

物理实验报告

姓名 刘若涵 学号 2020011126 班级 自 05 组号 单三晚 M 座位号 9

1.实验名称

示波器原理和使用、声速测量

2.实验目的

- (1) 学习并掌握示波器的基本使用方法
- (2) 学习利萨如图原理，并运用利萨如图解决实际问题
- (3) 了解声波在空气中传播速度的计算方法，学习用相位法测空气中的声速
- (4) 了解三角波及尖脉冲波产生电路的原理

3.数据处理（数据整理、计算、作图、不确定度分析、实验结果等）

(1) 波形观测

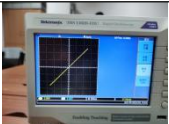
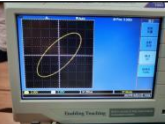
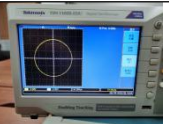
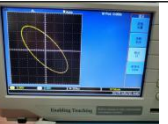
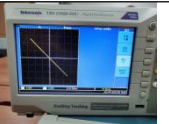
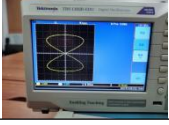

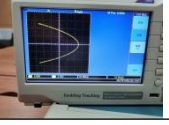
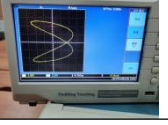

自制多波形信号发生器可输出正弦波、方波、三角波和尖脉冲四种波形。用示波器分别测出其输出的正弦波的幅度有效值、方波幅度值、三角波的周期及尖脉冲的频率。

给一下波形

	光标法 U_{pp}	分度法 U_{pp}	有效值 $U_{eff} = \sqrt{\frac{\int_0^T U_{pp}^2 dt}{T}}$	周期 T	频率 $f = \frac{1}{T}$
正弦波	5.76V	5.8V	2.04V	690 μ s	1.449kHz
方波	8.80V	8.8V	4.40V	680 μ s	1.471kHz
三角波	7.92V	8.0V	2.29V	690 μ s	1.449kHz
尖峰波	17.2V	17V		680 μ s	1.471kHz

(2) 观测利萨如图形

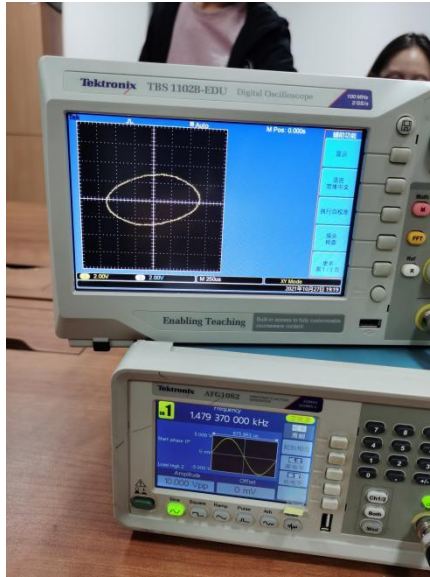
①将函数信号发生器的 1、2 两路正弦信号输入到示波器两个输入端，调出 $f_x:f_y=1:1$ 、 $f_x:f_y=2:1$ （或其它）的利萨如图，调整两路信号的相位，观察并记录相位差为 0 ， $\pi/4$ ， $\pi/2$ ， $3\pi/4$ ， π 时的图。

相位差	0	$\pi/4$	$\pi/2$	$3\pi/4$	π
$f_x:f_y=1:1$ 时 波形					
$f_x:f_y=2:1$ 时 波形					

②将自制信号源和函数信号发生器 1 路正弦波信号分别输入到示波器的两个输入端，调出频率比 $f_x:f_y=1:1$ 的利萨如图形，并由此确定自制信号源正弦波信号的频率。

物理实验报告

姓名 刘若涵 学号 2020011126 班级 自05 组号 单三晚 M 座位号 9



如图所示，自制信号源正弦波信号的频率 $f=1.479\text{kHz}$ 。

(3) 声速测量

经调试，当 $f=40.60\text{kHz}$ ，接收器输出信号最大，因此超声波频率为 40.60kHz 。

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X_i/mm	1.87	11.13	20.11	28.69	36.95	45.37	53.91	62.41	70.93	79.69
X_{i+10}/mm	88.63	97.18	105.25	113.09	121.44	130.08	138.7	147.18	155.88	164.95
$\Delta X_i/\text{mm}$	86.76	86.05	85.14	84.40	84.49	84.71	84.79	84.77	84.95	85.26

