

大学物理实验预习报告

班级 计科24-4 学号 2024210858 姓名 傅家琪 成绩

实验项目 多普勒效应综合实验

一、实验目的

1. 了解声波的多普勒效应, 掌握智能多普勒实验仪的应用.
2. 测量超声接收器运动速度与接收频率的关系, 验证多普勒效应.
3. 通过对多普勒效应数据的分析, 反推空气中的声速.

二、实验原理

1. 声波的多普勒效应: 设声源在原点, 声源振动频率为 f_0 , 接收点运动和声波传播都在 x 方向. 声源、接收器和传播介质不动时, 在 x 方向传播的声波及声压的数学表达式为: $p(x, t) = p_0 \cos[\omega(x - \frac{x_0}{u})]$

(1). 声源运动速度为 V_s , 介质和接收器不动, 接收器接收到的频率为 $f_s = \frac{f_0}{1 - \frac{V_s}{u}}$ ①

(2). 声源、介质不动, 接收器运动速度为 V_r , 此时接收到 $f_r = (1 + \frac{V_r}{u})f_0$ ②

(3). 介质不动, 声源运动速度为 V_s , 接收器运动速度为 V_r , 此时接收到 $f_{rs} = \frac{u + V_r}{u - V_s} f_0$ ③

(4)* 介质动, 比较难实现, 不考虑.

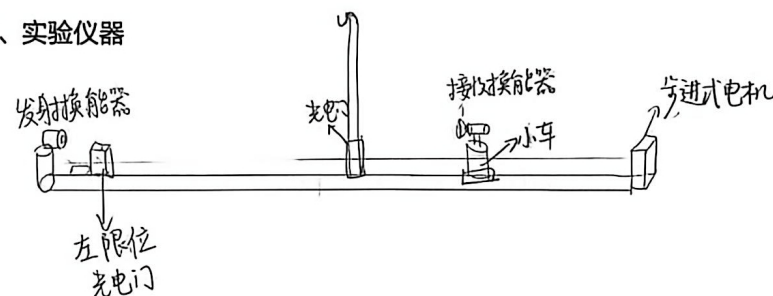
对比①②③, ②比较方便计算. 改变 V_r 就可得到不同的 f_r , 从而验证多普勒效应.

若已知 V_r, f_0 , 并测出 f_r , 则可算出声速 u .

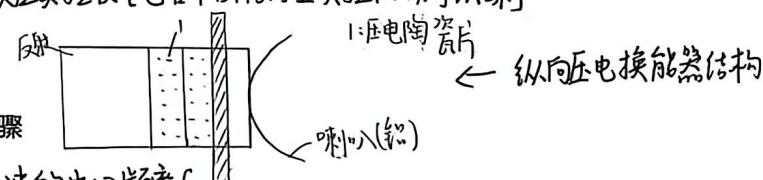
声速理论值: $u_0 = 331.45 \sqrt{1 + \frac{t}{273.15}}$ (SI单位), t 为室温, 单位为 $^{\circ}\text{C}$

或 $u_0 \approx 331.45 + 0.61 \times t$ (SI单位).

三、实验仪器



智能多普勒效应实验仪 [包含 FB18A 型实验仪、测试线]



四、实验内容及步骤

1. 找发射器发出声波的中心频率 f_0 .
 - (1). 用手移装有接收探头的小车至 30 cm 位置. 先把“发射强度”旋钮顺时针调到较大, “接收强度”调至中间位. 检查接收, 发射头圆盘上刻线与“0”对准.
 - (2). 打开工作电源, 点击主菜单的“4. 频率与超声换能器特性实验(自动)”, 找到曲线极大值处的中心频率.
2. 设置环境温度: 点击“1. 多普勒实验” → 参数设定 → 环境温度, 输入具体数值.
3. 测量接收器在不同运动速度 V_r 下的多普勒频移 Δf .

大学物理实验结果报告

实验地点 _____ 日期 11.7 指导教师 宋玉华

五、数据表格

六、数据分析与处理

次数	接收器运动速度 V_r (m/s)	多普勒频移测量值 Δf (Hz)	多普勒频移理论值 Δf (Hz)	相对不确定度 E_r	发射器运动速度 V_s (m/s)	多普勒频移测量值 Δf (Hz)	多普勒频移理论值 Δf (Hz)	相对不确定度 E_s
1	0.05	5.54	5.80	4.6%	0.05	5.69	5.80	1.9%
2	-0.05	-6.23	-5.80	7.3%	-0.05	-6.37	-5.80	9.8%
3	0.10	11.43	11.61	1.6%	0.10	11.09	11.61	4.5%
4	-0.10	-11.83	-11.61	1.9%	-0.10	-11.92	-11.61	2.8%
5	0.15	17.01	17.41	2.4%	0.15	16.85	17.42	3.3%
6	-0.15	-17.73	-17.41	1.9%	-0.15	-17.75	-17.40	2.0%
7	0.20	22.55	23.23	2.9%	0.20	22.82	23.23	1.9%
8	-0.20	-23.98	-23.23	3.3%	-0.20	-23.72	-23.21	2.3%
9	0.25	28.70	29.02	1.2%	0.25	28.78	29.03	0.9%
10	-0.25	-29.45	-29.02	1.5%	-0.25	-29.56	-29.00	2.0%
11	0.30	34.75	34.82	0.22%	0.30	34.54	34.85	0.9%
12	-0.30	-35.40	-34.82	1.7%	-0.30	-35.14	-34.79	1.6%
13	0.35	40.71	40.63	0.21%	0.35	40.73	40.67	0.15%
14	-0.35	-41.23	-40.63	1.5%	-0.35	-41.31	-40.59	1.8%
15	0.40	45.70	46.43	1.6%	0.40	45.73	46.48	1.7%
16	-0.40	-46.73	-46.43	2.64%	-0.40	-46.80	-46.38	0.91%

实验环境温度: 23°C

$f_0 = 40060 \text{ Hz}$

$$u_0 = 331.45 \sqrt{1 + \frac{t}{273.15}} \text{ (m/s)}$$

表1: $\Delta f_{\text{理}} = \frac{V_r}{u_0} f_0$

表2: $\Delta f_{\text{理}} = \frac{V_s}{u_0 - V_s} f_0$

$$E_r = \frac{|\Delta f_{\text{测}} - \Delta f_{\text{理}}|}{|\Delta f_{\text{理}}|} \times 100\%$$

$$k = 116.338235$$

$$\frac{f_0}{u_{\text{测}}} = k \Rightarrow u_{\text{测}} = \frac{f_0}{k} = 344.34 \text{ m/s} \quad u_0 = 331.45 \times \sqrt{1 + \frac{t}{273.15}} = 345.122 \text{ m/s}$$

$$A_u = \frac{|u_{\text{测}} - u_0|}{u_0} \times 100\%$$

$$= 0$$

七、实验系统误差

随机误差

本实验成功验证了声波的 Doppler 效应，通过测量接收器速度与多普勒频移的关系，不仅证实了理论的正确性，还提供了一种测量声速的有效方法。实验结果与理论预测吻合良好，相对误差在 10% 以内，达到了实验的预期目的。

Doppler Shift vs Receiver Velocity
(16 Data Sets - Least Squares Fit)

