

普通物理实验操作指南书

上海科技大学物理教学实验室

于瑶 吴晗 唐永军

目录

长度的测量	1
游标卡尺的使用	1
螺旋测微仪（千分尺）的使用	3
基础力学实验	5
弹簧谐振子研究实验操作指南	5
表面张力测量实验操作指南	8
声速测量实验操作指南	11
刚体转动惯量测量实验操作指南	14
液体粘滞系数测量实验操作指南	18

上海科技大学
物理实验教学平台

游标卡尺的使用

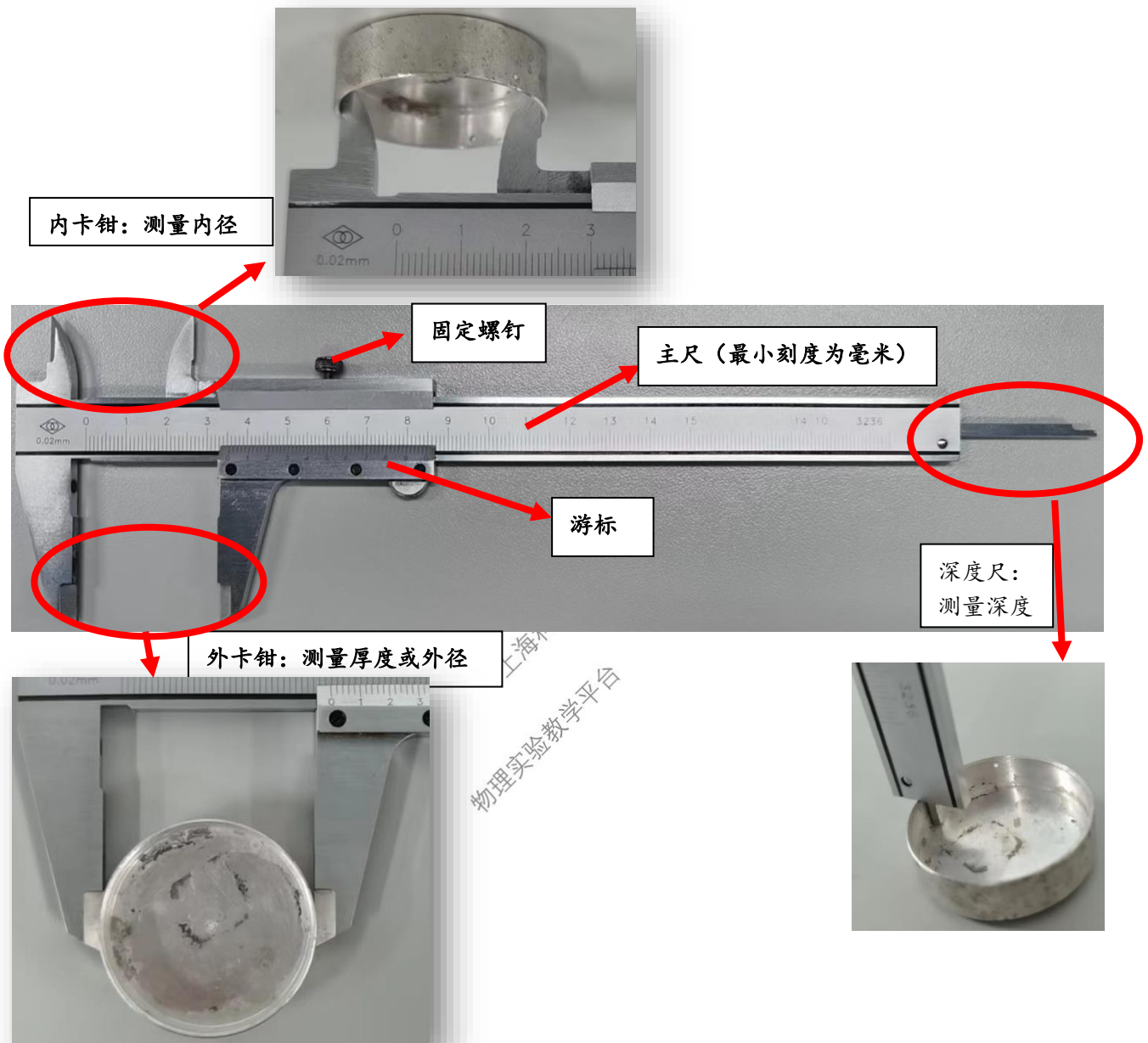


图 1 游标卡尺的组成

游标卡尺的读数规则:

- 1) 先读出游标零线前主尺的毫米刻度。
- 2) 记录游标分度值 (图 1 为“五十分游标”, 游标尺分度值 $\Delta x = 0.02\text{mm}$)
- 3) 找出游标上第 n 条刻线与主尺某一刻度线对齐。
- 4) 用 $n\Delta x$ (小数部分) 加在主尺刻度 (整数部分) 上, 即为测量的长度值。
- 5) 游标卡尺的仪器误差等于最小分度 Δx 。

