；
4. 学习电化学测试原理与数据分析方法。

(三) 实验内容：

1. 电解质基片的制备
 - (1) 陶瓷坯体的制备
 - (2) 固体电解质的烧结
2. 燃料电池电解质氧离子电导率研究
 - (1) 电化学阻抗测试
 - (2) 阻抗数据分析

(四) 要求及课程思政：选开

在实验教学过程中，指导老师向学生讲述我国固体氧化物燃料电池的研究现状，我国在中温固体氧化物燃料电池电解质材料方面的研究成果，激励学生学习储能科学与工程的热情，帮助学生树立正确的人生观和价值观，发挥“储能科学与工程专业综合实验”课程的思政育人功能。

(五) 每组人数：1—4 人

(六) 主要仪器设备及台套数：

1. 电化学工作站 (CHI660) 6 台
2. 1500°C 高温烧结炉 (KSL-1700X-S) 4 台
3. 粉末压片机 (GK-15) 1 台
4. 陶瓷片模具 (HMY-B) 2 套
5. 球磨机 (MSK-SFM-1S) 2 台
6. 高温测试炉 (OTF-1200X-S) 6 台

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验六 氧还原反应电极的制备与性能测试

学时：8

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的:

1. 熟悉旋转圆盘电极测试装置的基本构成, 学习旋转圆盘电极测试的基本原理, 理解三电极(包括工作电极、参比电极和对电极)在整个电化学测试过程中的各自作用, 掌握如何在玻碳电极表面制备催化剂薄膜;

2. 掌握基于旋转圆盘电极的氧电还原极化曲线的测试方法;

3. 加深对电催化与储能技术的认识和理解。

(三) 实验内容:

1. 催化剂薄膜的制备

(1) 抛光并清洗玻碳电极

(2) 制备氧还原电催化剂浆料

(3) 在玻碳电极表面定量滴盖催化剂浆料, 并烘干

2. 电解液配制及电极组装与接线

(1) 配制 500 mL 0.1 mol/L HClO_4 电解液

(2) 将玻碳电极固定在电极杆上

(3) 连接电化学工作站和旋转圆盘电极系统(包括工作电极、参比电极和对电极)

(4) 向电解液中通入纯氧气并使之饱和

3. 氧电还原极化曲线测试

(1) 设定电势扫描范围

(2) 设定不同转速, 记录不同转速下的电流-电压关系曲线

(四) 要求及课程思政: 选开

在实验教学过程中, 指导老师向学生讲述佛山氢能燃料电池的发展历程, 介绍学校氢能燃料电池研究团队的最新成果, 激励同学们学习储能科学与工程的热情, 帮助学生树立正确的人生观和价值观, 发挥“储能科学与工程专业综合实验”课程的思政育人功能。

(五) 每组人数: 1—4 人

(六) 主要仪器设备及台套数:

1. 双通道电化学工作站(DH7003) 1 台

2. 三电极电解池 4 套

3. 鼓风烘箱 1 台

(七) 所属实验室: 材料科学与工程实验教学中心

实验七 碳基钴单原子氧还原电催化剂的制备与性能测试

学时: 8

(一) 实验类型: 综合性

(二) 实验目的:

1. 学习纳米材料的制备方法, 了解单原子催化剂的概念及在新能源技术中的应用前景;

2. 掌握钴掺杂 ZIF-8 纳米晶体材料的制备方法;

3. 熟悉碳基材料热解过程中结构变化的基本规律;

4. 理解影响催化剂氧还原电催化活性的控制因素。

(三) 实验内容:

