课程编号 202320241180045000169

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **得分** | **教师签名** | **批改日期** |
|  |  |  |

**深 圳 大 学 实 验 报 告**

**课程名称：­ 大学物理实验（二）**

**实验名称： 光栅光谱仪的使用**

**学 院： 计算机与软件学院**

**指导教师： 王光辉**

**报告人： 郭昌华 组号： 19**

**学号 2022190025 实验地点 致原楼212A**

**实验时间： 年 月 日**

**提交时间： 年 月 日**

|  |
| --- |
| 1. 实验目的   1、光谱学的基础知识；  2、了解光栅光谱仪的工作原理；  3、掌握利用光栅光谱仪进行光谱测量的技术。 |
| 1. 实验原理   (一)光谱  光谱是由原子内部运动的电子受激发后由较高能级向较低能级跃迁产生的，各种物质的原子内部电子的运动情况不同，所以它们发射的光谱也不同，通过对原子、分子光谱的研究可了解原子、分子内部的结构，或对样品所含成分进行定性和定量分析。根据研究光谱方法的不同，习惯上把光谱区分为发射光谱、吸收光谱与散射光谱。这些不同种类的光谱，从不同方面提供物质微观结构。本实验中主要用光栅光谱仪研究发射光谱。  发射光谱从形状上来说可分为三种:线状光谱、带状光谱和连续光谱。线状光谱主要产生于原子，所以也叫原子光谱，带状光谱主要产生于分子，所以也叫分子光谱，连续光谱则主要产生于白炽的固体或气体放电。线状光谱和带状光谱的示意图如图3-16 - 1所示。  C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps1.jpg  线状光谱对元素具有特征性和专一性，称为元素的特征光谱。通过检测特征光谱就可以知道样品中的元素种类，这就是光谱的定性分析方法。根据谱线强度可以得出元素浓度，这就是定量分析方法，本文不做详细介绍。    **(二)光栅的基础知识**  **1、光栅方程**  光栅是直接影响光谱仪性能的核心色散器件。光栅是由一系列等宽又等间距的平行狭缝组成。如图3-16-2所示的光栅G，由N条宽度为a的狭缝组成，相邻狭缝之间不透光部分的宽度b，则光栅总宽度为W=N(a＋b)，其中d=a+b，称为光栅常数，是表征光栅特性的重要参数。  C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps2.jpg  一束波长为入的单色平行光垂直入射到光栅上,透过每一狭缝的光都要发生衍射，沿某一方向传播的各狭缝的衍射光经过透镜后会聚在焦平面上而相互干涉，形成一系列暗背景下的亮条纹，称为谱线。形成亮条纹的条件为  C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps3.jpg  式(3-16- 1)称为光栅方程，k为光谱线的级数，C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps4.png是第k级谱线对应的衍射角。若光栅常数d=a＋b已知，用分光计测出第k级谱线相应的衍射角C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps5.png﹐由式(3-16-1)可求出光波波长C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps6.png。  如果入射光为包含多种不同波长的复色光，除零级谱线外，同一级条纹(k相同)的衍射角C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps7.png与入射光的波长有关。将各种波长的同一级次条纹合成的整体称为光栅的衍射光谱。  **2.光栅的两个重要特性**    **1)**分辨本领R  依照瑞利判据波长C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps8.png的k 级主最大恰好和(C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps9.png—△C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps10.png)的k级主最大外侧第一个零光强点相重合时，则C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps11.png和(C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps12.png一△C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps13.png)两条谱线恰可被分辨，我们定义分辨本领R=C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps14.png/△C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps15.png，可以推导出光栅分辨本领R的表达式为  