

# 《专业综合实验》课程教学大纲

## 一、课程基本信息

英文名称	Comprehensive Professional Experiment	课程代码	MDNE2602
课程性质	专业必修课程	授课对象	新能源材料与器件 新能源材料与器件（中外合作办学）
学 分	3	学 时	108
主讲教师	惠静姝、杨新波	修订日期	2021-04-30
指定教材			

## 二、课程目标

### （一）总体目标：

通过专业综合实验课程，培养学生掌握新能源材料与器件专业相关基本知识和技术能力，了解新能源材料与器件领域的国际研究前沿，获得能量存储与转换等方向扎实的基本理论和实验技能，为学生在更高层次的发展及深造打下基础。

### （二）课程目标：

通过本课程的理论学习和实验训练，使学生具备下列能力：

#### 课程目标 1：培养学生文献调研能力，加深对相关前沿领域的了解

1. 1 通过对新能源材料与器件的相关前沿领域的文献调研，加深对各新能源储能、转换体系的理解。

#### 课程目标 2：培养学生掌握新能源材料与器件的基本原理和实验技能

2. 1 了解新能源材料与器件的基本研究领域和研究方法：先进碳材料、锂离子电池、超级电容器、电解池、钙钛矿太阳能电池、晶硅太阳能电池。

2. 2 掌握各领域的基本原理和实验操作技能。培养学生的实验动手能力，使学生掌握典型的验证性实验的方法、操作，获得实验技能的基本训练，具有初步进行设计性实验的能力。

#### 课程目标 3：培养学生实验数据分析、整合及写作能力。

3. 1 培养学生的对实验内容、现象和数据的分析能力，学习并掌握专业软件来处理实

验图片和数据，并且能够将实验结果整合以及完成实验报告写作。

### (三) 课程目标与毕业要求、课程内容的对应关系 (小四号黑体)

表 1: 课程目标与课程内容、毕业要求的对应关系表 (五号宋体)

课程目标	对应课程内容	对应毕业要求
课程目标 1: 培养学生文献调研能力, 加深对相关前沿领域的了解	文献调研报告	能够针对新能源复杂科学问题, 运用或开发适当的现代工具进行文献检索、资料查询、分析等
课程目标 2: 培养学生掌握新能源材料与器件的基本原理和实验技能	各个实验项目	掌握新能源材料制备(或合成)、材料加工、材料结构与性能测定等方面的基础知识、基本原理和基本实验技能
课程目标 3: 培养学生实验数据分析、整合及写作能力	实验报告撰写	具备运用科学原理和科学方法对复杂科学工程问题进行研究, 包括设计实验、分析和解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论

## 三、教学内容

专业综合实验课为新能源材料与器件及新能源材料与器件(中外合作办学)两个专业的必修课程。课程设置为 3 学分, 108 学时。课程内容包含文献调研报告及 6 个实验项目, 包含新能源材料与器件的基本研究领域和研究方法。本课程共设置了 6 个实验项目: 薄层石墨烯与掺杂石墨烯方块电阻测试、超级电容器组装与性能测试、锂离子电池组装与测试、电解池性能分析、钙钛矿薄膜合成和生长、晶硅太阳能电池 I-V 测量与组件焊接及应用。

### 一、文献调研报告

#### 1. 教学目标

通过对新能源材料与器件的相关前沿领域的文献调研, 加深对各新能源储能、转换体系的理解。文献调研的方向可以涵盖各新能源体系的基本原理、发展历程、材料制备方法、性能研究分析手段、以及该领域的未来发展方向等等。

#### 2. 教学重难点

通过对文献的查阅, 结合所学知识加强对各个研究领域的现状, 未来及挑战的认识, 且能以论文及 PPT 的形式呈现, 讲述; 灵活运用所学知识讲清实验基本原理。

#### 3. 教学内容

提供 18 个新能源科学与技术方向的前言课题供调研, 包括(1)锂离子电池概述; (2) 锂离子电池电极材料新趋势; (3) 锂离子电池新策略; (4) 碳的同素异形体; (5) 石墨烯的性质及应用; (6) 石墨烯的诺奖故事; (7) 电容器发展历程; (8) 电容器与电池的区别以及相关电

