

# 《纳米材料专业实验（一）》教学大纲

课程代码: **NANA1070**  
课程名称: **纳米材料专业实验（一）**  
英文名称: **Professional Experiments of Nanomaterials I**  
课程性质: **专业必修课**  
学分/学时: **3 学分/108 学时**  
考核方式: **预习+实验操作+实验报告**  
开课学期: **第 7 学期**  
适用专业: **纳米材料与技术**  
先修课程: **纳米材料表征技术**  
后续课程: **毕业设计**  
开课单位: **纳米科学技术学院**  
课程负责人: **马艳芸**  
大纲执笔人: **马艳芸**  
大纲审核人: **董彬, 王照奎, 殷黎晨**  
选用教材: **《纳米材料专业实验》(江苏省重点教材, 主编: 邵名望、马艳芸、高旭, 厦门大学出版社, 2017 年) 和补充的自编讲义**

## 一、课程目标

通过本课程的理论教学和实验训练, 使学生具备下列能力:

1. 能够针对目标纳米材料或纳米器件, 选用合理的研究方式和方法, 设计具体实验方案以实现功能纳米材料的可控制备、纳米器件的有效设计或纳米材料在生物医学方面的应用, 并在实验条件、工艺流程设计方案合理优化的过程中体现创新意识。(支撑毕业要求指标点 3-2)
2. 能根据实验目的和特定的研究对象, 对实验方案设计并优化后, 选配合适的设备和药品、按步骤开展实验, 获取纳米材料合成、表征及应用的实验数据。(支撑毕业要求指标点 4-2)
3. 能正确选用合适的仪器和现代纳米表征、测试设备, 能使用专业制图软件 and 数据处理软件, 对实验结果进行数学处理和科学整理, 并与预期结果或理论结果进行比较和分析, 进而优化实验条件和方案, 对纳米科技领域的复杂问题进行预测与模拟。(支撑毕业要求指标点 5-2)

## 二、教学内容

主要包括: (1) 12 个基于纳米材料合成、纳米器件构筑、纳米医学方向应用的创新实验项目, 每个实验 6 学时, 共 72 学时; (2) 2 个基于纳米材料或纳米技术在纳米医学方面应用的综合实验项目, 每个实验 18 学时, 共 36 学时。

每年开课前对具体实验项目和内容根据教学情况和科研发展进行一定的完善, 大部分实验项目是固定的, 每年新增 0~2 个实验项目以扩充实验内容。每个实验项目相对独立, 且都能与 3 个课程目标相对应。

本课程实验项目包括 (但不限于):

### 1. 沉淀法制备具有微/纳结构的氧化锌材料 (创新实验)

该实验项目基于沉淀法, 通过选择合适的沉淀剂 (氢氧化钠) 和加热条件 (80°C), 控制合成具有多级结构的氧化锌微/纳材料, 对样品进行高速分离、收集, 并进行成分、物相分析 (XRD) 和形貌、结构表征 (SEM)。

安全及注意事项: (1) 氢氧化钠有强腐蚀性和强碱性, 称量时注意不要洒出, 一旦洒出来要及时处理: 用实验纸擦拭、溶解、稀释、中和; (2) 放置烧杯、烧瓶于磁力搅拌器之前检查转速归零, 放置后再慢慢调大转速至合适大小; (3) 注意冷凝回流装置的搭建要求, 确保接口处的密封性和冷凝管的安全使用; (4) 根据本实验的精度要求, 选择称量精度为 0.01 g 的电子天平, 使用前注意水

平的调节。

要求学生：(1) 能熟练使用沉淀法合成具有微/纳结构的氧化锌材料；(2) 掌握沉淀反应原理、液相体系中纳米晶体的生长机制及不同实验条件对产物形貌、尺寸、结构的影响，提出能够优化产物均匀性、结构、尺寸的方案并进行结果预测；(3) 能正确选用合适的表征手段对所得纳米材料进行物相表征、结构表征、元素分析等，能对表征结果进行数学处理和对比分析，对进一步优化实验提供依据，并对解决可控合成过程中的相关问题进行预测或模拟。