C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps16.jpg  即使用的光栅刻痕N、光谱级次k越大，分辨本领R就越大，可分辨的△C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps17.png就越小。  **2)**角色散D  定义角色散D为同一级次中，两谱线主最大衍射角之差△C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps18.png和波长差△C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps19.png之比，即  C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps20.jpg  角色散描述了分光元件将光谱散开能力的大小。    **3．光栅的选择**  实验中，光栅的选择要考虑如下因素:  (1)闪耀波长。闪耀波长为光栅最大衍射效率点，因此选择光栅时应尽量选择闪耀波长在实验需要波长的附近。如实验为可见光范围，可选择闪耀波长为500 nm。  (2）光栅刻线。光栅刻线多少直接关系到光谱分辨率，刻线多光谱分辨率高，刻线少光谱覆盖范围宽，两者要根据实验灵活选择。  (3）光栅效率。光栅效率是衍射到给定级次的单色光与入射单色光的比值。光栅效率愈高，信号损失愈小。为提高此效率，除提高光栅制作工艺外，还采用特殊镀膜，提高反射效率。    **(三)光栅光谱仪的基本结构和光路**  光谱仪的基本结构如图3-16-3所示。它由入射狭缝S1、准直球面反射镜M1、光栅G、聚焦球面反射镜M2以及输出狭缝S2构成。  C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps21.jpg    衍射光栅是光栅光谱仪的核心色散器件。入射光经光栅衍射后，相邻刻线产生的光程差△=d( sinα±sinβ)，α为入射角，β为衍射角，则光栅方程为  C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps22.jpg  式中d为光栅常数，C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps23.png为入射光波长，k为衍射级次，k取0，±1，±2，…式中的“±”号选取规则为：入射角和衍射角在光栅法线的同侧时取正号，在法线两侧时取负号。如果入射光为正入射α=0，光栅方程变为dsinβ=kC:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps24.png。  衍射角度随波长的变化关系，称为光栅的角色散特性，当入射角给定时，可以由光栅方程导出:  C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps25.jpg  复色光入射狭缝S1后，经M2变成复色平行光照射到光栅G上,经光栅色散后,形成不同波长的平行光束以不同的衍射角度出射，M2将照射到它上面的某一波长的光聚焦在出射狭缝S2上、再由S2后面的电光探测器记录该波长的光强度。光栅G安装在一个转台上，当光栅旋转时﹐就将不同波长的光信号依次聚焦到出射狭缝上，光电探测器记录不同光栅旋转角度(不同的角度代表不同的波长)时的输出光信号强度，即记录了光谱。这种光谱仪通过输出狭缝选择特定的波长进行记录，称为光栅单色仪。  C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps26.jpg  在使用单色仪时，对波长进行扫描是通过旋转光栅来实现的。通过光栅方程可以给出出射波长和光栅角度之间的关系(如图3-16-4所示)为  C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps27.jpg  其中，C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps28.png为光栅的旋转角度，C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps29.png为入射角和衍射角之和的一半，对给定的单色仪来说C:\Users\86138\AppData\Local\Temp\ksohtml21392\wps30.png为一常数。    **仪器的使用说明及注意事项如下所述。**  **(1)开机之前:**请认真检查光栅光谱仪的各个部分(单色仪主机、电控箱、接收单元计算机)连线是否正确，保证准确无误。  **(2)接收单元:**若采用光电倍增管作为接收单元，不可在光电倍增管加有负高压的情况下﹐使其暴露在强光(包括自然光)下。在使用结束后，一定要注意调节负高压旋钮使负高压归零，然后再关闭电控箱。  **(3)狭缝调节。**  仪器的入射狭缝和出射狭缝均为直狭缝，宽度范围为0~2 mm连续可调，顺时针旋转时狭缝宽度加大，反之减小。每旋转一周狭缝宽度变化0.5 mm，最大调节宽度为2 mm为延长使用寿命，狭缝宽度调节时应注意最大不要超过2 mm。为了保证仪器的性能指标和寿命，在每次使用完毕或平常不使用时，将入射狭缝宽度、出射狭缝宽度分别调节到0. 1 mm左右。  **(4)电控箱的使用。**  电控箱包括电源、信号放大、控制系统和光源系统。在运行仪器操作软件前一定要确认所有的连接线正确连接且已经打开电控箱的开关。  **(5)采用标准光谱灯进行波长校准。**  光栅光谱仪由于运输过程中震动等各种原因，可能会使波长准确度产生偏差，因此在第一次使用前要用已知的光谱线来校准仪器的波长准确度。在平常使用中，也应定期检查仪器的波长准确度。    检查仪器波长准确度可用氘灯、钠灯(标准值为589.0 nm和 589.6 nm)、汞灯以及其他已知光谱线的光源来进行。  **①用氛灯谱线校准。**  利用氛灯的两根谱线的波长值(标准值为486.0 nm和 656.0 nm)来校准仪器。根据能量信号的大小手工调节入射狭缝和出射狭缝﹐扫描'灯光谱。如果波长有偏差，用“零点波长校正”功能进行校正。  **②用钠灯谱线校准。**  利用钠灯的两根谱线的波长值(标准值为589.0 nm和589,6 nm)来校准仪器。根据能量信号的大小手工调节入射狭缝和出射狭缝，扫描钠灯光谱。如果波长有偏差，用“零点波长校正”功能进行校正。  **③用汞灯谱线校准。**  利用汞灯的五根谱线的波长值(标准值为404.7 nm、435.8 nm、546.1 nm、577. 0 nm,579.0 nm)来校准仪器。根据能量信号的大小手工调节人射狭缝和出射狭缝﹐扫描汞灯光谱。如果波长有偏差，用“波长线性校正”功能进行校正。    注意事项：  1、开、关电源前负高压要调至最小；  2、每次扫描前都要“复位” ；  3、关机前要“复位”。 |
| 1. 实验仪器： 2. 光栅光谱仪。 3. 汞灯。 4. 钨灯。 5. 玻璃片。 |
| 四、实验内容：  (一）光栅光谱仪的波长校准   1. 将汞灯下端铜柱对准入射狭缝下的铜柱保证高度一致 2. 将出入射狭缝调节至0.2mm左右（已调好严禁调节） 3. 确保电控箱的负高压旋钮逆时针旋至最小值（光电倍增管点源） 4. 将光电倍增管处调节至示数2.0（即中央位置）   注意：使用光电倍增管时，一定不要在光电倍增管加有高压的情况下，暴露于自然光或任何强光下，否则将使倍增管寿命减小、灵敏度降低，甚至损坏倍增管。   1. 打开光谱仪电源（高压点源），在计算机上启动光谱仪软件（PMT），计算机自动检测光栅光谱仪。 2. 将光谱仪系统复位，若复位异常，请检查电控箱电源开关与USB接线，确认开关打开接线正常后，根据系统提示重新复位，即进入仪器系统复位。（复位时间约5-7分钟（扫描波长调整到200nm）。） 3. 将负高压调节至240V左右，将光谱扫描步长设置为0.1nm，点击光谱扫描，扫描过程中，适当调整负高压，使得曲线最大值（550nm附近）在一半量程到满量程之间。 4. 扫描完成后，点击峰值检索，系统将当前图谱中一定范围内的峰值检索出来。 5. 在对话框中输入系统值与实际波长值的差值，点击确定即可(*λ测-λ真*)。 6. 复位光谱仪，将光谱扫描步长设置为1nm，重新扫描获得汞灯光谱。 7. 扫描完成后，点击数据处理，点击检索数据，数据列表，然后右键复制所有数据（指读当前图谱文件所有的强度数据检索并将结果显示出来），导入至origin中，做出相应光谱图。   (二) 扫描不同光源的光谱   * 测量钨灯光谱  1. 光谱仪系统复位 2. 将钨灯放置在入射狭缝处，调整反射镜位置，使得狭缝位于光柱中央(关键步骤)。 3. 将光谱扫描步长设置为1nm，点击光谱扫描 4. 扫描过程中，适当调整负高压，使得曲线最大值(500-550nm)在一半量程到满量程之间 5. 复位后，重新扫描 6. 将数据复制导入至origin保存文件。  * 测量玻璃片透射光谱  1. 在入射狭缝处插入玻璃片，然后重复4.2步骤。 2. 注：在扫描过程中，不要碰触钨灯、实验台，不要调节负高压。 3. 