**《高分子物理》实验课程教学大纲**

**课程代码：MMEN1001 课程学分：1.5**

**课程名称（中/英）：高分子物理实验/Experiments in Polymer Physics**

**课程学时：54 实验学时：54**

**适用专业：高分子材料与工程**

**实验室名称：材料工程实验室**

一、课程简介及教学目标：

《高分子物理实验》是高分子材料与工程、材料化学等专业的重要专业基础课程。通过本课程的实验训练和学习，进一步加深对高分子物理的基本知识和基本理论的理解，掌握高分子材料物理性质的测试方法。能够熟练掌握高分子材料相关物理性能的测试方法，了解高分子材料结构与性能的之间的关系。引导学生良好的实验工作方法和工作习惯，认真记录并分析实验现象，正确处理实验数据和撰写实验报告。通过实验课的训练，使学生养成严谨的科学态度，良好的实验习惯，使其以后能独立完成一些科研工作。

围绕课程目标及其相应的教学目标开展课程教育，注重掌握各种表征技术的原理和方法，加强实验动手能力、分析问题和解决问题能力的培养；加强工程案例分析；注重引导学生探究型学习，提高学生的工程知识、探究问题和解决问题的能力。

二、课程目标：

通过本课程的实验训练和学习，使学生具备以下能力：

1. 课程目标**1**：能熟练掌握高分子材料结构与性能表征的基本技术与测试方法，具备扎实的实验技能，能够熟练操作分析测试仪器及设备，安全规范地完成实验操作。
2. 课程目标**2**：能综合运用本课程和其它课程知识与和技术手段，根据实验目的，确定研究路线，选择和设计可行的实验方案，选用合适的仪器设备开展实验。
3. 课程目标**3**：能应用工程数学方法处理实验数据，取得有效实验数据；采用图、表的形式规范地表达实验结果；通过实验结果分析研究高分子材料结构与性能的关系以及环境参数对性能的影响等高分子材料工程问题；能够有条理、有逻辑地表达和完成实验报告。
4. 课程目标**4**：能够团队合作完成实验任务，安全进行实验操作；能够主动承担或积极配合解决实验过程中出现的情况，顺利完成实验。

三、课程目标与毕业要求指标点对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 毕业要求 | 指标点 | 课程目标 |
| 2、问题分析 | 2.3能够正确表达一个工程问题解决方案并分析其合理性。 | 1，2，3，4 |
| 3. 设计/开发解决方案 | 3.3根据设计目标和解决方案，设计高分子材料的制备方法及加工工艺流程。 | 1，2，3，4 |
| 4、研究 | 4.1掌握高分子材料的合成和加工的实验方法，熟悉材料的结构与性能的表征手段。 | 1，2，3，4 |
| 4.4能对实验结果进行分析和解释，并通过信息综合得到合理有效的结论。 | 1，2，3，4 |
| 5. 使用现代工具 | 5.3能熟练使用新型仪器或设备制备或表征高分子材料，并理解仪器或设备的使用局限性。 | 1，2，3，4 |
| 7. 环境和可持续发展 | 7.3能对高分子材料工程实践对客观世界的影响作出评价，并针对环境、安全、健康等因素提出改进建议。 | 1，2，3，4 |

四、实验教学基本内容

**实验项目1：黏度法测量聚合物的分子量（对应课程目标1-4）**

1. 教学内容

用乌氏黏度计测试PET聚合物样品的分子量，用Huggins方程和Kramer方程作图，求得特性粘数；用 MHS方程计算聚合物粘均分子量等。

1. 教学目标
2. 熟悉乌氏黏度计的使用方法、恒温槽的温度控制
3. 掌握实验数据处理分析
4. 思考题
5. 黏度法测定高聚物相对分子质量有何优缺点？
6. 影响黏度法测定相对分子质量准确性的因素有哪些？当把溶剂加入到黏度计中稀释原有的溶液时，如何才能使其混合均匀？若不均匀会对实验结果有什么影响？
7. 用"一点法"求相对分子质量有什么优越性？假设κ（Huggins公式常数）和β（Kramer公式常数）符合"一点法"公式的要求，则用C0浓度的溶液测定的数据计算出的黏均相对分子质量为多少？它与外推法得出的结果相差多少？

