**基础物理实验研究性报告**



**实验课题: 示波器的应用**

**班级： 101411班**

**姓名： 毕雄**

**学号： 10141021**

# 目录

[目录 2](#_Toc309938688)

[摘要 3](#_Toc309938689)

[一、 实验目的 3](#_Toc309938690)

[二、 实验原理 3](#_Toc309938691)

[1．示波器简介 3](#_Toc309938692)

[2．声速的测量 6](#_Toc309938693)

[三、 实验仪器 7](#_Toc309938694)

[四、 实验步骤 7](#_Toc309938695)

[1、 模拟示波器的使用 7](#_Toc309938696)

[2、 声速测量 9](#_Toc309938697)

[五、 数据记录与处理 10](#_Toc309938698)

[六、 实验总结 13](#_Toc309938699)

[1、 误差分析 13](#_Toc309938700)

[2、总结体会及改进建议 13](#_Toc309938701)

[七、参考文献 14](#_Toc309938702)

# 摘要

示波器基于其独有的能把人们肉眼看不见的电信号转变成看得见的图像，而被人们广泛用于研究各种电现象的变化过程。而在各种基础物理实验中也少不了他的身影，利用模拟示波器进行声速的测量就是其中之一。

# 实验目的

1. 了解示波器的主要结构和波形显示及参数测量的基本原理，掌握示波器、信号发生器的使用方法；
2. 学习用示波器观察电信号的波形以及测量电压、周期和频率的方法；
3. 学会用连续波测量空气声速；
4. 学习用示波器测定电信号的频率，通过对李萨如图形的观察，进一步加深对于谐振合成理论的理解。

# 实验原理

## 1．示波器简介

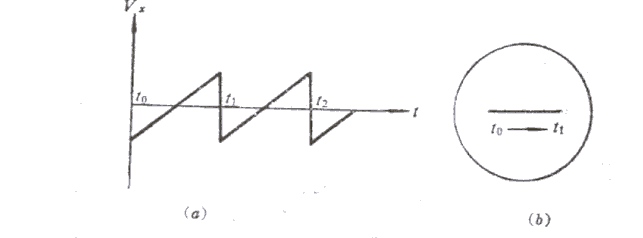
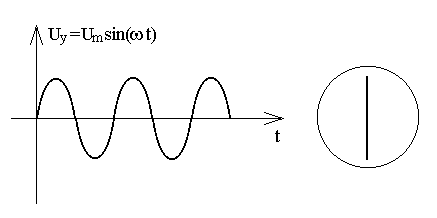
**（1）模拟示波器**

模拟示波器是利用电子示波管的特性，将人眼无法观测的交变电流信号转换成图像并显示在荧光屏上以便测量和分析的电子仪器。它主要由四部分组成：阴极射线示波管，扫描、触发系统，放大系统，电源系统。其基本组成如图所示。当电子枪被加热发出电子束后，经电场加速、聚焦和偏转系统，打在涂有荧光物质的荧光屏上就会形成一个亮点。若电子束在到达荧光屏之前受到两相互垂直的偏转板间电场的作用，则亮点位置会发生改变，从而显示出各种波形。

1. 工作原理

模拟示波器的基本工作原理是：被测信号经Y轴衰减后送至Y1放大器，经延迟级后到Y1放大器，信号放大后加到示波器的Y轴偏转板上。

若Y轴所加信号为正弦信号，X输入开关S切换到“外”输入，且X轴没有输入信号，则光点在荧光屏竖直方向上按正弦规律上下运动，随着Y轴方向信号频率的提高，由于视觉暂留或荧光屏余辉等原因，在荧光屏上显示出一条数值扫描线；同理，如在X轴所加信号为锯齿波信号，且Y轴没有输入信号，则光点在荧光屏水平方向上先由左向右匀速运动，到达右端后立即返回左端，再从左到右重复上述过程，每完成一个循环称为一次扫描。随着X轴方向信号频率的提高，在荧光屏上显示出一条水平扫描线。Z轴的作用是使扫描波形有一定辉度，对于某些具有Z轴外输入的示波器，则可以通过Z轴的输入信号，动态调节不同扫描时刻波形的亮度，实现类似于电视图像的显示效果。