## 2. 微乳液法可控合成硫酸钡纳米粒子（创新实验）

该实验项目基于微乳液法，通过调控表面活性剂的反应用量，实现对合成产物颗粒尺寸的调控。通过透射电子显微镜（TEM）对样品的颗粒尺寸进行分析。

安全及注意事项：(1) 使用高速离心机时，注意放置样品使离心机对应质量对称；离心盖拧紧；保持内腔干净无污染。(2) 使用高速搅拌器之前检查转速归零，使用时再慢慢调大转速至合适大小。

(3) 实验进行时，表面活性剂添加过程中，需要逐滴滴加，以便于观察到溶液有浑浊变为透明或者半透明的过程。

要求学生：(1) 熟练掌握微乳液合成纳米粒子的基本操作。(2) 熟悉微乳液法并了解其优势。

(3) 学习通过微乳液法实现对纳米粒子尺寸和形貌的可控合成。(4) 了解纳米粒子尺寸和形貌的基本表征手段——TEM

## 3. 乙二醇回流法制备 NiSb 合金纳米材料（创新实验）

该实验项目基于回流法制备纳米合金材料，通过选择合适的前驱体和反应条件，控制合成纳米合金材料，对样品进行高速分离、收集，并进行物相分析（XRD）。

安全及注意事项：(1) 氢氧化钠有强腐蚀性和强碱性，称量时注意不要洒出，一旦洒出来要及时处理：用实验纸擦拭、溶解、稀释、中和；(2) 水合肼具有强碱性和吸湿性，在空气中发烟，必须在通风橱内使用，并注意自身防护，避免口鼻接触；(3) 放置烧杯、烧瓶于磁力搅拌器之前检查转速归零，放置后再慢慢调大转速至合适大小；(4) 油浴锅使用前注意检查测温、转速控制等部件，保证安全使用；(5) 注意冷凝回流装置的搭建要求，确保接口处的密封性和冷凝管的安全使用；

要求学生：(1) 掌握回流法制备 NiSb 合金纳米材料的操作；(2) 理解合金材料生成的反应机理；(3) 了解回流条件选择对产物的影响因素，知道如何表征合金纳米材料，能够根据表征结果确定产物的实际组成，调整实验方案，获得理想产物。

## 4. 有机半导体微纳晶态结构的溶液法制备与表征（创新实验）

研究内容：该实验项目基于溶剂交换自组装方法，利用有机分子在不同溶剂中的溶解性不同，控制有机纳米材料的成核和生长过程，可控制备得到 DPAVB 微米带有机微纳晶态结构。对样品进行荧光显微镜测试，观察所制备有机微晶的尺寸及发光情况。并通过改变静置时间、溶液浓度和不良溶剂的种类，来研究其对有机微晶尺寸和样品形貌的影响。

安全及注意事项：(1) 二氯甲烷和正己烷溶剂具有一定的刺激性，注意不要洒出，避免与皮肤的直接接触，一旦接触到皮肤要及时处理：迅速用大量的清水冲洗；(2) 根据本实验的精度要求，选择称量精度为 0.01 g 的电子天平，使用前注意水平的调节；(3) 进行荧光显微镜测试时，更换物镜之前要先降载物台，避免对仪器镜头的损坏。

要求学生：(1) 能熟练使用溶剂交换法制备 DPAVB 有机微纳晶态材料；(2) 掌握溶剂交换法原理，理解过饱和度对于晶体成核与生长的驱动作用以及不同实验条件对产物形貌、尺寸的影响，提出能够优化产物形貌、尺寸、分散性、均一性的方案并进行结果预测；(3) 能正确选用合适的表征手段对所制得晶态材料进行形貌、尺寸、结构的表征，能对表征结果进行数学处理和对比分析，对进一步优化实验提供依据，并对解决可控制备过程中的相关问题进行预测或模拟。

## 5. 星形聚（L-谷氨酸）纳米材料的制备（创新实验）

该实验项目基于开环聚合法，通过选择合适的单体（谷氨酸 5-苄酯 N-羧基环内酸酐）和引发剂（端氨基树枝状聚酰胺胺），控制初始单体与引发剂的物质的量之比和聚合反应时间精确合成具