极材料；(9) 电容器存在瓶颈以及相应解决策略；(10) 储能体系界面的原位分析方法；(11) 液流电池研究进展；(12) 燃料电池催化剂制备概述；(13) 钙钛矿太阳能电池概述；(14) 钙钛矿薄膜制备方法；(15) 钙钛矿太阳能电池稳定性；(16) 单晶硅的制备技术及晶硅太阳能电池的发展历史；(17) 晶硅太阳能电池的制备工艺流程；(18) 下一代高效晶硅异质结电池

#### 4. 教学方法

线下集中式指导，以两人一组的形式，各组选择自己感兴趣的领域，通过校图书资源等进行文献查阅，书写调研报告，在此期间，老师进行线上答疑解惑。

#### 5. 教学评价

- 5.1 学生调研报告格式规范性；
- 5.2 调研报告内容重复率；
- 5.3 报告是否含有学生个人对所选课题的理解及评价。

## 二、实验 1 薄层石墨烯与掺杂石墨烯面电阻测试

### 1. 教学目标

- 1.1 了解石墨烯相关本征性质。
- 1.2 掌握循环水真空抽滤石墨烯薄膜的实验流程。
- 1.3 学习粉体材料面电阻测试方法。

### 2. 教学重难点

- 2.1 理解影响石墨烯薄膜制备的关键因素。
- 2.2 分析掺杂石墨烯影响导电性的原因。
- 2.3 了解四探针电阻测试仪工作原理。
- 2.4 拓展掺杂石墨烯制备方法及种类。

### 3. 教学内容

- 3.1 石墨烯均匀分散液的制备。
- 3.2 砂芯抽滤装置的组装。
- 3.3 石墨烯薄膜的制备。
- 3.4 四探针面电阻仪器的使用。
- 3.5 相关数据的 Origin 处理。

### 4. 教学方法

#### 4.1 讲授法

集中进行 PPT 讲解，详细讲述实验目的，原理，仪器，预期结果，注意事项及具体实验步骤。

#### 4.2 演示法

助教进行实验操作步骤的集中演示，向学生进行简单操作流程的演示。

#### 5. 教学评价

- 5.1 对实验仪器的正确使用及规范操作。
- 5.2 对实验结果的正确测试。
- 5.3 对错误实验及无效结果的分析 and 解决能力。
- 5.4 对实验中突发情况的处理能力。
- 5.5 对待实验的学习态度和情感价值。

### 三、实验 2 超级电容器性能测试

#### 1. 教学目标

- 1.1 了解超级电容器相关本征性质。
- 1.2 掌握三电极测试体系的组装。
- 1.3 学习电化学工作站的使用。

#### 2. 教学重难点

通过实验来加强文献调研的理论知识理解，通过三电极测试体系对碳材料的电化学性能进行基础测试，能根据实验过程中的电化学信号来对实验参数进行合理调整以获得正确的数据，通过对实验数据的分析，进一步加深对超级电容器基本性质的理解。

#### 3. 教学内容

- 3.1 电极材料的称量；
- 3.2 三电极测试体系的组装；
- 3.3 电化学工作站的使用；
- 3.4 相关数据的 Origin 处理。

#### 4. 教学方法

##### 4.1 讲授法

集中进行 PPT 讲解，详细讲述实验目的，原理，仪器，预期结果，注意事项及具体实验步骤。

##### 4.2 演示法

助教进行实验操作步骤的集中演示，向学生进行简单操作流程的演示。

#### 5. 教学评价

- 5.1 对基本物理化学实验器材的识别，使用和摆放；
- 5.2 对三电极测试体系的组装；

- 5.3 电化学工作站的使用；
- 5.4 实验操作过程中根据实验数据合理调整测试参数；
- 5.5 学生对待实验的学习态度和情感价值。

## 四、实验 3 锂离子电池组装与测试

### 1. 教学目标

- 1.1 熟悉电池组装所需条件；
- 1.2 掌握锂离子电池的组装过程及要点。

### 2. 教学重难点

锂离子电池电极材料制备的工艺要求。

### 3. 教学内容

#### 3.1 实验原理

电极的制备过程就是用粘结剂将电极材料附着在集流体上。集流体是指汇集电流的结构或零件。其功能主要是将电池活性物质产生的电流汇集起来以便形成较大的电流对外输出，因此集流体应与活性物质充分接触，并且内阻应尽可能小为佳。对于锂离子电池来说，正极的集流体用铝箔，负极的集流体用铜箔。

