**物理实验报告**

**实验名称：声速的测定**

**指导教师：王业伍**

**班级：混合2402**

**姓名：张驰**

**学号：3240103480**

**实验日期: 2025年4月3日 星期四上午**

浙江大学物理实验教学中心

**1. 实验综述**

（自述实验现象、实验原理和实验方法，不超过300字，5分）

 想要测定声速，只需要确定声波的频率和波长即可。频率由发生器直接确定，而波长可以由如下两种方式测定：

1. 驻波法：移动装置的接收端，当示波器上波形振幅达到最大的时候，记录装置的位置，从而可以求出声波的波长；
2. 相位比较法：李萨如图形从直线变成直线的时候，恰好经过半个周期的相位。因此只要移动装置的接收端，当发现李萨如图形是一条直线的时候，记录装置的位置，就可以求出声波的波长。

两种测试方式都需要注意空程差，即在转动手轮的时候尽可能保证往同一个方向转动而不回转。

实验现象如下：

1. 驻波法：随着接收端的移动，示波器上波形振幅由小变大再变小，周期性变化。在波形达到最大的时候记录当前位置；
2. 相位比较法：随着接收端的移动，示波器上李萨如图由直线变成圆再变成直线，周期性变化。在图形变成直线的时候记录当前位置。

**2.实验重点**

（简述本实验的学习重点，不超过100字，3分）

1. 了解声波的特性，加深振动合成和波动干涉理论的理解；
2. 学会用驻波法和相位比较法测定声速；
3. 学习示波器和信号发生器的使用。

**3.实验难点**

（简述本实验的实现难点，不超过100字，2分）

1. 如何准确调整接收端的位置，使得波形振幅达到最大/李萨如图恰好是一条斜直线；
2. 理解驻波和李萨如图形成的原理，并对照实验方法来理论上理解实验的正确性；
3. 如何处理实验数据以最大化地减小实验误差；
4. 如何计算最后结果的不确定度。

**二、原始数据**

（将有老师签名的“自备数据记录草稿纸”的扫描或手机拍摄图粘贴在下方，20分）



**三、结果与分析**

1. 数据处理与结果

（列出数据表格、选择数据处理方法、给定测量或计算结果，30分）

测得当地环境温度为 $t=15.9℃$。调节信号发生器使得其在示波器上波形最大，得到谐振频率为 $f=39.68kHz$。整理分别用驻波法和相位差法测量波长得到的数据如下表1所示：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 驻波法 | 接收端位置读数/mm | 相位差法 | 接收端位置读数/mm |
| 1 | $$L\_{1}$$ | 4.205 | $$0$$ | $$L\_{1}$$ | 7.933 |
| 2 | $$L\_{2}$$ | 8.627 | $$π$$ | $$L\_{2}$$ | 12.301 |
| 3 | $$L\_{3}$$ | 13.101 | $$2π$$ | $$L\_{3}$$ | 16.561 |
| 4 | $$L\_{4}$$ | 17.540 | $$3π$$ | $$L\_{4}$$ | 20.880 |
| 5 | $$L\_{5}$$ | 21.805 | $$4π$$ | $$L\_{5}$$ | 25.172 |
| 6 | $$L\_{6}$$ | 26.689 | $$5π$$ | $$L\_{6}$$ | 28.571 |
| 7 | $$L\_{7}$$ | 30.866 | $$6π$$ | $$L\_{7}$$ | 33.961 |
| 8 | $$L\_{8}$$ | 35.652 | $$7π$$ | $$L\_{8}$$ | 38.323 |
| 9 | $$L\_{9}$$ | 39.530 | $$8π$$ | $$L\_{9}$$ | 42.623 |
| 10 | $$L\_{10}$$ | 44.240 | $$9π$$ | $$L\_{10}$$ | 46.567 |
| 11 | $$L\_{11}$$ | 48.855 | $$10π$$ | $$L\_{11}$$ | 50.814 |
| 12 | $$L\_{12}$$ | 53.556 | $$11π$$ | $$L\_{12}$$ | 55.110 |

表 1

接下来分别利用逐差法处理上述数据来求出平均波长，从而得出测定的声速：

1. 驻波法
根据逐差法，求得 $λ\_{i}=\frac{2\left(L\_{N+i}-L\_{i}\right)}{N}$ 如下表2所示：

|  |  |
| --- | --- |
| $$λ\_{1}/mm$$ | 8.8870 |
| $$λ\_{2}/mm$$ | 9.0083 |
| $$λ\_{3}/mm$$ | 8.8097 |
| $$λ\_{4}/mm$$ | 8.9000 |
| $$λ\_{5}/mm$$ | 9.0167 |
| $$λ\_{6}/mm$$ | 8.9557 |

表 2

 从而求得平均波长为：

$$\overline{λ}=\sum\_{i=1}^{6}\frac{λ\_{i}}{6}=8.9296\left(mm\right)$$

 从而计算相应的声速为：

$$v=f⋅\overline{λ}=354.3m⋅s^{-1}$$

1. 相位差法：
类似地，我们可以得到表3所示数据：

|  |  |
| --- | --- |
| $$λ\_{1}/mm$$ | 8.6760 |
| $$λ\_{2}/mm$$ | 8.6740 |
| $$λ\_{3}/mm$$ | 8.6873 |
| $$λ\_{4}/mm$$ | 8.5623 |
| $$λ\_{5}/mm$$ | 8.5473 |
| $$λ\_{6}/mm$$ | 8.8463 |