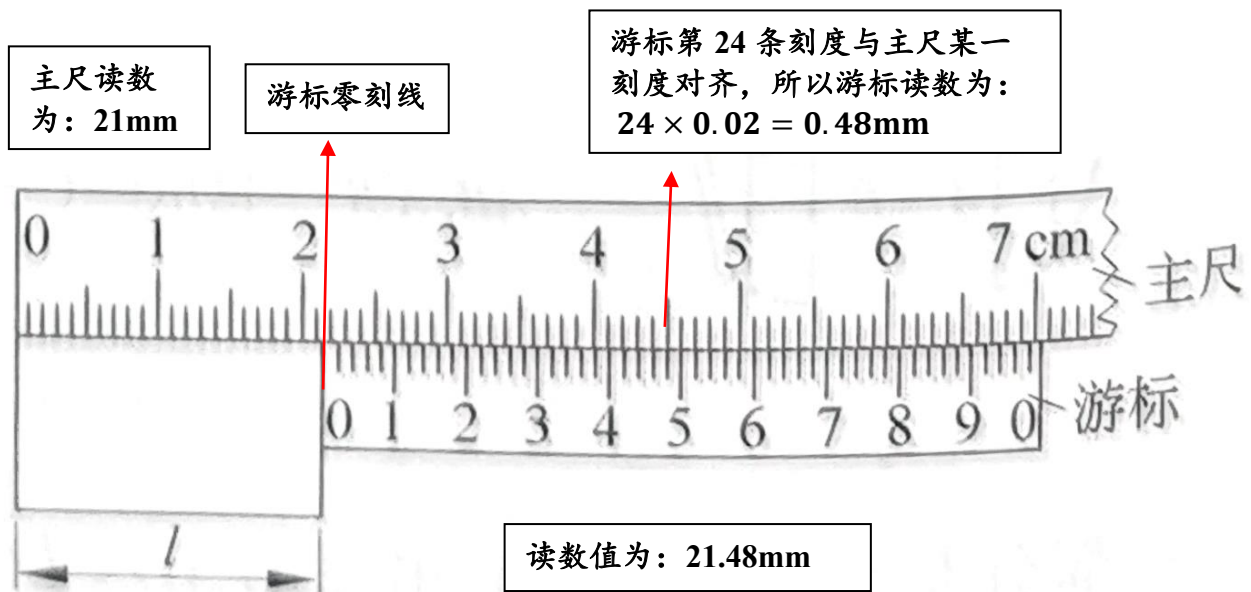
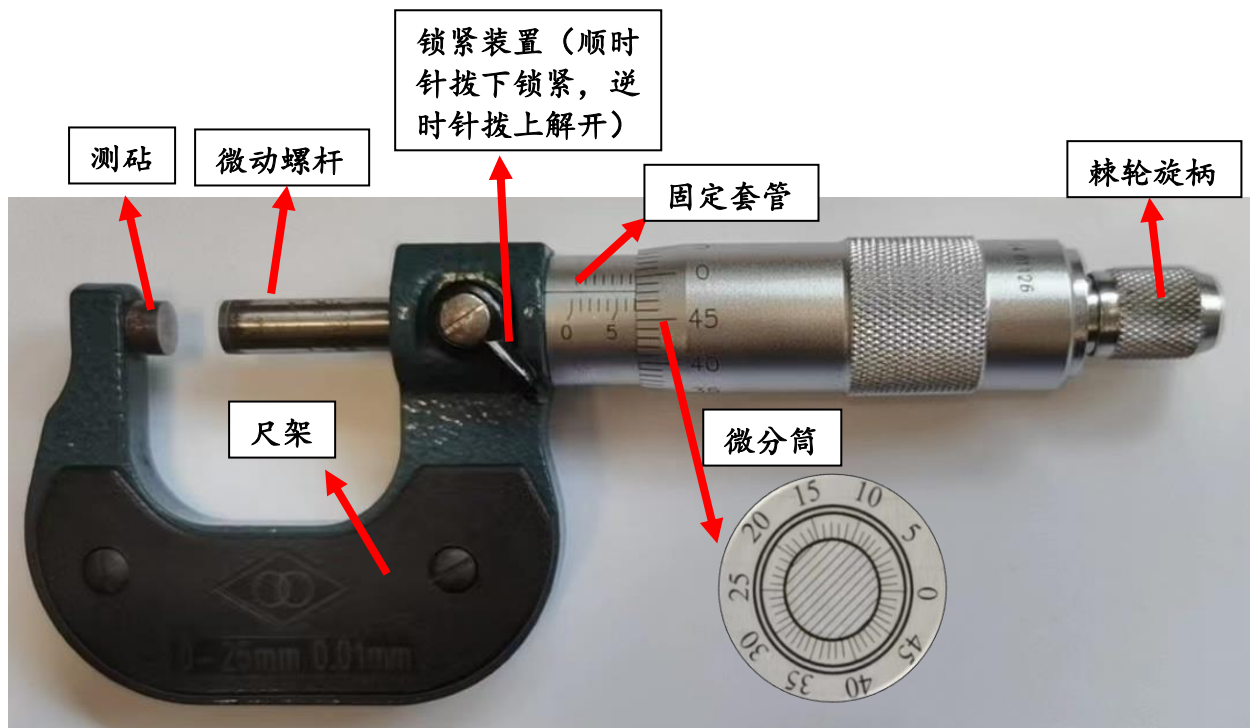


图 2 游标卡尺读数方法

游标卡尺使用注意事项：

- 1) 游标卡尺测量前，应先将卡钳合拢，检查游标零线与主尺零线是否对齐，一般情况下是对齐的。如果不对齐，应读出游标的零点读数，记作零差 L_0 。
- 2) 游标卡尺的读数是不连续的，例如五十分游标卡尺，最后一位若非零，只能是 0.02mm，0.04mm，0.06mm，0.08mm。
- 3) 测量时，待测物体要卡正，卡的松紧要适当，切忌把夹紧的物体在卡口挪动，测量内外径是应量在直径口最大处。
- 4) 轻轻拧动固定螺钉，避免螺钉丢失。
- 5) 游标卡尺使用结束后，卡口留有一定空隙，轻轻放回盒内。

螺旋测微仪（千分尺）的使用



机械放大读数原理

- 固定套管上的主尺最小刻度为 0.5mm(基准线下方为毫米刻度, 基准线上方为半毫米刻度)
- 微动螺杆旋转一周, 轴线方向的步进为 0.5mm, 所以微分筒的最小刻度为 0.01mm, 可估读到 0.001mm。

图 1 螺旋测微仪的组成

螺旋测微仪的读数规则:

- 1) 先读出微分筒前主尺的毫米刻度与半毫米刻度。
- 2) 找出微分筒上与主尺轴向基准线对齐的点, 读出该点在微分筒的读数。
- 3) 主尺读数与微分筒读数相加, 即为测量的长度值。
- 4) 操作中所用螺旋测微仪的仪器误差等于 0.004mm。

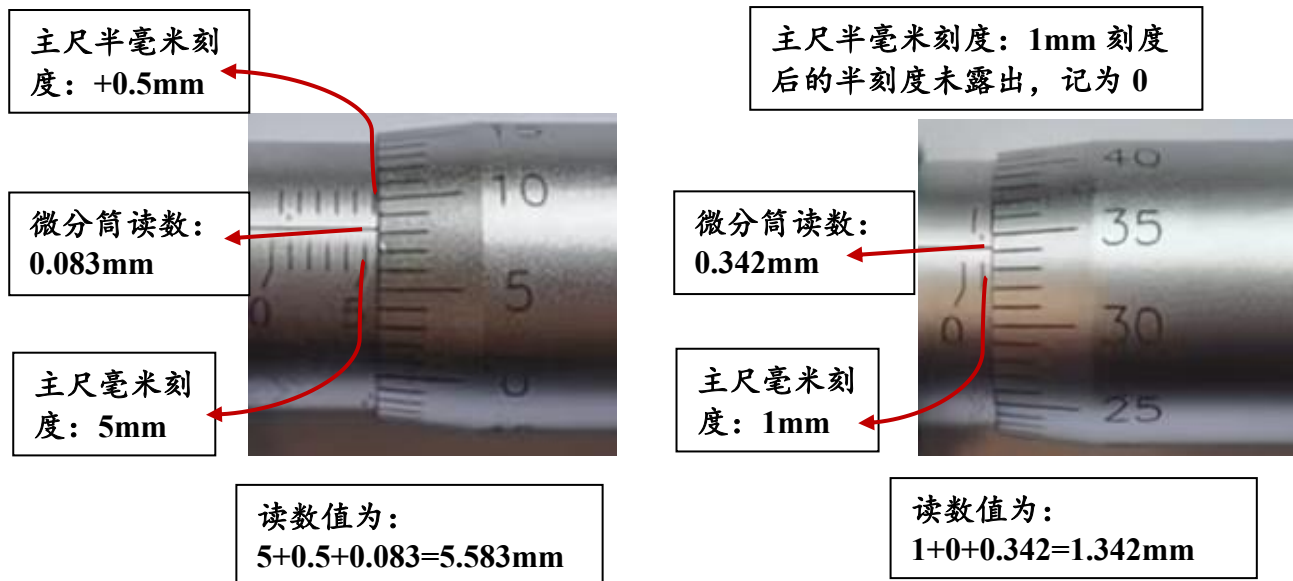
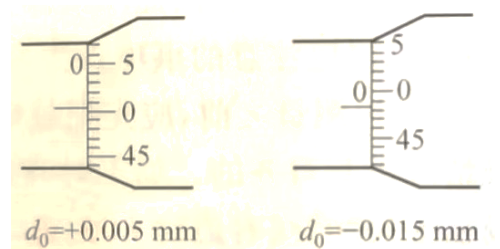


图 2 螺旋测微仪读数方法

螺旋测微仪使用注意事项:

- 1) 使用前解开锁紧装置。
- 2) 螺旋测微仪测量前应检查零点读数, 记作零差 d_0 。

☞ 右图为零差读数示例:



- 3) 轻轻旋转棘轮旋柄, 当听到“咔咔”声后停止转动并读数。不可直接旋转微分筒!
- 4) 测量时, 应逆时针轻轻转动棘轮旋柄, 使微动螺杆推出, 再把待测物体放入两测量面之间, 然后顺时针轻轻转动棘轮旋柄。
- 5) 螺旋测微仪使用结束后, 微动螺杆与测砧之间留有一定空隙, 锁紧后轻轻放回盒内。