1. 碳基钴单原子氧还原电催化剂的制备

(1) 混料: 充分混合反应原料

(2) 固相反应: 将上述混合粉体置于不锈钢反应釜中进行固相反应

(3) 球磨: 对上述反应产物(Co-ZIF-8)进行球磨处理

(4) 热处理: 对球磨产物进行高温(900~1100 °C)热处理

2. 合成催化剂的氧还原性能测试

- (1) 电极转速对氧还原极化曲线的影响
- (2) 催化剂载量对氧还原极化曲线的影响
- (3) 通过测试双电层电容计算催化剂的电化学活性面积

(四) 要求及课程思政：选开

在实验教学过程中，指导老师向学生讲述当前质子交换膜燃料电池技术在商业推广过程中所面临的技术难题，介绍学校氢能燃料电池研究团队的最新成果，鼓励同学们学习相关的储能知识，帮助学生树立正确的人生观和价值观，发挥“储能科学与工程专业综合实验”课程的思政育人功能。

(五) 每组人数：1—4 人

(六) 主要仪器设备及台套数：

1. 不锈钢反应釜 4 套
2. 高能行星式球磨仪 1 套
3. 气氛烧结炉 1 套

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验八 循环伏安法用于电极材料动力学的测试与分析

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 熟悉电化学工作站原理；
2. 领取标准纽扣电池，熟悉其名称、规格，了解使用注意事项；
3. 学习并练习常用仪器的操作方法及实验数据处理分析。

(三) 实验内容：

1. 认识电化学工作站；
2. 采用循环伏安法用于电极材料动力学的测试与分析。

(四) 要求及思政设计：选开；

课程思政设计：通过介绍循环伏安法的实验要求和实验室安全准则，使学生了解电极材料动力学的测试与分析；了解及学习电化学工作站的特点和使用方法，培养学生规范操作、实事求是的实验素养。

(五) 每组人数：1 人/组

(六) 主要仪器设备及台套数：电化学工作站 2 台，8 通道。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验九 多孔碳负极材料的合成与制备

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 掌握高温烧结法制备多孔炭负极材料的制备工艺；
2. 学习管式炉的使用方法。

(三) 实验内容：

1. 多孔碳负极材料的合成与制备。

(四) 要求及思政设计：选开；

课程思政设计：通过学习和练习高温管式炉的使用方法，使学生初步确立高温烧结的

准确概念，同时掌握制备多孔炭的基本方法，提高学生的动手能力。

(五) 每组人数：6 人/组

(六) 主要仪器设备及台套数：管式炉 3 台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验十 电池材料电化学阻抗谱测试与分析

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的

1. 测定电池材料电化学阻抗；
2. 了解电化学工作站测阻抗的原理。

(三) 实验内容：

1. 电化学阻抗谱的测定；
2. 数据处理。

(四) 要求及思政设计：选开；

课程思政：学习电池材料电化学阻抗谱测试与分析的手段。培养学生精益求精和追求事实真相的实验精神，锻炼学生从理论到实践的思维，培养其分析解决实际问题的能力。

(五) 每组人数：4 人/组

(六) 主要仪器设备及其台套数：电化学工作站 2 套。

(七) 所在实验室：材料科学与工程实验教学中心

第 6 学期学时：32

应开实验个数：4-7 必开实验个数：1 选开实验个数：3-6

实验一 超级电容器单电极的制备与性能测试

学时：8

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 了解超级电容器电极材料的分类；
2. 学习超级电容器单电极的制备方法；
3. 掌握单电极电化学性能的测试方法，学习电化学参数设定的原则。

