

实验教学



激光拉曼光谱实验教学

关小平

(燕山大学理学院实验中心 河北 秦皇岛 066004)

1 引言

光照射介质时,除被介质吸收、反射和透射外,总有一部分被散射.1928年,印度科学家拉曼(Raman)在液态苯中观察到光照射媒质时,散射光频率与入射光频率存在大于 3×10^{10} Hz的频移^[1].这类散射称为拉曼散射,其频移量多数在 $10^2 \sim 10^3$ cm^{-1} 之间,这是因为拉曼散射是由于分子振动能态间的跃迁造成的,这种跃迁相应的能量大都在 $10^2 \sim 10^3$ cm^{-1} 之间^[2].但是光照射媒质时,散射光按频率分为三类:除拉曼散射外,还有瑞利

(Rayleigh) 散射、布里渊(Brillouin) 散射.大部分媒质的拉曼散射强度约为入射光强的 10^{-6} 和瑞利散射光强的 10^{-3} .因而设计拉曼光谱仪时,除了应考虑的光谱仪的一般要求外,特别重视增强入射至样品的光功率,和提高拉曼散射光对一切非拉曼散射光的相对强度.

激光拉曼光谱实验的原理和技术比较复杂难懂,要求学生在课前参照实验教材和参考书做充分的预习,尤其对计算机软件操作系统要做到熟练掌握.学生在实验中,2人一组,共同操作.

是应用基于 MST 软件的数字白板系统,创设一种有利于学生发现问题、科学探究、解决问题的氛围.教学中通过师生间、生生间的交流、各抒己见、平等、公正地进行讨论,发表彼此对问题的认识、观点、看法,阐明各种观点、看法的原因和理由,验证各自不同的观点和看法,从不同的方面、不同的思维方式,探求多种解决物理问题的途径,让学生在探究的氛围中自主发现问题,探究物理的概念和规律.

能力与方法密切相关,在物理教学中教师可以利用基于 MST 软件的数字白板系统帮助学生掌握科学探究的方法,培养学生的科学探究能力.例如在讲解变压器的输出电压与哪些因素有关时,可以以实验为载体,以基于 MST 软件的数字白板系统为工具,把变压器的输出电压与哪些因素有关的问题设计成如下富有探究性、可操作性的课题:

(1) 提出问题.由教师直接提问变压器的输出电压与哪些因素有关?

(2) 猜想与假设.对学生进行分组,让其猜想、讨论后通过数字白板系统将各组的猜想与假设的结果由手写板共享到数字白板上.

(3) 进行实验和记录实验数据.

(4) 根据实验所得数据各小组进行推理、分析、

论证,由数字白板系统展示各组的推理、分析、论证过程与结论.

(5) 在教师的引导下对各组结果进行评价、检验,得出公式 $U_1 : U_2 = n_1 : n_2$.

这样学生通过探究获得概念、规律比教师在黑板上讲理论的效果要好得多,学生在获得知识的同时领悟了科学探究的方法,即发现问题、猜想、假设、推理、分析、论证、交流与合作等,以培养科学探究的能力.

基于 MST 软件的数字白板系统在物理教学中还有更广泛的应用,例如构建物理模型,建立教学资源库,及时全面地得到有效的反馈信息等等.只要我们在教学中不断探索,就能应用数字白板系统解决许多物理教学中的实际问题,从而全面提高物理教学的效果.

参考文献

- 1 张幸,殷继彬,等.基于手写笔的电子白板系统的研究与实现.北京石油化工学院学报,2005(2):9~12
- 2 丁兴富,蒋国珍.白板终将替代黑板成为课堂教学的主流技术.中国电化教育,2005(5):21~26
- 3 林建祥.关注课堂教学信息化的“动力”.中国电化教育,2006(7~8):1

