

驻波和弦振动测量实验报告

专业：工科试验班

学号：2110957

姓名：蒋薇

时间：周二上午

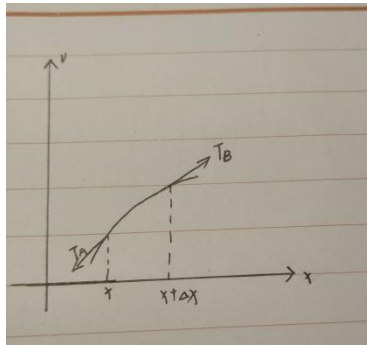
一：实验原理

1:原理描述：波源在一个开口端发生振动产生入射波。入射波传播到另一个开口端时发生反射，入射波和反射波叠加形成驻波。两列沿相反方向传播的振幅相同、频率相同的波叠加时形成的波叫做驻波。

弦线的一端系在能作水平方向振动的可调频率振动源的上,另一端通过定滑轮悬挂一盘,在实验装置上有一个可沿弦线方向左右移动并撑住弦线的挡板。当波源振动时,即在弦线上形成一维横波,波在弦线两端点发生全反射,叠加形成弦线上的驻波。两固定点一定是驻波的波节,所以在弦线上形成稳定的驻波的条件为弦长是半波长的整数倍。

金属弦线的一端系在能作水平方向振动的可调频率数显机械振动源的弹簧片上,另一端通过定滑轮悬挂一砝码盘;在振动装置(振动簧片)的附近有可动刀口,在实验装置上还有一个可沿弦线方向左右移动并撑住弦线的动滑轮。当波源振动时,即在弦线上形成一维横波,波在弦线两端点发生全反射,叠加形成弦线上的驻波。两固定点一定是驻波的波节,所以在弦线上形成稳定的驻波的条件为弦长是半波长的整数

倍。



水平：

$$-T_A \cos \alpha + T_B \cos \beta = 0$$

竖直：

$$-T \sin \alpha + T \sin \beta = \left[\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \left(x + \frac{\Delta x}{2}, t \right) \right] \rho \Delta l$$

经变换化简，有

$$\frac{-T \frac{\partial u}{\partial x}(x, t) + T \frac{\partial u}{\partial x}(x + \Delta x, t)}{\Delta x} = \left[\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \left(x + \frac{\Delta x}{2}, t \right) \right] \rho$$

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{-T \frac{\partial u}{\partial x}(x, t) + T \frac{\partial u}{\partial x}(x + \Delta x, t)}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left[\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \left(x + \frac{\Delta x}{2}, t \right) \right] \rho$$

$$T \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}(x, t) = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}(x, t)$$

$$\frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2}$$

$$V = \lambda f = \sqrt{\frac{T}{\rho}} \quad \lambda = \frac{1}{f} \sqrt{\frac{T}{\rho}}$$

T（张力调控，测量，重力）

ρ （更换弦）

f 频率（调整振源频率）

二：实验仪器

1：轻质柔软一维的线，为缝补衣物的线，如图：

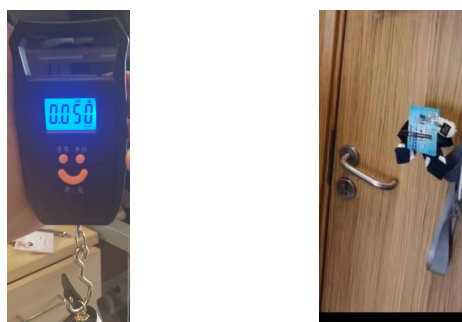


2：震源，电动牙刷，频率约 500Hz，如图：



3：可滑动挡板，利用轻质硬纸板，如图：

4: 重物利用水卡及质量差不多的发卡夹在水卡, 模拟, 用轻质电子称测出其质量, 重力加速度 g , 如图:



5: 滑轮用宿舍床架边缘挂衣服的光滑钩子, 如图:



三：实验步骤及测量方法

1: 设置合适震源, 用于固定的材料, 弹性不大的线;

2: 按要求组装实验装置;



如图:

3: 定频下, 移动挡板形成驻波, 注意改变音源大的角度和方向, 优化现象;

4: 观察驻波拍照, 测量波节长度;

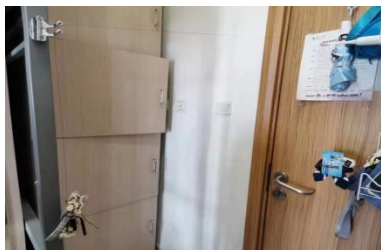
5: 在同一频率下, 得出六组波长 λ 分别在重物下的值, 并做图, 验

证 λ 正比于 \sqrt{T} ;

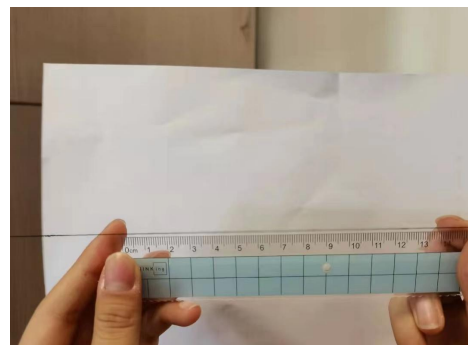
6: 通过弦线质量的弦密度 (以 0.0001Kg/m 估算), 计算频率;