(三) 实验内容：

1. 活性炭电极的制备；
2. 二氧化锰电极的制备；
3. 单电极的电化学性能测试。

- (1) 交流阻抗测试；
- (2) 循环伏安曲线测试；
- (3) 恒电流充放电测试。

(四) 要求及课程思政：必开

介绍国内外超级电容器的研究进展和发展趋势，激发学生对高效电化学储能的学习热情与思考，引导学生将理论知识与实践应用相结合。

(五) 每组人数：1-4 人。

(六) 主要仪器设备及台套数：

分析天平 6 台；切片机 1 台；压片机 1 台；加热台 3 台；电化学工作站（上海辰华）6

台；烘箱 1 台。

（七）所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验二 水系超级电容器的组装与性能优化

学时：8

（一）实验类型：综合性

（二）实验目的：

1. 了解超级电容器电极组装的匹配原则；
2. 学习水系超级电容器的组装方法；
3. 掌握超级电容器电化学性能的测试方法，学习电化学参数设定的原则。

（三）实验内容：

1. 单电极的制备；
2. 对称型与非对称型超级电容器的组装；
3. 器件电化学性能测试：
 - （1）交流阻抗测试；
 - （2）电压窗口测试；
 - （3）循环伏安曲线测试；
 - （4）恒电流充放电测试。

（四）要求及课程思政：选开

通过实验训练及对比总结，让学生辩证认识超级电容器组装中性能优化的重要因素，加强和引导学生正确的科研思维。

（五）每组人数：1-4 人。

（六）主要仪器设备及台套数：

分析天平 6 台；切片机 1 台；压片机 1 台；加热台 3 台；电化学工作站（上海辰华）6 台；烘箱 1 台。

（七）所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验三 柔性超级电容器的制备与性能测试

学时：8

（一）实验类型：综合性

（二）实验目的：

1. 学习固态电解质的制备方法；
2. 学习柔性超级电容器的组装方法；
3. 基本掌握柔性超级电容器电化学性能的测试方法。

（三）实验内容：

1. 固态电解质的制备；
2. 柔性电极的制备；
3. 器件组装及电化学性能检测：
 - （1）交流阻抗测试；
 - （2）电压窗口测试；
 - （3）循环伏安曲线测试；
 - （4）恒电流充放电测试；
 - （5）器件在不同弯曲角度下的电化学测试。

（四）要求及课程思政：选开

了解现代生活中柔性器件的发展潮流，如折叠屏、电子皮肤等，树立安全、清洁、高效

的绿色储能意识。

(五) 每组人数：1-4 人。

(六) 主要仪器设备及台套数：

分析天平6台；搅拌器10台；切片机1台；压片机1台；电化学工作站（上海辰华）6台；烘箱1台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验四 导电聚合物电极的制备及其电化学性能测试

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 了解导电聚合物在超级电容器中的应用；
2. 学习导电聚合物电极的电化学制备方法；
3. 理解导电聚合物的聚合原理与储能机理。

(三) 实验内容：

1. 单体电解液的配制；
2. 导电聚合物的电化学制备；
3. 导电聚合物电极的电化学性能测试。

(四) 要求及课程思政：选开

在过去，有机聚合物通常被认为是绝缘体，导电聚合物的开发源于科学家的大胆创新思维，通过介绍导电聚合物的发展历程，激发学生的创新思维。

(五) 每组人数：1-4 人。

(六) 主要仪器设备及台套数：

分析天平6台；电化学工作站（上海辰华）6台；烘箱1台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验五 超级电容器流程化制备虚拟仿真实验

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 了解超级电容器流程化制备过程中所使用的耗材与设备；
2. 学习软包、柱状等超级电容器的组装流程；
3. 了解超级电容器制备工艺中影响其性能的主要因素。

(三) 实验内容：

1. 学习超级电容器流程化制备中制浆、涂布、极片处理和组装四个过程；
2. 学习集流器、隔膜、极耳等耗材的用途；
3. 学习浆料真空搅拌机、涂布机、电动对辊机、分切机、焊接机等设备的构造及用途。

途。

(四) 要求及课程思政：选开

通过虚拟仿真实验，在有限的实验条件下，让学生了解超级电容器工艺流程及其设备，确保人身和设备安全，同时培养学生自主学习的能力。

(五) 每组人数：1 人。

(六) 主要仪器设备及台套数：

虚拟仿真实验软件；冲片机1台；焊接机1台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验六 对称超级电容器材料制备及器件组装

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 了解对称型超级电容器的材料制备与器件组装知识；
2. 学习称重，电容器材料组装的基本操作。

