**实验名称:**声速的测量

**实验目的:**

了解超声波的产生、发射和接收的方法，用干涉法（驻波法）和相位法测量声速。

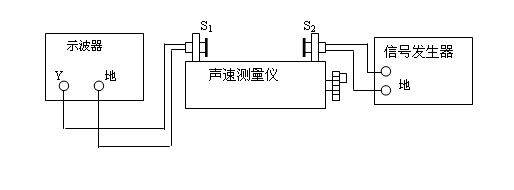
**实验原理：**

**（一）为什么选择超声波进行测量。**

在弹性介质中，频率从20Hz到20kHz的振动所激起的机械波称为声波，高于20kHz，称为超声波，超声波的频率范围在2×104Hz-5×108Hz之间。超声波的传播速度，就是声波的传播速度。超声波具有波长短，易于定向发射等优点，在超声波段进行声速测量比较方便。

**实验装置**

由波动理论可知，波速与波长、频率有如下关系：*v = f λ*，只要知道频率和波长就可以求出波速。本实验通过信号发生器控制换能器，信号发生器的输出频率就是声波频率。声波的波长用驻波法（共振干涉法）和行波法（相位比较法）测量。下图是超声波测声速实验装置图。



**1）驻波法测波长**

由声源发出的平面波经前方的平面反射后，入射波与发射波叠加，它们波动方程分别是：





叠加后合成波为：

当时称为波腹

当时，称为波节

因此只要测得相邻两波腹（或波节）的位置Xn、Xn-1即可得波长。

**2）相位法测波长**

从换能器S1发出的超声波到达接收器S2，所以在同一时刻S1与S2处的波有一相位差：* = 2x/*其中**是波长，*x*为S1和S2之间距离。因为*x*改变一个波长时，相位差就改变2。利用李萨如图形就可以测得超声波的波长。

**实验步骤**

1检查仪器

2调节超声发生器，使发射平面与游标垂直

3调节超声接收器，使接收面与发射面平行

4连接函数发生器与超声发射器，连接超声接收器与示波器

5调节函数发生器的频率，使示波器上的简谐波产生最大振幅，即发生谐振。找到谐振频率

6改变接受器的位置，用驻波法，相位法测量实验要求的点的坐标，并记录。

7实验数据处理。

**实验数据**

**实验一 驻波法测量声速**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 实验次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 游标读数/cm | 12.000 | 12.520 | 13.030 | 13.546 | 14.048 | 14.558 | 15.076 | 15.576 | 16.122 | 16.608 | 17.100 | 17.624 |

**实验二 相位法测量声速**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 实验次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 游标读数/cm | 11.998 | 12.514 | 13.022 | 13.530 | 14.052 | 14.560 | 15.066 | 15.584 | 16.086 | 16.582 | 17.124 | 17.620 |

**实验室数据：**T1=26.2℃ T2=25.8℃(\*) fc=34364Hz

**数据处理**

**(一)计算实验室温度下声波理论速度**

由实验记录T=(T1+T2)/2=26.0℃

由273K时空气中声速为V0=331.45m/s

实验室温度下声速理论值 

**(二)驻波法测量声速的游标读数处理**

利用逐差法计算波腹间的距离,即半波长.可得

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1.0253 | 1.0187 | 1.0307 | 1.0207 | 1.0173 | 1.0220 |

利用Excel辅助计算，得

波长λ=1.0024cm

标准差是：

A类不确定度是： ，式中t0.95=2.57,P=0.95

B类不确定度是：

式中k0.95=1.96, ,,P=0.95

误差合成

测量结果

λ=(1.0024±0.0054)cm P=0.95

V=λf=(351.35±1.84)m/s P=0.95

**（三）相位法测量声速的游标读数处理**

利用逐差法计算波腹间的距离,即半波长.可得

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 1.0227 | 1.0233 | 1.0213 | 1.0173 | 1.0240 | 1.0200 |

利用Excel辅助计算，得

波长λ=1.0214cm

标准差是：

A类不确定度是： ，式中t0.95=2.57,P=0.95

B类不确定度是：

式中k0.95=1.96, ,,P=0.95

误差合成

测量结果

λ=(1.0214±0.0030)cm P=0.95

V=λf=(351.01±1.03)m/s P=0.95

**（四）与理论值的比较**

理论值

**实验一 驻波法测量声速的误差处理**

V= (351.35±1.84)m/s ， P=0.95



**实验二 驻波法测量声速的误差处理**

V=(351.01±1.03)m/s ， P=0.95



**误差分析**

从两个实验与理论值的误差比较来看可见，相位法与驻波法的精度在同一数量级上，区别并不大。因为驻波法和相位法的本质都是观察波程差为半波长的偶数倍的点来实现的，受到的干扰因素大致相同。但从A类不确定度来看，相位法的不确定度要比驻波法小一倍，因为驻波法在示波器上引起的变化是一个难以精准观察的振幅变化，而振幅的最大值更是需要不断调节X轴去动态的观察与确定，此时振幅产生的微小变化着实难以观察。但是用相位法在实验时，示波器会产生一个变化李萨茹图形，在所需的波长整数倍的地方则会收缩成一个极易区分的直线，且不依赖于动态的调节，易于人眼观察。

**实验思考**

在实验时要求初始测量时,超生发生器与接收器之间要有至少5cm距离，这可能是因为超声在空气中传播会不断的衰减，而这个衰减会影响振幅最大值的位置，使测量到的“波腹”并不是真正的波腹。

实验主要误差来源:

1 人眼对变化的分辨能力。

2实验室中复杂的温度分布，空气流动，声音等因素也会对测量造成影响。

3空气中所含的杂质，如水蒸气等。

**思考题**

1**固定两换能器的距离改变频率，以求声速，是否可行？**

答：不行。因为换能器的谐振频率只有一个，改变频率会使示波器难以接受到信号，更别谈实验了。

**2各种气体中的声速是否相同？为什么？**

答：声波在介质中的传播速度为，其中是定压比热容与定体比热容的比。为普适气体常数，M是气体的摩尔质量。T是热力学温度。

不同的气体介质，有不同的摩尔质量，所以声速在不同气体中温度不相同。

在同一气体中，温度不一样，声波的传播速度也不一样。

主要是由气体的介质状态影响了声波的振动传播，由气体的杨氏模量影响了声波的传播。