2 实验原理

某一样品的拉曼光谱如图 1 所示. 设 ν_0 是入射光的波数, ν 是散射光的波数, 散射光与入射光的波数差为 $\Delta\nu = \nu - \nu_0$. 那么, 对于拉曼散射谱, $\Delta\nu < 0$ 的散射线称为红伴线或斯托克斯线 (Stokes line); $\Delta\nu > 0$ 的散射线称为紫伴线或反斯托克斯线 (anti-Stokes line). 拉曼光谱在外观上有三个明显的特征: 第一, 对同一样品, 同一拉曼线的波数差 $\Delta\nu$ 与入射光波长无关; 其次, 在以波数为变量的拉曼光谱图上, 如果以入射光波数为中心点, 则斯托克斯线和反斯托克斯线对称地分列在入射光的两边; 第三, 斯托克斯线的强度一般都大于反斯托克斯线的强度. 拉曼光谱的上述特点是散射体内部结构和运动状态的反映, 也是拉曼散射固有机制的体现.

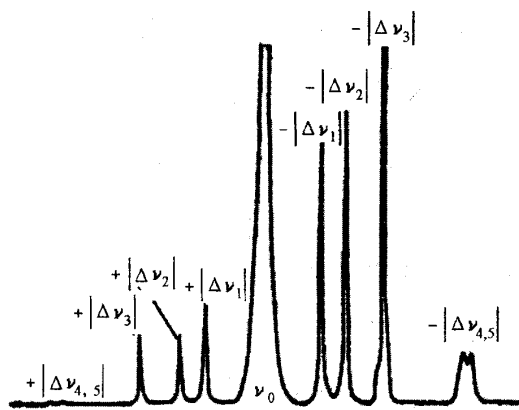


图1 拉曼光谱示意图

3 实验仪器

拉曼散射强度正比于入射光的强度, 并且在产生拉曼散射的同时, 必然存在强度大于拉曼散射至

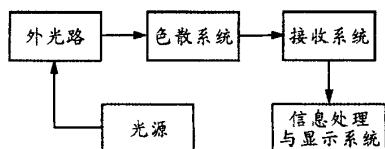


图2 拉曼光谱仪的基本结构

少 1 000 倍的瑞利散射. 因此, 在设计或组装拉曼光谱仪和进行拉曼光谱实验时, 必须同时考虑尽可能增强入射光的光强和最大限度地收集散射光, 又要尽量地抑制和消除主要来自瑞利散射的背景杂散

光, 提高仪器的信噪比^[3]. 拉曼光谱仪一般由图 2 所示的五个部分构成.

(1) 光源

它的功能是提供单色性好、功率大并且最好能多波长工作的入射光. 目前拉曼光谱实验的光源已全部用激光器代替历史上使用的汞灯. 对常规的拉曼光谱实验, 常见的气体激光器基本上可以满足实验的需要. 在某些拉曼光谱实验中要求入射光的强度稳定, 这就要求激光器的输出功率稳定.

(2) 外光路

外光路部分包括聚光、集光、样品架、滤光和偏振等部件.

(3) 色散系统

色散系统使拉曼散射光按波长在空间分开, 通常使用单色仪.

(4) 接收系统

拉曼散射信号的接收使用光电倍增管, 这是一种单通道接收类型.

(5) 信息处理与显示

为了提取拉曼散射信息, 常用的电子学处理方法是直流放大、选频和光子计数, 然后用记录仪或计算机接口软件画出图谱.

4 实验内容

首先打开激光器电源, 预热半小时左右. 取出 1 支液体样品管, 用分析纯乙醇清洗内外壁, 待挥发之后, 倒入分析纯四氯化碳样品. 将样品管固定在样品架上, 再放入样品台上, 调节样品台上的微调螺钉, 使聚焦后的激光束位于样品管的中心.

调节样品台和聚光透镜的上下左右调节微调部件, 使聚焦后的光束最细的部位位于集光镜和单色仪的光轴上. 样品被照明部分通过集光镜, 清晰地成像于单色仪狭缝上. 反复调节集光镜前后左右的位置, 只要细致观察样品在狭缝上的像就能达到这一目的. 调节偏振旋转器, 使激光的振动极大值方向与单色仪光轴方向一致, 样品在狭缝上的像亮度最大. 将单色仪转到 651.9 nm 附近, 入射狭缝开在 250 ~ 300 μm . 以后逐步调小至 100 ~ 150 μm .

