

# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: 声速测量实验 实验日期: 2023 年 10 月 29 日 下午  
班 级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_ 23号

## 一、实验目的

学习利用共振法, 相位法测量超声波在空气中的传播速度

## 二、实验仪器

超声波声速测量仪, 信号发生器, 双踪示波器

## 三、实验原理

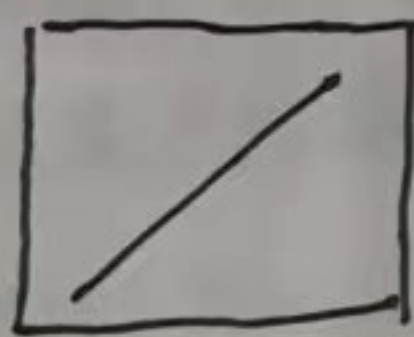
超声波在弹性媒介中以纵波形式传播, 传播速度  $u$  与频率  $f$  及波长  $\lambda$  之间的关系为  $u = f\lambda$

### 1. 共振干涉法

发射器发射出的平面超声波, 入射到接收器的平面上被反射, 在发射器与接收器之间入射波与反射波叠加形成驻波。相邻两次出现强信号的位置之间距离为  $\frac{\lambda}{2}$ 。

### 2. 相位比较法

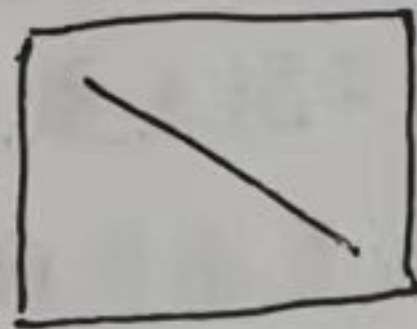
在波的传播方向上, 两个相邻的振动状态完全相同的位置之间距离为一个波长  $\lambda$ 。通过观察如图所示的李萨茹图形, 来判断同相位点位置, 测得波长  $\lambda$ 。