1. 李萨如图形

X轴和Y轴同时有频率相同的或成整数比的两个正弦电压输入，此时电子束同时受到两个方向偏转电压的作用，在荧光屏上的光点将显示两个正交谐振动的合成振动图形，即李萨如图形，其形状随两个信号的频率和相位差的不同而不同。如果Y轴信号和X轴的频率有简单的整数比，则合成运动有稳定的闭合轨道。（见下图）

1:1

1:2

1:3

2:3

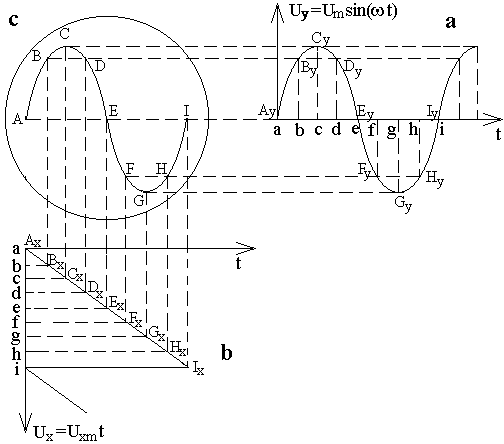
因此封闭的李萨如图形与水平线相交的点数及与垂直线相交的点数之间的比值与两信号频率之比有如下关系：



若已知其中一个信号的频率，以及从李萨如图形上数得的点数和，就可以求出另一个待测信号的概率。

1. Y轴输入时变波形的显示

这是示波器最常用的显示模式，此时水平方向的扫描信号为锯齿波，由示波器内部产生，由示波器波形显示原理可知，如果Y轴信号的频率与X轴的相同或是其整数倍，当Y轴完成了一个周期的运动时，X轴的扫描信号也正好回到左端起始扫描位置。由于每一次扫描得到的图形起始位置相同，屏上显示的是多个图形在同一位置的叠加，无法观察到稳定的图形。这个矛盾可以通过同步触发的办法来解决：只有当Y轴信号达到某一确定的状态，才触发X轴开始扫描，这样就可以通过Y轴信号强制扫描信号与其严格同步。当Y轴输入信号的极性和电平满足触发条件，将产生触发脉冲，启动扫描电路输出锯齿波信号，光点将自左到右移动。当扫描电压由最大值迅速恢复到启动电压时，光点也迅速返回到起始点，等待下一次触发脉冲到来时再次进行扫描。需要注意的是，在锯齿波扫描期间，扫描电路不再受期间到来的触发脉冲影响，直到本次扫描结束。因每一个触发脉冲产生于同触发条件所对应的相位点，故每次扫描的起始点都相同，这样就可以在屏上显示稳定的波形。



**（2） 模拟示波器的特点**

模拟示波器的主要特点是：①波形显示快速、实时显示；②波形连续真实，垂直分辨率高；③捕获率高；④有对聚焦和亮度的控制，可调节出锐利和清晰的显示结果。

模拟示波器的不足之处是：①无存储功能；②仅有边沿触发；③无自动参数测量功能，只能进行手动测量，所以准确度不够高；④由于CRT的余辉时间很短，所以难以显示频率很低的信号；⑤难以观察非重复性信号和瞬变信号。

## 2．声速的测量

声速是指声波在媒质中的传播速度。声波能够在除真空以外的所有物质中传播，其传播速度由相应媒质的材料特性特别是力学参数所决定，也与传播模式有关。由于声波的传播模式会受到边界的影响，因此常常给出的声速都是指无限大媒质中的传播速度。在空气中声波只能以纵波的形式存在。本实验是利用连续波方法来测定空气中的声速。

在波动过程中，波的传播速度、和波长之间存在下列关系



因此只要测出声波的频率和波长就可以算出声速。

为了确定声速，还要测定声波的波长，可以用以下两种方法进行。

1. 振幅法

发出的声波传播到接收器后，在激发起振动的同时又被的端面所反射。保持接收器和发送器端面相互平行，声波将在两平面之间往返反射。因为声波在换能器中的传播速度和换能器的密度都比空气大得多，可以认为这是一个以两端刚性平面为界的空气柱的振动问题。当发送转换器所激发的强迫振动满足空气柱的共振条件