**实验项目2：红外光谱法鉴别聚合物（对应课程目标1-4）**

1. 教学内容

测量聚乙烯、聚丙烯等材料以及未知塑料薄膜、乳胶手套等聚合物制品的红外光谱，并进行分析鉴定

2、教学目标

（1）熟悉和了解傅里叶变换型红外光谱仪的工作原理及操作方法。

（2）学会对红外光谱进行解析并判定聚合物种类。

3、思考题

（1）影响红外振动频率的因素有哪些？

（2）针对不同形状的聚合物材料，如何选择合适的制样方法和测试方法？

**实验项目3：旋转黏度计测定聚合物溶液的黏度（对应课程目标1-4）**

1. 教学内容

测试不同浓度聚乙烯吡咯烷酮水溶液的黏度

1. 教学目标
2. 掌握黏度的概念以及黏度测量的意义
3. 旋转式黏度计的使用方法和实验数据处理分析；
4. 掌握高分子浓溶液粘度与浓度的关系等。

3、思考题

1. 如何正确的选择转子
2. 能否在湍流状况下用旋转黏度计测试样品的黏度？为什么？

**实验项目4：偏光显微镜法观察聚合物的结晶形态（对应课程目标1-4）**

1. 教学内容

观察聚丙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯的本体熔融结晶形态

1. 教学目标
2. 熟悉和了解偏光显微镜的结构及使用方法。
3. 掌握样品制备方法、偏光显微镜及标尺的使用方法和实验数据处理分析；
4. 掌握球晶尺寸的测量方法；观察球晶的黑十字消光图案等。

3、思考题

1. 聚合物球晶的结构以及黑十字消光图案的形成原理是什么？同心圆形成的原因是什么？
2. 聚合物晶体生长依赖什么条件？形态特征如何（包括球晶大小和分布、球晶的边界、球晶的颜色等）？
3. 在实际生产中如何控制晶体的形态？其对聚合物材料性能有何影响？

**实验项目5：聚合物熔体流动速率测定（对应课程目标1-4）**

1、教学内容：

测试聚乙烯、聚丙烯材料的熔体流动速率

2、教学目标：

1. 了解热塑性塑料熔体流动速率的意义。
2. 掌握利用熔体流动速率仪测定热塑性塑料熔体流动速率的方法。
3. 了解热塑性塑料熔体流动速率与加工性能的关系。

3、思考题

1. 改变温度和负荷对熔体流动速率的测定有何影响？
2. 熔体流动速率和相对分子量之间有何关系？熔体流动速率在塑料加工上有何意义？
3. 影响实验结果的因素有哪些？

**实验项目6：转矩流变仪测聚合物熔体的流变性能（对应课程目标1-4）**

1、教学内容

测试聚乙烯、聚丙烯树脂在不同温度下的熔体流变性质

2、教学目标

1. 熟悉和了解转矩流变仪的工作原理及操作方法。
2. 掌握高聚物塑化性能与成型加工的关系，以及测定塑化性能的原理与方法。

3、思考题

1. 为什么高聚物熔体随着剪切速率增大，表观黏度下降？
2. 测得流变曲线对加工工艺有何实际指导意义？

**实验项目7：旋转流变仪测聚合物溶液的流变性能（对应课程目标1-4）**

* 1. 教学内容

测试聚乙烯醇水溶液的流变性能

2、教学目标

（1）熟悉和了解DHR型旋转流变仪的工作原理及操作方法。

（2）掌握使用旋转流变仪进行流变性能测试方法。

3、思考题

（1）从结构角度分析温度、剪切速率和浓度对高聚物溶液流动性能的影响规律。

（2）测试高聚物流变性能对成型加工能够有什么影响？

**实验项目8：热重分析法测定聚合物的热稳定性（对应课程目标1-4）**

* 1. 教学内容

测量聚丙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯等聚合物材料的重量随温度变化曲线，分析其热稳定性。

