

南昌大学物理实验报告

课程名称: 普通物理实验 (3)

实验名称: 超声光栅

学院: 理学院 专业班级: 物理学 151 班

学生姓名: 黄泽豪 学号: 5502115014

实验地点: B307 座位号: 14

实验时间: 第七周星期四上午 9:45 开始

【实验目的】

1. 了解超声光栅产生的原理
2. 了解声波如何对光信号进行调制
3. 通过对液体（非电解质溶液）中的声速的测定，加深对其中声学 and 光学物理概念的理解

【实验原理】

超声波作为一种纵波在液体中传播时，超声波的声压使液体分子产生周期性的变化，促使液体的折射率也相应地做周期性变化，形成疏密波。此时，如有平行单色光沿垂直于超声波传播方向通过这疏密相同的液体时，就会被衍射，这一作用，类似光栅，所以称为超声光栅。

超声波传播时，如前进波被一个平面反射，会反向传播。在一定条件下前进波与反射波叠加而形成超声频率的纵向振动驻波。由于驻波的振幅可以达到单行波的两倍，加剧了波源和反射面之间液体的疏密变化程度。某时刻，纵驻波的任一波节两边的质点都涌向这个节点，使该节点附近成为质元密集区，而相邻的波节处为质元稀疏处；半个周期后，这个节点附近的质元有向两边散开变为稀疏区，相邻波节处变为密集区。这些驻波中，稀疏作用使液体折射率减小，而压缩作用使液体折射率增大。在距离等于波长 λ_A 的两点，液体的密度相同，折射率也相等，如图 49-1 所示。

单色平行光 λ 沿着垂直于信号声波传播方向通过上述液体时，因折射率的周期变化使光波的波阵面产生了相应的相位差，经透镜聚焦出现衍射条纹。这种现象与平行光通过透射光栅的情形类似。因为超声波的波长很短，只要盛装液体的液体槽的宽度能够维持平面波，槽中的液体就相当于一个衍射光栅。途中行波的波长 λ_A 相当于光栅常量。由超声波在液体中产生的光栅作用称作超声光栅。

当满足声光喇曼-奈斯衍射条件 $2\pi\lambda l / \lambda_A^2 \ll 1$ 时，这种衍射相类似于平面光栅衍射，可得如下光栅方程

$$\lambda_A \sin \phi = k\lambda$$

在调好分光计上，由粒子光源的平光管中的汇聚透镜 (L_2) 与可调狭缝 S 组成平行光系统。如图 49-2

让光束垂直通过装有锆钛酸铅陶瓷片的液槽，在玻璃槽的另一侧，用自准直望远镜中的物镜和测微目镜组成测微望远系统，若振荡器使 PZT 晶片发生超声振动，形成稳定的驻波，从测微路径即可观察到衍射光栅。从 49-2 中可以看出，当 ϕ_k 很小时，有：

$$\lambda_A \sin \phi_k = \frac{l_k}{f}$$

其中 l_k 为衍射光谱零级至 k 级的距离； f 为透镜的焦距。所以超声波波长：

$$\lambda_A = \frac{k\lambda}{\sin \phi_k} = \frac{k\lambda l_k}{l_k} = \frac{\lambda l_k}{\Delta l_k}$$