时，接收换能器在一系列特定的位置上将有最大的电压输出。式中是空气柱的有效长度，是空气中的声波长，取正整数。考虑到激励源的末端效应，上式还应附加一个校正因子：



式中，是空气柱的实际长度，即发送换能器端面到接受换能器端面之间的距离。

在处于不同的共振位置时，因是常数，所以各电信号极大值之间的距离均为。由于波阵面的发散及其他损耗，故随着距离的增大，各极大值的振幅逐渐减小。当接收器沿声波传播方向由近及远移动时，接受器输出电信号是类正弦衰减信号。只要测出各极大值所对应的接收器的位置，就可以测出波长。

2）相位法

波是振动状态的传播，也可以说是相位的传播。对行波而言，沿传播方向上的任意两点，它们和波源和相位差2时，该两点间的距离就等于一个波长。而就本实验而言，和之间空气柱受换能器激励做受迫振动，其振动状态是距离的周期函数，因此每移过一个的距离，激励源和接收器的电信号的相位差也将出现重复。这表明可以用测量相位差的办法来测定波长。把激励信号接示波器的X端，把输出波形接Y端，可以在屏幕上看到稳定的椭圆。当相位差为0或时，椭圆变成向左或向右的直线。移动，当示波器重现同一走向的直线时，所移过的距离就等于声波的波长。

# 实验仪器

同轴电缆信号传播速度测试仪、声速测量仪、信号发生器、示波器、屏蔽电缆若干、温度计。

# 实验步骤

## 模拟示波器的使用

1. 示波器预置并观察与测量“校准信号

① 示波器的预置。调节示波器的“辉度”、“聚焦”、“水平位移”、“垂直位移”等旋钮，按下触发方式的“自动”按钮，使屏上出现细而清晰的扫描线。

② 利用示波器观察其左下角的“校准信号”，校正偏转系数。示波器自带校准信号的电压及周期可认为是标准的，一般用来检查示波器是否正常工作；当示波器不能正常工作时，用其校准各个档位。

I、 将示波器“校准信号”输入到示波器通道。

II、 适当选择垂直偏转系数、时基扫描系数TIME\DIV、“方式”和“触发源”等，调节“触发电平”旋钮，使波形稳定。

III、 垂直偏转系数“微调”钮分别取三个不同位置测出相应偏转，用下式算出该位置的偏转系数，即



式中，为“校准信号”电压幅值，y为电子束纵向偏转个数。

（2）观察各种波形并测量正弦波的电压与周期

① 将8112型函数发生器的信号接入示波器通道，分别输出方波、三角波、正弦波，在示波器上观察各种波形。

② 将正弦发生器的信号分别接入CH1通道，在示波器上调节出大小适中、稳定的正弦波形，通过测量电压峰-峰值 和周期 ，分别算出电压有效值 和频率 ，并绘出波形。

（3）观察李萨茹图形，用李萨如图形测量正弦信号频率

将正弦波发生器的信号接入CH1通道，将8112型函数发生器的正弦信号接入CH2通道，按下X-Y键，将“方式”开关置于CH2挡，此时“触发源”应置于CH1挡，示波器按X-Y方式工作。

调节8112型函数发生器正弦信号的频率，在屏上分别得到为1:1、1:2、1:3、2:3的稳定图形。通过观察李萨如图形，加深对垂直方向振动合成的概念。在坐标纸上绘出图形，列表记下相应及图形与水平线相交的点数和与垂直线相交的点数的值，由已知算出待测。

## 声速测量

（1）测量正弦波谐振频率并用振幅法测量声波波长

①按实验装置图接线，使与靠拢且留有一定间隙，两端面尽量保持平行且与的移动方向垂直。用示波器观察加在发射头上的电信号和由接收头输出的电信号，微调信号发生器的频率，使其在压电换能振谐频率附近。缓慢移动可在示波器上看到正弦波振幅的变化；移到第一次振幅较大处，固定，再仔细调节频率，使示波器上的图形振幅最大，此时即达到谐振状态，此时的频率等于压电转换器的谐振频率。

②振幅法测波长是利用接受换能器电压输出的极值位置的间隔来确定的。为提高精度，要求连续测定10个间隔为的距离，即连续测量第1~10个极大值的位置，，…，，接着。继续移动接收器，默数极大值到第31个时再连续测出10个极大值位置，，…，。由上面20个数据用逐差法计算和。

③计算声速测量中各直接测量值的不确定度。其中波长测量的不确定度包括3个分量：逐差法计算中的A类分量、仪器误差限带入的B类分量以及位置判断不准确而产生的B类分量。频率测量的不确定度只计测量过程不稳定而造成的B类分量。