(三) 实验内容：

1. 超级电容器材料的制备；
2. 对称超级电容器的组装。

(四) 要求及思政设计：选开；

课程思政设计：通过对称型超级电容器的材料制备与器件组装，进一步使学生电容器相关准确概念，培养学生精益求精和追求事实真相的实验精神，锻炼学生从理论到实践的思维，培养其分析解决实际问题的能力。

(五) 每组人数：4 人/组

(六) 主要仪器设备及台套数：手套箱 1 台；称量天平 2 台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验七 超级电容器的充放电性能测试与分析

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 超级电容器的充放电性能测试；
2. 超级电容器的实验数据分析。

(三) 实验内容：

1. 倍率性能测试；
2. 循环性能测试；
3. 电压-容量测试。

(四) 要求及思政设计：选开；

课程思政设计：通过超级电容器的电化学测试分析，进一步强化学生对超级电容器高功率密度的理解，培养学生对新型储能器件的综合认识。

(五) 每组人数：1人/组

(六) 主要仪器设备及其台套数：充放电测试仪40套。

(七) 所在实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验八 热解生物炭的制备

学时：8

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 学习热解法制备生物炭的原理；
2. 掌握高温热解法制备生物炭的工艺流程。

(三) 实验内容：

热解法制备生物炭

- (1) 生物质废弃物的收集和预处理；
- (2) 管式炉中热解制备生物炭。

(四) 要求及思政设计：选开；

通过“碳达峰碳中和”“双碳目标”背景知识的介绍，向学生讲述生物质固体废弃物高值化再利用的意义，同时通过热解法制备生物炭实验，培养学生安全规范实验操作、实事求是处理实验数据的科研素养。

(五) 每组人数：4-6 人/组

(六) 主要仪器设备及台套数：常用玻璃仪器 40 套；管式炉 4 台；烘箱 2 台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验九 生物炭辅助水电解制氢性能测试

学时：8

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 掌握H型电解池体系下辅助水电解制氢的原理和电化学性能测试方法；
2. 加深对生物炭辅助水电解制氢的认识和理解

(三) 实验内容：

1. 质子交换膜的预处理和 H 型电解池的组装
2. H 型电解池体系下辅助水电解制氢性能测试
 - (1) LSV 曲线
 - (2) EIS
 - (3) i-t 曲线
 - (4) 产氢量测试

(四) 要求及思政设计：选开；

通过“碳达峰碳中和”“双碳目标”背景知识的介绍，向学生讲述生物质固体废弃物高值化再利用的意义和氢能作为可再生可循环利用新能源的重要地位；同时通过电解池的组装和辅助水电解制氢性能测试，培养学生安全规范实验操作、实事求是处理实验数据的科研素养。

(五) 每组人数：4-6 人/组

(六) 主要仪器设备及台套数：常用玻璃仪器 40 套；电化学工作站 6 台；H 型电解池 15 套；烘箱 2 台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

第 7 学期学时：32

应开实验个数：6-7 必开实验个数：3 选开实验个数：3-4

实验一 手套箱和真空干燥箱的使用

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 了解手套箱和真空干燥箱的工作原理；
2. 学习手套箱和真空干燥箱的操作规范；
3. 掌握手套箱和真空干燥箱的正确使用方法。

(三) 实验内容：

1. 手套箱和真空干燥箱操作界面控制；
2. 手套箱大/小过渡仓的正确使用；
3. 双手进入手套箱的正确操作。

(四) 要求及课程思政：选开

通过讲解手套箱和电池相关设备的工作原理和应用及其注意事项，培养同学们严谨的科

学态度。

(五) 每组人数：3 人/组

(六) 主要仪器设备及台套数：伊特克斯/lab 1200 手套箱 1 台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验二 锂离子电池正极电极片的制备

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 熟悉粉末电极原材料的准备方法；
2. 掌握粉末电极的制备工艺流程。
3. 掌握活性物质的计算方法。

