

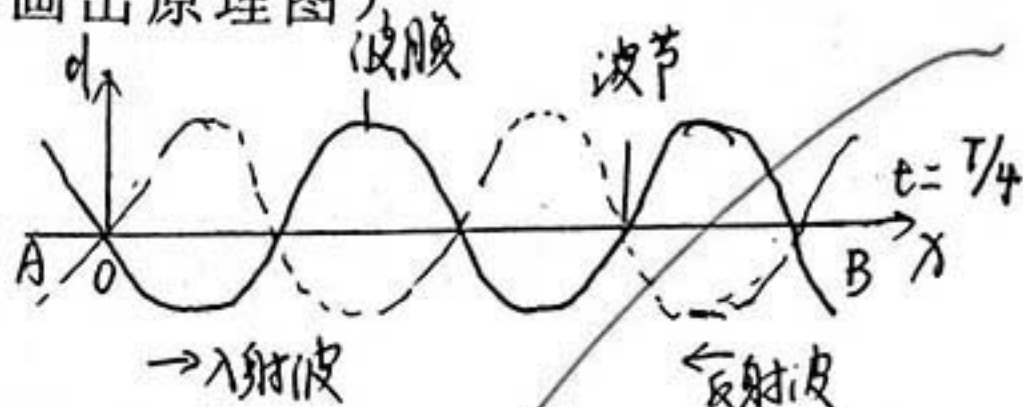
## 【实验目的】

1. 观察固定弦振动传播时形成的横驻波，了解振动在弦上传播的规律。
2. 利用驻波特性测量均匀弦上横波传播速度  $v$  及弦线密度  $\rho$ 。

## 【实验原理】（电学、光学画出原理图）

### 1. 驻波

如图，一均匀弦，由 A、B 两固定点支撑，入射波与反射波产生干涉。



设在  $x=0$  处振动质点向上达最大

位移时开始计时，沿  $x$  轴正方向。则

波叠加后的方程  $y = y_1 + y_2 = 2d \cos 2\pi \left(\frac{x}{\lambda}\right) \cdot \cos 2\pi f t$ 。

波节处  $x = (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{4}$ ，波腹处  $x = k \cdot \frac{\lambda}{2}$ ，相邻距离为  $\frac{\lambda}{2}$ 。

### 2. 横波的传播速度的原理

固定弦振动实验中，振动源在弦线中间区域，当两个支撑点间的距离等于半波长的整数倍时，才能形成驻波。此时沿弦传播

的横波波长  $\lambda = \frac{2L}{n}$ ， $n$  为弦线上的半波数。

由  $v = \lambda f$  得  $v = f \cdot \frac{2L}{n}$ 。

### 3. 横波传播速度的理论原理

若弦上张力为  $F$ ，密度为  $\rho$ ，则横波方程为  $\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{F}{\rho} = \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$ 。

与  $\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$  比较，可得  $v = \sqrt{\frac{F}{\rho}}$ 。

### 4. 弦线密度

将  $v = \lambda f$  和  $F = mg$  代入上式得  $\rho = \frac{mg}{f^2 \lambda^2} = \frac{mg}{v^2}$ 。

## 【实验内容】（重点说明）

### 1. 测量弦线密度。

将铜线的一端挂上40.0g砝码（棉线时挂45g砝码），频率设为 $f=75\text{Hz}$ ，记录 $L$ 值和 $n$ ，计算弦线密度 $\rho$ 。

### 2. 测量弦线上横波传播的速度。

铜线一端挂上40.0g砝码，选取频率分别为60Hz, 80Hz, 100Hz, 120Hz, 140Hz, 160Hz，调节支撑点，使出现2个驻波段，测量A与B的间距 $L$ ，重复3次，记录相应的 $f, L$ 值，计算横波波速，并将结果与 $v=\sqrt{\frac{F}{\rho}}$ 的结果比较。

### 3. 测量弦线上横波的传播速度。

设置仪器频率为 $f=75\text{Hz}$ ，张力 $F$ 为<sup>90.00</sup>40.0g的砝码为起点，逐次增加5.0g直至<sup>75.0</sup>55.0g为止，调节支架点位置，使出现3个驻波段，测量支架A与B的间距 $L$ ，~~重复3次~~。记录相应的 $F, L$ 值，计算横波波速，~~并与理论值相比较~~。利用 $\rho=\frac{mg}{L}$ ，作出 $mg-v^2$ 图，求得斜率为弦线密度 $\rho$ ，与理论值做比较。