弹簧谐振子研究实验操作指南

实验操作第一部分（焦利尺测量弹簧伸长量）

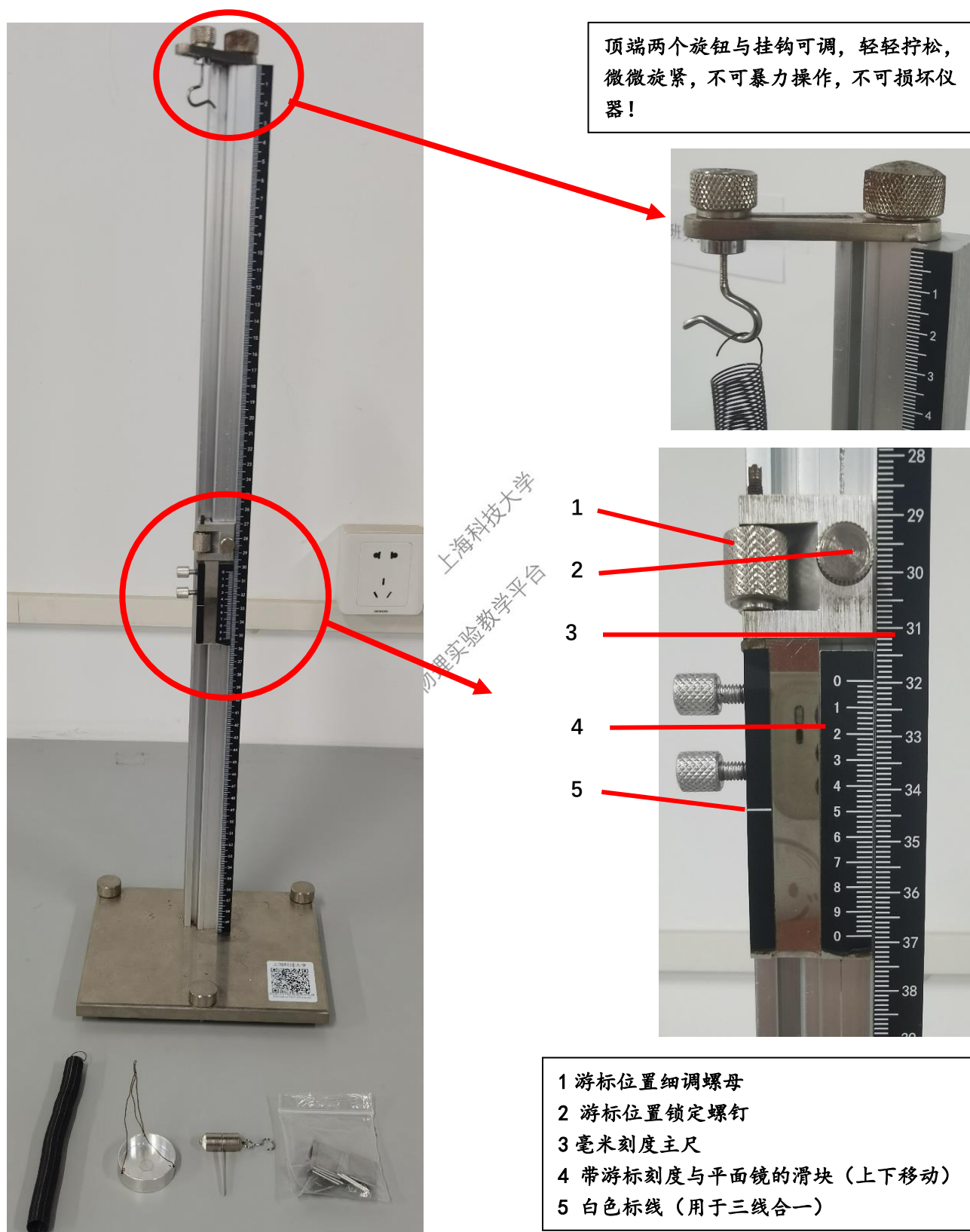


图1 焦利尺测量弹簧伸长量所需仪器与配件

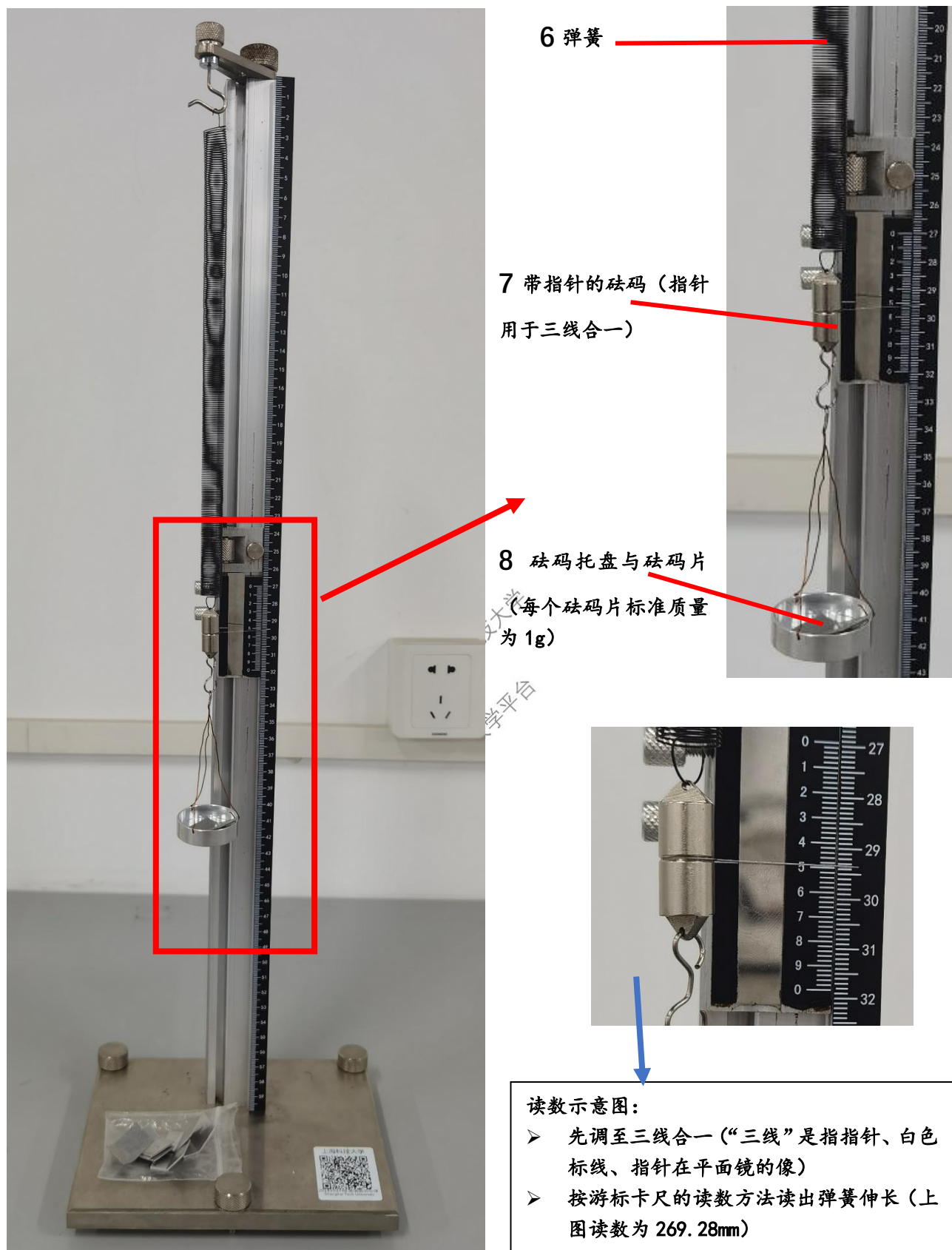