四：数据处理

1: 明显的驻波照片



2: 记录数据





多次测量波节长度，取平均值，减少误差，改变拉力后测量重复此操作：第一个波长测量

测量次序	测量结果 (m)
1	0.1447
2	0.1453
3	0.1450
4	0.1448
5	0.1452

得 $\bar{x} = 0.1450\text{m}$

多次类似操作后，得到不同拉力下波长，如下：

同一频率下，波长与重物实验数据记录

实验次序	重物 G (N)	波长 λ (m)
1	0.2	0.1450
2	0.3	0.1750
3	0.4	0.1950
4	0.5	0.2150
5	0.6	0.2380

6	0.7	0.2500
---	-----	--------

3: 最小二乘法分析

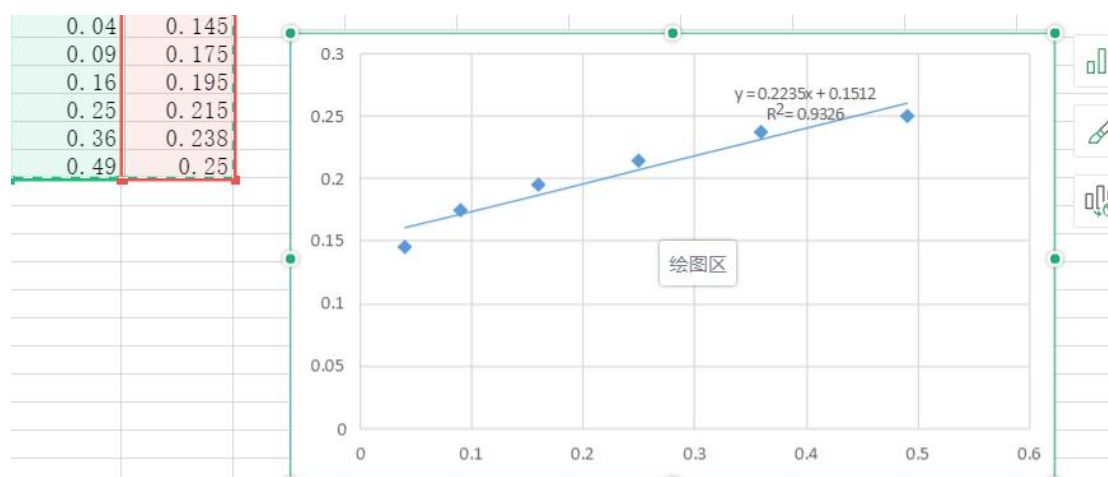
由牛顿第二定理, $T = G$,

令 $x = \sqrt{T}$, $y = v$,

$$s_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad \text{则:} \quad \begin{cases} a_1 = s_{xy} / s_{xx} \\ a_0 = \bar{y} - a_1 \bar{x} \end{cases}$$

$$s_{xx} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

设 $y = a_0x + a_1$, $s_{yy} = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$ 回归方程: $y = a_0 + a_1x$,



由线性相关系数, 变量间线性相关程度检测, 得 $r_{xy} = S_{xy} / \sqrt{(S_{xx} S_{yy})}$,

拟合优度 $r_{xy}^2 = 0.9326$, 线性拟合效果好, 变量之间相关程度高, 可验证 λ 正比于 \sqrt{T} .

$$U_{a1} = a_0 [(1 / r_{xy}^2 - 1) / (n - 2)]^{1/2} = 0.2235 * [(1 / 0.9326 - 1) / (6 - 2)]^{1/2} = 0.0301;$$

$$U_{a0} = \sqrt{\bar{x}^2} * U_{a1} = 0.6837 * 0.0301 = 0.0205, U_{a0} < a_1, a_1 \neq 0;$$

由 $1 / (f * 0.01) = a_0$, 解得 $f = 447.4\text{Hz}$,

ρ 取 10^{-4}Kg/m , 由 $f = 100 * \sqrt{T} / \lambda$, 两边同取对数, $\ln f = 100 (0.5 \ln T - \ln \lambda)$, 所以, 由间接测量量得不确定度得, $Uf = 50 * \sqrt{[(UT / T)^2$

$$+ 4(U_{\lambda} / \lambda)^2] ,$$

再有直接测量量 A、B 类标准不确定度, 算数平均数 $T = 0.5$ 、 $\lambda = 1.10$,

样本标准偏差 S_T , S_{λ} 、算数平均数标准偏差 $S_T / \sqrt{6}$, $S_{\lambda} / \sqrt{6}$,

A 类标准不确定度 $S_T * 1.32$, $S_{\lambda} * 1.32$,

B 类: $U_{BT} = \varepsilon / \sqrt{3}$, $U_{B\lambda} = \varepsilon / \sqrt{3}$,

所以, 其不确定度为 $U_f = 2.1$,

所以 $f = (447.4 \pm 2.1) \text{Hz}$.

误差分析: 空气阻力影响, 重物重力测量存在不准确

五：思考题

需要调整震源的角度来优化驻波的理论依据是什么？

不是所有的方向都能产生稳定的驻波。调谐, 在谐振频率下可形成驻波, 根据驻波的情况, 它有一固有谐振频率 f , 只有当外加频率等于此频率时, 线的振动幅度最大, 测出的实验结果误差最小;

当弦的振动幅度最大时, 接收到的波形振幅最大, 这时的频率就是共振频率, 记录这一频率。注意: 如果位于波节处, 则无法测量到波形, 所以线此时应适当移动位置, 以观察到最大的波形幅度。当驻波的频率较高, 弦线上形成几个波腹、波节时, 弦线的振幅会较小, 眼睛不易观察到。这时把线移向右边, 再逐步向左移动, 同时观察线上波形。