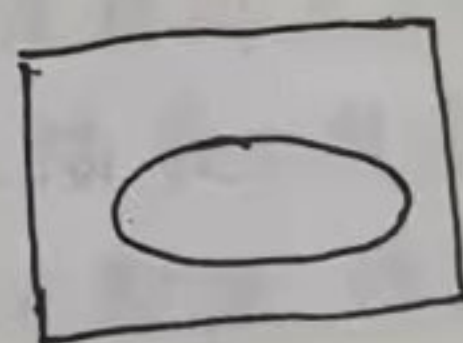
$$\Delta\phi = 0$$



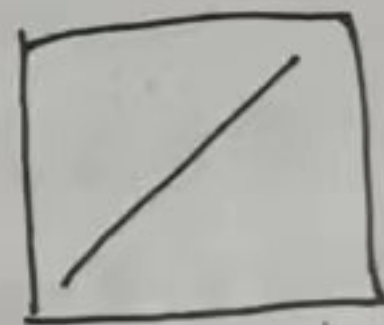
$$\Delta\phi = \frac{\pi}{2}$$



$$\Delta\phi = \pi$$



$$\Delta\phi = \frac{3\pi}{2}$$



$$\Delta\phi = 2\pi$$

## 四、实验步骤与内容

### 1. 仪器介绍

(1) 超声声速测定仪由支架, 游标卡尺及两只超声压电换能器组成

指导教师签字: \_\_\_\_\_

联系方式: \_\_\_\_\_

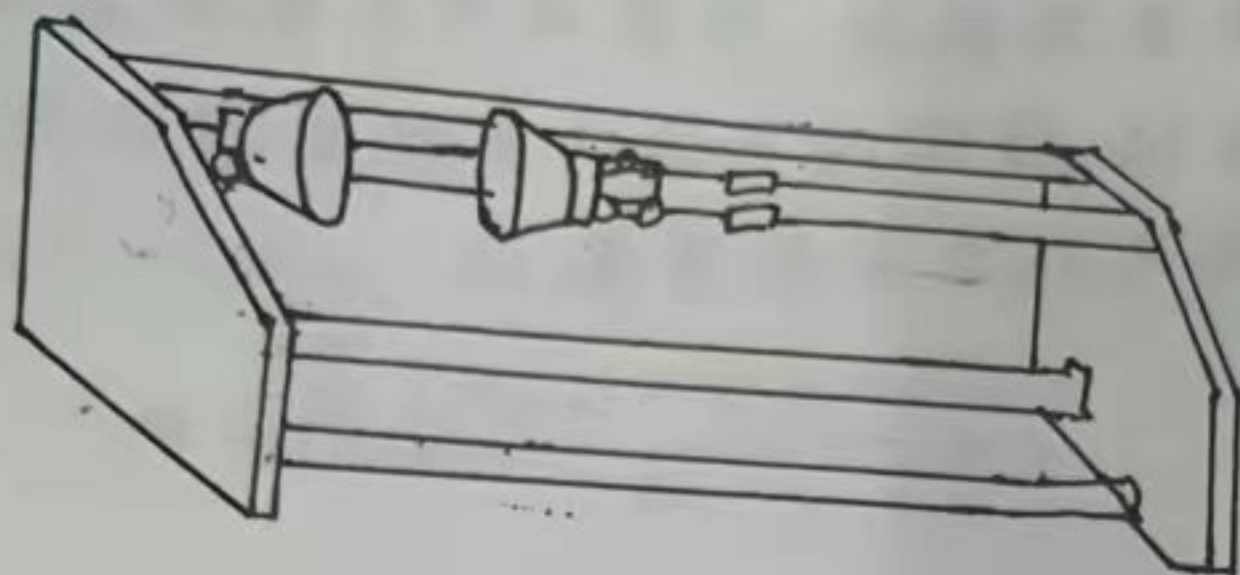
北京理工大学良乡校区管理处监制

电话: 81382088



# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
班 级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_



(2) 两只换能器的输入和输出插口, 均为红色接信号, 黑色接地, 将发射换能器的输入端连接到信号发生器输出的T型BNC输出端, 而使接收换能器的输出连接到二踪示波器的 $Y_2$ (Y)输入端。示波器的工作方式选择波段开关置于 $Y_2$ 档, T/div、V/div选择波段开关分别置于合适位置, 例如 $20\mu s$ 和 $20mV$ 档

(3) 调节函数信号发生器的发射频率, 当示波器有接收信号显示之后, 仔细调整信号发生器的输出信号频率, 使发射换能器处于谐振状态。此时, 示波器显示的接收信号的幅度最大, 此时的共振频率, 即为超声波频率 $f$ 。

## 2. 共振干涉法测波长

在换能器系统共振的条件下, 从靠近发射换能处, 使接收换能器由近及远地移动。当示波器上出现较大振幅的信号时, 利用游标尺上的细调机构, 找到并记录产生最大共振信号的位置, 逐点记下各振幅最大时的位置读数 $X_1, X_2, \dots, X_{10}, X_{11}, X_{12}, \dots, X_{20}$ , 然后利用逐差法处理数据, 得到超声波的平均波长 $\lambda$

$$\lambda_{\text{实}} = \frac{\sum_{i=1}^{10} (X_{10+i} - X_i) / 10}{10} \times 2$$

## 3. 相位比较法测波长

(1) 把函数信号发生器输出的T型接头的另一BNC输出端连接到双踪示波器的 $Y_1$ 输入, 使信号源输出的正弦波直接加到示波器X的两端输入端, 接收换能器输出接线位置不变

(2) 在共振频率条件下, 再将接收换能器平面端面调整到稍稍偏离垂直方向, 以利于示波器观察合成图象

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_



# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
题 号: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_

- (1) 用示波器观察李萨如图形, 使接收器由近及远移动, 请点记录当李萨如图形由椭圆转化为向右的斜线时的接收器位置  $X_1, X_2, \dots, X_{10}, X_{11}, X_{12}, \dots, X_{20}$ , 以逐差法求出超声波长的平均值入,

$$\lambda_{\text{相}} = \frac{\sum_{i=1}^{10} (X_{10+i} - X_i) / 10}{10} \times 2$$

注意:

- (1) 实验时应首先确定压电换能器的谐振频率  
(2) 实验中, 应随时调节示波器的 Y 轴灵敏度步进旋钮, 以提高测量灵敏度

指导教师: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_



# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
 班级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_