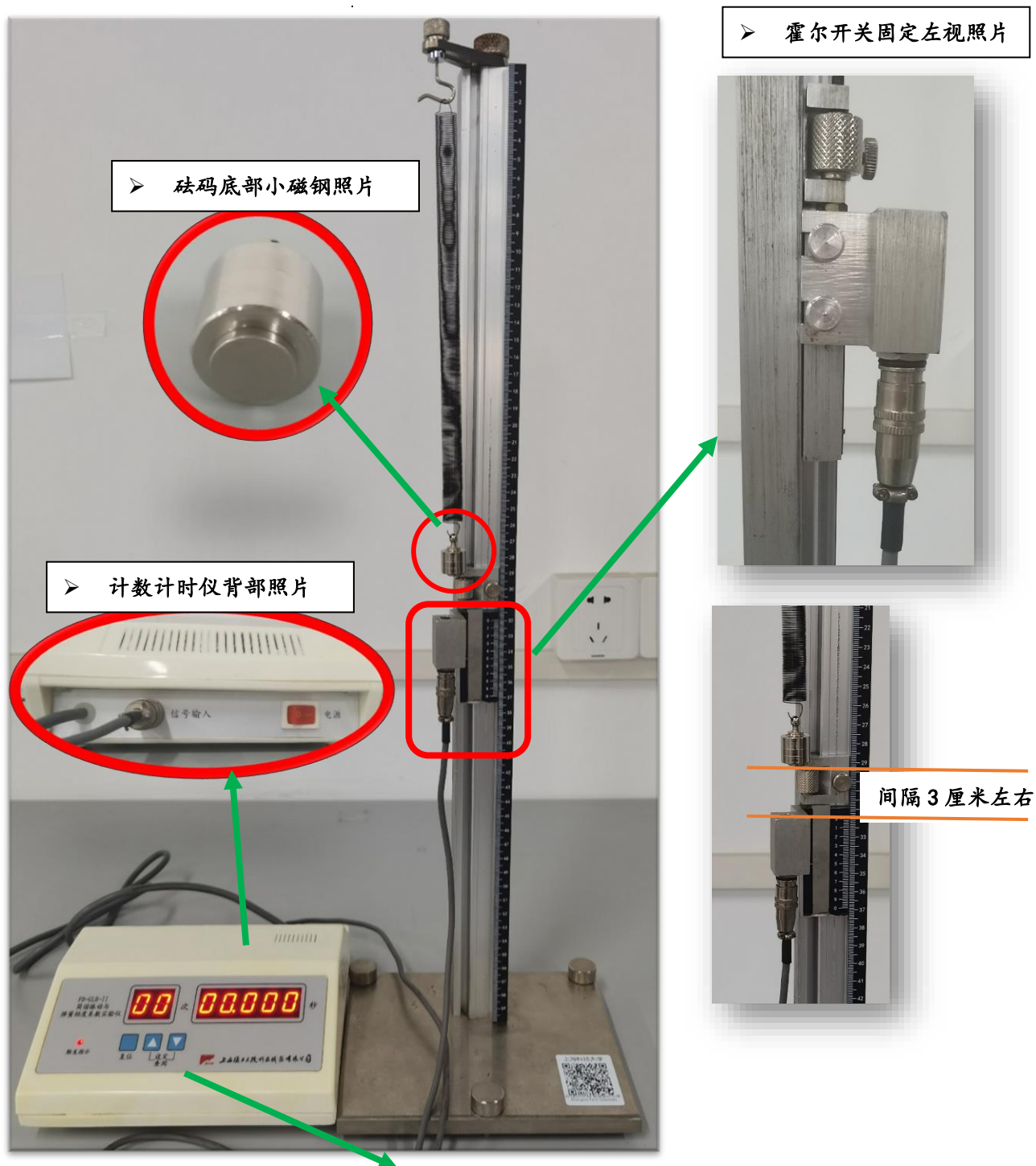


图 2 焦利尺测量弹簧伸长量操作示意图

实验操作第二部分（霍尔开关测量弹簧振动周期）



触发指示灯：未触发时，指示灯亮；砝码底部小磁钢与霍尔开关触发成功时，指示灯灭。如果始终无法成功触发，一是由于小磁钢正负极反了，将小磁钢翻转即可，二是由于小磁钢与霍尔开关的中心没有竖直对齐。

