

北京化工大学

实验报告

课程名称: 大学物理实验

实验日期: 2023 年 10 月 16 日

① 班 级: 化生C2001

学生姓名: 徐远

实验名称: 声速的测量

一. 实验步骤

1. 仪器调节

- 1) 将信号发生器输出端与示波器的CH1通道相连, 将超声波接收器与示波器的CH2通道相接。
- 2) 按下自动按钮, 示波器将自动设置垂直偏转系数、扫描时基, 以及触发方式。
- 3) 根据情况, 进行手工调整, 直至波形符合要求:
 - ① 按下触发 (TRIGGER) 控制区域菜单按钮, 显示触发设置菜单。
 - ② 在此菜单下分别应用菜单操作键 $F1 \sim F5$, 设置触发类型为边沿, 触发源选择为CH1, 斜率为上升, 触发方式为正常, 触发耦合为交流。尽量使波形显示稳定。
 - ③ 按下水平菜单按钮, 显示水平菜单。
 - ④ 调整面板上的多用旋钮, 触发释抑时间将随之改变, 直至波形显示稳定。
 - ⑤ 按下垂直系统的CH1按钮, 选择CH1, 调节垂直标度和水平标度使垂直、水平幅度适中; 旋转水平位置旋钮以调整CH1波形的水平位置。
 - ⑥ 旋转触发电平旋钮, 调整适合的触发电平。
- 4) 调节CH2通道。
 - ① 按下垂直系统的CH2按钮, 选择CH2。
 - ② 在40kHz附近调节信号源频率, 直至示波器显示的CH2信号振幅最大。此时的信号源频率即为谐振频率。记录最大振幅对应的频率, 即为超声波频率 f 。此过程可根据信号幅度的大小随时调节垂直标度以使通道CH2的信号显示合适的幅度。
 - ③ 旋转水平位置旋钮和垂直位置旋钮以调整CH2波形的水平位置, 使通道1、2的波形不重叠在一起, 利于观察比较。

2. 测量

(1) 用驻波法测量超声波波长

移动接收器 S_2 的位置, 增大 S_2 与信号发生器 S_1 之间的距离, 观察示波器上CH2的信号幅度的周期性变化。选择波形幅度最大值的某个位置 l_0 作为测量的起点。移动 S_2 , 使 S_2 接近或远离 S_1 皆可, 逐一顺序记录每个波形幅度最大值的位位置 l_i , 直到记下 n 个波形幅度最大值为止。

(2) 用相位比较法测量超声波波长

1) 用行波法
测量超声波
波长

- ① 按下垂直系统的CH1按钮和CH2按钮, 同时选择CH1和CH2, 使荧光屏上同时出现两个信号的正弦波形。
- ② 按下触发 (TRIGGER) 控制区域菜单按钮, 显示触发设置菜单。在此菜单下用菜单操作键 $F2$



选择声源为CH1

③由于发射器 S_1 发射出的信号幅度大小和相位都不会发生变化,所以当接收器 S_2 移动时,对接收器 S_2 接收的信号幅度大小和相位都将发生变化。移动接收器 S_2 观察两列波之间的相位关系,并按顺序记下10个同相点的位置。

2)用李萨和图形法测量超声波波长。

①按下直系统的CH1和CH2按钮。

②按下自动"按钮。

③调整垂直标度旋钮使两路信号显示的幅值大约相等。

④按下控制区的"显示"按钮,以调出水平控制菜单。

⑤按菜单操作键,并选择X-Y。示波器显示李萨如图形。

⑥调整垂直标度和垂直位置旋钮使波形达到最佳效果。改变 S_2 和 S_1 之间的距离,观察示波器上李萨如图形的变化情况,并按顺序记下10个图形为同一斜直线的位置 l_i 。

二、实验数据列表

表1 声速测量原始数据

$f = (139.98) \text{ kHz}$; 室温 $= (23.0)^\circ\text{C}$

序号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l/mm	驻波法	2.19	6.63	11.03	15.53	20.11	24.56	28.97	33.43	38.04	42.43
	行波法	7.99	17.08	26.10	34.79	43.76	52.58	61.62	70.20	79.14	88.18
	李萨和	8.62	17.71	26.59	35.35	44.19	53.44	62.00	70.74	79.60	88.44

