

(1) 实验教学过程

本实验教学环节共 4 学时。实验教学过程将知识和技能的传授与问题导向、探索驱动相结合，设计教学方案。具体教学过程分为以下六个步骤（见图 3-5-1）

步骤一，课前预习（不计教学学时）。

实验课前，学生通过教材、实验平台、实验指导书等媒介获取课程资源，自主学习相关理论，针对实验内容进行预习和准备。

步骤二，原理讲授与讨论（1 学时）

在课堂上，教师首先讲解实验的应用背景，激发学生学习兴趣。之后，介绍与实验主要研究对象（上转换发光材料）有关的发光原理、能量吸收、粒子跃迁机制等理论知识。围绕跃迁机制，通过问题导向，引导学生掌握上转换发光材料的设计思路。

步骤三，实验演示与交流讨论（1 学时）

以仿真实验系统为依托，引导学生在线上实验操作中，练习实验关键设备的使用方法，明确高温设备的安全使用规则。期间，引导学生讨论天平的调平、药品称量、炉温控制程序设定、光谱仪参数设置等关键实验环节的正确操作方法和步骤，熟练掌握光谱仪控制界面的参数设置方法。

步骤四，光谱测试与自我评价（2 学时）

通过实操，进一步掌握上转换发光材料的制备流程，主要设备的使用方法，以及光谱表征技术。在光谱测量环节，引导学生探讨获得正确激发和发射光谱的关键要点，以及用于分析上转换发光能量传递和跃迁机制所需光谱数据的基本要求。学生根据实际操作，验证上述方法的掌握情况，并寻找自身问题。通过再次操作改进实验方案，逐渐获得正确的实验数据，用于课后分析并撰写实验报告。

步骤五，撰写并提交实验报告（不计教学学时）

课后，学生通过实验测得的数据，完成所制备上转换荧光粉对应的激发光谱和发射光谱绘制。依托不同功率激发条件下的上转换发射光谱数据，绘制主要发射峰发射强度与激发功率变化曲线，通过双对数坐标下的直线拟合获得拟合直线的斜率，即上转换发光所吸收光子数量。进而对该上转换发光过程的跃迁机制进行分析讨论。



图 3-5-1 实验教学过程流程图

(2) 实验方法

本实验共分为“6 个模块+2 种模式”。

“6 个模块”包括：实验介绍、设备认知、荧光粉制备、光谱测量、考核评价、光谱分析，如图 3-5-2 所示：



图 3-5-2 六模块框架图

“实验介绍”模块，可以了解相关基础知识、了解实验目的、仪器需求、实验步骤、明确考核和数据处理要求。另外，可以查看实验路线。学习模式下则以此为导向，逐步进行实验操作。

“设备认知”模块，可以了解电子天平、烘箱、马弗炉和荧光光谱仪的使用规则，按键的功能和操作方法，使用注意事项。

“荧光粉制备”模块，学习荧光粉的组分设计、实验前的准备流程、使用电子天平精确称量药品的方法和马弗炉安全操作规程，掌握荧光粉加工煅烧工艺技术。

“光谱测量”模块，完成光谱仪光路拆解认知，对所制备的荧光粉进行光谱测量。练习使用光谱仪测试上转换发光粉发光性能的参数设置方法和各项测试功能，学习掌握光谱分析的基本操作规程。

“考核评价”模块，实验系统全过程记录学生的操作痕迹，最后生成考核评价。

“光谱分析”模块，根据实验所输出光谱数据，按照要求完成数据处理和分析，包括发光特性分析、多光子吸收判定、跃迁机理分析。

“2种模式”包括：学习模式和考核模式。学习模式是学生认知学习的过程，每步操作均有相关提示语和步骤引导，错误操作时有提示信息帮助纠正，学生可以在较短时间内掌握实验内容，其流程如图 3-5-3 所示：

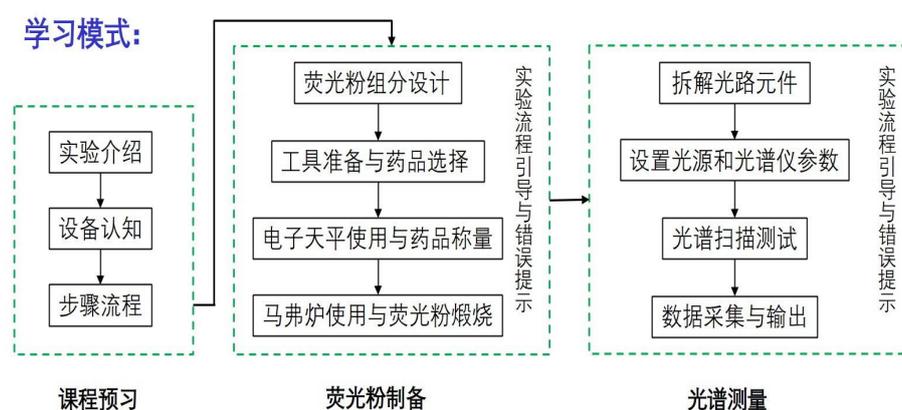


图 3-5-3 学习模式流程图

考核模式是在学习模式的基础上进行。学生综合运用学习过的荧光粉组分设计、荧光粉高温合成、光谱测量技术与分析方法，根据实验目的、工艺流程和光谱测量要求，自行操作，完成荧光粉的制备和光谱测量与分析，并采集数据用于

课后的数据处理。系统会根据学生的操作情况给出相应反馈，并全过程记录操作痕迹，最终给出考核评价。考核模式流程如图 3-5-4 所示：

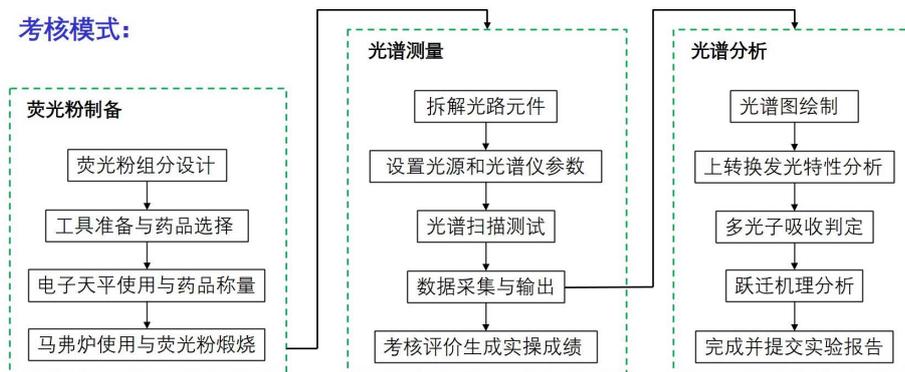


图 3-5-4 考核模式流程图