一个完整的锂离子电池的原料配比，必须包括活性物质材料、导电剂、粘结剂、溶剂以及添加剂等部分组成而粘结剂起到了将活性物质与箔材、活性物质与导电剂之间的粘结起来的作用，其作用不可替代。

#### 3.2 实验步骤

- 1、按 70:20:10 (wt%) 称取所制备的活性物质石墨烯、乙炔黑、粘接剂 PVDF，将三者充分研磨混合 10 min，加入适量 NMP 溶剂，用磁力搅拌器快速搅拌 8h。
- 2、将所得粘稠的糊状倒在铜箔上，用刮刀将其摊平得到厚度均匀的液膜。
- 3、将铜箔置于真空干燥箱中 80℃ 继续干燥 12h。
- 4、用切片机将附有材料的铜箔剪裁成大小均匀的圆片及得到锂离子电池负极。
- 5、在手套箱中按照顺序组装完整的锂离子半电池。
- 6、将电池安装与蓝电测试系统，进行简单的电化学性能测试，如循环伏安测试、恒电位测试。

#### 3.3 作业

对电池性能测试数据进行处理及作图。

### 4. 教学方法

讲授法、演示法、实验法

### 5. 教学评价

1. 对电化学实验基础知识和技能的评价；
2. 对学生基本实验操作能力的评价；
3. 对学生实验数据处理和转化能力的评价；
4. 对学生实验过程种态度和情感价值的评价。

## 五、实验 4 钙钛矿薄膜合成和生长

### 1. 教学目标

(1). 通过对实验原理与装置的了解、分析，加深对《半导体物理》、《物理化学》、《普通化学》基础理论知识的理解；

(2). 掌握一些基本的旋涂实验方法，提高实验技能，培养基本的科学素养，为今后的学习和工作奠定良好的实验基础；

(3). 培养学生的实验动手能力，使学生掌握典型的验证性实验的方法、操作，获得实验

技能的基本训练，具有初步进行设计性实验的能力；

(4). 培养学生的科研能力，提高学生的实际动手操作能力，使学生能够正确地使用常用的称量，清洗，成膜，电化学仪器，并进行测试、正确记录和处理实验数据，撰写合格的实验报告；

(5). 通过实验合作，培养学生的交流能力和团队合作精神。

### 2. 教学重难点

通过实验来加强文献调研的理论知识理解，通过对旋涂成膜的基础实验操作，能根据不用的成膜材料来对实验参数进行合理修改以提高薄膜质量，通过对实验过程的观察，提出自己的疑惑来进一步加深对实验操作的理解。