完成报告日期

年 月 日

评 语		成 绩
		辅 导 教 师
		年 月 日



北京化工大学 实验报告

② 课程名称: 大学物理实验 实验日期: 2023 年 10 月 16 日
 班级: 化生C201 学生姓名: 徐远

三、数据处理 1. 逐波法

表2 用逐波法测量声速数据 $f = (39.98) \text{ kHz}$; 水温 $= (23.0)^\circ\text{C}$

序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l/mm	2.19	6.63	11.03	15.53	20.11	24.56	28.97	33.43	38.04	42.43
项目	16-61		17-62		18-63		19-64		110-65	
$\Delta L = l_{i5} - l_i /\text{mm}$	22.37		22.34		22.40		22.51		22.32	
$\overline{\Delta L}/\text{mm}$	22.388									

1) 关于 ΔL ① $\bar{\Delta L} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \Delta L_i = 22.388 \text{ mm}$

和 ΔL 的不确定度评定
 ② $S(\Delta L) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta L_i - \bar{\Delta L})^2} = \sqrt{\frac{1}{4} \times [(22.37 - 22.388)^2 + (22.34 - 22.388)^2 + (22.40 - 22.388)^2 + (22.51 - 22.388)^2 + (22.32 - 22.388)^2]}$
 $= 0.075 \text{ mm}$

③ 由 $\bar{\Delta L}$ 和 $S(\Delta L)$ 结果可得, 该测量列的 3 个区间 $[22.163, 22.613]$, 故该测量列无“坏值”

由于 $U = n-1 = 4$, $p = 0.683$ 对应的 $t_p = 1.14$, 则 A 类不确定度为

$$U_A(\bar{\Delta L}) = t_p \frac{S(\Delta L)}{\sqrt{n}} = 1.14 \times \frac{0.075}{\sqrt{5}} \text{ mm} = 0.038 \text{ mm} (p = 0.683)$$

因 $\Delta l_{\text{ins}} = 0.01 \text{ mm}$, 故 B 类不确定度

$$U_B(\bar{\Delta L}) = \frac{\Delta l_{\text{ins}}}{\sqrt{3}} = \frac{0.01}{\sqrt{3}} \text{ mm} = 0.0058 \text{ mm}$$

\therefore 总不确定度

$$U_p(26)(\bar{\Delta L}) = 2 \times \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 2 \times \sqrt{(0.038)^2 + (0.0058)^2} \text{ mm} = 0.077 \text{ mm} (p = 0.950)$$

④ ΔL 的表达式为 $\Delta L = (22.388 \pm 0.077) \text{ mm} (p_{26} = 0.950)$

$$E(\Delta L) = \frac{0.077}{22.388} \times 100\% = 0.34\%$$

$$\therefore \bar{\lambda} = \frac{1}{2.5} \bar{\Delta L}$$

$$\therefore \lambda \text{ 的表达式 } \lambda = (8.955 \pm 0.031) \text{ mm}$$

$$E(\bar{\lambda}) = \frac{0.031}{8.955} \times 100\% = 0.35\%$$

2) 声速的计算及其不确定度计算

$$U(\bar{v}) = \bar{v} E(\bar{v}) = 39.98 \text{ kHz} \times 0.1\% = 39.98 \text{ Hz}$$

$$\bar{v} = \bar{f} \bar{\lambda} = 358.02 \text{ m/s}$$

$$\frac{U(\bar{v})}{\bar{v}} = \sqrt{\left[\frac{U(\bar{f})}{\bar{f}}\right]^2 + \left[\frac{U(\bar{\lambda})}{\bar{\lambda}}\right]^2} = \sqrt{\left(\frac{39.98}{39980}\right)^2 + \left(\frac{0.031}{8.955}\right)^2} = 3.6 \times 10^{-3}$$



$$\therefore u(v) = 3.6 \times 10^{-3} \times 358.02 \text{ m/s} = 1.28 \text{ m/s}$$

$$\therefore v = (358.0 \pm 1.3) \text{ m/s}$$

$$E_v = \frac{1.3}{358} \times 100\% = 0.36\%$$

3) 百分差计算

$$\text{理论 } v_{\text{理}} = 331.45 \sqrt{\frac{273.15 + 23.0}{273.15}} \text{ m/s} = 345.12 \text{ m/s}$$

$$E = \frac{|v_{\text{理}} - v_{\text{实}}|}{v_{\text{理}}} \times 100\% = \frac{358.02 - 345.12}{345.12} \times 100\% = 3.7\%$$

