

居家实验 3：声速测量实验报告

专业：工科试验班

学号：2110957

姓名：蒋薇

时间：周二上午

一：实验目的

- 1: 了解机械波的传播、驻波的形成；
- 2: 空气柱振动发声的原理；
- 3: 使用 Phphox 测量声速；
- 4: 使用 origin 处理数据；

二：实验仪器

- 1: 上端开口下端封闭的圆柱形容器，用透明罐子， 如图：



- 2: 直尺、画笔；

- 3: 宿舍楼水龙头， 如图：



- 4: 手机 Phpho 软件，手机秒表；

三：实验原理

当把一个声源放在顶端开口，底端封闭的均匀圆柱形容器上端，声源在管口处发出声音后，声波会向管内向底端传播，并在圆管底端发生反射，若在管底部装入水，则声波会在水面处发生反射。

以管口为坐标原点，沿管壁向管底的方向为 y 轴，
则入射波为

$$x_1 = A \cos \left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda} y \right)$$

反射波为

$$x_2 = A \cos \left(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda} y \right)$$

由以上两式可知，管内的合声波为

$$x = x_1 + x_2 = 2A \cos \left(\frac{2\pi}{\lambda} y \right) \cos \omega t$$

波节位置为

$$y = (2n + 1) \frac{\lambda}{4}, \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

同理， $|2A \cos(\frac{2\pi}{\lambda} y)| = 1$ 时为波腹，波腹位置为

$$y = n \frac{\lambda}{2}$$

由此可知，两个相邻波节（波腹）之间的距离是半波长 $\frac{\lambda}{2}$ 。

由于管底（或水）相对于空气为波密媒质，所以波在管底处必为波节。当空气柱长度满足（4）时，也就是空气柱的长度依次为 $\frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4}, \frac{7\lambda}{4}, \dots$ 时，附近可听到清晰的共鸣音。

由 $v = f\lambda$ 可知，管口出现共鸣音时，管长和频率之间须满足

$$L = (2n + 1) \frac{v}{4f}, \quad (n=0, 1, 2, \dots)$$

四：实验方案

- 1: 准备一个上端开口下端的圆柱形容器，在距离底 2cm 处画一条线，管口处画一条线，用刻度尺测量两条线的距离 L ;
- 2: 将该圆柱形容器放在水龙头正下方，打开水龙头，使水缓慢稳定均匀地流出，控制水从下方的线到上方的线所用时间 $t(30 \sim 60s)$;
- 3: 倒出容器中的水，再次打开水龙头，按原来水流速度，当水位达到下面的线时，用“Phyphox”中“声音频谱”记录声音频率，同时用秒表记录时间。直到水到达上面的线时停止频谱记录，同时暂停秒表计时;
- 4: 将“Phyphox”测得数据以 Excel 格式传输保存;
- 5: 保持安静环境，重复操作三次;
- 6: 水速通过管长 L 与时间 t 的比值得到， $f_0 = v / 4 * (L - \beta t)$, 用 origin 处理数据;
- 7: 将三组实验数据与声速标准参考值进行比较（不同温度下声速不同，通过实验初和实验末的温度平均值）

五：数据记录及处理

截图:

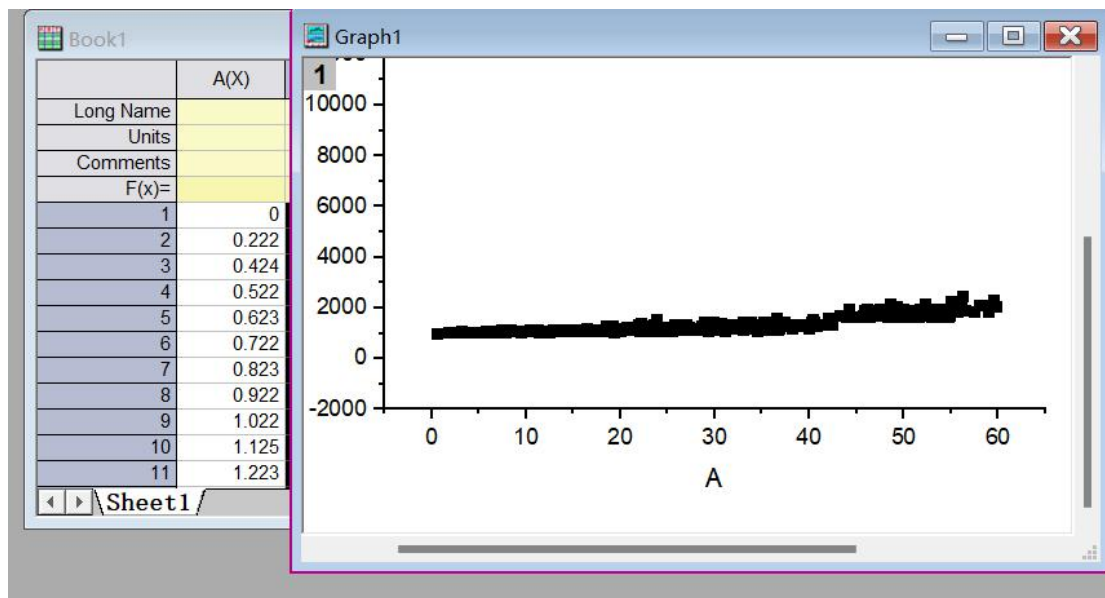
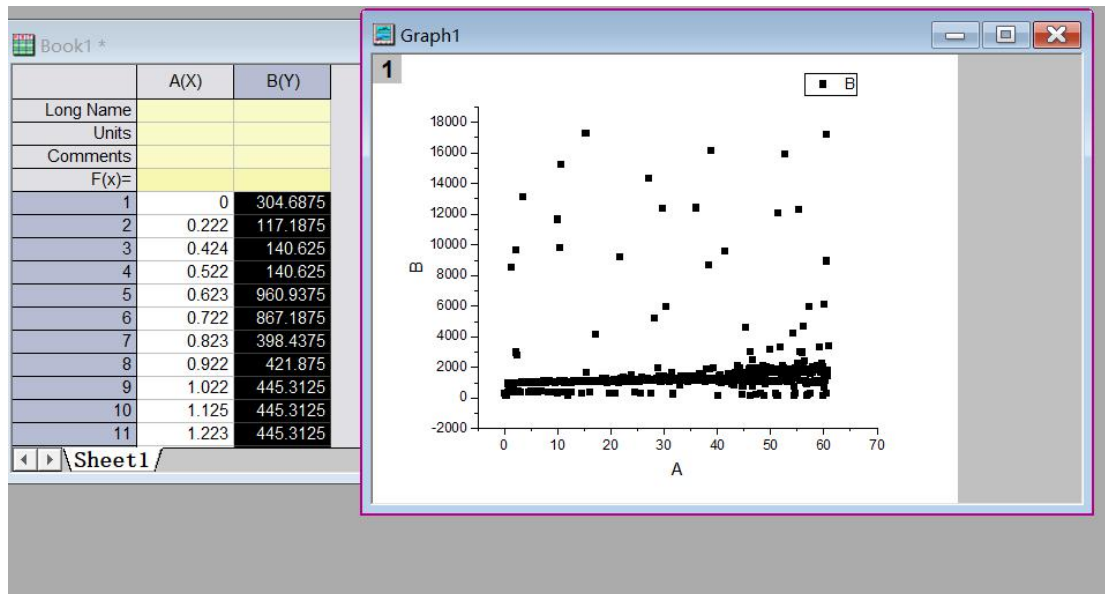
时间 (s)	峰值频率 (赫兹)		
0	304.6875		
0.222	117.1875		
0.424	140.625		
0.522	140.625		
0.623	960.9375		
0.722	867.1875		
0.823	398.4375		
0.922	421.875		
1.022	445.3125		
1.125	445.3125		
1.223	445.3125		
1.323	398.4375		
1.426	8507.813		
1.622	398.4375		
1.724	421.875		
1.822	843.75		
1.918	984.375		
2.022	398.4375		
2.128	1007.813		
2.222	2976.563		
2.323	9656.25		
2.43	445.3125		
2.522	2812.5		
2.623	421.875		
< > >	历史记录	+	