2、教学目标

（1）掌握使用热失重分析仪测定高分子材料热稳定性的原理及方法。

（2）通过数据分析，学会测定高分子材料的热分解温度。

（3）了解热失重分析法在高分子材料领域的应用。

3、思考题

（1）如何通过热重试验评价材料的热稳定性？

（2）热重分析法在解决实际工程问题中的作用？

**实验项目9：热红联用研究材料的裂解气氛（对应课程目标1-4）**

1、教学内容

用热红联用测试聚对苯二甲酸乙二醇酯样品的裂解气氛

2、教学目标

（1）熟悉和了解热红联用的工作原理及操作方法。

（2）掌握热红联用的实验数据处理分析；分析聚合物的分解机理及影响因素。

3、思考题

（1）热重和红外为什么要联用？结合数据说明联用的好处。

（2）如何根据联用的热重曲线和红外光谱推断高聚物的分解机理？

**实验项目10：差示扫描量热分析法研究聚合物的热转变（对应课程目标1-4）**

1、教学内容

用差示扫描量热仪对聚对苯二甲酸乙二醇酯样品进行测试，分析其热转变行为

2、教学目标

（1）了解差示扫描量热法（DSC）的原理。

（2）熟悉并掌握DSC测定聚合物的Tg、Tm以及Tc的方法。

（3）掌握利用DSC数据对结晶聚合物结晶度的计算

3、思考题

（1）DTA与DSC的区别在哪里？

（2）为什么在计算聚合物样品的热焓时需要准确称量样品的质量？

（3）玻璃化转变的本质是什么？有哪些影响因素？

**实验项目11：动态热机械分析（DMA）测定聚合物的粘弹性（对应课程目标1-4）**

* 1. 教学内容

用DMA测试聚对苯二甲酸乙二醇酯胶片的粘弹性

* 1. 教学目标

（1）掌握DMA的结构与测试原理。

（2）掌握测定聚合物的储能模量、损耗模量和阻尼模量的原理及方法。

（3）了解影响DMA实验结果的因素，正确选择实验条件。

3、思考题

（1）如何通过动态黏弹试验评价材料性能？

（2）为什么在玻璃化转变区内会出现最大值？

**实验项目12：极限氧指数法测聚合物阻燃性能（对应课程目标1-4）**

1. 教学内容

用极限氧指数法测试未添加阻燃剂的PBT以及添加阻燃剂的PBT材料的阻燃性能，并分析比较其差别

2、教学目标

（1）了解聚合物材料燃烧的本质和机理，熟悉聚合物阻燃的途径和意义。

（2）掌握本实验的原理、样品制备的方法、极限氧指数仪的使用方法和实验数据处理分析。

（3）了解评价聚合物材料燃烧和阻燃性的基本方法。

3、思考题

（1）测定聚合物的氧指数有哪些影响因素?这些因素对试验结果有何影响？

（2）研究聚合物材料的燃烧性有何意义？

（3）聚合物材料燃烧性和阻燃性有何区别？各自表示的是什么意思？

**实验项目13：塑料机械性能测定（拉伸、压缩、弯曲、冲击）（对应课程目标1-4）**

* 1. 教学内容

聚丙烯样条的机械性能测试

2、教学目标

（1）掌握本实验的原理、样条的制备方法

（2）万能材料试验机以及冲击试验机的使用方法和实验数据处理分析

（3）掌握聚合物机械性能测量方法

3、思考题

（1）拉伸速度对测试结果有何影响？

（2）压缩试验时，为什么要将样品放两压板正中间的位置？放偏了，会产生什么后果？

（3）分析影响试样弯曲强度的因素有哪些? 跨度和试验速度对弯曲强度有何影响？

（4）聚合物材料的缺口冲击强度和无缺口冲击强度，哪个大？为什么？如何提高材料的冲击强度？

**实验项目14：纤维的线密度及力学性能测试（线密度、应力应变、弹性回复）（对应课程目标1-4）**

* 1. 教学内容

聚对苯二甲酸丙二醇酯等纤维的线密度及力学性能测试

* 1. 教学目标

（1）了解纤维应力-应变曲线的含义及测试应力-应变曲线的基本原理。

（2）掌握单丝强力仪的使用方法，了解纤维弹性回复的有关指标

3、思考题

（1）分析应力应变曲线上各段所表征的含义。

（2）拉伸速度改变，实验结果会有何不同？

（3）实验过程中容易造成实验误差的地方有哪些？

**实验项目15：聚合物维卡软化点测定（对应课程目标1-4）**

1. 教学内容

测试PP以及PMMA的软化点

2、教学目标

（1）了解维卡软化点的含义及意义。

（2）掌握测量维卡软化点的原理及测试方法。

3、思考题

（1）比较聚丙烯和有机玻璃的维卡软化点，分析影响塑料耐热性能高低的原因有哪些？

