

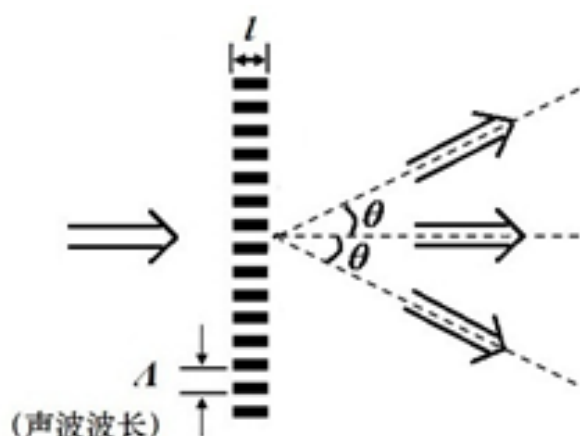
实验题目一：用超声光栅测定水中的声速

（考试时间：90 分钟，总分：30 分）

背景知识介绍：

超声波作为一种纵波在介质中传播时，其声压使介质密度产生周期性变化，形成疏密波，致使其折射率也呈周期性改变。当一束光射入这种介质时，就会因这种折射率的周期性变化而发生衍射，即产生声光效应。

现有一准直光束沿垂直于超声波传播方向通过声场，设光波波长为 λ ，光束直径为 D ，超声波波长为 Λ ，声束宽度（光在具有声波场介质中的传播距离，即声光相互作用范围）为 l ，当 $D > \Lambda$ ，且 $\lambda l < \Lambda^2$ 时，光束将发生 Ramann-Nath 衍射，该现象相当于一个相位型光栅引起的光束衍射（见图 1），故称这一作用为超声光栅。



光栅是一种应用广泛的光学元件。广义地说，具有周期性的空间结构或光学性能（如透射率、折射率）的衍射屏，统称光栅。

本实验利用超声波发生器输出高频振荡信号，去驱动一个压电换能器，将该压电换能器放在盛有去离子水（介质）的水槽中，并且满足 Ramann-Nath 衍射条件，因而在水中形成超声光栅。

一、 实验目的:

观察液体中的声光效应并通过超声光栅测量液体中的声速。

二、 实验器材

1. 超声波发生器:

技术指标: 输入电压: 220V 50Hz, 输出信号频率范围大约为 9.6~12.6MHz。

注意事项:

- (1) 压电换能器已放入盛水的液体槽并用胶带固定, 严禁取出, 只能整体移动。
- (2) 调节频率时务必要**轻旋、慢旋**, 并注意等待**频率稳定**后再进行测量。
- (3) 超声波发生器连续使用时间不得超过 60 分钟, 若要继续使用, 请在关闭电源 5 分钟后再开启。
- (4) 高频信号源输出端与换能器连接的两根导线之间有分布电容, 对输出频率有影响, 测量时尽可能不要触碰两根导线, 否则会导致输出频率不稳定。
两根导线如果有固定胶带缠绕, 请勿拆开。
- (5) 实验完毕, 及时关闭电源。

2. 声光器件:

压电换能器和液体槽 (长 80mm, 宽 40mm, 高 59mm)

技术指标: 工作频率约 10.2~12.5 MHz ;

注意事项:

- (1) 如果通光部位已污染, 请用脱脂棉沾酒精擦拭液体槽表面, 提取液体槽应拿两端面, 不要触摸两侧表面的通光部位, 以免污染。
- (2) 待测去离子水已装入液体槽中, 实验时将液体槽平稳置于载物台上并固定好, 在实验过程中应避免震动。

3. 光学系统:

- (1) 钠灯 (包括支架), 波长 $\lambda = 589.3\text{nm}$;
- (2) 机械狭缝 (缝宽 0.06mm 已经调整完毕, 实验过程中无需调节);
注意: 狭缝平面与支柱轴心有 9.0mm 距离;
- (3) 焦距相同但焦距未知的凸透镜两块;
- (4) 测微目镜 (测量范围 0—8mm, 分辨率 0.01mm);
- (5) 导轨及滑块 ;

(6)白屏和平面镜各一块。

4. 其他:

(1) 脱脂棉、酒精。

(2) 实验答卷纸 (印有要求和必要的提示)、草稿纸。

三、 实验内容

【问题 1】搭建光路观察声光效应。

1. 画出光路布置示意图, 简要说明各元件的作用。(4 分) (提示卡 1, 申请使用扣除 2.5 分)
2. 搭建并调节光路, 说明实验步骤和调节要求, 观察超声光栅衍射现象。(9 分)
3. 调整衍射系统, 得到至少三级 ($k=\pm 3$) 对称的衍射条纹; 改变超声波频率时, 描述并解释测微目镜视场中条纹的变化规律, 记录最佳状态的超声波频率。(3 分)

【问题 2】测定超声光栅的光栅常数和超声波在水中传播的声速。

1. 给出所用公式, 说明公式中各个量的物理意义。(5 分) (提示卡 2, 申请使用扣除 1 分; 提示卡 3, 申请使用扣除 3 分。两卡只能按顺序提供。)
2. 测量至少三级 ($k=\pm 3$) 对称的衍射条纹, 记录并处理数据 (4 分)
3. 计算超声光栅的光栅常数和超声波在水中的声速。 (5 分)

实验题目二：研究小灯泡的发光问题

(请勿在试题上写字, 请勿带出考场)

