

实验报告

王红梅老师

19

课程名称: 物理实验A 实验名称: 声速测量 实验日期: 2023 年 10 月 17 日 上午
班 级: 08012204 教学班级: _____ 学 号: 1120221303 姓 名: 刘林楠

声速测量

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, 1号信号发生器, 双踪示波器

三. 实验原理

超声波在弹性介质中(如空气中)以纵波形式传播, 其传播速度 v 与频率 f 及波长 λ 之间的关系

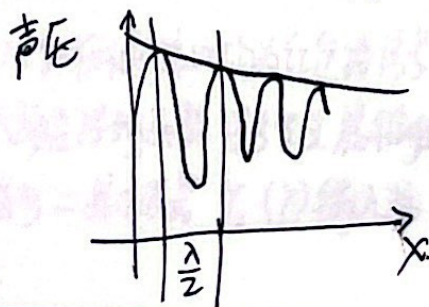
$$v = \lambda f$$

本实验中, 使用压电陶瓷换能器产生和测量超声波, 超声波的波长为毫米量级, 定向性很好, 且几乎可以认为是平面波

波长的测量方法常见有共振干涉法和相位比较法两种

1. 共振干涉(驻波)法

发射器发射出的平面波, 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。由纵波的性质可以证明, 当空气中形成驻波共振时, 接收器端面位于振动腹节处收到声压最大, 转换成的电信号也最强, 此时发射器与接收器之间的距离应为半波长的整数倍, 同时示波器上应观察到最强的接收信号



联系方式: 19883557844

指导教师签字: _____

实验报告

第2页

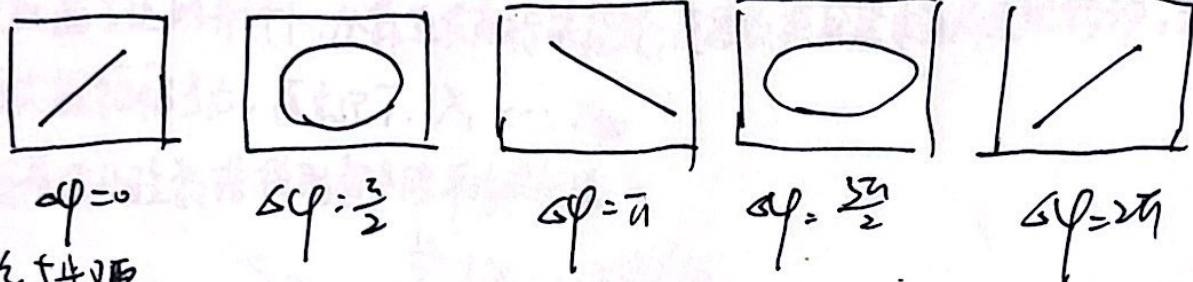
课程名称: _____ 实验名称: _____ 实验日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
班 级: _____ 教学班级: _____ 学 号: _____ 姓 名: _____

2. 相位比较 (行波法)

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的距离为一个波长 λ 。

通过观察下图所示的李萨如图形,判断同相点的位置,或反相点的位置。从而测得超声波的波长 λ 。由于斜线位置比较容易确定,因此这种方法比共振法更为准确。

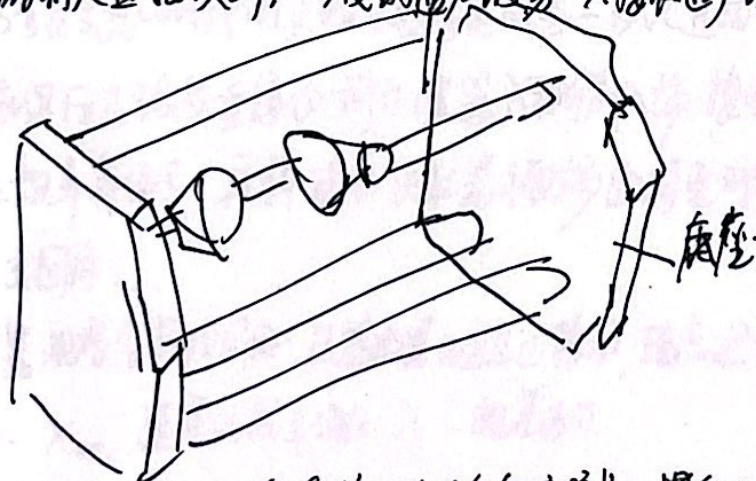
~~四实验步骤~~



四实验步骤

1. 仪器介绍.