声速实验值的计算如下：

$$10\lambda \text{ 平均值: } \overline{\Delta x} = \frac{86.76+86.05+85.14+84.40+84.49+84.71+84.79+84.77+84.95+85.26}{10} = 85.13\text{mm}$$

$$\text{波长平均值: } \bar{\lambda} = \overline{10\lambda} \div 10 = 8.513\text{mm}$$

$$\text{标准偏差: } S_{10\lambda} = \sqrt{\frac{\sum (\Delta x_i - \overline{\Delta x})^2}{n-1}} = 0.739\text{mm}$$

$$\text{不确定度: } \Delta_{10\lambda} = \sqrt{(\frac{t}{\sqrt{n}} S_{10\lambda})^2 + (\sqrt{2} \Delta_{\lambda})^2} = 0.53\text{mm}$$

$$\text{则 } \Delta_{\lambda} = \frac{1}{10} \Delta_{10\lambda} = 0.053\text{mm}$$

$$\lambda = \bar{\lambda} \pm \Delta_{\lambda} = (8.513 \pm 0.053)\text{mm}$$

$$\text{声速: } v = f\lambda = 345.6\text{m/s}$$

$$\frac{\Delta_v}{v} = \sqrt{(\frac{\Delta_f}{f})^2 + (\frac{\Delta_{\lambda}}{\lambda})^2} = 6.2 \times 10^{-3}$$

$$\Delta_v = 2.1\text{m/s}$$

$$v_{\text{测}} = (345.6 \pm 2.1)\text{m/s}$$

物理实验报告

姓名 刘若涵 学号 2020011126 班级 自 05 组号 单三晚 M 座位号 9

	温度 $t/^{\circ}\text{C}$	湿度 r
测试前	22.3	34.4%
测试后	22.3	34.2%

声速理论值的计算如下：

平均温度： $\bar{t} = (22.3 + 22.3) \div 2 = 22.3^{\circ}\text{C}$ ，

平均湿度： $\bar{r} = (34.4\% + 34.2\%) \div 2 = 34.3\%$ ，

22.3°C下饱和蒸气压： $p_s = 0.3 \times 0.0281 + 0.7 \times 0.0264 = 0.0269 (\times 10^5 \text{Pa})$

声速理论值： $v_{\text{理}} = 331.5 \sqrt{(1 + \frac{t}{T_0})(1 + 0.31 \frac{r p_s}{p})} = 345.3 \text{m/s}$

实验值与理论值的相对偏差： $|\frac{v_{\text{测}} - v_{\text{理}}}{v_{\text{理}}}| \times 100\% = 0.087\%$

如果在示波器屏幕上同时显示发射信号与接收信号，而不用利萨如图，可通过观察两波沿相同方向通过零点时的时间是否一致来判断是否同相位。

(4) 三角波的产生

用函数信号发生器输出的方波 u （峰峰值约 5V， $f=1000\text{Hz}$ ），加在由 RC 组成的电路上（如图 1）。 $R=10\text{k}$ ， $C \approx 0.01\text{F}$ 。用示波器同时观察 u 及 u_c 的波形。然后缓慢提高方波 u 的频率，观看 u_c 的波形变化及幅度变化情况，记录变化规律及其变化前后的频率、电阻及电容等参数，并分析其原因。

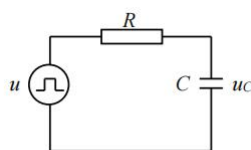


图 1 三角波产生电路

$R=10000\ \Omega$ ， $C=9.7657\text{nF}$

u 的频率	1kHz	1.5kHz	2kHz	11kHz	15kHz
u_c 的波形					

如图所示，随着 u 频率的增加， u_c 的上升沿下降沿越接近于直线， u_c 幅度变小。这是因为，当 RC 一定时， u 的频率增加，动态过程在 u 变化前进行的越少， u_c 能达到的最大值越小，且 u_c 对 t 的斜率变化越小，波形越趋近于直线。

幅值给一下

(5) 尖脉冲的产生

将方波加在图 2 所示的电路上，用示波器同时观察 u 与 u_R 的波形。实验中取 C 约为 0.01F ， $R=200\ \Omega$ ，方波信号频率 $f=1\text{kHz}$ 。实验中改变 f 或 R ，观察波形变化。