测量次数可调：例如测 10 倍周期的时间，按动两个三角形按键，将左边显示格调至 10 次既可。读右边显示格记录时间，仪器误差为 0.001 秒。

图 3 霍尔开关测量弹簧振动周期

表面张力测量实验操作指南

实验操作第一部分（硅压阻力敏传感器定标）

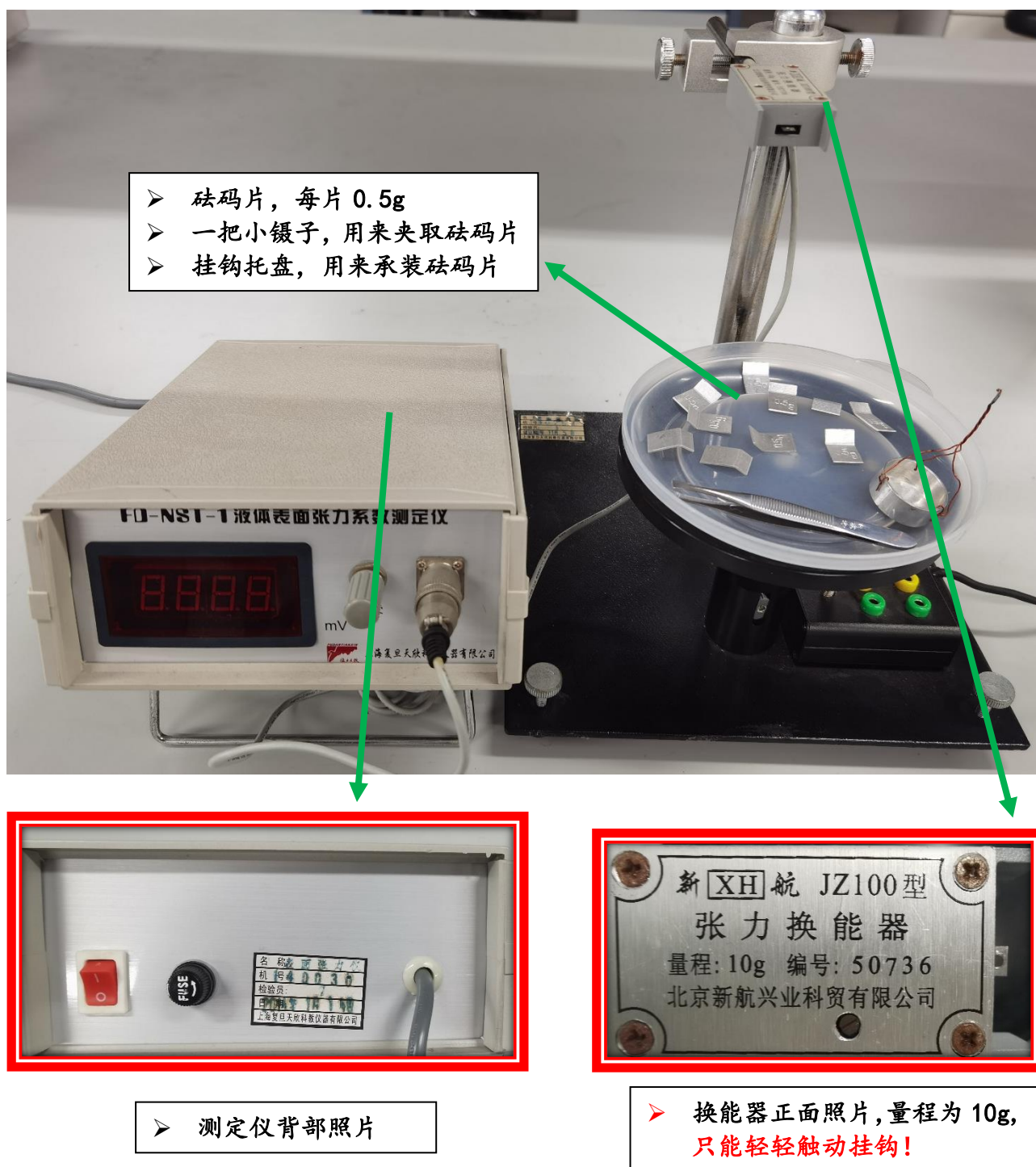
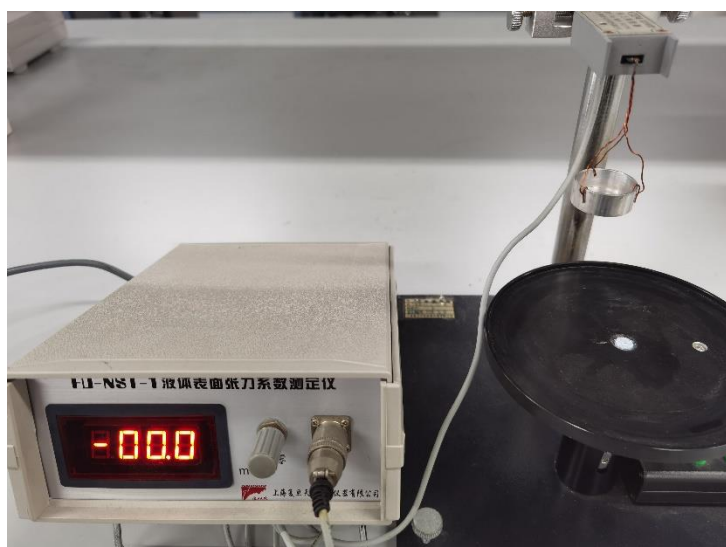


图 1 硅压阻力敏传感器定标所需仪器与配件



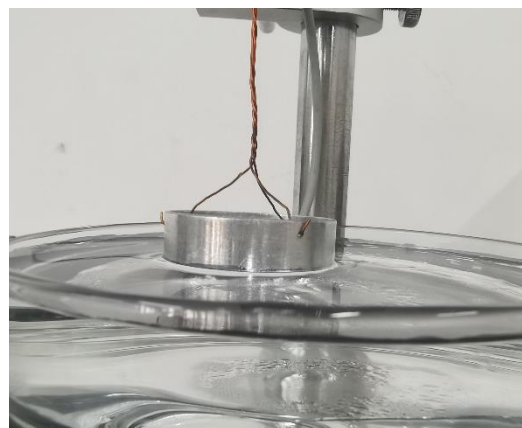
- 将砝码托盘轻轻挂在换能器挂钩上,要用手在下面托住托盘底部,避免在挂取过程中损坏换能器。
- 将显示器电压读数调零,避免测量过程中量程不够。

上海科技大学
物理实验教学平台

- 用小夹子取砝码片,逐量加入托盘中(取放砝码时需用手托住托盘底部)
- 逐次读取电压表读数并记录。

图 2 硅压阻力敏传感器定标操作示意图

实验操作第二部分（水柱断裂前后电压值测量）



- A. 首先将升降螺丝逆时针旋到最高处
- B. 再将圆环高度的三分之一左右浸没在水中
- C. 顺时针旋转升降螺丝，使得圆环缓慢移出水面
- D. 当水膜出现时，一定要尽量缓慢的旋转升降螺丝，同时不要晃动桌面，避免外力干预引起实验失败。