灯泡灯丝的材质是金属钨, 在本实验的温度范围内, 其温度与电阻满足以下经验公式

$$T = aR^{0.83}$$

式中 T 为灯丝温度(K), R 为灯丝电阻(Ω), a 为常数(K/ $\Omega^{0.83}$)。

光电池是把光信号转换成电信号的光电器件, 是一种特殊的半导体二极管, 其输出短路电流与接收到的光信号强度成正比, 可视为理想的电流源。在光照强度不大时, 如光电池外接一个阻值不大的电阻, 仍可保持光电流与光照强度有很好的线性关系。由于实验室环境下背景光的存在, 即便小灯泡不发光, 光电池仍有短路电流, 称之为本底电流。

一、实验目的

1. 确定灯泡灯丝温度与其电阻的关系
2. 研究灯泡发光强度与灯丝温度的关系

二、实验器材介绍

1. 电源

输出电压可调的直流稳压电源 1 台, 请根据所用稳压电源的型号参看下面的使用说明。

a) 型号: HY1791-10S

主要参数: 单路输出。输出电压 0~30V, 电流 0~10A。

操作说明: 电源开关位于前面板左下角, 按下即可为设备通电。将“CURRENT”旋钮从起始处顺时针旋转 90 度, 此时“CC”(稳流)指示灯熄灭, “CV”(稳压)指示灯点亮。顺时针转动“VOLTAGE”旋钮增大电压。标记“+”和“-”的接线端为电源输出端。

b) 型号: HY1711-5S

主要参数: 双路输出。输出电压 0~30V, 电流 0~5A。

操作说明：①电源开关位于前面板左下角，按下即可为设备通电。将“调流”旋钮从起始处顺时针旋转 90 度，此时“稳流”指示灯熄灭，“稳压”指示灯点亮。顺时针转动“调压”旋钮增大电压。标记“+”和“-”的接线端为电源输出端。

②前面板的数码显示器依次显示两路输出的电流或电压(由两侧分别标记“V”“A”的按键，选择显示内容)。

③两路输出应处于各自独立工作状态，中间的按键应为弹出，即“独立”状态。

c) 型号：MPS-3303

主要参数：三路输出，两路可调，一路固定。两路可调的输出电压 0~30V，电流 0~3A。

操作说明：①电源开关位于前面板左下角，按下即可为设备通电。将“CURRENT”旋钮从起始处顺时针旋转 90 度，此时“CC”(稳流)指示灯熄灭，“CV”(稳压)指示灯点亮。顺时针转动“VOLTAGE”旋钮增大电压。标记“+”和“-”的接线端为电源输出端。

②前面板的数码显示器依次显示两路输出的电流和电压。

③两路输出应处于各自独立工作状态，中间的两个按键都应为弹出，为“INDEP.”位置，即独立工作状态。

2. 电位器板

多圈电位器 1 个（圈数：10 圈，阻值：500 Ω ，额定功率：2W）。板上有 1 个红色接线柱，2 个黑色接线柱，分别与电位器的三个接线端连通，中间的接线柱为电位器的滑动端。顺时针调整电位器旋钮，滑动端向红色接线柱靠近。

3. 精密电阻

1) 阻值 20.0 Ω 的电阻 1 只，阻值精度 0.1%，额定功率 1/4W。由 2 只 40.0 Ω 的电阻并联组成。两端有叉形接线端子。

2) 阻值 100 Ω 的电阻 1 只，阻值精度 0.1%，额定功率 1/4W。两端有叉形接线端子。

4. 样品板

已固定好的待测小灯泡 1 只（额定参数：12V,0.11A）。板上有两个接线

柱，分别与灯丝的两端连通。

5. 光电池板

光电池 1 只。板上有两个接线柱，红色接线柱为光电池的正极，黑色为负极。

6. 开关板

板上装有船型开关 1 只，将标有“T”的一侧按下为接通，标有“O”的一侧按下为断开。板上有两个接线柱，分别与开关的两端连通。

7. 三位半数字万用表 3 块（只能用电压档）

8. 可续接双香蕉插头连接线 12 根（红黑各 6 根）

9. 数字显示电子温湿度计 1 台（温度测量的分辨率 0.1°C ，精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ）

10. 文具夹子 2 个

11. 长度 30cm 直尺 1 把

三、 注意事项

- 1、直流稳压电源的输出电压可根据电路需要来设定，“问题 1”和“问题 2”的最大设定电压均不能超过 15.0V。
- 2、灯泡顶端与光电池外端面之间的距离应不小于 1mm。
- 3、数字万用表有自动关机功能，可再次开机即可。
- 4、部分数字万用表有“HOLD”键，请勿按此键。误按后，可再按此键即可恢复测量。
- 5、所有电学参数必须经由电压测量获取。
- 6、只能使用本实验提供的实验器材进行测量。
- 7、实验中注意保护仪器，因操作不当导致仪器损坏，扣 2 分。

四、 实验内容：

【问题 1】确定灯泡灯丝温度与其电阻的关系。(18 分)

1. 设计出测量灯泡在室温下灯丝电阻 R_0 的线路图。(3 分)

可寻求帮助，提示卡 1，申请使用扣除 6 分。（内有电路图和原理简述）

2. 简述测量原理及步骤。(6 分)

3. 自行设计表格，在坐标纸上用作图法确定室温下的电阻 R_0 ，计算出 a 值，确定灯泡灯丝温度与其电阻的关系式（9 分）。

【问题 2】研究灯泡发光强度与灯丝温度的关系,并求出灯泡额定电压下的灯丝的温度。(12 分)

1. 画出实验用的线路图、简述测量原理及步骤。（5 分）

可寻求帮助，提示卡二，扣 6 分。（内有电路图和原理简述）

2. 用作图法研究发光强度与灯丝温度的关系，给出你的结论。（6 分）

3. 求出灯泡额定电压下的灯丝温度。（1 分）