## 【实验器材及注意事项】

### 1. 铜线装置。

实验装置的振动源在弦线的中部。磁钢放在弦线中部，弦线通交变电流，产生振动。根据需要调节频率，移动磁钢位置，使弦振动达到最佳状态。移动A、B可改变驻波的段数。

### 2. 棉线装置。

其振动源在弦线其中一个端点，在某一频率下可调节支架与振动源之间的距离从而改变驻波的段数。

注意事项：1. 实验时要注意区分铜线和棉线，不同材料实验条件不同，

2. 为减小实验误差，应该多次测量并取平均值。

3. 实验时棉线振动要达到稳定的最大振幅时才能开始测量。



# 【数据处理与结果】

实验数据记录:  $\rho_{理} = 0.1024 \times 10^{-3} \text{ kg/m}$

$$f = 90.02 \text{ Hz} \quad g = 9.793 \text{ m/s}^2 \quad v = f \cdot \frac{2L}{n}$$

m(g)	T(N)	L(m)	v(m/s)	v <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
40.0	391.7	0.3425	61.66	3802
45.0	440.7	0.3656	65.71	4318
50.0	489.7	0.3850	69.32	4805
55.0	538.6	0.4043	72.79	5298
60.0	587.6	0.4198	75.58	5712
65.0	636.5	0.4375	78.77	6204
70.0	685.5	0.4528	81.52	6646
75.0	734.5	0.4695	84.53	7145