有星形结构的聚合物纳米材料，通过水解反应制备阴离子型星形聚合物纳米材料，并进行水溶性、尺寸和分散度分析（DLS）。

安全及注意事项：（1）氢氧化钠有强腐蚀性和强碱性，称量时注意不要洒出，一旦洒出来要及时处理；用实验纸擦拭、溶解、稀释、中和；（2）放置聚合瓶和反应瓶于磁力搅拌器之前检查转速归零，放置后再慢慢调大转速至合适大小；（3）根据本实验的精度要求，选择称量精度为0.01 g的电子天平，使用前注意水平的调节。

要求学生：（1）能熟练使用开环聚合法合成星形聚合物纳米材料；（2）掌握开环聚合和水解反应原理及不同实验条件对产物尺寸、结构的影响，提出能够优化产物结构、尺寸的方案并进行结果预测；（3）能正确选用合适的表征手段对所得纳米材料进行结构表征与分析等，能对表征结果进行数学处理和对比分析，对进一步优化实验提供依据，并对解决可控合成过程中的相关问题进行预测或模拟。

## 6. 柔性透明导电薄膜的制备与表征（创新实验）

该实验项目基于溶液加工方法制备有机导电聚合物薄膜，并表征该材料的导电率，透光率等物理特性，了解柔性基材的特点、种类和应用，学会用旋涂法和喷墨打印法制备薄膜，掌握四探针电阻率测试仪的原理和使用方法，熟悉紫外可见光光度计的原理、测试步骤和数据处理。

安全及注意事项：（1）导电聚合物溶液具有弱酸性，取用时注意不要洒出，一旦洒出来要及时处理；用实验纸擦拭、溶解、稀释、中和；（2）放置烧杯、烧瓶于磁力搅拌器之前检查转速归零，放置后再慢慢调大转速至合适大小；（3）加热台加热温度的调节和检测，使用后关闭电源；（4）旋涂时注意盖好旋涂仪的盖子，避免液体飞溅和基底脱落。

要求学生：（1）能熟练使用加液枪、热板、旋涂仪和透射光谱等仪器；（2）掌握共轭导电聚合物的导电机理，影响电阻率的因素、旋涂参数等实验条件对薄膜形貌和特性的影响，提出能够优化薄膜电阻率和透光率的方案并进行结果预测；（3）能正确选用合适的表征手段对所得透明导电薄膜进行表征和分析等，能对表征结果进行数据处理和对比分析，对进一步优化实验提供依据，并对解决可控合成过程中的相关问题进行预测和模拟。

## 7. 有机薄膜场效应晶体管单元器件的制备与测试（创新实验）

该实验项目基于溶液法制作有机薄膜场效应晶体管器件，选择底栅顶接触器件结构，使用重掺杂硅作为栅极，二氧化硅作为栅介电层，通过刮涂制备有机半导体层，采用热蒸发制备源漏电极，实现单元器件的构筑，最后使用半导体分析仪及探针台对器件进行测试，并对结果进行分析。

安全及注意事项：（1）有机溶剂易挥发，需在通风罩下操作并戴好口罩；（2）蒸镀仪使用时注意用电安全；（3）使用探针台时一定要轻扎，不要损坏探针；（4）测试设备电压设置不要过高，保障用电安全。

要求学生：（1）了解场效应晶体管发明历程及其对当前信息社会的重要性；（2）能熟练掌握有机薄膜场效应晶体管器件的制备及性能测试流程；（3）能熟练使用半导体参数分析仪和探针台；（4）学会计算场效应晶体管的性能参数；（5）能结合器件物理知识，对器件结果进行分析并可以提出改善的方法与策略。

## 8. 自组装单层膜的制备及表征（创新实验）

该实验项目基于单晶表面有机自组装膜的制备与扫描隧道显微表征，学生将通过制备 Au(111) 的单晶晶面掌握单晶的熔融法制备技术，通过大气下扫描隧道显微镜的操作掌握针尖制备技术以及数据分析与描述。

安全及注意事项：（1）火焰枪的使用中注意安全，不要对着易燃物品；（2）用王水提纯金小球时，注意高温飞溅的液体，要谨慎操作。（3）扫描隧道显微镜操作时注意扫描头的安全，不要用镊子触碰陶瓷管。