将数据复制导入至origin中保存文件。 4. 将测量光谱与4.2测量光谱相除，得到玻璃片的透射光谱。 5. 当系统测试结束后，系统复位、将入射狭缝调节至0.1mm左右，将电控箱的负高压旋钮逆时针旋至最小值。点击菜单栏中“文件\退出系统”，按照提示关闭电源退出仪器操作系统。  * 重要参数的选择 * **狭缝宽度的选择**   已调整好，严禁调节  缝宽小，谱线精度高，信号强度低。  S1——0.2mm附近（目视狭缝大小，右旋缝减小；左旋缝增大）。  S2——2.0附近（即螺旋刻度为一半量程）  在同组实验中，狭缝宽度保持一定。   * **负高压大小的选择**   负高压太小影响检测强度，太大影响光电倍增管灵敏度和寿命。  检测信号强度要求（最大峰值大于1/2量程，小于量程，可在预扫描过程中动态调整负高压大小）。参考值240V附近，最大小于600V。  在钨灯光谱、玻璃片透射率实验中，负高压保持一致。   * **波长校准范围的选择**   由于光栅的测量范围有限，并且不同的光栅范围不同，在进行波长校准时不能做到线性校准，而是只能校准一个范围。所以波长校准时在实验需要波长的附近，选择一条或多条标准谱线进行校准（本实验中，在靠近钨灯光谱中央，选择临近的波长，即500-550nm附近光谱）。当改变测量范围时，校准范围也相应改变。 |
| **五、数据处理**  将测量得到的数据(放置玻璃片前后的光栅光谱法测量钨灯图谱)导入Origin软件中,绘制出如下的钨灯光谱图:  计算两次相对强度值的商(放置后 / 放置前),得到玻璃的透过率并绘制如下图: |
| **六、结果陈述：**   * 通过观察钨灯光谱图的整体变化趋势，可以得出以下结论：   1. 在钨灯光谱图中，随着波长的减小，相对能量也相应减小。这表明波长较短的光具有较低的能量。  2. 当波长接近340nm时，相对能量逐渐增大。在波长约为380nm附近，出现了第一个峰值，此后相对能量持续增大。在波长约为550nm左右，达到第二个峰值，也是观测到的强度最大值。随着波长继续增大，强度逐渐减弱。   * 分析放置玻璃前后的两条钨灯谱线图，可以得出以下结论：   1. 放置玻璃后测得的相对能量强度要低于放置玻璃前。这表明玻璃对光的透过性有所影响，导致透过玻璃的光的能量减弱。  2. 在波长约为380nm处的第一个峰值变得不那么明显。这表明放置玻璃后，特定波长的光被玻璃吸收或散射，导致该波长处的能量减弱。   * 观察玻璃透射图谱，可以得出以下结论：   1. 玻璃的透过率随着波长增加呈现先下降后上升的趋势。在波长范围为200nm至380nm之间，透过率下降。在波长约为380nm左右达到最低点，透过率仅为约45%。之后，透过率迅速上升，直至在波长约为430nm左右恢复到初始水平（约为90%）。 |
| **七、实验总结与思考题**  实验总结：  通过使用光栅光谱仪，了解其工作原理并掌握利用该仪器进行光谱测量的技术，通过这次实验，我对光栅光谱仪的工作原理和操作技术有了更深入的了解。我认识到光栅光谱仪在物质分析、光学研究和光谱测量等领域的重要性。我相信这些所学将对我的学术和科研工作有所帮助，并为我今后的实验和研究提供了基础和指导。  思考题：  ⒈如何利用光谱仪测量太阳光的光谱；  答：利用反射镜反射太阳光，再通过透镜使反射光平行通过入射狭缝。  ⒉考虑到光源强度和测量电路参数随时间变化的影响，测量玻璃片透射谱时，可对光谱仪的光路如何改进，能够克服该起伏变化？  答：  1. 引入参考光源：在光谱仪的光路中引入一个稳定的参考光源。该参考光源可以是一个稳定的光源或者一个参考光栅，其光强度相对稳定且不受时间变化的影响。通过将参考光源与待测样品同时照射到光栅上，可以通过比较两个信号的差异来消除光源强度和测量电路参数的影响。  2. 使用光电二极管检测：将光栅后的光信号使用光电二极管进行检测。光电二极管是一种能够将光信号转化为电信号的器件，其输出电流与光强度成正比。通过使用光电二极管检测光信号，可以实时地测量光强度，并且光电二极管对时间变化的响应较快，能够更准确地反映光源强度的变化。  3. 控制测量环境：尽量减小外部环境因素对测量的影响。例如，控制温度、湿度和振动等因素，以确保测量过程的稳定性。  4. 定期校准：定期对光谱仪进行校准，以确保其性能和精度。校准包括调整光谱仪的参数、检查光源的稳定性和校准光电二极管等。定期校准可以帮助保持测量的准确性，并识别和纠正任何潜在的变化或漂移。 |
| 指导教师批阅意见： |
| 成绩评定：     |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **预习**  （20分） | **操作及记录**  （40分） | 数据处理与结果陈述30分 | 思考题  10分 | **报告整体**  **印 象** | **总分** | |  |  |  |  |  |  | |