室温:  $21.5^{\circ}\text{C}$

固有频率:  $37.041\text{ kHz}$

学号:	朱力		
时间:	年	月	日
上午	下午	晚上	

1. ☒ 共振干涉法  
位置

波节:	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	<del><math>x_8</math></del>	$x_9$	$x_{10}$
位置(mm)	0	4.20 <del>3.82</del>	9.06 <del>8.68</del>	13.44 <del>13.06</del>	17.99 <del>17.61</del>	22.44	27.00	31.65	36.33	40.86
	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{16}$	$x_{17}$	$x_{18}$	$x_{19}$	$x_{20}$
位置(mm)	45.47	50.04	55.02	59.70	64.50	69.33	73.73	78.42	83.79	87.68
	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{24}$	$x_{25}$	$x_{26}$	$x_{27}$	$x_{28}$	$x_{29}$	$x_{30}$
位置(mm)	92.45	96.98	101.85	106.03	111.47	116.33	120.56	125.33	130.20	134.99

2. 相位比较法

波节	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$
位置(mm)	0	4.59	9.24	13.80	18.17 <del>17.89</del>	22.95	27.19	31.95	36.60	41.28
	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{16}$	$x_{17}$	$x_{18}$	$x_{19}$	$x_{20}$
位置(mm)	45.99	50.71	55.63	60.15	64.79	69.33	73.99	78.64	83.17	87.74
	$x_{21}$	$x_{22}$	$x_{23}$	$x_{24}$	$x_{25}$	$x_{26}$	$x_{27}$	$x_{28}$	$x_{29}$	$x_{30}$
位置(mm)	92.57	97.20	101.90	106.39	111.00	115.60	120.20	124.98	129.78	134.26

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_



# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_

班级: \_\_\_\_\_

实验名称: \_\_\_\_\_

实验日期: \_\_\_\_\_

年

月

日

教学班级: \_\_\_\_\_

学号: \_\_\_\_\_

姓

名: \_\_\_\_\_

## 1. 共振干涉法

波节	位置(mm)	波节	位置(mm)	波节差(mm)	位置差(mm)
X <sub>1</sub>	0	X <sub>16</sub>	69.33	X <sub>16</sub> -X <sub>1</sub>	69.33
X <sub>2</sub>	4.20	X <sub>17</sub>	73.73	X <sub>17</sub> -X <sub>2</sub>	69.53
X <sub>3</sub>	9.06	X <sub>18</sub>	78.42	X <sub>18</sub> -X <sub>3</sub>	69.36
X <sub>4</sub>	13.44	X <sub>19</sub>	83.79	X <sub>19</sub> -X <sub>4</sub>	70.35
X <sub>5</sub>	17.99	X <sub>20</sub>	87.68	X <sub>20</sub> -X <sub>5</sub>	69.69
X <sub>6</sub>	22.44	X <sub>21</sub>	92.43	X <sub>21</sub> -X <sub>6</sub>	70.01
X <sub>7</sub>	27.00	X <sub>22</sub>	96.98	X <sub>22</sub> -X <sub>7</sub>	69.98
X <sub>8</sub>	31.65	X <sub>23</sub>	101.85	X <sub>23</sub> -X <sub>8</sub>	70.2
X <sub>9</sub>	36.33	X <sub>24</sub>	106.03	X <sub>24</sub> -X <sub>9</sub>	69.7
X <sub>10</sub>	40.86	X <sub>25</sub>	111.47	X <sub>25</sub> -X <sub>10</sub>	70.61
X <sub>11</sub>	45.47	X <sub>26</sub>	116.33	X <sub>26</sub> -X <sub>11</sub>	70.86
X <sub>12</sub>	50.04	X <sub>27</sub>	120.56	X <sub>27</sub> -X <sub>12</sub>	70.52
X <sub>13</sub>	55.02	X <sub>28</sub>	125.33	X <sub>28</sub> -X <sub>13</sub>	70.31
X <sub>14</sub>	59.70	X <sub>29</sub>	130.20	X <sub>29</sub> -X <sub>14</sub>	70.5
X <sub>15</sub>	64.50	X <sub>30</sub>	134.99	X <sub>30</sub> -X <sub>15</sub>	70.49

频率: 37.041 kHz, 室温 t: 21.5°C.