物理实验报告

姓名 刘若涵 学号 2020011126 班级 自 05 组号 单三晚 M 座位号 9

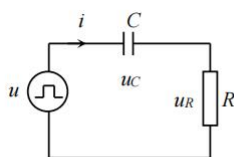


图 2 尖脉冲产生电路

u 的频率	1kHz	2kHz	3kHz	4kHz	5kHz
u _R 的波形					

$u_R = RC \frac{du}{dt}$, 若 u 为方波, 则在 u 电压不变时 u_R 为 0, u 电压突变时, u_R 产生尖峰信号。如图所示, 随着 u 的频率增加, u_R 的幅度变大。这是因为 $u_R = RC \frac{du}{dt}$, 当 RC 不变时, u 的频率增加, $\frac{du}{dt}$ 增加, u_R 变大。

3.实验小结 (据实分析, 不写虚)

本次实验我熟悉了示波器的基本使用方法, 学会了用示波器读取波形幅度、频率等参数。掌握了用相位法测量声速的方法, 了解了超声波产生和接收原理, 锻炼了不确定度的分析。观察了电容充放电电路三角波及尖脉冲的产生, 明晰了其产生的条件及原理。

思考题:

(1) 如果图形不稳定, 总是向左或向右移动, 该如何调节?

答: 调整扫描时间使得 X 轴与 Y 轴的变化周期成整数倍关系, X 轴输入触发同步信号。

(2) 获得稳定的利萨如图的必要条件是什么?

答: 示波器的 X 和 Y 输入端同时输入频率相同或成简单整数比的两个正弦波信号。

(3) 如果 Y 轴信号频率 f_y 比 X 轴信号频率 f_x 大很多, 示波器上看到什么情形? 相反 f_x 比 f_y 大很多呢?

答: Y 轴信号被拉伸的很宽, 滚动显示; 一条竖线左右移动。

(4) 若被测信号幅度太大 (在不引起仪器损坏的前提下), 则在屏上看到什么图形?

答: 若为交流信号, 则可能充满整个屏幕; 若为直流信号, 则可能看不见图像。

(5) 观察利萨如图形时, 如果图形不稳定, 而且是一个形状不断变化的椭圆, 那么图形变化的快慢与两个信号频率之差有什么关系?

答: 图形变化的越快, 两个信号频率之差越大; 相反, 图形变化的越慢, 两个信号频率之差越小。

(6) 用逐差法处理数据的优点是什么? 还有没有别的合适的数据处理方法, 能用它通过测量得到 λ 值?

物理实验报告

姓名 刘若涵 学号 2020011126 班级 自 05 组号 单三晚 M 座位号 9

答:充分利用已获得的实验数据,提高实验数据的利用率,减小随机误差的影响。如数据偏差较大,可及时发现。还可以通过线性拟合的方法测量 λ 。

(7) Δ 仪前有一系数 $\sqrt{2}$, 这是为什么?

答：因为数据是经过逐差法处理得来的，相减的两项都受仪器误差影响，误差相加开根号就变成了 $\sqrt{2}$ 倍的仪器误差。

附原始数据记录（有教师签字）图表等

1. 自制信号源的波形观测与测量

	光标法 U_{pp}	分度法 U_{pp}	计算 U_{eff}	测量 T	计算 f
正弦波	5.76V	5.8V	2.04V	690μs	1.449kHz
方波	8.80V	8.8V	4.40V	680μs	1.471kHz
三角波	7.92V	8.0V	2.29V	690μs	1.449kHz
尖峰波	17.2V	17V		680μs	1.471kHz

2. $f = 1.479 \text{ kHz}$.

3. 超声波声速

$$f = 40.60 \text{ kHz}$$

$$t_1 = 22.3^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 22.3^\circ\text{C}$$

$$r_1 = 34.4\%$$

$$r_2 = 34.2\%$$

$$P_S = 0.02691$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X/mm	1.87	11.13	20.11	28.69	36.95	45.37	53.91	62.41	70.93	79.69
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
X/mm	88.63	97.18	105.25	113.09	121.44	130.08	138.70	147.18	155.88	164.95
dx/mm	86.76	86.05	85.14	84.40	84.49	84.71	84.79	84.77	84.95	85.26

$$V = 331.5 \sqrt{\left(1 + \frac{t}{T_0}\right) \left(1 + 0.31 \frac{P}{P_0}\right)} \quad (\text{m/s})$$

$$= 345.3 \quad \text{m/s}$$

$$\bar{\lambda} = 8.513 \text{ mm}$$

$$v = f \lambda = 345.6 \text{ m/s}$$