(三) 实验内容：

1. 原材料的干燥；
2. 混料——活性材料（钴酸锂/磷酸铁锂），导电剂（乙炔黑），粘结剂（聚偏氟乙烯），溶剂（N-甲基吡咯烷酮）的混合；
3. 涂覆——混料在铝箔上的涂覆；
4. 电极干燥——高温烘干后备用。

(四) 要求及课程思政：必开

在实验过程中，指导老师给同学们讲解实验注意事项，培养学生认真负责的实验精神，以及安全第一的意识。

(五) 每组人数：3 人/组

(六) 主要仪器设备及台套数

鼓风烘箱 1 台（雅马拓/DX612C）；真空干燥箱 1 台（上海一恒/DZF-6020），分析天平 (JJ224BF)10 台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验三 纽扣式锂离子电池的装配

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 熟悉锂离子电池的外形分类；
2. 掌握锂离子电池的工作原理；
3. 练习纽扣式锂离子电池装配的操作。

(三) 实验内容：

1. 手套箱的使用操作；
2. 纽扣式锂离子电池的组装；
3. 纽扣式锂离子电池的封口。

(四) 要求及课程思政：必开

锂离子电池的装配需要在手套箱中进行，戴上厚重的手套，操作有些不太灵活，成功装好一个电池，需要具备耐心和毅力。通过本次实验，培养同学们吃苦耐劳的敬业精神。

(五) 每组人数：3 人/组

(六) 主要仪器设备及台套数

伊特克斯/lab 1200 手套箱 1 台，科晶 (MSK-110D) 电池封口设备 1 台，科晶 (YLJ-24T) 手动分体式压片机、科晶 (MSK-T10) 手动切片机 1 台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验四 纽扣式锂离子电池的循环性能测试

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 学习电池开路电压及循环的测试方法；
2. 学习电池性能的分析方法。

(三) 实验内容：

获取锂离子电池的开路电压与循环性能图。

(四) 要求及课程思政：选开

电池性能测试是验证前述几个步骤是否成功的标准，通过电池的充放电曲线、循环性能和倍率性能来分析哪些地方需要改进，培养同学们的科研素养。

(五) 每组人数：3 人/组

(六) 主要仪器设备及台套数：新威/CT-4800-5V10 mA-A 电池测试系统 4 台，台式电脑 1 台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验五 钠离子电池负极材料多孔碳的制备

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 掌握高温烧结法制备多孔炭负极材料的制备工艺；
2. 学习管式炉的使用方法。

(三) 实验内容：

1. 多孔碳负极材料的合成与制备。
2. 学习管式炉的安全使用。

(四) 要求及思政设计：选开；

通过学习和练习高温管式炉的使用方法，使学生初步确立高温烧结的准确概念，同时掌握制备多孔炭的基本方法，提高学生的动手能力。

(五) 每组人数：6 人/组

(六) 主要仪器设备及台套数：管式炉 3 台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验六 钠离子电池负极电极片的制备

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 熟悉钠电负极电极的制备方法（擀膜工艺）；
2. 掌握电极的制备工艺流程。

(三) 实验内容：

1. 原材料的干燥；
2. 混料——多孔碳与KB炭黑混合研磨，并干燥；
3. 擀膜——上述碳材料与PTFE粘结剂混合，加入少量无水乙醇进行擀膜；
4. 电极干燥——高温烘干后裁成5mm原片备用。

(四) 要求及课程思政：必开

在实验过程中，指导老师给同学们讲解实验注意事项，培养学生认真负责的实验精神，以及安全第一的意识。

(五) 每组人数：3 人/组

(六) 主要仪器设备及台套数

鼓风烘箱 1 台（雅马拓/DX612C）；真空干燥箱 1 台（上海一恒/DZF-6020），分析天平 (JJ224BF)10 台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验七 钠离子纽扣电池的装配和阻抗性能测试

