

成都信息工程大学

物理实验报告

朱海东

2025-05-12

85

姓名: 胡永琴

专业: 网络工程

班级: 243

学号: 2024121091

实验日期: 2025.5.9

实验教室: H5203 指导教师: 朱海东

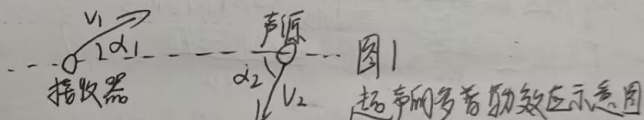
一、实验名称: 多普勒效应

二、实验目的

1. 理解多普勒效应
2. 如何验证多普勒效应的定量关系
3. 如何利用多普勒效应测声速和运动物体的速度?

三、实验原理

1. 超声的多普勒效应



根据声的多普勒效应公式, 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: $f = f_0 \cdot \frac{u + v_1 \cos \alpha_1}{u - v_2 \cos \alpha_2}$ (1)

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, α_1 为声源与接收器连线与接收器运动方向之间的夹角, v_2 为声源运动速率, α_2 为声源与接收器连线与声源运动方向之间的夹角 (如图1)。

若声源保持不动, 运动物体上的接收器沿声源与接收器连线方向以速度 v 运动, 则从 (1) 式可得接收器接收到的频率应为: $f = f_0 \cdot (1 + \frac{v}{u})$ (2)。

当接收器向着声源运动时, v 取正, 反之取负。

若 f_0 保持不变, 以光电门测量物体的运动速度并由仪器对接收器接收到的频率自动计数, 根据 (2) 式作 $f-v$ 关系图可直观验证多普勒效应, 且由实验点作直线, 其斜率应为 $k = f_0/u$, 由此可计算出声速 $u = f_0/k$ 。

由 (2) 式可解出: $v = u(\frac{f}{f_0} - 1)$ (3)

若已知声速 c 及声源频率 f_0 ，通过设置使仪器以某种时间间隔对接收器接收到的频率 f 采样计数，由微处理按③式计算出接收器运动速度，由显示屏显示 $v-t$ 关系图，或调阅有关测量数据，则可得物体在运动过程中的速度变化情况，进而对物体运动状况及规律进行研究。

2. 超声的红外调制与接收

早期产品中，接收器接收的超声信号由导线接入实验仪进行处理。由于超声接收器安装在运动体上，导线的存在对运动状态有一定影响，导线的折断也给使用带来麻烦。新仪器对接收到的超声信号采用了无线的红外调制-发射-接收方式。即用超声接收器信号对红外光进行调制后发射，固定在运动导轨一端的红外接收器接收信号后，再将超声信号解调出来。由于红外发射/接收的过程中信号的传输是光速，远远大于声速，它引起的多普勒效应可忽略不计。采用此技术将实验体中运动部分的导线去掉，使得测量更准确，操作更方便。信号的调制-发射-接收-解调，在信号的无线传输过程中是一种常用的技术。

四. 注意事项

1. 验证多普勒效应并测声速时，确保多普勒实验仪左灯不亮，右灯亮
2. 确保物体吸住磨的位置正确
3. 应保证重物自由落体而没有旋转，否则应重做一次

五. 实验仪器

多普勒效应综合实验仪，超声发射器和接收器，红外发射器与接收器，导轨，小车，支架，光电门，电磁铁

六. 实验步骤

1. 验证多普勒效应并由测量数据计算声速

① 记录温度 T 及对应 f_0 后，选择“多普勒效应验证”开始测试，将小车的速度档别选择1, 2, 3, 4档实验，记录每次的 f_i, v_i ，完成后重复5次测试

② 计算在每档速度下 f_i, v_i 的平均值 \bar{f}_i, \bar{v}_i ，并绘制 $f-v$ 曲线

2. 研究自由落体运动

①将自由落体接收组件安装在电磁铁支架上,下方放置保护盘,调整超声波发射器使其与接收器在同一竖直面上

②液晶显示屏上测量点数量选择"10"。采样步距选择"30ms"当频率锁定可以实验时,按确认,电磁铁断电,接收器下落,随后记录这次实验中的10组V。

③重复5次实验,计算1-10,10个测量点V的平均值 \bar{V} ,绘制V-t图象

七.数据记录.