用手机录像记录全程的电压示数变化，读取出水柱断裂前后的两个电压值。

图 3 水柱断裂前后电压值的测量操作示意图

声速测量实验操作指南

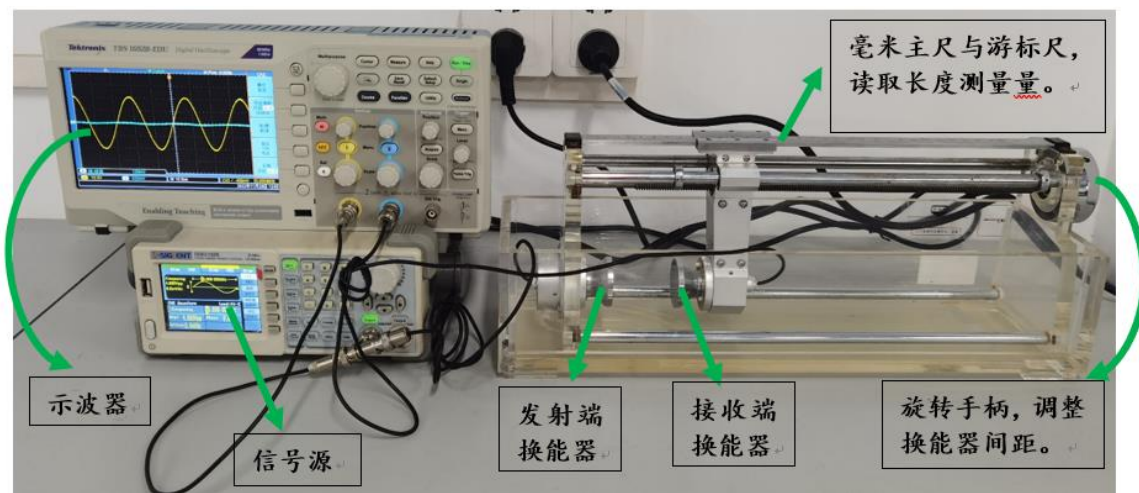


图 1 声速测量实验仪器准备示意图

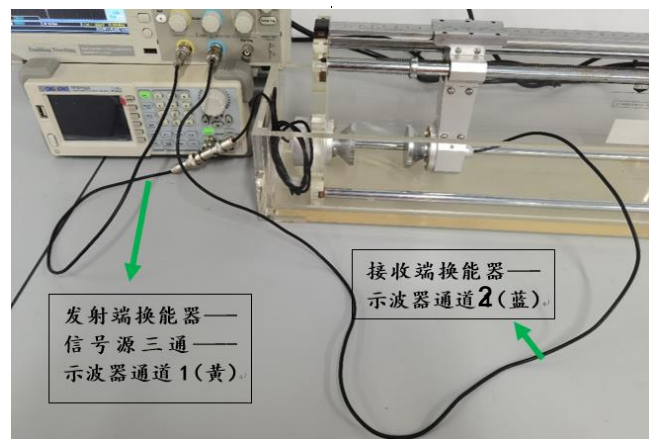


图 2 换能器接线示意图

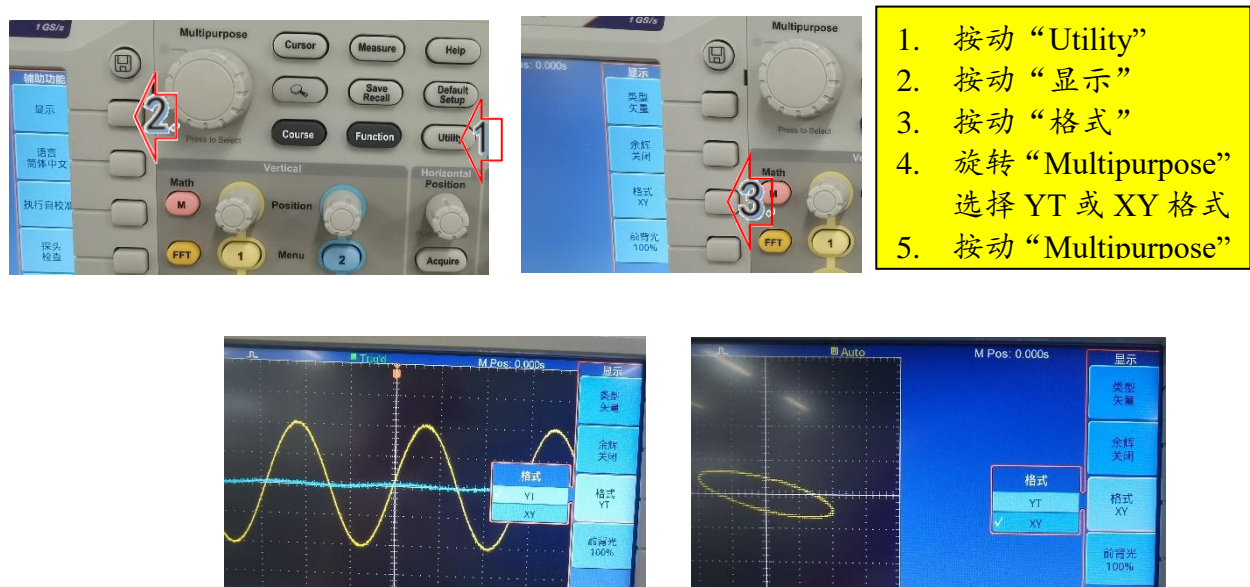
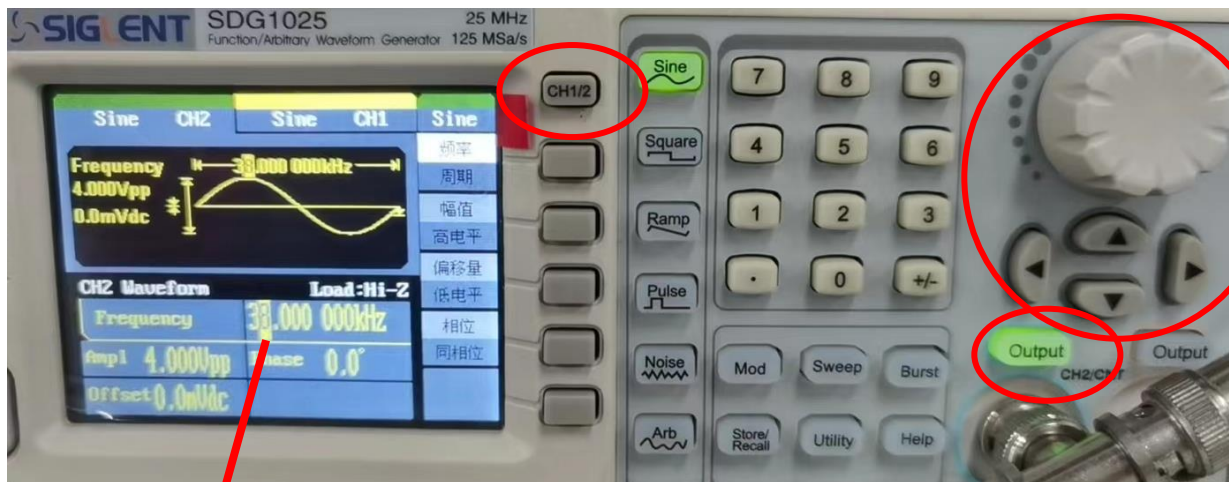


