

# 天津大学物理实验报告

# 天津大学物理实验报告

附 页

信息 学院 2013 年级 通信 专业 4 班 姓名 何青 成绩 9

实验日期: 2015.5.6 学号 3013204264 同组实验者

实验题目:

利用超声光栅测定液体中的声速

## 一. 实验目的

1. 了解产生超声光栅的原理, 为什么能够用它来测量超声波速度.
2. 测微目镜的使用方法.

## 二. 实验仪器

超声光栅实验仪 (数字显示高频功率信号源及内装压电陶瓷片的液槽)、带测微目镜的光学测角计、仪器高压汞灯.

## 三. 实验原理

在透明介质中传播的超声波使介质的局部发生周期性的压缩与膨胀, 以致密度随之发生相应的变化. 如行波被反射, 可在一定条件下形成驻波, 从而加剧了介质的疏密变化. 某时刻, 纵驻波的任一波节两边成为质点密集区, 而相邻的波节处为质点稀疏区. 半个周期后, 这个节点附近的质点又向两边散开变为稀疏区, 相邻波节处变为密集区. 稀疏作用使介质折射率减小; 而压缩作用使介质折射率增大 (图 1).

单色平行光束沿着垂直于超声波传播方向通过槽中液体时, 因超声波的波长很短, 只要槽足够宽, 槽中液体就像个衍射光栅. 图中声波的波长很短, 只要槽足够宽, 槽中液体就像一个衍射光栅. 图中声波的波长  $\lambda$  即相当于光栅常数. 根据光栅方程, 衍射的主极大 (光谱线) 由下式决定:  $\lambda \sin \varphi_k = k\lambda$  ( $k=0, 1, 2$ )

超声的实验光路如图 2 所示. 实验上因  $\varphi$  角很小, 可以认为  $\sin \varphi_k \approx k\lambda/f$ .

其中:  $k$  为光栅衍射第  $k$  级光谱的距离;  $f$  为透镜  $L_2$  的焦距. 所以超声波波

$$\lambda = k\lambda / \sin \varphi_k = k\lambda f / k$$

超声波在液体中传播的速度  $c = \lambda \nu$

式中:  $\nu$  是高频功率信号源与压电陶瓷的共振频率.

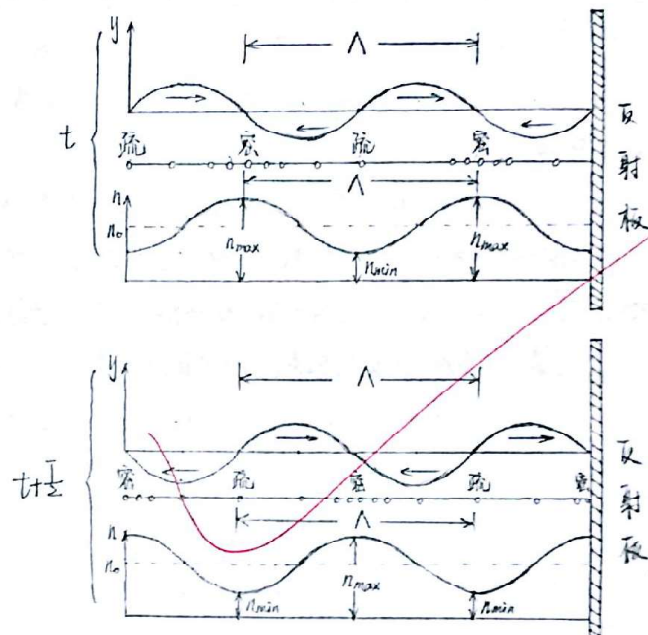


图 1. 在  $t$  和  $t + \frac{T}{2}$  ( $T$  为超声振动周期) 两时刻振幅  $y$ 、液体疏密分布和折射率  $n$  的变化.