要求学生：（1）能熟练掌握单晶金小球的熔融法制备技术；（2）掌握物理吸附与化学吸附自组装膜的制备；（3）掌握机械剪切法制备铂/铱针尖；（4）掌握大气下扫描隧道显微镜的表征操作；

(5) 能正确解释物理吸附与化学吸附自组装膜的区别。

## 9. 有机电致发光器件 (OLED) 的制备与测试 (创新实验)

该实验项目在理解 OLED 器件的电致发光机理以及真空蒸镀仪器的运作原理的基础上, 掌握 OLED 器件制备的相关流程, 包括 ITO 导电玻璃基底的清洁和预处理、正确放置 ITO 导电玻璃基底和各功能层材料、平稳蒸镀各功能层材料以及 OLED 器件的封装与性能测试。最后利用 origin 等软件对实验数据进行处理、分析该 OLED 器件的各项性能参数。

安全及注意事项: (1) 实验过程中要佩戴手套和实验服, 避免皮肤直接跟样品或者试剂接触; (2) ITO 导电玻璃基底清洗时佩戴好厚橡胶手套, 防止划伤; (3) 打开和关闭真空蒸镀仪仓门时, 注意各阀门的打开和关闭顺序, 避免损坏分子泵; (4) 蒸镀期间腔体为高温高真空状态, 注意腔体内真空度和材料的加热功率, 避免功率过高损坏仪器和破坏材料; (5) 根据本实验的精度要求, 选择称量精度为 0.1 mg 的电子天平, 使用前注意水平的调节。

要求学生: (1) 掌握 OLED 的电致发光机理、器件结构和各功能层材料特点、重要表征参数等相关的工作原理; (2) 熟悉 OLED 器件的制备过程, 熟练使用相关的臭氧处理机、真空蒸镀仪、光电光度计等仪器; (3) 掌握并理解 OLED 器件的表征参数和分析方法, 熟练掌握相关软件的使用;

(4) 了解 OLED 其他的辅助表征手段。

## 10. 硫化铅(PbS)量子点太阳能电池的制备与测试 (创新实验)

该实验项目基于固相配体交换方法, 通过使用不同的短链配体取代 PbS 量子点表面长链配体, 实现对 PbS 量子点薄膜导电性、掺杂类型和掺杂浓度的调控, 并进一步构筑高效的光伏器件结构, 实现高转换效率。

安全及注意事项: (1) PbS 量子点含有重金属铅, 操作过程严格要求穿实验服、佩戴手套, 防止皮肤接触; (2) 实验过程中会使用有机溶剂, 实验操作均要求在通风条件下完成。(3) 在旋涂量子点时需要在均胶机上覆盖一层铝箔保护, 实验结束后将铝箔取下并放置到制定位置。

要求学生: (1) 能熟练掌握量子点薄膜的旋涂和配体交换过程; (2) 能够熟练掌握量子点太阳能电池制备及器件测试; (3) 掌握量子点合成的基本理论、表面化学配位情况; (4) 了解通过配体交换改变量子点薄膜掺杂类型和掺杂浓度的原理。

## 11. 高温热分解法合成上转换荧光纳米材料及生物成像 (创新实验)

该实验项目基于高温热分解的方法, 通过选择合适的金属前驱体盐 (三氟乙酸盐等) 和加热条件 (300°C), 控制合成具有优异光学性质的上转换发光纳米材料, 对样品进行高速分离、收集, 并进行成分、物相分析 (XRD) 和形貌、结构表征 (SEM) 以及上转换发光性质研究。

安全及注意事项: (1) 三氟乙酸盐易潮解并具有腐蚀性, 称量时注意不要洒出。一旦洒出来要及时处理: 用实验纸擦拭、溶解、稀释、中和; 称量完尽快密封并保存在电子干燥箱中。(2) 根据本实验的精度要求, 选择称量精度为 0.01 g 的电子天平, 使用前注意水平的调节。(3) 放置烧杯、烧瓶于磁力搅拌器之前检查转速归零, 放置后再慢慢调大转速至合适大小; (4) 注意空气冷凝管装置的搭建要求, 确保接口处的密封性和冷凝管的安全使用; (5) 离心机请注意转速要求, 严格按照操作流程。离心时需要配平, 误差在 0.01 g。(6) 激光器使用请佩戴激光防护眼睛, 避免眼睛等身体的任何部位直射激光。