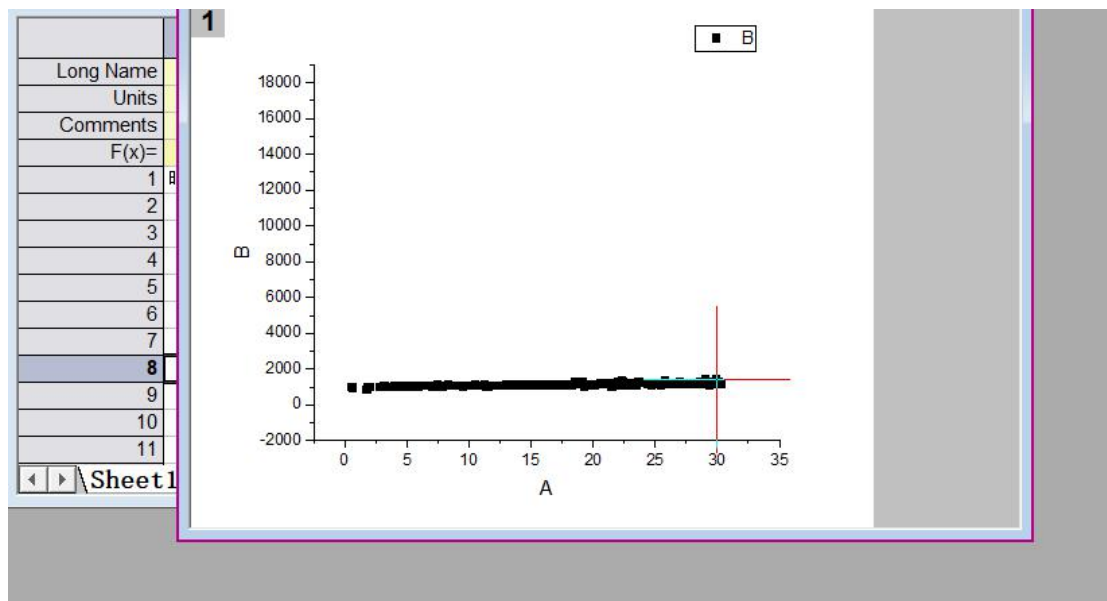
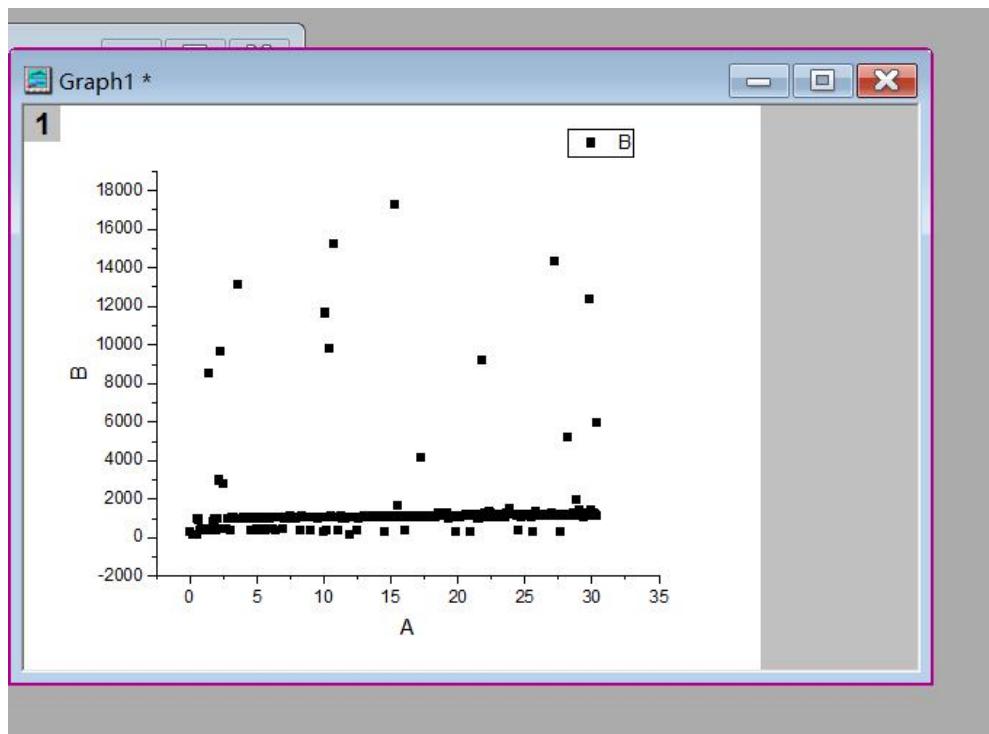
	A	B	C	D	
537	55.738	1664.063			
538	55.834	1828.125			
539	55.928	1148.438			
540	56.034	2976.563			
541	56.128	1968.75			
542	56.219	4664.063			
543	56.321	2414.063			
544	56.441	1640.625			
545	56.542	1875			
546	56.633	1101.563			
547	56.725	1007.813			
548	56.82	937.5			
549	56.92	140.625			
550	57.025	1078.125			
551	57.147	210.9375			
552	57.323	5929.688			
553	57.445	1570.313			
554	57.536	281.25			
555	57.625	1828.125			
556	57.72	1054.688			
557	57.82	960.9375			
558	57.922	1687.5			
559	58.04	2062.5			
560	58.144	1078.125			
561	58.322	1078.125			
562	58.466	1101.563			
563	58.56	1101.563			
564	58.722	2085.938			
565	58.828	1101.563			
566	58.92	984.375			
567	59.039	1007.813			
568	59.136	1828.125			
569	59.236	1101.563			
570	59.328	3281.25			
571	59.432	1687.5			
572	59.527	2062.5			
573	59.621	2273.438			
574	59.72	1687.5			
575	59.836	140.625			
576	59.936	2015.625			
577	60.036	6117.188			
578	60.122	703.125			
579	60.218	1289.063			
580	60.321	1101.563			
581	60.443	281.25			
582	60.545	17203.13			
583	60.639	8929.688			
584	60.737	1804.688			
585	60.836	1406.25			
			历史记录	+	