表1 验证多普勒效应并测声速 $T=27^{\circ}\text{C}$ $f_0=40002\text{Hz}$

次数	$f(\text{Hz})$ 一档	二档	三档	四档	五档
1	40054/0.45	40078/0.66	40099/0.85	40119/1.03	40138/1.19
2	40053/0.44	40078/0.66	40098/0.85	40119/1.02	40138/1.18
3	40052/0.44	40077/0.65	40099/0.85	40119/1.02	40137/1.18
4	40052/0.43	40077/0.65	40099/0.84	40120/1.02	40137/1.17
5	40051/0.44	40076/0.65	40098/0.84	40119/1.02	40137/1.18
平均	40052.4/0.44	40077.2/0.65	40098.6/ 40098 0.85	40119.2/1.02	40137.4/1.18

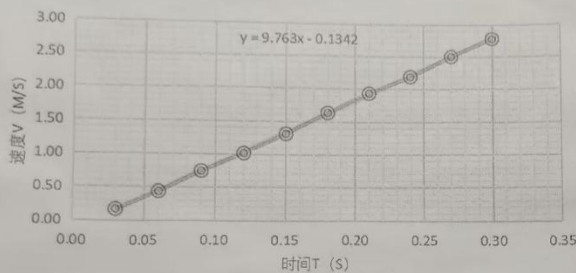
表2 多普勒效应应用 $T=27^{\circ}\text{C}$ $\Delta t=30\text{ms}$

次数	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9	V_{10}
1	0.19	0.46	0.72	1.04	1.36	1.63	2.00	2.19	2.49	2.78
2	0.17	0.37	0.79	1.01	1.29	1.66	1.91	2.23	2.48	2.80
3	0.17	0.46	0.74	1.01	1.29	1.64	1.94	2.19	2.53	2.76
4	0.17	0.46	0.76	1.04	1.36	1.63	1.91	2.23	2.53	2.81
5	0.17	0.46	0.74	0.99	1.31	1.63	1.96	2.18	2.53	2.76
平均	0.17	0.44	0.75	1.02	1.32	1.64	1.94	2.20	2.51	2.78

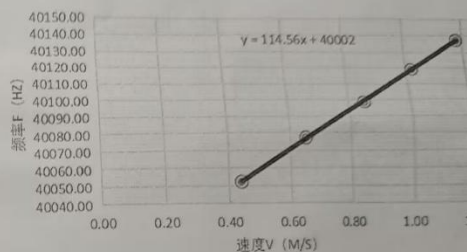
八 数据处理

根据表一、表二用origin绘制f-v和v-t图

v-t图像



f-v图像



v-t曲线斜率 $k = 9.763$

则声速 $v = \frac{f_0}{k} = \frac{40002}{114.56} \approx 349.18 \text{ m/s}$

百分误差 $\frac{v - v_0}{v_0} \times 100\% = \frac{349.18 - 340}{340} \approx 2.7\%$

自由落体: $g = 9.763 \text{ m/s}^2$ $g_0 = 9.8 \text{ m/s}^2$

百分误差 $\frac{g - g_0}{g} \times 100\% = 0.38\%$

九 实验结果

① 验证了多普勒效应并得到声速 349.18 m/s 百分误差 2.7%

② 得到 $g = 9.763 \text{ m/s}^2$ 百分误差 0.38%

十. 误差分析与总结

1. 实验次数过少导致实验偶然性太大
2. 验证多普勒效应时, 小车、频率接收器未在同一水平线上
3. 自由落体运动时接收器下落时初位置不同

总结: 此次多普勒效应实验通过测量声源在不同速度下频率变化, 验证了多普勒效应的基本原理, 当声源靠近观测时, 接收到的频率变高, 反之变低并由此计算出声速, 加深了对多普勒效应的理解。

成都信息工程大学物理实验数据记录

朱海东
2025-05-12

姓名: 胡永号 学号: 2024121091 班级: 网工24310

实验日期: 2025.5.12 实验编号: 31 同组人姓名: 蒋明君

表1 验证多普勒效应并求速

(Hz) $T = 27^{\circ}\text{C}$ $f_0 = 4000\text{Hz}$

次数	一档	二档	三档	四档	五档
1	40054/0.45	40078/0.66	40099/0.85	40119/1.03	40138/1.19
2	40053/0.44	40078/0.66	40098/0.85	40119/1.02	40138/1.18
3	40052/0.44	40077/0.65	40099/0.85	40119/1.02	40137/1.18
4	40052/0.43	40077/0.65	40099/0.84	40120/1.02	40137/1.17
5	40051/0.44	40076/0.65	40098/0.84	40119/1.02	40137/1.18
平均	40052.40/0.44	40077.20/0.65	40098.60/0.85	40119.20/1.02	40137.40/1.18

验证多普勒效应应用

$T = 27^{\circ}\text{C}$ $\Delta t = 30\text{ms}$

次数	V	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8	V_9	V_{10}
1	0.19	0.46	0.72	1.04	1.36	1.63	2.00	2.19	2.49	2.78	
2	0.17	0.37	0.79	1.01	1.29	1.66	1.91	2.23	2.48	2.80	
3	0.17	0.46	0.74	1.01	1.29	1.64	1.94	2.19	2.53	2.76	
4	0.17	0.46	0.76	1.04	1.36	1.63	1.91	2.23	2.53	2.81	
5	0.17	0.46	0.74	0.99	1.31	1.63	1.96	2.18	2.53	2.76	
平均	0.17	0.44	0.75	1.02	1.32	1.64	1.94	2.20	2.51	2.78	