物理实验预习报告

实验名称： 声速的测定

指导教师：

班级：

姓名：

学号：

实验日期： 2025 **年** 10 **月** 22 **日** **星期** 二 **下午**

浙江大学物理实验教学中心

一、预习报告（10 分）

1. 实验综述（5 分）

（自述实验现象、实验原理和实验方法，包括必要的光路图、电路图、公式等。不超过 500 字。）
本实验旨在通过驻波法（共振干涉法）和相位比较法两种方式测定超声波在空气中的传播速度。
实验现象：

- 驻波法：当发射的声波与反射回来的声波发生干涉时，会形成稳定的驻波。在示波器上可以观测到，当接收器位于波腹位置时，接收到的信号振幅最大；当位于波节时，振幅最小。
- 相位法：将发射信号和接收信号分别输入示波器的 X 轴和 Y 轴，屏幕上会显示李萨如图形。随着接收器的移动，两个信号的相位差会发生改变，导致李萨如图形发生周期性变化（如从正斜率直线变为圆形，再变为负斜率直线）。

实验原理：声波是纵波，其在介质中的传播速度 v 与声源频率 f 和波长 λ 之间满足关系式：

$$v = \lambda f \tag{1}$$

实验的核心就是通过不同方法精确测量出超声波的波长 λ，同时从信号发生器读取频率 f，从而根据公式 (1) 计算出声速 v。

(1) 方法一：驻波法原理

声发射端发出的声波为入射波，其数学表达式为：

$$y_1 = A\cos(\omega t - kx) \tag{2}$$

此声波经反射面反射后形成反射波，表达式为：

$$y_2 = A\cos(\omega t + kx) \tag{3}$$

这两列波相遇后发生干涉，形成的合成波（驻波）的表达式为：

$$y = y_1 + y_2 = 2A\cos(kx)\cos(\omega t) \tag{4}$$

由公式 (4) 可知，合成波的振幅 $|2A\cos(kx)|$ 是随位置 x 变化的。

- 当 $x = \pm n\frac{\lambda}{2}$ $(n = 0, 1, 2, \dots)$ 时，振幅最大，此处称为波腹。
- 当 $x = \pm(2n+1)\frac{\lambda}{4}$ $(n = 0, 1, 2, \dots)$ 时，振幅最小，此处称为波节。

因此，相邻两个波腹（或波节）之间的距离恰好为半个波长。通过移动接收器，找到连续两个信号振幅最大（即波腹）的位置 L_n 和 L_{n+1}，它们之间的距离差即为半个波长：

$$\Delta L = L_{n+1} - L_n = \frac{\lambda}{2} \tag{5}$$

测量出多组 ΔL 后即可求得波长 λ 的平均值。

(2) 方法二：相位比较法原理

将发射端的信号 $x = A\cos(\omega t + \varphi_1)$ 输入示波器的 X 轴，接收端的信号 $y = B\cos(\omega t + \varphi_2)$ 输入 Y 轴。屏幕上将显示两个同频率、相互垂直的振动合成的李萨如图形。两个信号的相位差 $\Delta\varphi$ 与接收器和发射器之间的距离 l 存在以下关系：

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{2\pi}{\lambda} l \tag{6}$$

李萨如图形的形状由相位差 $\Delta\varphi$ 决定。

- 当相位差 $\Delta\varphi = n\pi$ (n 为偶数) 时，图形为一、三象限的直线（同相）。
- 当相位差 $\Delta\varphi = n\pi$ (n 为奇数) 时，图形为二、四象限的直线（反相）。

当移动接收器，使李萨如图形从一、三象限的直线变为二、四象限的直线时，相位差改变了 π。根据公式 (6)，位置移动的距离 ΔL 与相位差变化量 $\Delta(\Delta\varphi) = \pi$ 的关系为 $\pi = \frac{2\pi}{\lambda}\Delta L$，可得：

$$\Delta L = \frac{\lambda}{2} \tag{7}$$

通过测量多次李萨如图形斜率由正到负（或由负到正）变化时接收器移动的距离，即可根据公式 (7) 求得波长 λ。

实验方法：首先，连接信号发生器、声速测定仪和双踪示波器。然后调节信号发生器频率至换能器的谐振频率（约 40kHz），使示波器上接收信号的幅度最大。接着，分别采用上述两种方法进行测量，并根据公式 (1) 计算声速，最后与考虑了温度影响的声速理论值进行比较，分析误差。

2. 实验重点（3 分）

（简述本实验的学习重点，不超过 100 字。）

本实验的学习重点在于：

(1) 理解驻波干涉和波的相位两个核心物理概念。

(2) 掌握利用驻波法（公式 5）和相位比较法（公式 7）测量声波波长的原理和操作。

(3) 熟练使用双踪示波器和信号发生器，特别是示波器的双通道模式和 X-Y 模式的切换与观察。

(4) 学会通过多次测量和数据处理（如逐差法）来减小随机误差，提高测量精度。

3. 实验难点（2 分）

（简述本实验的实现难点，不超过 100 字。）

本实验的实现难点主要包括：

(1) 信号调节：需精确调节谐振频率以保证信号稳定，并调整好换能器端面平行度以获得清晰的驻波或李萨如图形。

(2) 操作精度：在移动接收器和读数时，必须保持单向转动，以消除手轮的空程误差。

(3) 环境干扰：需要减小环境噪声及高阶反射波对测量的干扰。

注意事项：

1. 用 PDF 格式上传“实验报告”，文件名：学生姓名 + 学号 + 实验名称 + 周次。

2.“实验报告”必须递交在“学在浙大”本课程内对应实验项目的“作业”模块内。

3.“实验报告”成绩必须在“浙江大学物理实验教学中心网站”-“选课系统”内查询。

4. 教学评价必须在“浙江大学物理实验教学中心网站”-“选课系统”内进行，学生必须进行教学评价，才能看到实验报告成绩，教学评价须在本次实验结束后 3 天内进行。

浙江大学物理实验教学中心制