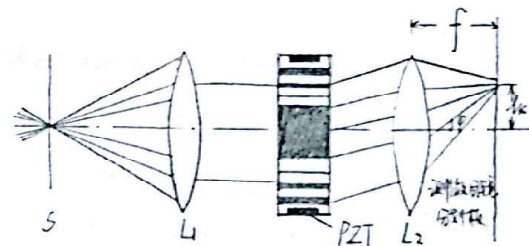


图 2. 超声光栅衍射光路

# 天津大学物理实验报告

# 天津大学物理实验报告

附 页

信息学院 2013 年级 通信 专业 四 班 姓名 何青 成绩

实验日期: 2015.5.6 学号 3013204264 同组实验者

实验题目:

## 四. 实验步骤

1. 按简易调节法调节光学测角计。将测角计的目镜式自目镜换成测微目镜。调节目镜使其分划板及准直管的狭缝像竖直清晰,并消除误差。  
参照图2所示光路,将液槽稳妥地放在测角计的载物台上。  
在压电陶瓷片上加高频功率信号电压,仔细调节频率和液槽方位,直到目镜视场出现稳定而清晰的左右至少各三级对称的衍射光谱。
2. 对蒸馏水和乙醇两种液体的声光衍射用测微目镜分别测量蓝紫、绿、黄3谱线各级的位置,并记录频率和液体温度(可用室温)。

## 五. 数据处理

1. 测出黄、绿、蓝紫等谱线各衍射级的位置。

黄光波长: 577.0 nm ; 绿光波长: 546.1 nm ;

蓝紫光波长: 435.8 nm ; 透镜焦距: 170 mm.

液体名称: 酒精 频率: 9.92 MHz

位置/mm	$x_3$	$x_2$	$x_1$	$x_1'$	$x_2'$	$x_3'$
黄	6.297	5.049	4.246	2.627	1.823	0.573
绿	6.146	4.963	4.185	2.682	1.921	0.738
蓝紫	5.593	4.649	4.033	2.848	2.236	1.292

液体名称: 水

频率: 9.86 MHz

位置/mm	$x_3$	$x_2$	$x_1$	$x_1'$	$x_2'$	$x_3'$
黄		4.666	4.095	2.728	2.087	
绿		4.591	3.982	2.757	2.159	
蓝紫		4.347	3.839	2.901	2.378	

(第三级看不到)

2. 由表中数据计算出各谱线的左右各级衍射间距  $2x_k$ 。
3. 根据式  $\lambda = k\lambda / \sin \theta_k = k\lambda f / x_k$ , 分别计算超声波在酒精和水中的波长, 求得波长平均值。
4. 根据式  $c = \lambda v$  计算酒精(水)中的声速并与公认值 1168 m/s (1483 m/s) 比较, 求相对百分差。  
注意: 在更换液体时必须先关闭信号源, 否则压电陶瓷片会裂。

① 在酒精中: 黄光:  $2x_1 = 4.246 - 2.627 = 1.619 \text{ mm}$

$$2x_2 = 5.049 - 1.823 = 3.226 \text{ mm}$$

$$2x_3 = 6.297 - 0.573 = 5.724 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 1 \times 577 \times 10^{-9} \times \frac{170 \times 10^{-3}}{1.619 \times 10^{-3} / 2} = 1.2117 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda_2 = 2 \times 577 \times 10^{-9} \times \frac{170 \times 10^{-3}}{3.226 \times 10^{-3} / 2} = 1.2162 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda_3 = 3 \times 577 \times 10^{-9} \times \frac{170 \times 10^{-3}}{5.724 \times 10^{-3} / 2} = 1.0282 \times 10^{-6} \text{ m}$$

绿光:  $2x_1 = 4.185 - 2.682 = 1.503 \text{ mm}$

$$2x_2 = 4.963 - 1.921 = 3.042 \text{ mm}$$

$$2x_3 = 6.146 - 0.738 = 5.408 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 1 \times 546.1 \times 10^{-9} \times \frac{170 \times 10^{-3}}{1.503 \times 10^{-3} / 2} = 1.2354 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda_2 = 2 \times 546.1 \times 10^{-9} \times \frac{170 \times 10^{-3}}{3.042 \times 10^{-3} / 2} = 1.2207 \times 10^{-6} \text{ m}$$



# 天津大学物理实验报告

信息学院 2013 年级 通信 专业 四 班 姓名 何青 成绩 \_\_\_\_\_

实验日期: 2015.5.6 学号 3013204264 同组实验者 \_\_\_\_\_

实验题目

$$\lambda_3 = 3 \times 546.1 \times 10^{-9} \times \frac{170 \times 10^{-3}}{5.408 \times 10^{-3} / 2} = 1.0300 \times 10^{-6} \text{ m}$$

