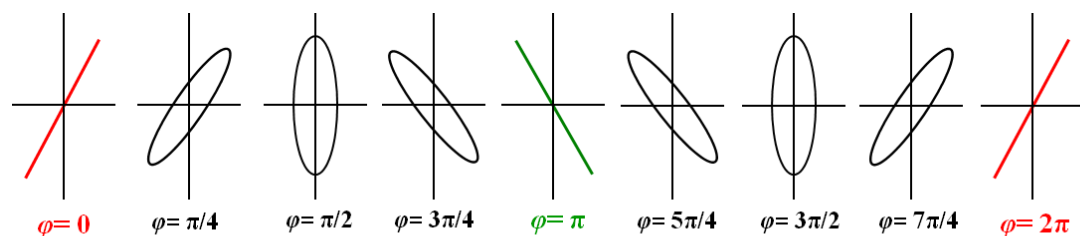


班级 自动化7 学号 220320726 姓名 彭尚品 教师签字 王屹
 实验日期 2023.9.18 预习成绩 2 总成绩 _____

实验名称 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 $f = \underline{\hspace{2cm}}$

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_i										

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

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

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 $t = 22.3$ °C, 频率 $f = 35.747$ kHz

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l_i (mm)	97.300	101.752	106.987	111.580	116.747	121.508	126.159	131.261	136.210	141.027

相位比较法测空气中声速, 温度 $t = 22.3$ °C, 频率 $f = 35.747$ kHz

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l_i (mm)	140.620	145.373	150.303	154.985	159.980	164.785	169.717	174.440	179.342	184.500

(选做) 波形移动法测空气中声速, 温度 $t = 22.3$ °C, 频率 $f = 35.724$ kHz

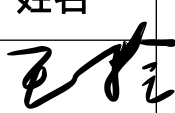
次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l_i (mm)	145.815	155.559	165.460	175.005	184.812	194.392	204.065	214.038	223.713	233.525

时差法测空气中声速, 温度 $t = 22.3$ °C

次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l_i (mm)	184.500	190.000	195.000	200.000	205.000	210.000	215.000	220.000	225.000	230.000
t_i (μs)	577	593	605	621	637	651	665	681	695	707

(选做) 时差法测固体中声速, 温度 $t = 22.3$ °C

次数	1	2	3	4	5	6
材质						
l_i (mm)						
t_i (μs)						

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】

角4: 室温 $t = 22.3^{\circ}\text{C}$, 空气中声速理论值 $v_t = 331.45 \sqrt{1 + \frac{t}{273.15}} = 344.7 \text{ m/s}$

一、前三种方法的计算方式相同:

$$\overline{\Delta x} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{i+5} - x_i)}{25}, \quad \bar{\lambda} = 2\overline{\Delta x}, \quad \bar{v}_1 = \bar{\lambda}f, \quad \text{从而 } \bar{v}_1 = f \frac{\sum_{i=1}^n (x_{i+5} - x_i)}{12.5}$$

$$v = v_1 - v_t, \quad E = \frac{v}{v_1} \times 100\%$$

代入数据:

(1) 极值法: $\overline{\Delta x} = 4.872 \text{ mm}$, $\lambda = 9.744 \text{ mm}$, $\bar{v}_1 = 348.32 \text{ m/s}$

$$v = v_1 - v_t = 3.6 \text{ m/s}, \quad \text{相对误差 } E = \frac{v}{v_t} \times 100\% = 1.04\%$$

(2) 相位比较法: $\overline{\Delta x} = 4.861 \text{ mm}$, $\lambda = 9.722 \text{ mm}$, $\bar{v}_1 = 347.53 \text{ m/s}$

$$v = v_1 - v_t = 2.8 \text{ m/s}, \quad \text{相对误差 } E = \frac{v}{v_t} \times 100\% = 0.81\%$$

(3) 波形移动法: $\overline{\Delta x} = 9.47 \text{ mm}$, $\lambda = \overline{\Delta x} = 9.47 \text{ mm}$, $\bar{v}_1 = 338.18 \text{ m/s}$

$$v = v_1 - v_t = -6.52 \text{ m/s}, \quad \text{相对误差 } E = \frac{v}{v_t} \times 100\% = -1.89\%$$

二、时差法:

$$\overline{\Delta t} = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{i+5} - t_i)}{25} = 14.64 \mu\text{s}, \quad \overline{\Delta l} = \frac{\sum_{i=1}^n (l_{i+5} - l_i)}{25} = 5 \text{ mm}$$

$$v_1 = \frac{\overline{\Delta l}}{\overline{\Delta t}} = 341.53 \text{ m/s}, \quad v = v_1 - v_t = -3.17 \text{ m/s}$$

$$\text{相对误差 } E = \frac{v}{v_t} = -0.92\%$$

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)

前三种方法基于波形测出声速,误差较小
时差法可测量固体中的声速

五. 讨论题

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. 虽然是驻波,但某一定点 x 的波形随时间的变化 $y-t$ 曲线仍是正弦形的

2. 直线形态统一,容易判断

3. ① 判断示波器中的波形带有一定主观性

② 发射端和接收端可能不是严格的波腹

③ 仪器自身的误差,如测量仪器的误差