### 3. 教学内容

(1). ITO 导电基底的清洗；

(2). 钙钛矿前体溶液的称量和配置；

(3). 通过一步旋涂法进行钙钛矿的成膜及退火进行钙钛矿晶体的生长。

### 4. 教学方法

讲授法：集中式讲述实验操作步骤，实验安全规范及注意事项；进行实验操作演示，最后学生以小组的形式动手开展实验。

### 5. 教学评价

(1). 对基本物理化学实验器材的识别，使用和摆放；

(2). 对数据测量的正确读取；

(3). 信息读取和转化能力：将直接数据转化成自己所需要的证据；

(4). 实验操作过程中发挥想象，创新实验；

(5). 学生对待实验的学习态度和情感价值。

## 六、实验 5 晶硅太阳能电池 I-V 测试与组件焊接及应用

### 1. 教学目标（五号宋体）

1.1 了解晶硅太阳能电池的基本参数：开路电压、短路电流、填充因子、转换效率、峰值功率；

1.2 了解太阳电池的伏安特性测试、计算和绘制

1.3 了解太阳电池的串并联特性和基本焊接工艺

1.4 利用太阳能电池驱动小型电子器件

### 2. 教学重难点

2.1 太阳模拟器校正、太阳电池线路连接

2.2 太阳电池的手动焊接

2.3 设计小型太阳电池驱动的电子器件

### 3. 教学内容

3.1 晶硅电池基本电学常数的测定方法和性能绘制：开路电压、短路电流、填充因子、转换效率、峰值功率；

3.2 温度、遮挡等因素对太阳电池光伏性能的影响

3.3 晶硅电池串并联的焊接

3.4 利用串并联太阳电池来设计驱动小型电子器件

### 4. 教学方法

4.1 使用晶硅电池作为范例，利用太阳能模拟器来测试其基本电学参数并绘制伏安曲线，讲述其开路电压、短路电流、填充因子、转换效率、峰值功率等；

4.2 测试温度升高、部分遮挡等因素对晶硅电池的性能参数的影响；

4.3 利用手动焊接方法实现晶硅电池的串并联，测试小型组件的基本性能参数

4.4 设计电路利用焊接的小型组件驱动小型的电子器件

### 5. 教学评价

5.1 太阳能模拟器校正、测试太阳电池的伏安特性

5.2 温度、遮挡等因素对太阳电池性能的影响规律

5.3 利用焊接串并联晶硅电池，并成功驱动小型电子器件

## 七、实验 6 电解池性能分析

### 1. 教学目标

通过对实验原理与装置的了解、分析，加深对《电化学原理及应用》基础理论知识的理解。掌握基本的电解池原理及实验方法。

## 2. 教学重难点

使学生了解并掌握三电极系统的结构，连接方式以及每个电极的作用。掌握电化学工作站的操作方式以及伏安特性曲线、恒电位电解曲线的测试方法。

## 3. 教学内容

- 3.1 测量二茂铁和对苯醌的伏安特性曲线，判断二者的氧化还原电位。
- 3.2 测量二茂铁和对苯醌恒电位电解曲线，分析二者的氧化还原储能性能。
- 3.3 掌握 H-型电解池的组装方法，了解 Celgard 隔离膜的作用。

## 4. 教学方法

讲授法：集中式讲述实验操作步骤，实验安全规范及注意事项；进行实验操作演示，最后学生以小组的形式动手开展实验。

## 5. 教学评价

- 3.1 对 H-型电解池的正确组装及使用。
- 3.2 实验电极摆放及连接正确，电化学工作站操作得当，可以选取合适的程序及测量参数。
- 3.3 对伏安特性曲线、恒电位电解曲线实验结果进行正确读取。
- 3.4 对实验过程中的现象进行观察。
- 3.5 在实验报告中合理的数据处理及分析。

## 四、学时分配（四号黑体）

表 2：各章节的具体内容和学时分配表（五号宋体）

章节	章节内容	学时分配
文献调研报告	文献调研报告撰写	20
实验 1	薄层石墨烯与掺杂石墨烯面电阻测试	16
实验 2	超级电容器性能测试	16
实验 3	锂离子电池组装与测试	16
实验 4	晶硅太阳能电池组件焊接及应用	16

实验 5	钙钛矿薄膜合成和生长	8
实验 6	电解池性能分析	16

## 五、教学进度（四号黑体）

表 3：教学进度表（五号宋体）

周次	日期	章节名称	内容提要	授课时数	作业及要求	备注
1-3	3/8-3/27	文献调研	调研新能源科学与技术发展最新动向	20	两人一组完成 1 个方向的调研报告	
4-5	3/29-4/11	实验 1	薄层石墨烯与掺杂石墨烯面电阻测试	16	完成相关实验并提交实验报告	
6-7	4/12-4/25	实验 2	超级电容器性能测试	16	完成相关实验并提交实验报告	
8-9	4/26-5/9	实验 3	锂离子电池组装与测试	16	完成相关实验并提交实验报告	
10-11	5/10-5/23	实验 4	晶硅太阳能电池组件焊接及应用	16	完成相关实验并提交实验报告	
12	5/24-5/30	实验 5	钙钛矿薄膜合成和生长：旋涂法	8	完成相关实验并提交实验报告	
13-14	5/31-6/13	实验 6	电解池性能分析	16	完成相关实验并提交实验报告	

## 六、教材及参考书目（四号黑体）

（电子学术资源、纸质学术资源等，按规范方式列举）（五号宋体）

1. 新能源专业实验与实践教程，常启兵 主编，化学工业出版社，2019

## 七、教学方法

1. 讲授法：讲授实验课程设置、太阳能电池产业现状和制备工艺。
2. 讲授实验讨论：每个实验项目都由老师及各位助教讲授实验的具体内容、原理、操作、预期结果以及注意事项。带领同学学习实验操作，并在课堂中及课后开展关于实验数据及结果的分析讨论。