表 3

从而求得平均波长为：
$$\overline{λ}=\sum\_{i=1}^{6}\frac{λ\_{i}}{6}=8.6656\left(mm\right)$$

从而计算相应声速为：
$$v=f⋅\overline{λ}=343.9m⋅s^{-1}$$

而根据室温可以粗略算出准确的声速应当为：

$$v\_{0}=331.45\sqrt{1+\frac{t}{273.15}}=341.1m⋅s^{-1}$$

2．误差分析

（运用测量误差、相对误差、不确定度等分析实验结果，20分）

为了分析实验结果的准确性，分别计算两种测量方式结果的相对误差如下：

1. 驻波法
$$E=\frac{\left|v\_{0}-v\right|}{v\_{0}}×100\%=3.87\%$$
2. 相位差法
$$E=\frac{\left|v\_{0}-v\right|}{v\_{0}}×100\%=0.82\% $$

接下来分析实验中不确定度以的得到更好的结果。其中仪器允差分别为：信号发生器 $10Hz$，标尺 $0.004mm$。因此可以先确定如下B类不确定度为：

$$u\_{Bλ}=0.0023mm,u\_{f}=5.7735Hz$$

其中由于信号发生器一直都产生相同频率的信号，所以可以直接用B类不确定度作为其不确定度。接下来将分别计算两种方式测得的波长A类不确定度，并合成最终结果的不确定度：

1. 驻波法
$$u\_{Aλ}=\sqrt{\frac{1}{n\left(n-1\right)}\sum\_{i=1}^{n}\left(λ\_{i}-\overline{λ}\right)}=0.04mm$$

$$u\_{λ}=\sqrt{u\_{Aλ}^{2}+u\_{Bλ}^{2}}=0.05mm$$

$$u\_{v}=v\sqrt{\left(\frac{u\_{f}}{f}\right)^{2}+\left(\frac{u\_{λ}}{\overline{λ}}\right)^{2}}=1.9m⋅s^{-1}$$

故利用驻波法测得声速应为 $v=354.3\pm 1.9m⋅s^{-1}$。

1. 相位差法
$$u\_{Aλ}=\sqrt{\frac{1}{n\left(n-1\right)}\sum\_{i=1}^{n}\left(λ\_{i}-\overline{λ}\right)}=0.05mm$$

$$u\_{λ}=\sqrt{u\_{Aλ}^{2}+u\_{Bλ}^{2}}=0.06mm$$

$$u\_{v}=v\sqrt{\left(\frac{u\_{f}}{f}\right)^{2}+\left(\frac{u\_{λ}}{\overline{λ}}\right)^{2}}=2.4m⋅s^{-1}$$

故利用相位差法测得声速应为 $v=343.9\pm 2.4m⋅s^{-1}$。

接下来对误差产生的原因进行分析：

1. 在读数的时候，由于竖直方向被挡住，因此只能斜视读数来估读最后一位。这导致了估读的时候会产生较大的误差；
2. 在观测示波器来判断是否到达半波长时，由于环境的扰动使得图像会产生抖动，这导致无法准确找到半波长的点；

同时，我们发现用相位差法测得的值相对误差要远小于用驻波法。这是因为直接观察李萨如图比判断振幅是否到达最大值要容易，使得在相位差法中我们更容易让被接收端落在准确的位置。

3．实验探讨

（对实验内容、现象和过程的小结，不超过100字，10分）

 本次实验用两种方式间接测量了声速的大小。在本次实验中，我们熟悉并手操了示波器和信号发生器。同时，我们学习了声速测量的历史，从曾经的直接测量方式，到如今的利用振动的知识来间接测量，告诉我们理论进步对实验的重大意义。

**四、思考题**

（解答教材或讲义或老师布置的思考题，10分）

1. $x$ 轴和 $y$ 轴的振动方程如下所示：

$$\left\{\begin{array}{c}x=A\cos(\left(ωt+ϕ\_{1}\right))\\y=B\cos(\left(ωt+ϕ\_{2}\right))\end{array}\right.$$

故当相位差为 $2π$ 时，两个垂直方向相叠加，得到一三象限的直线。而当相位差为 $π$ 的奇数倍的时候，叠加的方向恰好与前一种情况相反，也即当 $x=A$ 时，$y=B$。所以得到一条二四象限的直线。

1. 让波源振动频率与系统的固有频率尽可能接近，从而产生共振，增大振幅，使波形的变化变更明显。
2. 计算方式如下所示：

$$\frac{u\_{v}}{v}=\sqrt{\left(\frac{u\_{f}}{f}\right)^{2}+\left(\frac{u\_{λ}}{\overline{λ}}\right)^{2}}=\sqrt{\left(\frac{0.01}{40}\right)^{2}+\left(\frac{0.030}{8.560}\right)^{2}}=4×10^{-3}$$

**注意事项：**

1.用WORD或WPS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”的本课程的对应实验项目的“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，教学评价必须在本次实验结束后3天内进行。

5.“普通物理学实验Ⅰ”和“物理学实验Ⅰ”都用本实验报告。

**浙江大学物理实验教学中心制**