

淮南师范学院实验报告

学院：电子工程学院 专业：物理学 班级:24 物理 1 班

学号:2414050120 姓名 缪雨轩 日期：2025.11.18

一、实验名称：多普勒效应的验证

二、实验目的：

- 测量超声接收器运动速度与接收频率之间的关系，验证多普勒效应。
- 由 $f-v$ 关系直线的斜率求声速。

三、实验原理：

当波源和接收器之间有相对运动时，接收器接收到的波的频率与波源发出的频率不同的现象称为多普勒效应。

根据声波的多普勒效应公式，当声源与接收器之间有相对运动时，接收器接收到的频率 f 为：

$$f = f_0 \frac{u + v_1}{u - v_2}$$

式中：

- f_0 为声源发射频率；
- u 为声速；
- v_1 为接收器运动速率（向声源运动为正，远离为负）；
- v_2 为声源运动速率（向接收器运动为正，远离为负）。

本实验中，声源固定不动（即 $v_2 = 0$ ），接收器安装在运动小车上向声源运动（即 $v_1 = v$ ）。

此时公式简化为：

$$f = f_0 \frac{u + v}{u} = f_0(1 + \frac{v}{u}) = f_0 + \frac{f_0}{u}v$$

由上式可见，接收频率 f 与接收器运动速度 v 呈线性关系。令 $y = f$ ， $x = v$ ，则有线性方程：

$$y = B + kx$$

其中截距 $B = f_0$ ，斜率 $k = \frac{f_0}{u}$ 。

通过实验测量不同速度 v 下的接收频率 f ，作 $f-v$ 图线。若图线为一直线，则验证了多普勒效应。利用直线的斜率 k ，可计算出实验声速：

$$u_{\text{实}} = \frac{f_0}{k}$$

理论声速可根据实验室温度 T 计算：

$$u_{\text{理}} = 331.45 \sqrt{1 + \frac{T}{273.15}}(m/s)$$

四、主要仪器设备：

多普勒效应综合实验仪（含 ZDP-I 型实验仪主机）、超声发射/接收器、光学导轨、运动小车、光电门、红外发射/接收模块等。

五、实验步骤：

（一）仪器连接与调整：

- 连接超声发射器、接收器及红外调制模块。
- 开启电源，调整光电门位置，确保小车运动时能正常遮光测速。

（二）参数设置：

在实验仪主机上设置实验模式为“多普勒效应验证”。记录环境温度 T 和超声源频率 f_0 。

（三）数据测量：

- 启动小车使其沿导轨向声源方向做变速运动。
- 实验仪自动记录小车经过不同位置时的瞬时速度 v 以及对应的接收频率 f 。
- 记录一组 $v-f$ 数据。

（四）数据记录：

将屏幕显示的数据填入实验报告表格中。

六、原始数据记录：

（一）实验参数：

- （1）环境温度 $T = 23.1^{\circ}C$
- （2）声源频率 $f_0 = 40002Hz$

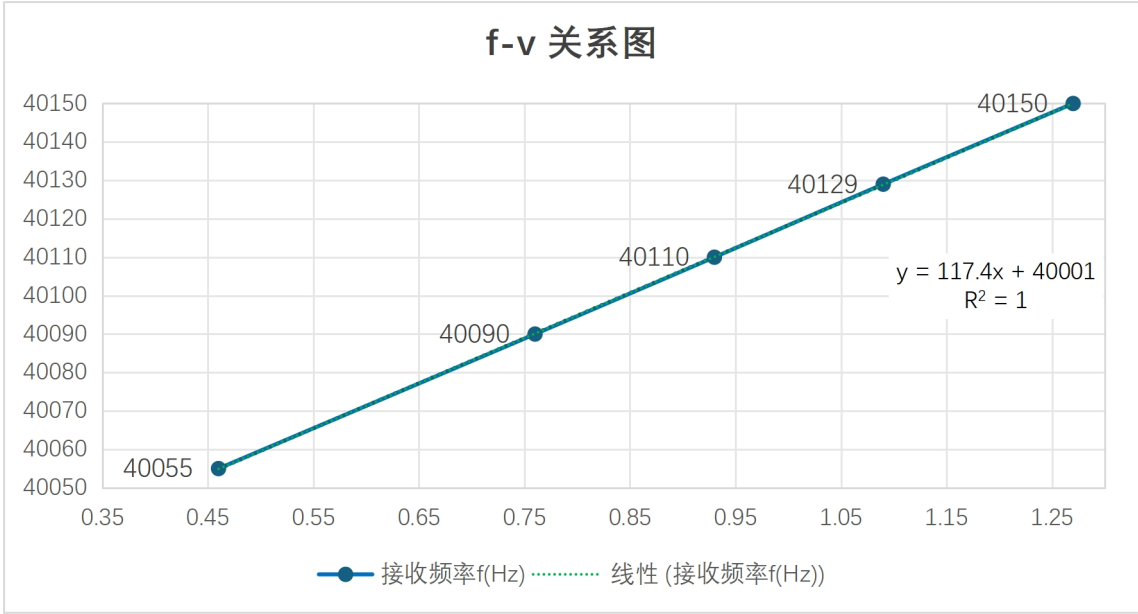
（二）原始数据表：

序号	运动速度 v (m/s)	接收频率 f (Hz)
1	0. 46	40055
2	0. 76	40090
3	0. 93	40110
4	1. 09	40129
5	1. 27	40150

七、数据处理：

（一）作图验证

利用 Excel 软件，以速度 $v(cm/s)$ 为横坐标，接收频率 $f(Hz)$ 为纵坐标，绘制散点图并进行线性拟合。



（二）结果计算

根据实验数据进行线性回归分析（最小二乘法）：

- （1）回归方程： $f = 40000.9 + 117.4v$
- （2）截距 $B = 40000.9\ Hz$
- （3）斜率 $k = 117.4\ Hz/(m/s)$
- （4）相关系数 $r \approx 0.9999$

（三）实验声速计算

根据斜率公式 $k = \frac{f_0}{u}$ ，则实验声速：

$$u_{\text{实}} = \frac{f_0}{k} = \frac{40002}{117.4} \approx 340.7\ m/s$$

（四）理论声速计算

已知室温 $T = 23.1^{\circ}C$ ：

$$u_{\text{理}} = 331.45 \sqrt{1 + \frac{23.1}{273.15}} \approx 345.2\ m/s$$

（五）声速测量误差

- （1）实验测得声速 $u_{\text{实}} = 340.7\ m/s$ 。
- （2）理论声速 $u_{\text{理}} = 345.2\ m/s$ 。
- （3）相对误差 $E = \frac{|340.7-345.2|}{345.2} \times 100\% \approx 1.3\%$ 。

八、实验结果与讨论：

（一）误差来源：

- （1）小车运动时可能存在微小的震动，导致接收器接收信号不稳定。
- （2）温度测量可能存在偏差，导致理论声速计算值不完全准确。
- （3）空气阻力或导轨摩擦可能导致瞬时速度测量存在微小滞后。