2. 泊松法

$$f = (39.18) \text{ kHz}; \text{ 温度} = (23.0)^\circ\text{C}$$

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l/mm	7.99	17.08	26.10	34.79	43.76	52.58	61.62	70.20	79.14	88.18
项目	$ l_6 - l_1 $		$ l_7 - l_2 $		$ l_8 - l_3 $		$ l_9 - l_4 $		$ l_{10} - l_5 $	
$\Delta L = l_{i+5} - l_i /\text{mm}$	44.59		44.54		44.10		44.35		44.42	
$\bar{\Delta L}/\text{mm}$	44.400									

$$\textcircled{1} \bar{\Delta L} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \Delta L_i = 44.400 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} S(\bar{\Delta L}) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta L_i - \bar{\Delta L})^2} = \sqrt{\frac{1}{4} \times [(44.59 - 44.400)^2 + (44.54 - 44.400)^2 + (44.10 - 44.400)^2 + (44.35 - 44.400)^2 + (44.42 - 44.400)^2]} = 0.19 \text{ mm}$$

③ 由 $\bar{\Delta L}$ 和 $S(\bar{\Delta L})$ 结果, 得 36 区间 $[43.83, 44.97]$, 故无坏值

$$v = n - 1 = 4, p = 0.683 \text{ 对应 } t_p = 1.14, \text{ 对应 A 类不确定度}$$

$$u_A(\bar{\Delta L}) = t_p \frac{S(\bar{\Delta L})}{\sqrt{n}} = 1.14 \times \frac{0.19}{\sqrt{5}} \text{ mm} = 0.097 \text{ mm} (p = 0.683)$$

$$\text{B 类不确定度 } u_B(\bar{\Delta L}) = \frac{0.01}{\sqrt{3}} \text{ mm} = 0.0058 \text{ mm}$$

$$\text{总不确定度 } u_{p(26)}(\bar{\Delta L}) = 2 \sqrt{u_A^2 + u_B^2} = 2 \times \sqrt{(0.097)^2 + (0.0058)^2} \text{ mm} = 0.19 \text{ mm} (p = 0.950)$$

$$\textcircled{4} \Delta L \text{ 表达式 } \Delta L = (44.40 \pm 0.19) \text{ mm} \quad E_{\bar{\Delta L}} = \frac{0.19}{44.40} \times 100\% = 0.43\%$$

(p=0.950)

完成报告日期

年 月 日

评 语			成 绩	
			辅 导 教 师	
			年 月 日	



扫描全能王 创建

北京化工大学 实验报告

③

课程名称: 大学物理实验 实验日期: 2023 年 10 月 16 日

班级: 化生0201 学生姓名: 徐子

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{f} \Delta L$$

∴ 入的表达式 $\lambda = (8.880 \pm 0.038) \text{ mm}$ $E(\bar{\lambda}) = \frac{0.038}{8.880} \times 100\% = 0.43\%$

声速的计算及不确定度计算

$$\bar{v} = f \bar{\lambda} = 355.02 \text{ m/s}$$

$$\frac{U(\bar{v})}{\bar{v}} = \sqrt{\left[\frac{U(f)}{f}\right]^2 + \left[\frac{U(\bar{\lambda})}{\bar{\lambda}}\right]^2} = \sqrt{0.001^2 + \left(\frac{0.038}{8.880}\right)^2} = 4.4 \times 10^{-3}$$

$$U(\bar{v}) = 355.02 \times 4.4 \times 10^{-3} \text{ m/s} = 1.6 \text{ m/s}$$

$$v = (355.0 \pm 1.6) \text{ m/s}$$

$$E(\bar{v}) = \frac{1.6}{355.0} \times 100\% = 0.45\%$$

百分差计算 $E = \frac{355.02 - 345.12}{345.12} \times 100\% = 2.9\%$

3. 杨氏法

$$f = (39.98) \text{ kHz}; t_{\text{室温}} = (23.0)^\circ \text{C}$$

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l/mm	8.62	17.71	26.59	35.35	44.19	53.44	62.00	70.74	79.60	88.44
项目	$ l_6-l_1 $		$ l_7-l_2 $		$ l_8-l_3 $		$ l_9-l_4 $		$ l_{10}-l_5 $	
$\Delta L= l_{i5}-l_i /\text{mm}$	44.82		44.29		44.15		44.25		44.25	
$\bar{\Delta L}/\text{mm}$	44.352									

$$\textcircled{1} \bar{\Delta L} = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 \Delta L_i = 44.352 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} S(\Delta L) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta L_i - \bar{\Delta L})^2} = \sqrt{\frac{1}{4} \times [(44.82 - 44.352)^2 + (44.29 - 44.352)^2 + (44.15 - 44.352)^2 + (44.25 - 44.352)^2 + (44.25 - 44.352)^2]} = 0.27 \text{ mm}$$