(1). 超声声速测定仪由支架、游标尺及两个超声压电换能器组成,它们对应相对位置的变化可以经由游标尺直接读出,一只发射超声波,一只接收超声波。



(2). 两只换能器的输入和输出接口均为红色插孔,黑色接地。(仪器外壳)

将发射换能器的输入端连接到函数发生器输出 (OUTPUT) 区 T 型 BNC 输出端,而使接收换能器的输出端连接到示波器 Y_2 (Y) 输入端, T_{div} , V_{div} 置合适位置

联系方式: _____

指导教师签字: _____

实验报告

第3次

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: _____

(3) 同步调整信号发生器的发射频率, (正弦波 100kHz 处) 当示波器接收信号显示之后, 再继续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, 示波器显示接收信号幅度最大。此时的共振频率, 即为超声波频率。

2. 共振干涉法 (驻波法) 测波长

在换能器系统的条件下, 从靠近发射换能器处, 使接收换能器由近及远地移动。当示波器出现较大振幅信号后, 逐点记下 $X_1 \dots X_{20}$

利用逐差法处理数据得到超声波平均波长 λ

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

3. 相位比较法 (行波法) 测波长

(1). 函数信号发生器 (OUTPUT) 的 T 级接头的另一 BV 线连接到双踪示波器的 Y₁ (X1 输入)

原信号源输出与正弦波直接加到示波器 X 轴输入端。接收换能器前出接成位置不变。

(2). 在共振频率条件下, 再将接收换能器端面调整到稍稍偏离垂直方向, 以利于示波器观察干涉图样。

(3). 用示波器观察干涉图样, 使接收器由近及远移动, 逐点记录, 记之

$X_1 \dots X_{20}$, 逐差法求平均化 λ , 相差为 π 。

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

允许误差限为 0.02mm, 信号发生器 0.2kHz

联系方式: _____

指导教师签字: _____

注意:

- (1) 实验中应首先解压电换能器, 留振频率.
- (2) 实验中, 应随时调节示波器 Y_2 (7) 档位, 灵敏度, 步进按钮, 以提高测量

灵敏度.

声速理论参考值. $v_t = v_0 \sqrt{1 + \frac{T}{T_0}}$

$$t = 0.001 \cdot v_0 = 331.45 \text{ m/s}$$

$$\text{测量误差} \cdot \Delta p_{\text{ms}} = 0.2 \text{ kHz}$$

包含因子. $k = 2$.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{15} (x_i - \bar{x}_i)}{15} \times 2$$

$$v = f \bar{\lambda} \quad \lambda v = \cdot$$

$$f(uv) =$$

联系方式: _____

指导教师签字: _____

北京理工大学良乡校区管理处监制 电话: _____

数据记录表 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: _____

1. 共振干涉法

$f = 37.546 \text{ kHz}$

$t: 22.7^\circ\text{C}$

序号	位置	序号	位置
X ₁	3.89	X ₆	77.35
X ₂	8.83	X ₁₇	82.33
X ₃	13.77	X ₁₈	82.08
X ₄	18.72	X ₁₉	91.90
X ₅	23.58	X ₂₀	96.94
X ₆	28.49	X ₂₁	101.98
X ₇	33.17	X ₂₂	106.85
X ₈	37.97	X ₂₃	111.81
X ₉	42.88	X ₂₄	116.77
X ₁₀	47.77	X ₂₅	121.88
X ₁₁	52.65	X ₂₆	126.71
X ₁₂	57.87	X ₂₇	131.42
X ₁₃	62.80	X ₂₈	136.23
X ₁₄	67.68	X ₂₉	141.90
X ₁₅	72.52	X ₃₀	145.74

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
 班级: _____ 教学班级: _____ 学号: _____ 姓名: _____

2. 相位比较法

 $f = 37.287 \text{ kHz}$

频率	位置	频率	位置	
X_1	0.82	X_{16}	71.02	
X_2	5.63	X_{17}	75.92	
X_3	9.63	X_{18}	80.55	
X_4	15.35	X_{19}	85.38	
X_5	19.99	X_{20}	89.70	
X_6	24.50	X_{21}	94.69	
X_7	29.51	X_{22}	99.57	
X_8	33.82	X_{23}	104.90	
X_9	38.19	X_{24}	109.00	
X_{10}	43.15	X_{25}	114.19	
X_{11}	47.52	X_{26}	118.30	
X_{12}	52.04	X_{27}	122.73	
X_{13}	55.77	X_{28}	127.23	
X_{14}	61.82	X_{29}	132.05	
X_{15}	66.66	X_{30}	136.76	