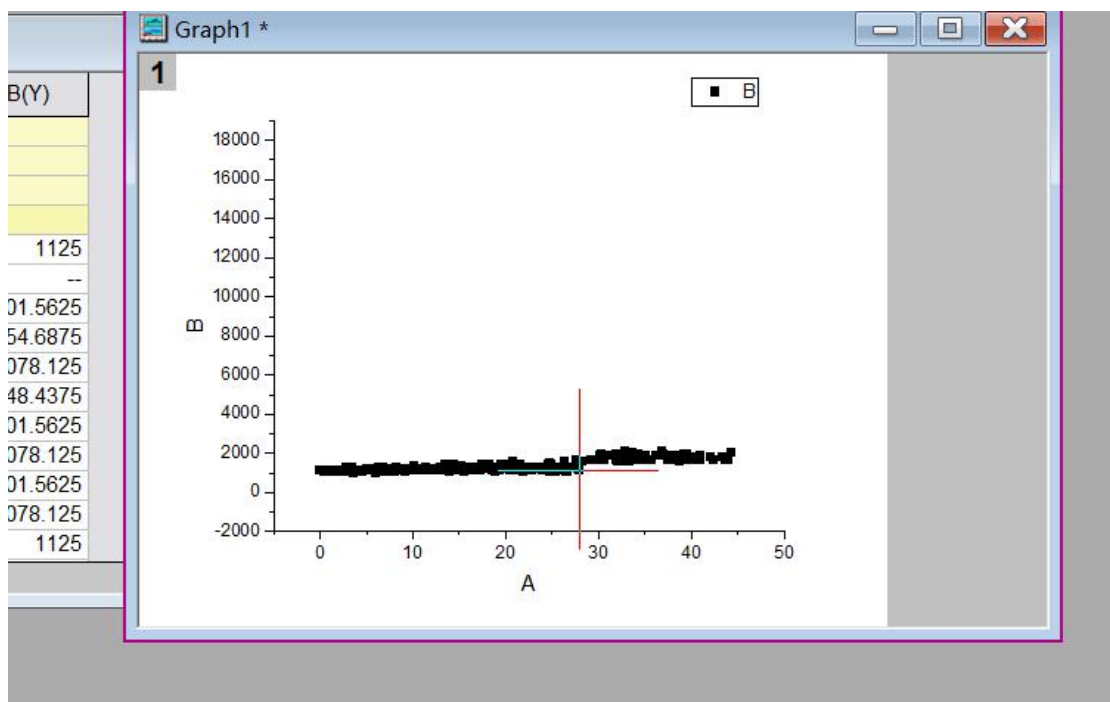
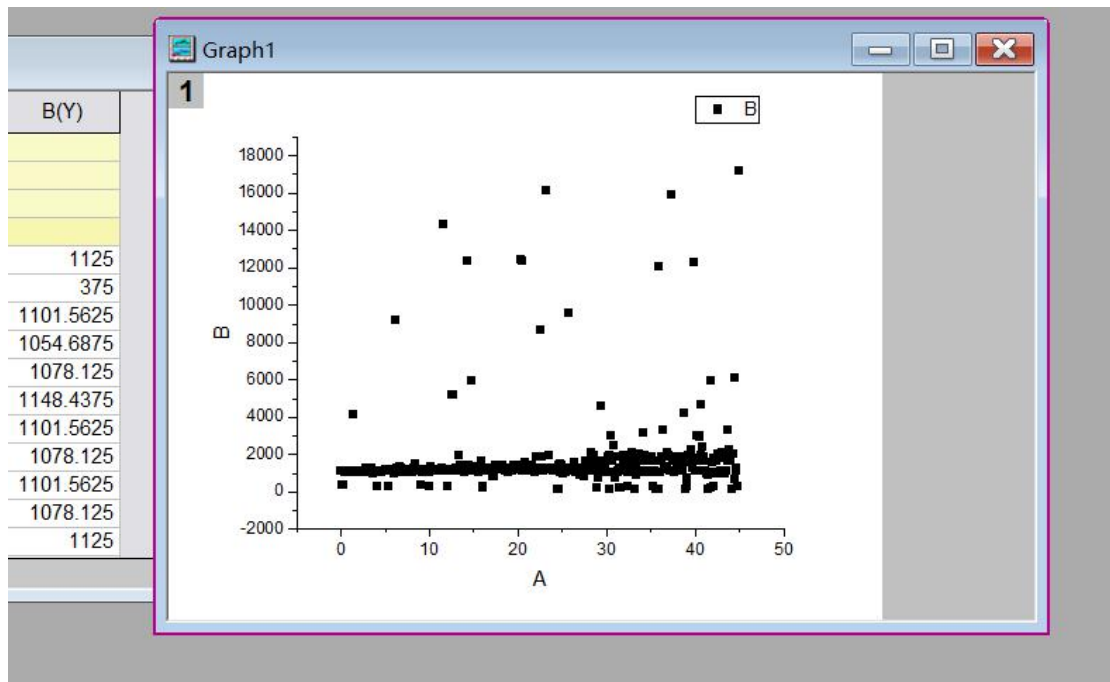
A:频率