③ 由 $\bar{\Delta L}$ 和 $S(\Delta L)$ 可得, 3σ 区间 $[43.542, 45.162]$, 故取“环境值”

$v = n - 1 = 4, p = 0.683$ 对应 $t_p = 1.14$, 则 A 类不确定度

$$U_A(\Delta L) = t_p \frac{S(\Delta L)}{\sqrt{n}} = 1.14 \times \frac{0.27}{\sqrt{5}} \text{ mm} = 0.14 \text{ mm} (p = 0.683)$$

$$B \text{ 类不确定度 } U_B(\bar{\Delta L}) = \frac{0.01}{\sqrt{3}} \text{ mm} = 0.0058 \text{ mm}$$

$$\text{总不确定度 } U_{p(2\sigma)}(\Delta L) = 2 \sqrt{U_A^2 + U_B^2} = 2 \sqrt{0.14^2 + 0.0058^2} \text{ mm} = 0.28 \text{ mm} (p = 0.950)$$

$$\textcircled{4} \Delta L \text{ 表达式 } \Delta L = (44.35 \pm 0.28) \text{ mm} \quad E(\Delta L) = \frac{0.28}{44.35} \times 100\% = 0.63\%$$



扫描全能王 创建

$$\lambda = \frac{1}{f} \Delta L$$

$$\therefore \lambda \text{ 表达式 } \lambda = (8.870 \pm 0.056) \text{ mm} \quad E(\lambda) = \frac{0.056}{8.870} \times 100\% = 0.63\%$$

声速的计算及不确定度计算

$$\bar{v} = \bar{f} \lambda = 354.62 \text{ m/s}$$

$$\frac{u(\bar{v})}{\bar{v}} = \sqrt{\left[\frac{u(f)}{\bar{f}}\right]^2 + \left[\frac{u(\lambda)}{\bar{\lambda}}\right]^2} = \sqrt{0.001^2 + \left(\frac{0.056}{8.870}\right)^2} = 6.4 \times 10^{-3}$$

$$u(\bar{v}) = 6.4 \times 10^{-3} \times 354.62 \text{ m/s} = 2.3 \text{ m/s}$$

$$v = (354.6 \pm 2.3) \text{ m/s} \quad E(\bar{v}) = \frac{2.3}{354.6} \times 100\% = 0.65\%$$

百分差计算

$$E = \frac{v_{\text{理}} - v_{\text{测}}}{v_{\text{理}}} = \frac{354.62 - 345.12}{345.12} \times 100\% = 2.8\%$$

四 实验结果分析

实验中百分差都偏高, 数据较为不满意。通过双管逐差法, 得到数据与方差, 数据相对较为分散, 方差较大。声波法

实验中对于最高振幅, 声波法最难判断, 李萨如图形和双管逐差法都会带来误差, 以及实验中在不注意的情况下反向转动, 会对实验结果造成较大影响。

完成报告日期 2023 年 10 月 22 日

评 语		成 绩
		辅 导 教 师
		年 月 日



扫描全能王 创建

实验报告原始数据

实验名称: 声速测量 实验日期: 10.16

班 级: 化生G201 学生姓名: 徐远 同 组 人: _____

表1 声速测量原始数据

$f = (39.98) \text{ KHz}$; 室温 = $(23.0) ^\circ \text{C}$

序号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
λ_{mm}	驻波法	2.19	6.48	11.03	15.53	20.11	24.56	28.97	33.43	38.04	42.43
	行波法	7.99	17.08	26.10	34.79	43.76	52.58	61.62	70.20	79.14	88.18
	李萨如图	8.62	17.71	26.59	35.35	44.19	53.44	62.00	70.74	79.60	88.48

79.60

辅导教师:

[Signature]

2022年10月16日