联系方式: _____

指导教师签字: _____

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: _____

数据整理: 第 1 页

一. 共振干涉法

$$\lambda = \frac{2(X_{541} - X_1)}{15} \times 2 = 9.81 \text{ mm}$$

$$f = 37.346 \text{ kHz}$$

$$v = f \lambda = 368.25 \text{ m/s}$$

$$t = 22.7^\circ \text{C}$$

声速修正值: $v_c = v_0 \sqrt{1 + \frac{t}{273}} = 344.75 \text{ m/s}$

$$u = f \frac{\Delta x}{15} \therefore \frac{\Delta u}{\Delta x} = \frac{2}{15} f$$

$$\frac{\Delta u}{\Delta f} = \frac{2 \Delta x}{15}$$

$$u_{\text{max}} = \sqrt{\frac{8x - 2x}{n(n+1)}} = \frac{8x - 2x}{n(n+1)}$$

$$u_{\text{max}} = \frac{4x}{n(n+1)}$$

$$u_c(x) = \sqrt{u_{\text{max}}^2 + u_{\text{min}}^2} = 0.07 \text{ mm}$$

$$u_c(\lambda) = \frac{\sigma \sin \lambda}{k} = 0.1 \text{ kHz}$$

$$u_c(v) = \sqrt{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial f}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{2x}{n(n+1)}\right)^2 + \left(\frac{2x}{n(n+1)}\right)^2} = 0.05 \text{ m/s}$$

$$\therefore v(u_c) = 368.25 \text{ m/s}$$

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: _____

数据处理. 第2页.

二. 公式同第一张.

$$\text{此时. } f = 37.287 \text{ kHz.}$$

$$\lambda_{\text{波}} = 9.39 \text{ mm.}$$

$$u = \cancel{350.17} 350.20 \text{ m/s.}$$

$$u_a(x) = 0.12 \text{ mm}$$

$$u_b(x) = 0.01 \text{ mm}$$

$$u_c(x) = 0.12 \text{ mm.}$$

$$u_c(f) = u_b(f) = 0.1 \text{ kHz.}$$

$$u_c(v) = \frac{9.39}{0.95} \text{ (m/s)}$$

$$v(u_c) = 350.20 (0.95) \text{ m/s}$$

温度与声速参考理论值第一张图

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

北京理工大学
BEIHANG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

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: _____

1. ① 共振时振幅最大, 便于找到并记录

② 相邻两次共振时位移相差正负为

2.

① 读数时视不准

② 游标尺移动时位置不是共振位置

③ 产生的超声波频率不稳定

④ 超声波频率测量误差

⑤ 读数误差如图形时, 图形不稳定

一、共振干涉法													
波节	位置(mm)	波节	位置(mm)	波节差	位置差(mm)	f(kHz)	λ 共(mm)	u(m/s)	UaX(mm)	UbX(mm)	UcX(mm)	Ucf(kHz)	Ucv(m/s)
1	3.89	X16	77.35	X16-X1	73.46	37.546	9.808	368.2512	0.075901	0.01	0.076557	0.1	1.05302
2	8.83	X17	82.33	X17-X2	73.50								
3	13.77	X18	87.08	X18-X3	73.31								
4	18.72	X19	91.90	X19-X4	73.18								
5	23.58	X20	96.94	X20-X5	73.36								
6	28.49	X21	101.98	X21-X6	73.49								
7	33.17	X22	106.85	X22-X7	73.68								
8	37.97	X23	111.81	X23-X8	73.84								
9	42.88	X24	116.77	X24-X9	73.89								
10	47.77	X25	121.88	X25-X10	74.11								
11	52.65	X26	126.71	X26-X11	74.06								
12	57.87	X27	131.42	X27-X12	73.55								
13	62.80	X28	136.23	X28-X13	73.43								
14	67.68	X29	141.00	X29-X14	73.32								
15	72.52	X30	145.74	X30-X15	73.22								
					73.56								
C)	v声速参考理论值(m/s)												
	22.7	344.9549											

二、相位比较法

波节	位置(mm)	波节	位置(mm)	波节差	位置差(mm)	f(kHz)	λ 共(mm)	u(m/s)	UaX(mm)	UbX(mm)	UcX(mm)	Ucf(kHz)	Ucv(m/s)
X1	0.82	X16	71.02	X16-X1	70.20	37.546	9.391911	352.6287	0.121442	0.01	0.021853	0.1	0.945541
X2	5.63	X17	75.92	X17-X2	70.29								
X3	9.63	X18	80.55	X18-X3	70.92								
X4	15.35	X19	85.38	X19-X4	70.03								
X5	19.99	X20	89.70	X20-X5	69.71								
X6	24.50	X21	94.69	X21-X6	70.19								
X7	29.51	X22	99.57	X22-X7	70.06								
X8	33.82	X23	104.00	X23-X8	70.18								
X9	38.29	X24	109.00	X24-X9	70.71								
X10	43.15	X25	114.19	X25-X10	71.04								
X11	47.52	X26	118.30	X26-X11	70.78								
X12	52.04	X27	122.73	X27-X12	70.69								
X13	55.77	X28	127.23	X28-X13	71.46								
X14	61.82	X29	132.05	X29-X14	70.23								
X15	66.66	X30	136.76	X30-X15	70.10								
					70.44								

t(°C) v声速参考理论值(m/s)
22.7 344.9549