（2）影响维卡软化点测试的因素有哪些？升温速度如何影响测试值？

（3）材料的不同热性能测试方法测定的数据是否具有可比性？

五、实验项目及学时分配

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目名称 | 实验类型 | 学时分配 | 每组人数 | 必修/选修 |
| 1 | 黏度法测量聚合物的分子量 | 设计性 | 3 | 2 | 必修 |
| 2 | 红外光谱法鉴别聚合物 | 设计性 | 4 | 2 | 必修 |
| 3 | 旋转黏度计测定聚合物溶液的黏度 | 设计性 | 3 | 2 | 必修 |
| 4 | 偏光显微镜法观察聚合物的结晶形态 | 设计性 | 4 | 2 | 必修 |
| 5 | 聚合物熔体流动速率测定 | 设计性 | 3 | 2 | 必修 |
| 6 | 转矩流变仪测聚合物熔体的流变性能 | 设计性 | 4 | 2 | 必修 |
| 7 | 旋转流变仪测聚合物溶液的流变性能 | 设计性 | 4 | 2 | 必修 |
| 8 | 热重分析法测定聚合物的热稳定性 | 设计性 | 4 | 2 | 必修 |
| 9 | 热红联用研究材料的裂解气氛 | 设计性 | 4 | 2 | 必修 |
| 10 | 差示扫描量热分析法研究聚合物的热转变 | 设计性 | 4 | 2 | 必修 |
| 11 | 动态热机械分析测定聚合物的粘弹性 | 设计性 | 4 | 1 | 必修 |
| 12 | 极限氧指数法测聚合物阻燃性能 | 设计性 | 3 | 2 | 必修 |
| 13 | 塑料机械性能测定（拉伸、压缩、弯曲、冲击） | 设计性 | 4 | 2 | 必修 |
| 14 | 纤维的线密度及力学性能测试 | 设计性 | 3 | 2 | 必修 |
| 15 | 聚合物维卡软化点的测试 | 设计性 | 3 | 2 | 必修 |

六、教学方法

授课方式：独立授课

基本要求：

高分子物理实验注重将课堂理论教学与实验研究相结合。实验前通过教师阐述实验目的、原理、操作流程、安全注意事项等。以学生实际操作为主，教师讲授为辅培养学生的实验动手能力，使学生掌握高分子材料结构、性能表征的基本操作和过程，加深学生对基础知识的理解，提高动手能力。要求学生准确记录实验数据和观察实验现象，开展团队合作，培养学生运用综合知识进行研究的能力，学会从工艺、工程角度分析问题和解决问题，提高学生的工程应用水平。

七、考核方法

根据平时成绩和实验报告成绩综合评分。

1. 独立撰写实验报告。报告内容包括：实验目的、实验原理、实验步骤（或流程图）、实验主要装置图、数据记录与处理、结果与讨论、思考题、分析总结意外情况、分析总结对实验的体会和改进等内容。报告版面清晰，条理清楚；图表规范；数据处理过程完整有条理，结果准确；回答问题准确。
2. 指导教师对每份实验报告进行批改和评分。

八、成绩评定方法

课程成绩评定：实验课的考核采取平时成绩（占 40％）和实验报告（占 60％）相结合。

课程教学目标达成评价：见下表所示。

成绩评定与课程目标对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 评定内容 | 对应课程目标 |
| 平时成绩  （占 4**0%**） | 预习（含实验设计）（10%） | 课程目标 3 |
| 实验操作（20%） | 课程目标 1 |
| 安全与团队合作（10%） | 课程目标 4 |
| 实验报告  （占 6**0%**） | 实验原理和实验步骤（15%） | 课程目标 3 |
| 原始数据及数据处理（25%） | 课程目标 2 |
| 结果分析与讨论（20%） | 课程目标 3 |

课程目标达成评价

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 课程目标 | 考核分值 | 考核形式 |
| 课程目标 1 | 10 | 平时成绩（实验操作） |
| 课程目标 2 | 25 | 实验报告（原始数据、数据处理） |
| 课程目标 3 | 55 | 平时成绩（预习）、实验报告（实验原理和实验步骤、结果讨论等） |
| 课程目标 4 | 10 | 平时成绩（安全与团队合作） |