B:时间

去除坏点前后及拟合如图：







第一次实验（中午）:测得实验开始与结束时室温约为 20 摄氏度，标准声速理论值为 $v = 343\text{m/s}$,

$L = 6\text{cm}$, $t_1 = 60\text{s}$;

$a = 4L / v$, $b = -4\beta / v$ 得

将由实验拟合直线得出声速 $v_1 = 287.73\text{m/s}$, $v_2 = 291.54\text{ m/s}$;

以及将拟合结果得到两个频率及其对应的时间，

各选取两点，由 $f_0 = v / 4 * (L - \beta t)$ ，带入频率、时间，得出 v_3, v_4 ;

计算声速 $v_3 = 293.50 \text{ m/s}$, $v_4 = 297.01 \text{ m/s}$;

$V_i (i = 1, 2, 3, 4) < v$;

第二次实验（早上）:测得实验开始与结束时室温约为 15 摄氏度，标准声速理论值为 340 m/s ,

$L = 6 \text{ cm}$, $t_2 = 30 \text{ s}$;

将由实验拟合直线得出声速 $v_1 = 262.75 \text{ m/s}$, $v_2 = 260.59 \text{ m/s}$;

各选取两点，由 $f_0 = v / 4 * (L - \beta t)$ ，带入频率、时间，得出 v_3, v_4 ;

以及将拟合结果得到两个频率及其对应的时间，计算声速 $v_3 = 264.32 \text{ m/s}$, $v_4 = 258.97 \text{ m/s}$;

$V_i (i = 1, 2, 3, 4) < v$;

第一次实验（晚上）:测得实验开始与结束时室温约为 15 摄氏度，标准声速理论值为 340 m/s ,

$L = 6 \text{ cm}$, $t_2 = 45 \text{ s}$;

将由实验拟合直线得出声速 $v_1 = 273.54 \text{ m/s}$, $v_2 = 268.37 \text{ m/s}$;

以及将拟合结果得到两个频率及其对应的时间，

各选取两点，由 $f_0 = v / 4 * (L - \beta t)$ ，带入频率、时间，得出 v_3, v_4 ;

计算声速 $v_3 = 271.85 \text{ m/s}$, $v_4 = 275.64 \text{ m/s}$;

$V_i (i = 1, 2, 3, 4) < v$;

五：误差分析

- 1：测量管长时刻度尺精度不高，测得 L 不准确；
- 2：用秒表记录时间时，因开始时间、结束时间人的反应带来误差；
- 3：水流流速不稳定，测得速度误差较大；
- 4：在实际操作中，水龙头易发出“嘶嘶嘶”声对频率测量产生影响；
- 5：受居家实验条件影响，较难处于绝对安静的实验环境下，对声音频率测量造成误差。

六：感想与总结

- 1：在开始用秒表测水从下边的线开始到杯口所用时间后，不要下意识地关水龙头，不然下次打开水龙头流速改变，此次测量秒表时间无意义了；
- 2：选择好时间，尽量避免人多的时候实验，为创造一个比较安静的环境，测得数据更准确；
- 3：我的实验容器是一个扁扁的圆柱体，实验之后个人觉得要是用比较高的圆柱体效果会更好。