要求学生: (1) 能熟练掌握高温热分解法合成纳米材料的基本原理及基本操作; (2) 解上转换发光纳米材料的基本发光原理和基本的表面修饰方法; (3) 掌握上转换纳米材料的荧光光谱测试方法; (4) 能正确选用合适的表征手段对所得纳米材料进行物相表征、结构表征和性能分析等, 能对表征结果进行数学处理和对比分析, 对进一步优化实验提供依据, 并对解决可控合成过程中的相关问题进行预测或模拟。(5) 了解并掌握稀土上转换发光纳米材料的生物成像应用。

## 12. 基于脂质体的近红外荧光探针构建与小鼠肿瘤实时成像 (创新实验)

该实验项目利用薄膜分散法制备近红外染料制备的脂质体, 通过粒度仪、紫外分光光谱仪等对该脂质体的粒径分布与染料标记效率进行表征; 然后, 利用小动物活体成像设备研究该近红外染料

标记的脂质体在荷瘤小鼠肿瘤部位的富集行为以及在肝、脾、肾、心、肺等脏器内的分布行为。

安全及注意事项：(1) 脂质体制备过程中需要使用氯仿，应在通风橱内操作，一旦洒出来要及时处理；用实验纸擦拭；(2) 注意脂质体挤压器的搭建要求，确保接口处的密封性，注意操作温度，以免烫伤；(3) 根据本实验的精度要求，选择称量精度为 0.01 g 的电子天平，使用前注意水平的调节；(4) 动物实验需按照苏州大学伦理委员会的相关要求进行操作，注意实验动物的固定，以免被咬伤；(5) 注意注射器、剪刀等实验器具的正确使用，以免被刺伤、割伤，一旦出现伤口要及时对创面进行清洁、消毒、包扎，严重者送医就诊。

要求学生：(1) 能熟练掌握脂质体近红外荧光探针的构建方法与原理；(2) 了解肿瘤增强的透过与滞留效应的原理；(3) 掌握小动物荧光成像系统的使用方法，(4) 了解脂质体在荷瘤小鼠肿瘤的部位富集与体内分布行为，(5) 能正确选用合适的表征手段对所得荧光标记脂质体进行物相表征、结构表征、元素分析等，能对实验结果进行合理的分析。”

### 13. 聚乙丙交酯超声造影剂的制备及模拟动物影像分析（综合实验）

该实验项目通过复乳液（W/O/W）蒸发成型法制备 PLGA 微泡，利用荧光显微镜观察微泡的荧光和大小，SEM 观测微泡的大小和形状，以及超声分析仪观察不同浓度微泡的超声回声信号强度。

安全及注意事项：(1) 氯仿具有毒性，使用中注意通风操作，避免吸入；(2) 加热操作中，合理使用防护措施，避免烫伤。

要求学生：(1) 了解聚乙丙交酯的分子结构，掌握复乳法制备聚合物超声/光声造影剂的方法，学习微泡材料的分离和表征方法；(2) 掌握热敏水凝胶的制备方法，熟悉热敏水凝胶制备超声/光声影像假体的工艺过程，了解造影剂对超声造影的增强机制。

### 14. 氧化石墨烯衍生物对细胞周期的影响（综合实验）

细胞周期各时相，DNA 含量不同。氧化石墨烯衍生物与肿瘤细胞共同培养时，可使多数细胞周期阻滞在某一时相，利用荧光染料对 DNA 着色，通过流式细胞仪技术，检测不同种类氧化石墨烯衍生物作用肿瘤细胞后 DNA 含量的不同，与空白组进行比对，从而判断肿瘤细胞周期阻滞时期。

安全及注意事项：(1) 超净工作台内紫外对皮肤具有很强的杀伤性，实验前提醒学生进入细胞房请及时关闭紫外，一旦发生，请及时就医。(2) 离心机转速较高，在离心前需先对样品进行配平。