九、主要仪器设备及现有台套数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 设备名称 | 数量 | 设备名称 | 数量 |
| 乌氏黏度计 | 1 | 旋转黏度计 | 1 |
| 红外光谱仪 | 1 | 热重分析仪 | 1 |
| 差示扫描量热仪 | 1 | 动态热机械分析仪 | 1 |
| 转矩流变仪 | 1 | 旋转流变仪 | 1 |
| 热台偏光显微镜 | 2 | 万能材料试验机 | 2 |
| 冲击试验机 | 2 | 纤维弹性仪 | 2 |
| 缕纱测长仪 | 2 | 熔体流动速率仪 | 2 |
| 氧指数仪 | 1 | 维卡软化点测定仪 | 1 |

# 十、教材及参考书

1. 教材：戴礼兴主编, 《高分子材料专业实验教程》, 化学工业出版社, 拟于2021年出版.
2. 参考书：华幼卿、金日光主编，《高分子物理》(第五版)，化学工业出版社，2019年
3. 参考书：何曼君, 张红东, 陈维孝, 董西侠编著. 《高分子物理》(第三版), 复旦大学出版社, 2007 年.

附：针对课程目标的评分标准

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 课程目标1 | 考核点 | 评分标准 | | | |
| 90-100 | 75-89 | 60-74 | 0-59 |
| 优 | 良 | 中**/**及格 | 不及格 |
| 平时成绩（实验操作） | 实验过程中，按照实验步骤要求，规范操作。 | 实验过程中，基本按照实验步骤要求，操作基本规范。 | 实验过程中，未很好按照实验步骤要求，操作不够规范。 | 实验过程中，不按照实验步骤要求，操作不规范。 |
| 课程目标2 | 实验报告（原始数据） | 正确地记录实验原始数据。 | 较正确地记录实验原始数据。 | 能够记录实验原始数据。 | 记录的实验数不全面。 |
| 实验报告（数据处理） | 准确处理实验数据，取得有效实验参数，并很好采用图、表的形式规范地表达实验结果。 | 较准确处理实验数据，并采用图、表的形式规范地表达实验结果。 | 能够处理实验数据，采用图、表的形式表达实验结果不够规范。 | 实验数据处理有误，不能采用图、表的形式表达实验结果。 |
| 课程目标3 | 平时成绩（考勤和预习） | 准时出席不迟到，实验预习非常充分，很好完成预习报告，能准确回答问题。 | 准时出席不迟到，实验预习比较充分，较好完成预习报告，回答问题较好。 | 准时出席不迟到，基本完成预习报告，回答问题不够准确。 | 迟到，未很好进行实验预习，预习报告尚未完成，回答问题错误。 |
| 实验报告（实验步骤） | 正确地记录实验原始数据。 | 较正确地记录实验原始数据。 | 能够记录实验原始数据。 | 记录的实验数不全面。 |
| 实验报告（数据处理） | 准确处理实验数据，取得有效实验参数，并很好采用图、表的形式规范地表达实验结果。 | 较准确处理实验数据，并采用图、表的形式规范地表达实验结果。 | 能够处理实验数据，采用图、表的形式表达实验结果不够规范。 | 实验数据处理有误，不能采用图、表的形式表达实验结果。 |
| 实验报告（结果讨论） | 能够正确和全面分析实验现象和实验结果，并能基于高分子材料工程的基本原理，正确分析影响实验结果的因素。 | 能够比较正确分析实验现象和实验结果，并能较好地分析影响实验结果的因素。 | 实验现象和实验结果能分析基本准确，对影响实验结果的因素的分析不够。 | 不能够分析实验现象和实验结果，不能分析影响实验结果的因素。 |
| 课程目标4 | 平时成绩（安全与  团队合作） | 实验全过程穿戴实验服，能够主动承担或积极配合解决实验过程中出现的情况，按规定及时正确处理 “三废”，注意实验环境的整洁规范。 | 实验全过程穿戴实验服，能够承担或配合解决实验过程中出现的情况，按规定处理 “三废”，实验环境基本保持清洁规范。 | 实验过程穿戴实验服，未能很好的承担或配合解决实验过程中出现的情况，按规定处理“三废”不够，实验环境不够清洁规范。 | 实验过程未穿戴实验服，不配合解决实验过程中出现的情况，对实验废弃物随意处置实验环境清洁规范较差。 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **执笔人：孙君、陈小芳** | |  | |
| **审批人：** |  | |
| **完成时间：** | **2021年4月4日** | |