开启高压电源, 此时应有强拉曼谱线的峰, 调节集光镜架上的微调螺钉, 使聚焦在单色仪入射狭缝的像对称分布.

打开计算机,进入计算机操作系统后,单击“测量”按钮,弹出“测量条件输入”对话框.输入适当的条件参数后,点击“存盘”按钮进行保存.当所有条

件参数都已输入后,点击“确定”按钮,便可进行测量.图 3 是所记录下的拉曼散射图谱.

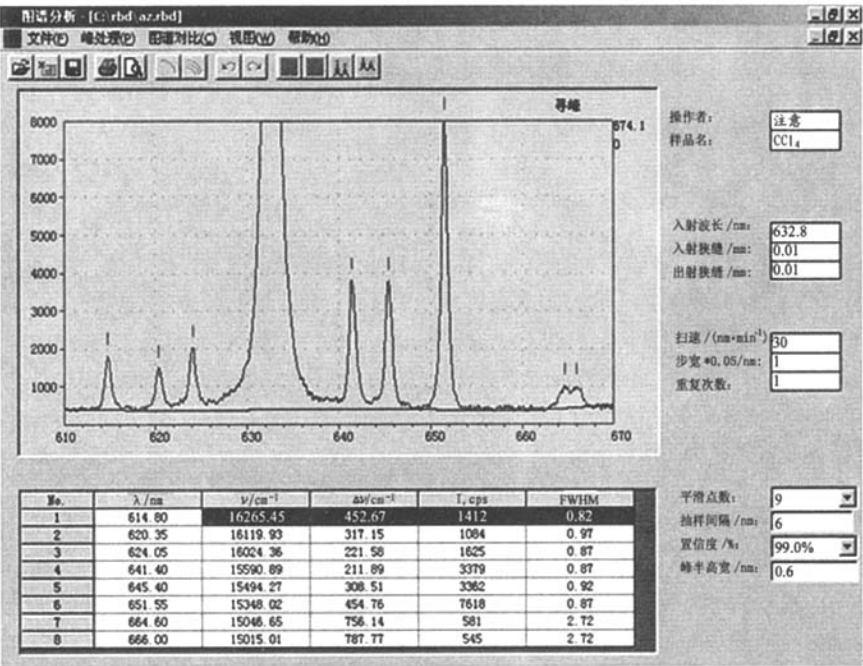


图 3 CCl₄ 的激光拉曼谱图

课后学生需写详细的实验报告,要求完整记录包括瑞利线和斯托克斯线、反斯托克斯线的振动拉曼谱,特别要标明狭缝的几何宽度和波长扫描范围;在谱图上把波长标度换成波数差标度,在各谱线峰尖处标出其波数差值;比较各谱线实测的相对强度,辨认各谱线对应的简谐振动类型.

5 结束语

拉曼光谱实验是近代物理实验中典型的实验,它的理论性和技术性都很强.通过该实验学生可体验拉曼光谱的基本实验技术和进一步认识拉曼光谱

的主要特点及其与分子结构的联系.并能使学生养成良好的科学实验素养,提高学生理论联系实际、独立分析和解决问题的能力,进一步培养学生的综合分析能力和科技创新意识.

参考文献

1 赵凯华,钟锡华. 光学(下册). 北京:北京大学出版社, 1984. 254 ~ 257
2 褚圣麟. 原子物理学. 北京:人民教育出版社,1979. 62 ~ 70
3 吴思诚. 近代物理实验(第二版). 北京:北京大学出版社,1995. 80 ~ 95

(上接第 25 页)

达到 80 分以上,然后通过自我纠正等形式,突破最后的疑难问题.

8 优化课堂,专题建网

上述步骤是按照所列程序进行的,本程序进行过程中,教师的任务是串讲专题,布置任务,引导规

范,帮助建网.

难题按程序分层突破,有利于体现新的课程理念,有利于学生对知识进行建构,体现了师生互动、生生互动,有利于培优,也有利于补差,教师能够节省大量的讲授时间,减轻了负担,学生之间也充分合作,可以做到“师生同益”,有利于提高复习备考的效率和效果.