超声波在液体中的传播速度：

$$v = \lambda_A \nu = \lambda f / \Delta l_A$$

式中的 ν 为振荡器和高钛酸铅陶瓷片的共振频率， Δl_A 为同一色光衍射条纹间距。

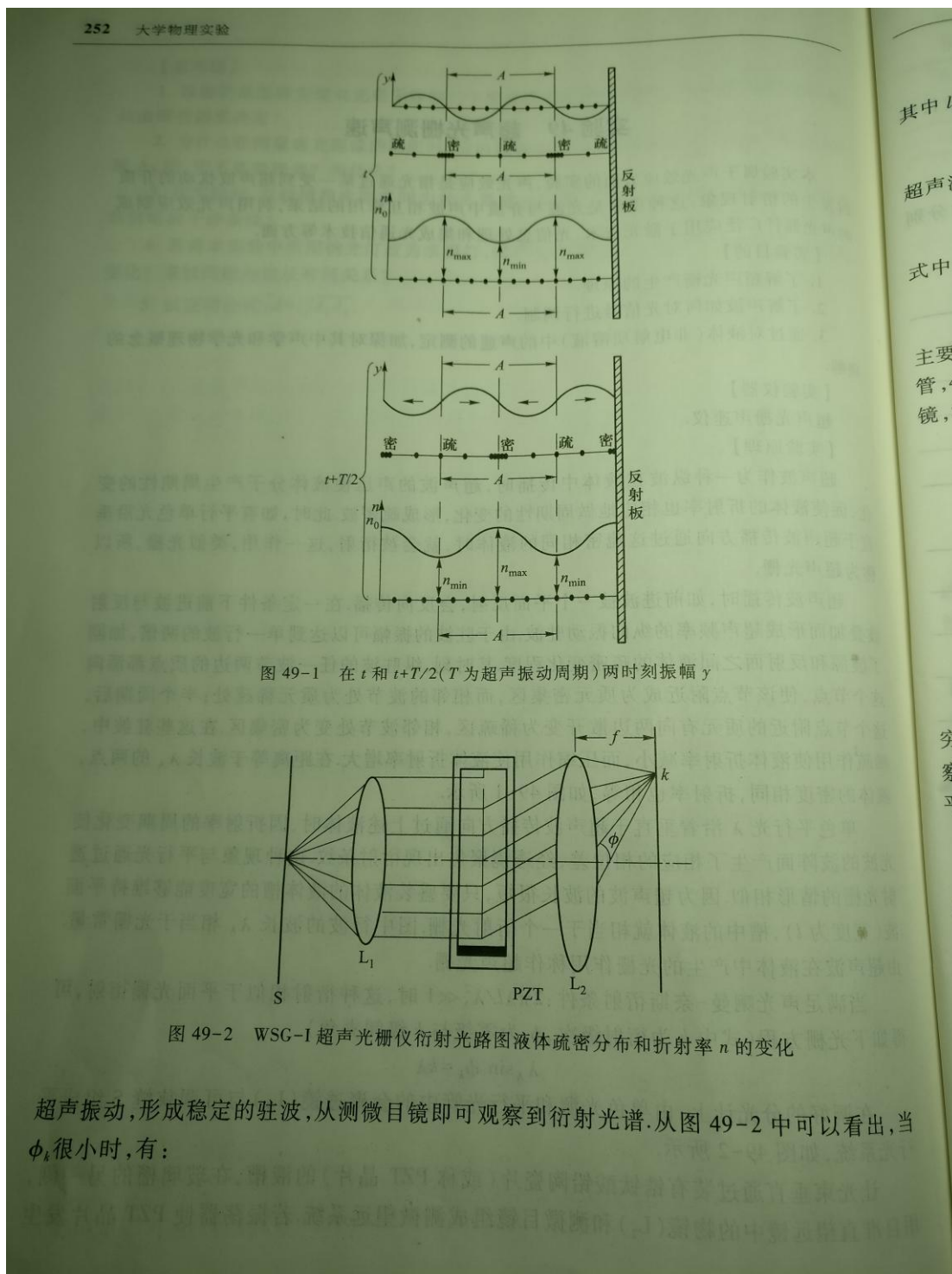


图 49-1 在 t 和 $t+T/2$ (T 为超声振动周期) 两时刻振幅 y

图 49-2 WSG-I 超声光栅仪衍射光路图液体疏密分布和折射率 n 的变化

超声振动, 形成稳定的驻波, 从测微目镜即可观察到衍射光谱. 从图 49-2 中可以看出, 当 ϕ 很小时, 有:

【实验仪器】

超声光栅声速仪

【实验内容及步骤】

1. 分光计的调整
2. 打开低压汞灯作光源
3. 将酒精注入液体槽内, 液面高度以液体槽侧面的液体高度刻线为准。
4. 将此液体槽放置于分光计的载物台上, 放置时, 使超声池两侧表面基本垂直于望远镜和平行光管的光轴。

- 5.两支高频连接线的一端各插入液体槽盖板上的接线柱，另一端接入超声光栅仪电源箱的高频输出端，然后将液体槽盖板盖在液体槽上。
- 6.开启超声信号源电源，从阿贝目镜观察衍射条纹，细微调节旋钮，使电振荡频率与锆钛酸铅陶瓷片固有频率共振，此时，衍射光谱的级次会显著增多且更为明亮。
- 7.如此前分光计已调整到位，左右转动超声池（可转动分光计载物台或游标盘，细微转动时，可通过调节分光计螺钉实现），能使射于超声池的平行光束完全垂直于超声束，同时观察视场内的衍射光谱左右级次亮度及对称性，直到从目镜中观察到稳定而清晰的左右各 2-3 级的衍射条纹为止。
- 8.按上述步骤仔细调节，可观察到左右各 2-3 级以上的衍射光谱。
- 9.取下阿贝目镜，换上测微目镜，调焦目镜，使清晰观察到的衍射条纹。利用测微目镜逐级测量其为止读数。

【数据处理】

$$v = \lambda \nu f / \Delta l_A$$

测微目镜中衍射条纹位置读数：

	-2	-1	0	1	2
黄	2.986	3.668	4.430	5.191	5.849
绿	3.023	3.744	4.430	5.108	5.745
蓝	3.291	3.886	4.430	5.022	5.541

