

第九届全国高等学校 物理实验教学仪器评奖推荐书

自制实验仪器名称：基于 ThickGEM 新技术的卢瑟福散射实验装置

实验教学中心名称：物理实验教学中心

所 在 院 系：中国科学技术大学 物理学院

自制实验仪器负责人：叶竞波 张宪锋 谢 宁

联系电话（手机）：13955199702

（办公室）：0551-63601850

邮 箱：

中国高校实验物理教学研究会

2016 年 1 月

作品简介：（字数限 2000 字以内）

自制实验教学仪器的性能指标、台套数、作用、功能、特色优势、应用、推广等情况的简要介绍

1. 作用和功能简介：

卢瑟福散射实验是近代物理的开启性实验之一，也是为数不多的能让学生定量测量的近代物理教学实验。

自研制的《基于 ThickGEM 新技术的卢瑟福散射实验装置》可以为学生提供从基础实验到研究型实验平台。通过研究卢瑟福散射中最突出和最重要的特征： α 粒子散射

计数率与散射角的关系 $N \propto \frac{1}{\sin^4 \frac{\theta}{2}}$ ，加深学生对卢瑟福散射理论和原子的核式结构的

理解，学习应用散射实验研究物质结构的方法，并对粒子探测器、粒子探测技术、数据获取与处理等方面有个较整体的了解。由于该实验装制使用的 α 源的剂量和普通烟雾报警器中的一样小，因而不受放射源管制的问题。并有现场显示 α 粒子散射轨迹的优势，该装置可作为原子物理课堂演示实验和科技馆的科普教育实验。

2. 主要性能指标：

- 1) 可在 270 度范围内同时探测 α 粒子在金箔上的散射角, 测量角分辨小于 2 度。
- 2) 计算机在线控制的数据获取, 使用发光二极管 (LED) 再现 α 粒子散射的角度。
- 3) 普通烟雾感应器 (火灾报警器) 内用的镅-241(^{241}Am) α 源, 剂量在 3uCi 以下。

3. 特色与优势：

目前，高校中使用的卢瑟福散射实验教学装置，用 $\phi 5$ 金硅面垒半导体探测器来测量散射的 α 粒子的位置。为了保证足够小的测量立体角和一定的测量精度，探测器放置在距金箔较远的地方。因为 ^{241}Am 源主要的 α 粒子能量为 5.486MeV，在空气中行程大约为 3.5cm。这增加了测量的复杂性，必须要用散射真空室，室中有 α 放射源、散射样品台、探测器、步进电机及转动机构等，置于真空室内的探测器的位置必须由步进电机来控制。真空设备也增加了实验噪声和整体设备成本。同时，在一定立体角内对 α 粒子进行探测效率很低，绝大部分散射的 α 粒子不能被探测到。

利用我们前沿物理的科研优势，自研制的《基于 ThickGEM 新技术的卢瑟福散射实验装置》的特色与优势为：

- 1) 使用最近几年国际上在粒子物理实验中发展起来的 Thick Gaseous Electron Multipliers (ThickGEM) 新技术，并采用核物理实验中的延迟线读出技术，加上现

代电子学的低噪声放大电子技术，可在 270 度范围内同时探测 α 粒子在金箔上的散射角，角分辨率小于 2 度。

- 2) 使用的 α 放射源的剂量和普通烟雾报警器中的一样小，克服了使用放射源的管制问题。整个放射源和探测器密闭，但学生可以看到其内部结构，接触到最前沿的探测技术。
- 3) 使用延迟线读出确定散射 α 粒子在探测器上的位置从而计算其散射角。ThickGEM 对 α 粒子产生的电离电荷进行放大。延迟线读出技术把电子学读出通道从数百路降低到 3 路。探测器信号经过放大和甄别，由数字可编程逻辑芯片中的固件提取时间信息并计算出位置信息。该芯片中的显示电路对此位置信息做进一步的处理，然后在相应的发光二极管上显示，该时间信息和位置信息同时由 USB 接口传输至计算机。在计算机中的数据获取软件对数据做进一步处理，计算出更精确的位置信息，然后转换成 α 粒子在金箔上的散射角，并可与卢瑟福散射理论计算出的散射几率进行对比。
- 4) 该实验无需真空和步进电机系统。实验工作在一个大气压下，具有 270 度同时探测的效率，探测角分辨率为 2 度以下。实验运行无噪声，探测效率比现有的实验大大提高。
- 5) 可直观的 LED “粒子击中” 显示，给学生以直接的视觉效应，从而使该设备不仅可以用于学生实验中的定量测量，也可以用于理论课程时的讲台演示，还可以用于科技馆中对大众进行科普教育，激发民众对科学的兴趣、热爱和支持，也吸引更多的青少年投身到科技事业中来。
- 6) 我们预期该实验装置能大幅度降低卢瑟福 α 粒子散射教学实验的成本，让更多的学校能开设此实验。

4. 应用与推广:

可用于高中和大学的普通物理实验和近代物理实验教学，也可用于课堂演示和科技馆的科普教育。

作品照片 (3-5 张)

注： 作品照片 6月补上