声速理论值:  $v = v_0 \sqrt{\frac{T}{T_0}} = 344.24738 \text{ m/s}$

声速理论值: 344.25 m/s

联系方式: \_\_\_\_\_

指导教师签字: \_\_\_\_\_



$$\bar{\lambda} = \frac{\sum_{i=1}^{15} (x_{i+15} - x_i) / 15}{15} \times 2 = 9.346133 \text{ mm}$$

$$v = f \bar{\lambda} = 346.19 \text{ m/s}$$

$$\lambda_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{15} [(x_{i+15} - x_i) / 15 - \bar{\lambda}]^2}{15 \times 14}}$$

$$= 0.0166 \text{ mm}$$

$$\lambda_B = \frac{\Delta_{ins}}{\sqrt{3}} = 0.0115 \text{ mm}$$

$$\lambda_c = \sqrt{\lambda_A^2 + \lambda_B^2} = 0.0202 \text{ mm}$$

$$f_B = \frac{\Delta_{ins}}{\sqrt{3}} = 0.1155 \text{ kHz}$$

$$E = \sqrt{(\bar{\lambda})^2 (f_B)^2 + f^2 (\lambda_c)^2} = 1.31 \text{ m/s}$$

$$\therefore Uv = 1.31 \text{ m/s}$$

$$v(Uv) = 346.19 (1.31) \text{ m/s}$$



# 实验报告

课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
 班级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学号: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_

## 2. 相位比较法

波节	位置(mm)	波节	位置(mm)	波节差	位置差(mm)
$X_1$	0	$X_{16}$	69.33	$X_{16} - X_1$	69.33
$X_2$	4.59	$X_{17}$	73.99	$X_{17} - X_2$	69.40
$X_3$	9.24	$X_{18}$	<del>73.99</del> 78.64	$X_{18} - X_3$	69.34
$X_4$	13.80	$X_{19}$	83.17	$X_{19} - X_4$	69.37
$X_5$	18.17	$X_{20}$	87.74	$X_{20} - X_5$	69.57
$X_6$	22.95	$X_{21}$	92.57	$X_{21} - X_6$	69.62
$X_7$	27.19	$X_{22}$	97.20	$X_{22} - X_7$	70.01
$X_8$	31.95	$X_{23}$	101.90	$X_{23} - X_8$	69.95
$X_9$	36.60	$X_{24}$	106.39	$X_{24} - X_9$	69.79
$X_{10}$	41.28	$X_{25}$	111.00	$X_{25} - X_{10}$	69.72
$X_{11}$	45.99	$X_{26}$	115.60	$X_{26} - X_{11}$	69.61
$X_{12}$	50.71	$X_{27}$	120.20	$X_{27} - X_{12}$	69.49
$X_{13}$	55.63	$X_{28}$	124.98	$X_{28} - X_{13}$	69.35
$X_{14}$	60.15	$X_{29}$	129.78	$X_{29} - X_{14}$	69.63
$X_{15}$	64.79	$X_{30}$	134.26	$X_{30} - X_{15}$	69.47

频率: 37.041 kHz. 室温  $t$ : 21.5°C 声速理论值: 344.23 m/s

指导教师签字: \_\_\_\_\_

联系方式: \_\_\_\_\_

北京理工大学良乡校区管理处监制 电话: 81382088



课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
班 级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{15} (x_{i+15} - x_i) / 15}{15} \times 2 = 9.277422 \text{ mm}$$

$$v = f \bar{x} = 343.645 \text{ m/s}$$

$$\lambda_A = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{15} [(x_{i+15} - x_i) / 15 - \bar{x}]^2}{15 \times 14}} = 0.00733 \text{ mm}$$

$$\lambda_B = \frac{\Delta_{inc}}{\sqrt{3}} = 0.0115 \text{ mm}$$

$$\lambda_C = \sqrt{\lambda_A^2 + \lambda_B^2} = 0.0136 \text{ mm}$$

$$f_B = \frac{\Delta_{ins}}{\sqrt{3}} = 0.1155 \text{ kHz}$$

$$E = \sqrt{(\bar{x})^2 (f_B)^2 + \bar{x}^2 (\lambda_C)^2} = 1.18 \text{ m/s}$$

$$\therefore U_v = 1.18 \text{ m/s}$$

$$V(U_v) = 343.65 (1.18) \text{ m/s}$$



课程名称: \_\_\_\_\_ 实验名称: \_\_\_\_\_ 实验日期: \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日  
 班 级: \_\_\_\_\_ 教学班级: \_\_\_\_\_ 学 号: \_\_\_\_\_ 姓 名: \_\_\_\_\_

## 思考题:

1. 当驻波偏离共振状态时, 驻波形状不稳定, 同时波腹的振幅比共振时的振幅小, 当驻波处于共振时, 驻波腹出现稳定的最大振幅, 易于观察测量
2. ~~发射器与接收~~ 换能器与接收换能器间不是严格驻波场  
 用接收换能器做反射面时, 存在误差  
 仪器的频率有略微变动  
 发射的波可能是球面波

指导教师签字: \_\_\_\_\_