用逐差法计算各色光衍射条纹平均间距及标准差：

光色	衍射条纹平均间距 $x \pm 6x$	声速 v
黄	0.731	1518.930
绿	0.681	1540.467
蓝	0.564	1483.470

$$\bar{v} = 1514.289 \text{ m/s}$$

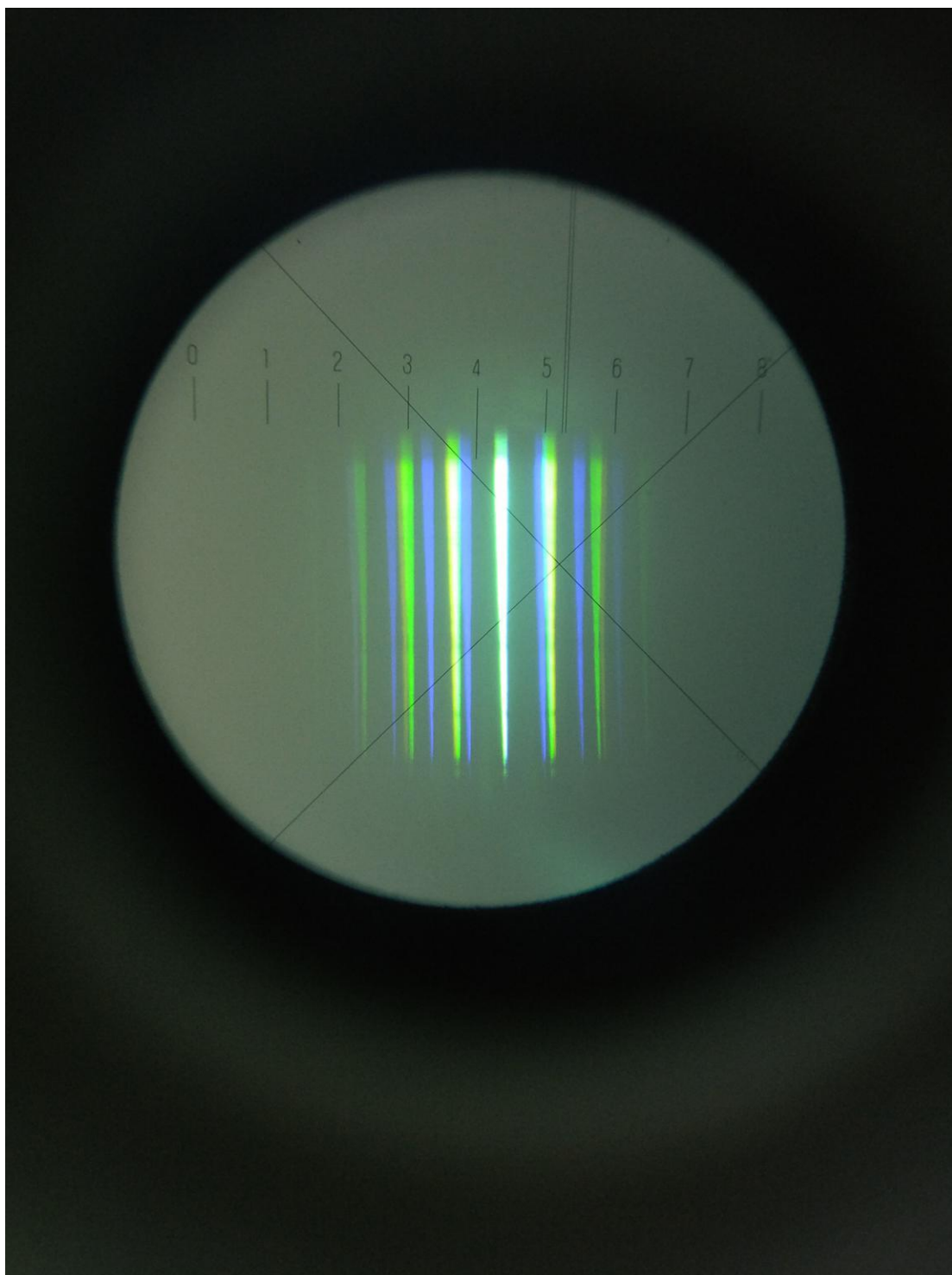
实验温度：18℃

温度系数修正后的声速： $v_t = 1507.089 \text{ m/s}$

【误差分析】

1. 实验使用的酒精可能不纯
2. 目镜松动，每次读数时，目镜的位置会因为转动千分尺而产生移动，使实验结果不准确
3. 衍射条纹太宽，读数时条纹中心的选取可能存在误差

【原始数据】



学生姓名: _____ 学号: _____ 专业班级: _____

实验类型: ☐验证 ☐综合 ☐设计 ☐创新 实验日期: _____ 实验成绩: _____

	-2	-1	0	+1	+2
黄		3.657	4.412	5.36	5.802
绿		3.718	4.412	5.033	5.680
蓝	3.367	3.776	4.412	4.900	5.400

红	2.986	3.668	4.430	5.091	5.753 5.849
黄绿	3.023	3.744	4.430	5.108	5.721 5.765
蓝	3.291	3.886	4.430	5.022	5.541

合/3.30