如下图. 利用origin 8.0  
线性拟合. 直线斜率

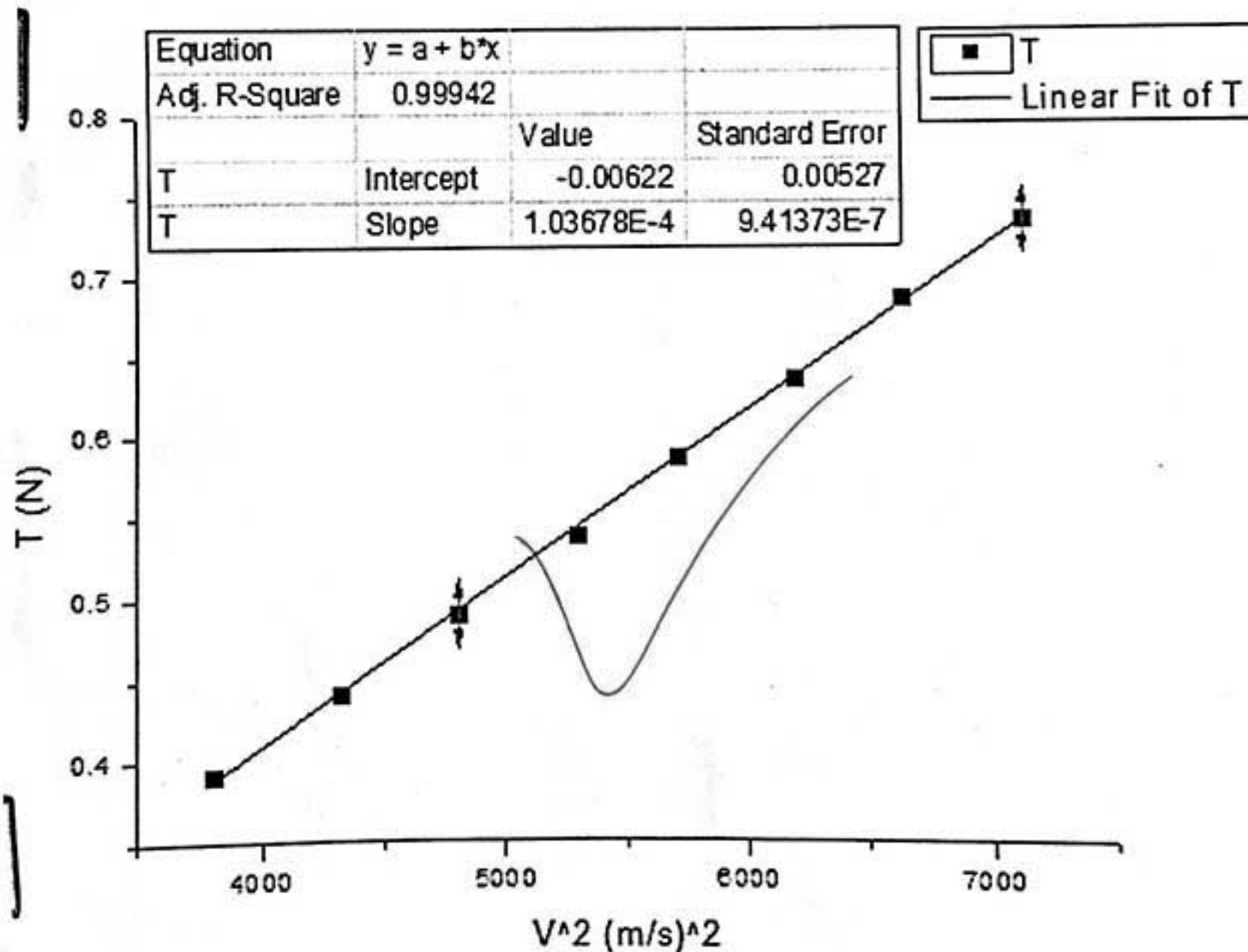
$$K = 1.03678 \times 10^{-4}$$

$$\rho_{测} = 1.03678 \times 10^{-4} \text{ kg/m}$$

则相对误差

$$\eta = \frac{|\rho_{测} - \rho_{理}|}{\rho_{理}} = 1.2\%$$

T-v<sup>2</sup> 坐标图



## 【误差分析】

1. 实验过程中, 棉线频率变化造成的误差;
2. 砝码质量不精确造成的误差;
3. 测量两支撑点间距离  $L$  时的读数误差;
4. 测量时, 砝码轻微晃动, 从而引入误差;
5. 测量间距时棉线振动并未达到最大振幅最稳状态。

## 【实验心得及思考题】

## 思考题:

1. 什么叫驻波, 它形成的条件是什么?

答: 驻波是指两列振幅相同的相干波在同一直线上沿相反方向传播时相互叠加而形成的波。形成的条件是要有两列同振幅的相干波, 且波在同一直线上沿相反方向传播, 相干波使弦上各点的振幅一定。

2. 如何用驻波法测量未知振源的频率?

答: 用驻波法测量未知振源的频率需先通过测拉力  $T$  与弦线密度  $\rho$  的关系, 测出横波传播速度  $v = \sqrt{\frac{T}{\rho}}$ , 再测量波长  $\lambda = \frac{2L}{n}$ , 根据  $v = f \cdot \frac{2L}{n}$  即  $f = \frac{v \cdot n}{2L}$  从而测出振源的频率。

3. 本实验的误差来源见上述误差分析。

## 实验心得:

1. 实验中测量两支撑点间距离的时候, 由于波节具体位置较难确定, 可以在波节左右两端各取两个值, 求平均后作为波节的位置。条件允许的情况下, 可多测多个驻波段间的距离, 再用逐差法求入。

2. 实验中弦线频率是有微小变化的, 因此可以记录实验开始和结束时的频率值, 取平均后作为实验的频率值。



【数据记录及草表】

$$f = 90.02 \quad g = 9.793 \quad v = f \cdot \frac{2L}{n}$$

m(g)	$x_1, x_2$	$x_1' x_2'$	$L$	$v$	$v^2$
	<del>83.75</del> <del>85.40</del>	<del>41.70</del> <del>42.70</del>		69.32	
<del>391.72</del> 481.65	50.0 75.70 77.20	37.45 38.45	0.3850	<del>69.32</del>	4805.
391.72	40.0 67.40 68.50	33.20 34.20	0.3425	61.66	3802
440.68	45.0 72.60 73.50	35.80 37.30	0.3650	65.71	4318
538.65	55.0 79.75 81.20	39.45 40.65	0.4043	72.79	5298
587.58	60.0 82.80 84.865	41.15 42.35	0.4198	75.58	5712
636.58	65.0 86.65 87.85	42.90 44.10	0.4375	78.77	6204
685.51	70.0 89.80 91.00	44.35 45.90	0.4528	81.52	6646
734.41	75.0 92.75 93.85	45.70 47.00	0.4695	84.53	7145

教师签字：

蔡