蓝紫光:  $z_1 = 4.033 - 2.848 = 1.185 \text{ mm}$

$$z_2 = 4.649 - 2.226 = 2.423 \text{ mm}$$

$$z_3 = 5.593 - 1.292 = 4.301 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 1 \times 435.8 \times 10^{-9} \times \frac{170 \times 10^{-3}}{1.185 \times 10^{-3} / 2} = 1.2504 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda_2 = 2 \times 435.8 \times 10^{-9} \times \frac{170 \times 10^{-3}}{2.423 \times 10^{-3} / 2} = 1.2281 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\lambda_3 = 3 \times 435.8 \times 10^{-9} \times \frac{170 \times 10^{-3}}{4.301 \times 10^{-3} / 2} = 1.0335 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{9} \times (1.2117 + 1.2162 + 1.0282 + 1.2356 + 1.2207 + 1.0300 + 1.2504 + 1.2281 + 1.0335) \times 10^{-6}$$

$$= 1.1616 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$C = \lambda v = 1.1616 \times 10^{-6} \times 9.92 \times 10^6 = 1152.31 \text{ m/s}$$

$$\frac{1168 - 1152.31}{1168} \times 100\% = 1.34\%$$

在水中: 黄光:  $z_1 = 1.367 \text{ mm}$

$$\lambda_1 = 1 \times 577 \times 10^{-9} \times \frac{170}{1.367 / 2} = 1.4351 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$z_2 = 2.579 \text{ mm}$$

$$\lambda_2 = 2 \times 577 \times 10^{-9} \times \frac{170}{2.579 / 2} = 1.5213 \times 10^{-6} \text{ m}$$

绿光:  $z_1 = 1.225 \text{ mm}$

$$\lambda_1 = 1 \times 546.1 \times 10^{-9} \times \frac{170}{1.225 / 2} = 1.5157 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$z_2 = 2.432 \text{ mm}$$

$$\lambda_2 = 2 \times 546.1 \times 10^{-9} \times \frac{170}{2.432 / 2} = 1.5269 \times 10^{-6} \text{ m}$$

蓝紫光:  $z_1 = 0.938 \text{ mm}$

$$\lambda_1 = 1 \times 435.8 \times 10^{-9} \times \frac{170}{0.938 / 2} = 1.5797 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$z_2 = 1.969 \text{ mm}$$

$$\lambda_2 = 2 \times 435.8 \times 10^{-9} \times \frac{170}{1.969 / 2} = 1.5050 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{6} \times (1.4351 + 1.5213 + 1.5157 + 1.5269 + 1.5797 + 1.5050) \times 10^{-6} = 1.5140 \times 10^{-6} \text{ m}$$

# 天津大学物理实验报告

附 页

$$C = \lambda v = 1.5140 \times 10^{-6} \times 9.80 \times 10^6 = 1492.80 \text{ m/s}$$

$$\frac{1493 - 1492.80}{1493} \times 100\% = 0.66\%$$

## 六. 误差分析

实验误差主要有:

1. 实验仪器本身存在一定误差.
2. 实验过程中读数存在误差.
3. 公认水中声速为在纯净水中, 实验所用水不是纯净水.
4. 实验环境条件(温度, 气压等)造成的误差.



( ) 作业纸

系别 信息 班级 通四 姓名 何青 第 页

$$f=170\text{ mm}$$

紫光  $\lambda=435.8\text{ nm}$

绿光  $\lambda=546.1\text{ nm}$

黄光  $\lambda=577.0\text{ nm}$

单位: mm

液体名称: 酒精

9.92 MHz

位置/mm	$x_3$	$x_2$	$x_1$	$x_1'$	$x_2'$	$x_3'$
黄	6.297	5.049	4.246	2.627	1.823	0.573
绿	6.146	4.963	4.185	2.682	1.921	0.738
蓝紫	5.593	4.649	4.033	2.848	2.236	1.292

水

9.86 MHz

位置/mm	$x_3$	$x_2$	$x_1$	$x_1'$	$x_2'$	$x_3'$
黄		4.666	4.095	2.728	2.087	
绿		4.591	3.982	2.757	2.159	
蓝紫		4.347	3.839	2.901	2.378	

第三级看不到----

约 10<sup>4</sup>

6/5