## 八、考核方式及评定方法

### （一）课程考核与课程目标的对应关系

表 4：课程考核与课程目标的对应关系表

课程目标	考核要点	考核方式
课程目标 1：培养学生文献调研能力，加深对相关前沿领域的了解	前沿课题选择能力、信息检索能力、文献阅读能力、以及整理和写作能力。	文献调研报告
课程目标 2：培养学生掌握新能源材料与器件的基本原理和实验技能	遵守实验安全及规范、实验仪器操作、材料合成、测试及分析能力	课堂实验操作、课堂讨论
课程目标 3：培养学生实验数据分析、整合及写作能力	实验结果收集及分析能力、实验报告规范写作	实验报告

### （二）评定方法

#### 1. 评定方法

学生课程总成绩综合文献调研报告（20%）和实验内容（80%）两部分。其中实验内容部分评分为六个实验的平均成绩。

每个实验项目的成绩 = 出勤（20%）+ 实验操作（20%）+ 课间表现（20%）+ 实验报告（40%）。

#### 2. 课程目标的考核占比与达成度分析

表 5：课程目标的考核占比与达成度分析表

课程目标	考核占比	占比	总评达成度
课程目标 1：培养学生文献调研能力，加深对相关前沿领域的了解		20%	总评达成度 = {0.2 x 文献调研报告平均成绩

课程目标 2: 培养学生掌握新能源材料与器件的基本原理和实验技能	48%	+0.8 x 每个实验平均成绩} / 100
课程目标 3: 培养学生实验数据分析、整合及写作能力	32%	

### (三) 评分标准

课程 目标	评分标准				
	90-100	80-89	70-79	60-69	<60
	优	良	中	合格	不合格
	A	B	C	D	F
课程 目标 1	自主完成文献检索，顺利完成文献阅读、理解，并进行综合分析论述。文献报告字数达到要求，内容详实，没有抄袭或者借鉴，文章格式清晰，图片选择合理，文献选择适当，文献引用正确。	自主完成文献检索，顺利完成文献阅读、理解，并进行综合分析论述。文献报告字数达到要求，内容较为详实，没有抄袭或者借鉴，文章格式较为清晰，图片选择较为合理，文献选择较为适当，文献引用较为正确。	完成文献检索，顺利完成文献阅读、理解，并进行综合分析论述。文献报告字数达到要求，内容较为详实，有少量抄袭或者借鉴，文章格式不清晰，图片选择及质量较差，文献引用格式不当。	需要在教师指导下完成文献检索，阅读、理解及综合分析论述困难。文献报告字数未达到要求，内容较为单一，有少量借鉴但是合理引用，文章格式不统一，图片选择较差，文献引用格式不当。	文献检索、阅读、理解困难，无法用自己语言综合分析论述，抄袭较多。文献报告字数未达到要求，内容过于简单，文章格式混乱，图片选择较差，文献未引用或格式不当。
课程 目标 2	在教师指导下能熟练使用现代科学仪器并掌握其原理，积极参与课堂讨论，积极参与实验操作。在实验过程中积极收取实验数据，积极观测实验现象。	在教师协助下能熟练使用现代科学仪器并掌握其原理，参与课堂讨论，参与实验操作。在实验过程中收取实验数据，观测实验现象。	在教师帮助下能使用现代科学仪器并掌握其原理，参与课堂讨论，参与实验操作。在实验过程中参与收取实验数据。	在教师帮助下能使用现代科学仪器，不了解其原理，不参与课堂讨论，基本不参与实验操作。在实验过程中不积极收取实验数据，不积极观测实验现象。	对现代科学仪器不太了解，不参与课堂讨论，不参与实验操作。在实验过程中不参与收取实验数据，不观测实验现象。
课程	熟练利用专业软件来处理实验图片和	可以利用专业软件来处理实验图片和	可以恰当处理实验图片和数据，有	实验图片和数据处理不当，未能	实验图片和数据未经整合，无法

课程 目标	评分标准				
	90-100	80-89	70-79	60-69	<60
	优	良	中	合格	不合格
	A	B	C	D	F
目标 3	数据,能与预期结果或理论结果进行比较,并作出准确分析及讨论,实验报告内容丰富,对实验内容有自己的思考及讨论。	数据,能与预期结果或理论结果进行比较,并做出一定分析,实验报告内容充实,对实验内容有自己的思考及讨论。	一定与预期结果或理论的比较分析,实验报告内容完整,对实验内容有一定思考及讨论。	与预期结果或理论结果进行比较,有一定分析及讨论,实验报告内容较为简略。	做出准确分析,无法与预期结果或理论结果进行比较,缺少分析及讨论,实验报告内容不完整。