

# 固相法合成上转换荧光粉及光谱测量虚拟仿真实验

## 教案

### 一、 教学目标

1. 掌握发光的基本原理与光谱学原理与测试技术。
2. 掌握固相法制备上转换荧光粉的步骤和相关仪器使用方法。
3. 熟悉激发光谱和发射光谱测量的参数设置和操作流程。
4. 培养学生主动思考、提出问题解决问题的能力，提高科研实践能力。

### 二、 教学重难点

【重点】掌握发光及上转换发光的物理过程，能够熟练运用现代光谱仪荧光粉的发光性能进行测试与分析。

【难点】理解光谱仪的元件组成和测试原理，掌握多种科学仪器的使用方法。

### 三、 教学方法

讲授法、实验法、讨论法、提问法

### 四、 教学准备

#### 1. 学生准备

要求学生预习光与物质相互作用的物理过程，了解荧光粉的制备方法，为学习本节知识与操作做准备。

#### 2. 教师准备

教学媒体及软件。

### 五、 教学过程

**1. 导入新课。**随着光信息技术的快速发展，各类荧光材料和器件在照明、显示、防伪、生物医学检测等领域获得了极为广泛的应用。特别是上转换发光材料，采用“隐形”的低能量近红外光激发，可以发射出短波长的高频率光，从而在隐形多重防伪、生物医学等方面具有传统发光材料不可比拟的优势。今天，我们就来了解什么是上转换发光材料，如何制备及其光学性能的进一步表征与分析。

**2. 讲授新课。**这一环节将分为两部分进行：首先，利用课件讲授发光的物理过程，特别是上转换发光的基本原理与过程。上转换发光机理是基于双光子或多光子过程。发光中心相继吸收两个或多个光子，再经过无辐射弛豫达到发光能级，由此跃迁到基态放出一个短波长光子。

**【提问】：**如何能够实现连续吸收多个光子？启发学生思考实现上转换过程的必要条件。

为了有效实现双光子或多光子效应，发光中心的亚稳态需要有较长的能级寿命，从而可以连续吸收多个光子泵浦至更高发射能级。稀土离子能级之间的跃迁属于禁戒的 f-f 跃迁，因此有长的寿命，符合此条件。

分类讨论上转换发光的六种跃迁机制

① 能量传递：离子 A 将其激发能量传递给离子 B，接受能量后的离子 B 被激发到高能级，并由此辐射跃迁回基态，产生上转换发光。

② 两步吸收：此过程仅由 B 离子单独完成。B 离子通过两次吸收激发能量被激发到高能级，并辐射跃迁回基态，产生上转换发光。

③ 协同敏化：两个处于激发态的 A 离子同时将它们的激发能量传递给 C 离子，使其激发到更高的能级，最后，由 C 的激发能级产生发射。在此过程中需要注意的是，在 A 离子的激发能级位置上 C 离子没有能级。

④ 协同发光：将两个 A 离子的激发能量相结合，产生一个发射光子。在发射光子处没有真正的能级。

⑤ 二阶谐波（倍频）机理：辐射光频率被加倍，在此过程中，没有发生任何吸收跃迁。

⑥ 双光子吸收：在完全不借助任何真实存在的中间能级情况下，

双光子被同时吸收。随后从激发能级产生一个发射光子。

**【讨论】**根据上述上转换发光的过程和跃迁机理，举实例，学生讨论属于上述讲授的哪种跃迁机制。

讲授现代光谱仪的光学元件构成以及测试光谱的原理。介绍荧光粉的制备方法，并引入目前工业最常用的制备方法-固相法，讲授固相法的反应原理与实验关键步骤。

第二部分将以虚拟仿真实验系统为依托，讲授及演示线上实验的具体操作，明确固相法合成上转换荧光粉实验的关键步骤，并讲授科学设备的使用方法，包括精密电子天平、马弗炉、光谱仪的拆解结构及其参数设置与页面控制。

**3. 学生实验操作。**学生在仿真实验平台进行实验操作，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。操作期间，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要求。并在光谱测试环节，引导学生探讨获得正确、有价值的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。

**4. 课堂小结。**本节课主要讲授了上转换发光的基本原理与物理过程，明确了上转换发光的六种跃迁机制。同时，依托仿真实验平台，向学生讲授了固相法合成上转换荧光粉的制备方法和关键步骤，讲解了现代光谱仪的测试原理与分析，在实操中培养学生的创新思维和解决问题的能力。

**5. 布置课后作业。**学生通过实验测得的数据，完成所制备上转换发光粉对应的激发光谱和发射光谱绘制，并对该上转换发光过程的跃迁机制进行分析讨论，完成实验报告。