一、实验目的  
（1)掌握简谐振动的定义及振动合成的基本规律，加强对驻波理论的理解。  
（2)学习使用示波器和信号发生器，掌握共振频率的选择规则。  
（3)学会用共振干涉法和位相法测量超声波在空气中的传播速度。  
（4)扩展学习超声波在医用B超、超声洗牙机、超声探测器、超声碎石机、超声驱蚊  
机、超声测距仪等领域的应用。  
二、实验原理  
 用共振干涉法和位相比较法，测量频率f和波长λ来计算声速。  
1.实验装置  
 声速测量仪主要由支架、游标卡尺和两只超声波压电换能器组成。两只超声波压电换能器的位置分别与游标卡尺的主尺和游标相对定位，所以两只超声波压电换能器相对位置间距离的变化量可在游标卡尺上直接读出；两只超声波压电换能器，一只为发射超声波换能器（电声转换），另一只为接收超声波换能器（声电转换），其结构完全相同。发射器的平面端面用来产生平面超声波，接收器的平面端面则为超声波的接面。超声波压电换能器工作在超声范围，能保持实验室安静，而且发射的是单方向的平面超声波，方向性强，超声波的声强随距离的增加衰减较小。  
 实验仪所用支架的结构采用了减震措施，能有效隔离两只超声波压电换能器间通过支架而产生的机械振动耦合，从而避免了由于超声波在支架中传播而引起的测量误差。  
2.共振干涉法（驻波法）  
 实验时将信号发生器输出的正弦电压信号接到发射超声波换能器上，发射超声波换能器通过电声转换，将电压信号变为超声波，以超声波形式发射出去。接收超声波换能器通过声电转换，将声波信号变为电压信号后，送入示波器观察。  
 由声波传播理论可知，从发射超声波换能器发出一定频率的平面声波，经过空气传播，到达接收超声波换能器。如果接收面和发射面严格平行，即入射波在接收面上垂直反射，则入射波与反射波相互干涉形成驻波。此时，两只换能器之间的距离恰好等于其声波半波长的整数倍。  
 在声驻波中，波腹处声压最小，波节处声压最大。接收换能器的反射界面处为波节，声压效应最大。所以可从接收超声波换能器端面声压的变化来判断超声波驻波是否形成。移动卡尺游标，改变两只换能器端面的距离，在一系列特定的距离上，媒质中将出现稳定的驻波共振现象。此时，l等于半波长的整数倍，只要我们监测接收超声波换能器输出电压幅度的变化，记录下相邻两次出现最大电压数值时卡尺的读数（两读数之差的绝对值等于超声波波长的1/2),则根据公式v=λf就可算出超声波在空气中的传播速度。其中超声波的频率由信号发生器直接读得。为提高测量精度，应充分使用整个卡尺行程，尽可能多地取得产生驻波时的卡尺读数，然后将所得的数据用逐差法进行处理，最后得到更为准确的声波波长。  
3.位相比较法（行波法）  
 声波波源振动时，将带动周围的空气质点振动。发射面向前运动时，使得前面的空气变得稠密；发射面向后运动时，使前面的空气变得稀疏。通过空气质点间的相互作用，这种疏密状态由声波波源向外传播，形成波动过程。在声波传播方向上，所有质点的振动位相逐一落后，各点的振动位相又随时间变化，但它们的振动频率与声源相同。因此，声场中任一点与声源间的位相差不随时间变化。声波波源和接收点存在着位相差，而这位相差则可以通过比较接收换能器输出的电信号与发射换能器输入的正弦交变电压信号的位相关系中得出，并可利用示波器的李萨如图形来观察。位相差φ和角频率ω、传播时间t之间有如下关系：  
 （3-6-1)  
 同时有，w=2π/T,t=l/v,x=Tv(式中T为周期），代入式（3-6-1)得  
 （3-6-2)  
 当l=nλ/2(n=1,2,3)时，可得φ=nπ.由式（3-6-2)可知：当接收点和波源的距离变化等于一个波长时，则接收点和波源的位相差也正好变化一个周期（即Φ=2π).实验时，通过改变发射器与接收器之间的距离，观察到位相的变化。当位相差改变π时，相应距离l的改变量即为半个波长。根据波长和频率即可求出波速。  
三、实验仪器  
 声速测量仪、示波器、信号发生器等。  
四、实验内容  
1.用共振干涉法测声速  
（1)首先调整两只换能器固定卡环上的紧固螺丝，使两只换能器的平面端面与卡尺游标滑动方向相垂直，保持换能器位置固定。按图接好电路（注意：所有仪器一定要共地）。  
（2)调节信号发生器的输出电压和频率（f=35kHz左右），使换能器在谐振频率附近工作。调整时可通过观察屏上正弦波幅度的变化，微调信号发生器输出信号频率，直至屏上的正弦波幅度最大。调节示波器，使屏上正弦波幅度适中。  
（3)移动卡尺游标，逐渐加大两只换能器的间距，观察示波器屏上正弦波形幅度的周期性变化。每当出现一次波形幅度最大数值时，读取并记录卡尺指示数。为了准确得到接收声压最强的位置，可利用游标卡尺上的微动螺丝，仔细调整接收器位置。  
（4)将测量数据记录于表中并作数据处理。  
2.用位相比较法测声速  
 将两只换能器的正弦电压信号分别输入到示波器的X轴和Y轴，荧光屏上便显示出两个相同频率的垂直振动的合成图形。当接收器从发射器附近慢慢移开时，接收器与发射器间的位相差随移动的距离变化，荧光屏上的图形也相应地周期性变化。在移动接收器的同时，注意观察屏上图形的变化。每当屏上出现斜直线图形时，从游标卡尺上直接读出反相点和同相点的位置。  
（1)由于发射端信号比接收端强，而一般示波器Y轴的灵敏度比X轴高，因此通常Y轴接接收端信号，X轴接发射端信号。  
（2)将示波器“扫描范围”旋钮扳到“X-Y”位置。适当调节示波器，使荧光屏上的李萨如图形能便于观察。如果图形效果不好，可调节X轴和Y轴的衰减旋钮。  
（3)移动接收器，逐渐改变两只换能器的间距，观察荧光屏上李萨如图形的变化。每当屏上呈现出正、负斜率的直线图形时，从游标卡尺上读出该位置的数值并记录。  
（4)记下室温t℃,根据声速的理论公式计算t℃时声速的理论值：  
  
式中：T=(t+273.15)K; v=331.45 m/s(T =273.15 K时的声速）。v的单位为m/s.  
（5)将测量数据记录于表中并作数据处理。  
3.注意事项  
（1)实验前应仔细阅读有关示波器和信号发生器的使用说明。  
（2)信号发生器的输出端严禁“短路”。  
（3)信号发生器的量程选用“100 k”挡。  
（4)水中声速的测量频率范围：36.000 38.500 kHz.