(3) CO<sub>2</sub> 培养箱对环境要求洁净度较高，在拿取或放置细胞前，需对手表面喷洒酒精消毒，避免污染培养箱。(4) 流式细胞仪是一台高效率、高精度、高通量检测仪，对上样样品的浓度、颗粒直径大小有严格要求，若组织未消化彻底，含有组织团块，需过滤后再上样，避免堵塞流式细胞仪。

要求学生：(1) 理解并掌握细胞周期检测的基本原理；(2) 掌握细胞周期的流式检测和分析方法；(3) 理解并基本掌握实验设计的基本原则和方法。

## 三、课程成绩

### 1. 考核方式

每个实验项目分为三个过程考核：预习（视频学习+预习报告），实验操作，实验报告；考核内容主要包括：文献调研、实验设计、安全规范、实验技能、团队合作、数据收集和处理、结果分析和讨论、方案优化、实验报告撰写等，课程目标与考核内容及方式的对应关系如下：

课程目标	考核内容	考核方式
1. 能够针对目标纳米材料或纳米器件，选用合理的研究方式和方法，设计具体实验方案以实现功能纳米材料的可控制备、纳米器件的有效设计或纳米材料在生物医学方面的应用，并在实验条件、工艺流程设计方案合理优化的过程中体现创新意识。（支撑毕业要求指标点 3-2）	文献调研能力，实验设计能力，对实验安全和规范操作的了解，创新意识及设计理念。	视频学习，预习报告，课堂提问和讨论，实验报告。
2. 能根据实验目的和特定的研究对象，对实验方案设计并优化后，选配合适的设备和药品、按步骤开展实验，获	开展实验的能力，遵守实验安全规定和规范操作，使用	预习报告，课堂实验操作，课堂

取纳米材料合成、表征及应用的实验数据。(支撑毕业要求指标点 4-2)	现代设备的技能, 数据收集能力, 实验现象观察和记录。	提问和讨论, 实验报告。
3. 能正确选用合适的仪器和现代纳米表征、测试设备, 能使用专业制图软件 and 数据处理软件, 对实验结果进行数学处理和科学整理, 并与预期结果或理论结果进行比较和分析, 进而优化实验条件和方案, 对纳米科技领域的复杂问题进行预测与模拟。(支撑毕业要求指标点 5-2)	数据处理的能力, 结果分析能力, 使用模拟、处理等软件的能力, 方案优化, 实验报告撰写。	课堂仪器操作, 实验报告, 问题讨论。

## 2. 成绩评定方法:

每个实验项目的成绩 = 预习 (20%) + 实验操作 (40%) + 实验报告 (40%)

学生课程总成绩 =  $[(\sum \text{创新实验成绩})/12] \times 70\% + \text{综合实验 A 成绩} \times 15\% + \text{综合实验 B 成绩} \times 15\%$

	预习相关权重	实验操作权重	实验报告权重
课程目标 1	0.8	0.1	0.1
课程目标 2	0.2	0.6	0.2
课程目标 3	——	0.3	0.7

## 3. 课程目标 (支撑毕业要求指标点) 达成度评价方法:

每个实验的分目标达成度 =  $(\text{预习平均分} \times \text{预习权重} \times 0.2 + \text{实操平均分} \times \text{实操权重} \times 0.4 + \text{报告平均分} \times \text{报告权重} \times 0.4) / (100 \times \text{预习权重} \times 0.2 + 100 \times \text{实操权重} \times 0.4 + 100 \times \text{报告权重} \times 0.4)$