④计算测定的空气声速及其不确定度，给出相应的结果表述。计算相应室温下空气声速的理论值，与测量值比较，计算百分差。

# 数据记录与处理

（1）校准偏转系数 （垂直偏转系数为0.5V/DIV k=u/y）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 逆时针旋到底 | 中间位置 | 校准位置 |
| u(v) | 2 | 2 | 2 |
| Y | 0.6 | 0.8 | 2 |
| K(V/DIV) | 3.33 | 2.5 | 1 |

(2) 观察各种波形及测量正弦波的电压与周期

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 垂直偏转系数 | 格数 | 水平偏转系数 | 格数 |
|  | 1 V/DIV | 4 | 0.2 ms/DIV | 5.8 |
|  | 1 V/DIV | 4 | 2 us/DIV | 5.6 |

由表中的数据可得：

:

:

据上面的数据得正弦波电压有效值及频率f如下：： =1.4 V

:

(3) 用李萨如图形测量正弦信号的频率：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 863.56HZ | 1727.08HZ | 2590.72HZ | 1295.2HZ |
|  | 2 | 2 | 2 | 4 |
|  | 2 | 4 | 6 | 6 |

由公式得由以上数据得的值依次为：

的平均值：

而在（2）中求得的频率：

两者间的误差：

（4）声速的测量

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 7.12 | 12.10 | 16.98 | 22.01 | 26.98 | 31.90 | 36.77 | 41.66 | 45.55 | 50.43 |
|  | 155.17 | 160.20 | 164.89 | 170.10 | 174.95 | 179.81 | 184.40 | 189.61 | 193.47 | 198.45 |
|  | 148.05 | 148.10 | 147.91 | 147.09 | 147.97 | 147.91 | 148.03 | 147.95 | 147.92 | 148.02 |

另外：

由表中的数据可得：

由公式 得：

得

而

而在室温下空气中声速的理论值

它们的相对误差为：

关于其中的不确定度的计算：

有关的不确定度：

仪器误差

所以，

所以，

所以，

所以，波长最终表述为：

测量过程中信号频率不稳定而造成的B类不确定度：

所以声速的最终表述为：

# 实验总结

## 误差分析

①在中读仪表的读数时存在着误差可能会对结果产生一定的影响；

②在微调频率使出现李萨如图形时由于图形不稳定，会使得频率的读数不够精确；

③仪器在使用的过程中可能受外界环境的变化而出现误差。

④实验中的桌面晃动以及使用电压源的微小变化。

这些都有可能造成实验数据的微小误差，但是对于一个实验的成功与否主要还是取决于人的因素，只有尽量的减少在实验的过程中由于自身的疏忽而造成的误差，才能使得实验数据尽量的完美，从而得出正确的结论。

## 2、总结体会及改进建议

通过本次实验，我基本上掌握了示波器的工作原理，能够较熟练的用示波器进行实验测量。但是对于达到理解其本质还有一定的差距。

在整个的实验过程中，最大的一个体会就是像这种光学实验要求有很大的耐心，不厌其烦的去调整仪器已达到实验要求。而试验后的各种烦琐的数据处理过程，让我真正理解到了大学物理实验的严谨性，要求我们考虑到各方面的因素。

在本实验中，涉及到各种仪器的使用，而这些基本是高中未能很好的接触的，虽说有一定的理论基础，但在实际的操作过程中还是会存在许多的问题。而且该实验中设计的操作项目也很多，对于我们来说时间可以说是最大的一个问题。可以保证的说，只要让我们有充分的时间去熟悉仪器，弄清原理，实验操作根本就不是问题。而实际问题就是我们在实验过程中为了拿够积分，往往不求甚解，只是追求做出要求的实验结果。对此，为了尽可能的让学生真正的理解实验我的建议是实验室可以考虑每个实验分两阶段进行，第一阶段主要是用于学生们熟悉仪器，而二阶段则是用于真正的进行实验操作。这样能够让我们认清本质，而不仅仅是为了应付。

另外的建议就是希望实验讲解老师能够叫详细的讲解实验原理，最好是能够写写画画，给我们仔细分析下原理和仪器结构，而不是一味的念PPT上的内容。

# 七、参考文献

《基础物理实验（修订版）》 北京航空航天大学出版社 李朝荣 徐平 唐芳 王慕冰 编著