

实验日期 2025年3月17日

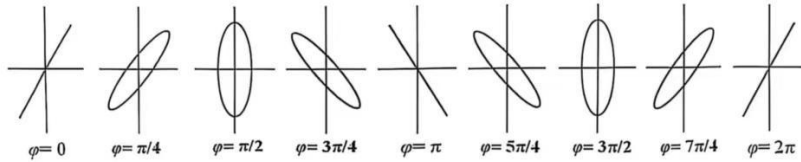
预习成绩 2

总成绩

实验名称 空气中声速的测量

一. 实验预习

相位比较法测量声速实验中, 示波器上调出李萨如图形后, 改变换能器的间距, 连续记录出现正斜率和负斜率直线时接收器的位置(如下图所示), 记录了 10 个位置数据 x_i ($i=1, 2, 3, \dots, 9, 10$), 所用声波频率为 f , 如下表所示, 请用逐差法处理数据, 推导出声速 v 的表达式。

相位比较法测空气中声速, 频率 $f =$ _____

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_i										

$$\text{推导: } \overline{\Delta x} = \frac{\sum_{i=1}^5 (x_{i+5} - x_i)}{25}, \quad \overline{\lambda} = 2\overline{\Delta x}, \quad v = \overline{\lambda} f$$

$$\therefore v = f \cdot \frac{\sum_{i=1}^5 (x_{i+5} - x_i)}{12.5}$$

$$\text{驻波法: } y_1 = A_1 \cos(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda})$$

$$y_2 = A_2 \cos(\omega t + \frac{2\pi x}{\lambda} + \pi)$$

$$y = y_1 + y_2, \quad p = -p_0 v^2 \frac{\partial y}{\partial x}$$

换能器表面声压振幅随 $\cos(\frac{2\pi x}{\lambda})$ 呈周期性变化, 相位随 x 呈周期性变化

$$\text{时差法: } v = \frac{\lambda}{\tau} \quad \therefore v = \frac{\Delta L}{\Delta t} \text{ (逐差)}$$

二. 实验现象及原始数据记录

极值法(驻波法)测空气中声速, 温度 $t = 23^{\circ}\text{C}$, 频率 $f = 35.3\text{ kHz}$

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_i(\text{mm})$	225.883	218.710	214.811	208.691	204.532	198.976	194.612	180.033	184.831	180.083

相位比较法测空气中声速, 温度 $t = 23^{\circ}\text{C}$, 频率 $f = 35.3\text{ kHz}$

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_i(\text{mm})$	175.711	166.648	156.796	145.951	136.010	125.991	116.065	106.131	96.175	86.335

(选做) 波形移动法测空气中声速, 温度 $t = \text{ }^{\circ}\text{C}$, 频率 $f = \text{ kHz}$

次数	1.	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_i(\text{mm})$										

时差法测空气中声速, 温度 $t = 23^{\circ}\text{C}$

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$l_i(\text{mm})$	128.030	122.371	116.359	110.778	106.872	100.747	95.760	90.809	85.888	80.716
$t_i(\mu\text{s})$	389	413	389	381	365	383	345	344	329	309
	385	365	351	331	319	301	293	275	263	

(选做) 时差法测固体中声速, 温度 $t = \text{ }^{\circ}\text{C}$

次数	1	2	3	4	5	6
材质						
$l_i(\text{mm})$						
$t_i(\mu\text{s})$						

教师	姓名
签字	

三. 数据处理

【计算以上几种方法测得的声速, 计算室温下空气中声速的理论值, 分别计算四种方法得到的声速测量值与理论值的相对误差, 根据时差法测量数据计算固体介质中的声速(选做), 要有详细的计算过程, 格式工整】

$$V_t = 331.45 \sqrt{1 + \frac{t}{273.15}} = 345.12 \text{ m/s}$$

1. 极值法: 由逐差法得

$$\overline{\Delta L} = \frac{\sum_{i=1}^5 (L_{i+5} - L_i)}{25}, \lambda_1 = 2\overline{\Delta L} \therefore \delta = \frac{|345.12 - 353.11|}{345.12} = 2.3\%$$

计算得 $\lambda_1 = 10.003 \text{ mm}$
 $\therefore \lambda_1 = \frac{20.006 \text{ mm}}{2}$

$$V_1 = \lambda_1 f_1 = 353.11 \text{ m/s}$$

2. 相位法 由逐差法得

$$\overline{\Delta L} = \frac{\sum_{i=1}^5 (L_{i+5} - L_i)}{25 \times 2}, \lambda_2 = 2\overline{\Delta L} \therefore \delta = \frac{|345.12 - 353.68|}{345.12} = 2.4\%$$

计算得 $\lambda_2 = 10.017 \text{ mm}$
 $\therefore \lambda_2 = \frac{20.034 \text{ mm}}{2}$

$$V_2 = \lambda_2 f_2 = 353.68 \text{ m/s}$$

3. 时差法 由逐差法得

$$\overline{\Delta t} = \frac{\sum_{i=1}^5 (t_{i+5} - t_i)}{25}$$

$$\overline{V} = \frac{1}{\overline{\Delta t}} \sum_{i=1}^5 \frac{L_{i+5} - L_i}{f_{i+5} - f_i}$$

计算得 $\therefore V = 342.05 \text{ m/s}$

$$\therefore \delta = \frac{|345.12 - 342.05|}{345.12} = 0.89\%$$

四. 实验结论及现象分析

(分析讨论以上几种方法测出的空气中的声速结果为何存在差异,从原理和操作上说明各自的优缺点)

原理分别为观察稳定驻波与观察示波器上的李萨如图形
驻波与相位测得差异不大,但误差较高,原因是难以精确确定极大值和李萨如图形的直线位置,驻波优点是操作简单,原理易懂但测量精度低,相位法优点是适用范围广,但原理复杂,操作困难
时差法要求过程中无噪声,优点是操作简便,精度高,但需测量多次,同时受环境影响。
原理易懂

五. 讨论题 (原理:测量声波在空气中的传播时间)

1. 使用驻波法测声速时,为什么示波器上观察到的是正弦波而不是驻波?
2. 用相位比较法测量波长时,为什么用直线而不用椭圆作为 S2 移动距离的判断数据?
3. 分析一下本实验中哪些因素可以引起测量误差。列出 3 条主要因素并说明原因。

- (1) 由于驻波由发射波与反射波叠加形成,而示波器显示的是发射波与接收波,因此为正弦波而非驻波
- (2) 直线比较好用肉眼判断,可使实验数据更加准确,减小误差
- (3) 1. 测量中的读数误差,导致实验数据不准确
2. 驻波法中极大值难以找准,造成读数误差
3. 时差法中受噪音干扰波形不准,造成时差数值出现误差