该课程的分目标达成度为所有实验该分目标达成度的平均值。

## 4. 评分标准

课程目标	90-100 (优秀)	75-89 (良好)	60-74 (及格)	0-59 (不及格)
1. 能够针对目标纳米材料或纳米器件, 选用合理的研究方式和方法, 设计具体实验方案以实现功能纳米材料的可控制备或纳米器件的有效设计, 并在实验条件、工艺流程设计方案合理优化的过程中体现创新意识。	针对目标纳米材料或纳米器件, 能够 <b>准确</b> 选用合理的研究方式和方法, <b>合理</b> 设计具体实验方案以实现功能纳米材料的可控制备或纳米器件的有效设计, 并在实验条件、工艺流程设计方案合理优化的过程中 <b>充分</b> 体现创新意识。	针对目标纳米材料或纳米器件, 能够选用合理的研究方式和方法, 设计具体实验方案以实现功能纳米材料的可控制备或纳米器件的有效设计, 并在实验条件、工艺流程设计方案合理优化的过程中体现创新意识。	针对目标纳米材料或纳米器件, 能够选用 <b>基本合理</b> 的研究方式和方法, 能 <b>部分设计</b> 具体实验方案以实现功能纳米材料的可控制备或纳米器件的结构设计, 但在实验条件、工艺流程设计方案合理优化的过程中 <b>创新意识不足</b> 。	针对目标纳米材料或纳米器件, 选用的研究方式和方法 <b>不够合理</b> , <b>只能参与设计</b> 具体实验方案以实现功能纳米材料的可控制备或纳米器件的结构设计, 但在实验条件、工艺流程设计方案合理优化的过程中 <b>完全缺乏</b> 创新意识。
2. 能根据实验目的和特定的研究对象, 对实验方	能根据实验目的和特定的研究对象, 对实验方案 <b>自主设</b>	能根据实验目的和特定的研究对象, 对实验方案 <b>实现部</b>	能根据实验目的和特定的研究对象, <b>参与实验方案设</b>	根据实验目的和特定的研究对象, 对实验方案设计 <b>参与</b>

<p>案设计并优化后，选配合适的设备和药品、按步骤开展实验，获取纳米材料合成、表征及应用的实验数据。</p>	<p>计并优化，选配合适的设备和药品、按步骤<b>有序</b>开展实验，<b>成功</b>获取纳米材料合成、表征及应用的实验数据。</p>	<p>分设计和优化，选配合适的设备和药品、按步骤较顺利地开展实验，获取纳米材料合成、表征及应用的相关实验数据。</p>	<p>计，在<b>教师协助下</b>选配合适的设备和药品、按步骤开展实验，获取纳米材料合成、表征及应用的<b>基本实验数据</b>。</p>	<p>度不足，在<b>教师协助下</b>选配合适的设备和药品、按步骤开展实验，但在获取纳米材料合成、表征及应用的基本实验数据时<b>有一定难度</b>。</p>
<p>3. 能正确选用合适的仪器和现代纳米表征、测试设备，能使用专业制图软件和数据处理软件，对实验结果进行数学处理和科学整理，并与预期结果或理论结果进行比较和分析，进而优化实验条件和方案，对纳米科技领域的复杂问题进行预测与模拟。</p>	<p>能正确选用合适的仪器和现代纳米表征、测试设备，能<b>熟练</b>使用专业制图软件和数据处理软件，对实验结果进行<b>合理的</b>数学处理和科学整理，并与预期结果或理论结果进行<b>充分的</b>比较和分析，进而<b>有效</b>优化实验条件和方案，对纳米科技领域的复杂问题进行预测与模拟。</p>	<p>能正确选用合适的仪器和现代纳米表征、测试设备，能<b>较熟练地</b>使用专业制图软件和数据处理软件，对实验结果进行<b>一定的</b>数学处理和科学整理，并与预期结果或理论结果进行比较和分析，<b>提出</b>优化实验条件和方案的<b>建议</b>，<b>有望</b>对纳米科技领域的复杂问题进行预测与模拟。</p>	<p>在<b>教师协助下</b>能使用合适的仪器和现代纳米表征、测试设备，<b>了解部分</b>专业制图软件和数据处理软件的使用方法，对实验结果的数学处理和科学整理有<b>基本的了解</b>，并与预期结果或理论结果进行比较和<b>初步分析</b>，在<b>指导下提出</b>优化实验条件和方案的<b>建议</b>，但对纳米科技领域的复杂问题<b>不能给出合理</b>预测与模拟。</p>	<p>在<b>教师协助下</b>能使用合适的仪器和现代纳米表征、测试设备，对专业制图软件和数据处理软件<b>不太了解</b>，对实验结果的数学处理和科学整理<b>也不了解</b>，<b>无法</b>与预期结果或理论结果进行比较和分析，也<b>不能提出</b>优化实验条件和方案的<b>建议</b>，对纳米科技领域的复杂问题<b>不能给出</b>预测与模拟。</p>