学时：4

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 熟悉钠离子电池的外形分类；
2. 掌握钠离子电池的工作原理和阻抗测试方法；
3. 练习纽扣式钠离子电池装配的操作。

(三) 实验内容：

1. 手套箱的使用操作；
2. 纽扣式钠离子电池的组装；
3. 纽扣式钠离子电池的封口。

(四) 要求及课程思政：选开

锂离子电池的装配需要在手套箱中进行，戴上厚重的手套，操作有些不太灵活，成功装好一个电池，需要具备耐心和毅力。通过本次实验，培养同学们吃苦耐劳的敬业精神。

(五) 每组人数：3 人/组

(六) 主要仪器设备及台套数

伊特克斯/lab 1200 手套箱 1 台，科晶 (MSK-110D) 电池封口设备 1 台，科晶 (YLJ-24T) 手动分体式压片机、科晶 (MSK-T10) 手动切片机 1 台。

(七) 所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验八 锌离子电池电极片的制备与电池组装

学时：8

(一) 实验类型：综合性

(二) 实验目的：

1. 了解锌离子电池的工作原理；
2. 学习纽扣式锌离子电极片的制备以及锌离子电池的组装

(三) 实验内容：

1. 正极活性材料的准备：活性物质、乙炔黑、PVDF 以 8:1:1 质量比放入玛瑙研钵中充分研磨 1 小时，加入 60 质量比的 NMP 后磁力搅拌 36 小时后备用。

2. 以不锈钢网集流体，涂覆上厚度约为 $15\mu\text{m}$ 的活性物质，随后放入真空干燥箱中在真空环境下 120 摄氏度干燥(18 小时)后切片备用。

3. 负极材料为 99.99%纯度的锌片，厚度 1mm，裁成圆形装片。

4. 用 whatman GF/A 玻璃纤维膜为隔膜。

5. 浓度为 2.3mol/L 硝酸锌为电解液。

6. 按照:正极电池壳→弹片→垫片→锌片→电解液→隔膜→电解液→活性物质→负极电极壳顺序安装电池后，使用压机压紧后制备完成。

7. 制备完成后的电池可经各电流大小的普通循环及倍率循环测试其性能，参照其 CV、

阻抗等数据综合评价该活性物质的性能。

（四）要求及课程思政：选开

本实验从极片的制备到电池的组装，均可以在常规实验室中进行，无需手套箱，但是实验过程较长，成功装好一个电池，需要具备耐心和毅力。通过本次实验，培养同学们吃苦耐劳的敬业精神。

（五）每组人数：3 人/组

（六）主要仪器设备及台套数

科晶（MSK-110D）电池封口设备 1 台，科晶（YLJ-24T）手动分体式压片机、科晶（MSK-T10）手动切片机 1 台。

（七）所属实验室：材料科学与工程实验教学中心

实验九 废弃锂/钠离子电池的拆卸与处置

学时：2

（一）实验类型：综合性

（二）实验目的：

1. 了解锂/钠离子电池直接投入对环境带来的危害；
2. 学习纽扣式废弃锂/钠离子电池的处置方法

（三）实验内容：

1. 手套箱的使用操作；
2. 纽扣式锂/钠离子电池的拆卸；
3. 废弃锂片/钠片的处置。

（四）要求及课程思政：选开

锂/钠离子电池的拆卸需要在手套箱中进行，戴上厚重的手套，操作有些不太灵活。此外拆卸下来的隔膜、正极材料和金属锂片/钠片要分开放置。通过本次实验，培养同学们吃苦耐劳的敬业精神以及环境保护的意识。

（五）每组人数：3 人/组

（六）主要仪器设备及台套数

伊特克斯/lab 1200 手套箱 1 台，科晶（MSK-110D）电池封口设备 1 台，20L 塑料大水桶 1 个。

（七）所属实验室：材料科学与工程实验教学中心