图 3 示波器两种显示格式调整操作示意图

实验操作第一部分（寻找最佳工作频率）



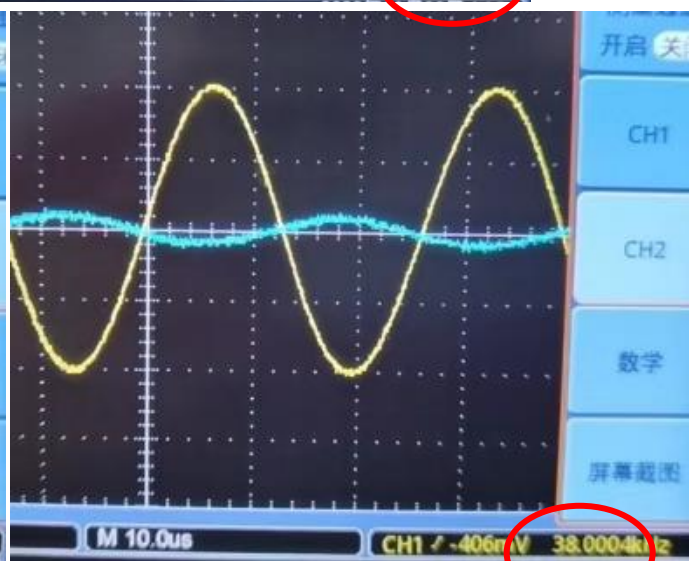
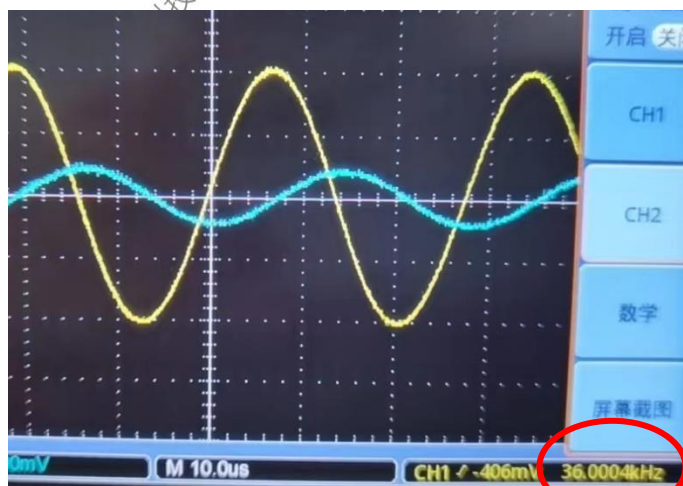
信号源输出：

1. 按动接线通道的“Output”键
2. 按动“CH1/2”键，选择对应的显示频道（例如上图接线通道为 CH2, 对应的频道显示选择也为 CH2）
3. 初始输出频率选择 36.000KHz
4. 利用旋钮与四个光标移动键进行输出频率调整

寻找最佳工作频率：

5. 示波器显示选择“YT”格式
6. 调整输出频率的第 2 位，依次得出示波器波形照片如下
7. 可见 37.000KHz 时，接收端波形幅度最大，所以输出频率前 2 位暂定“37”

备注：（此操作作为示例操作，每台仪器的具体数据会不同）



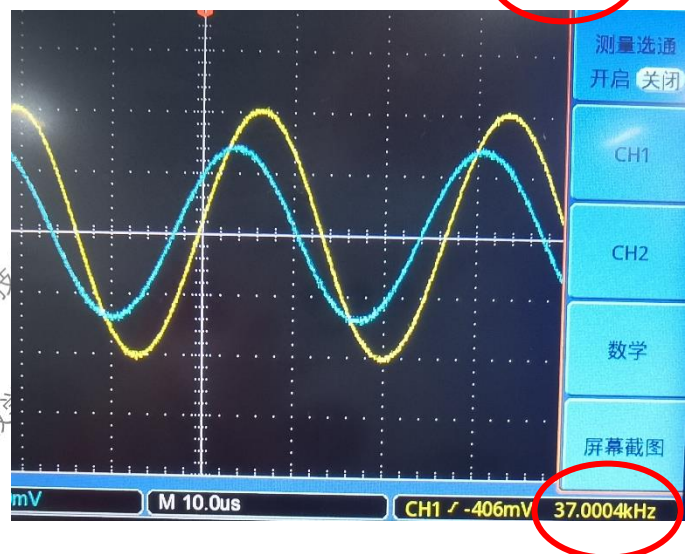
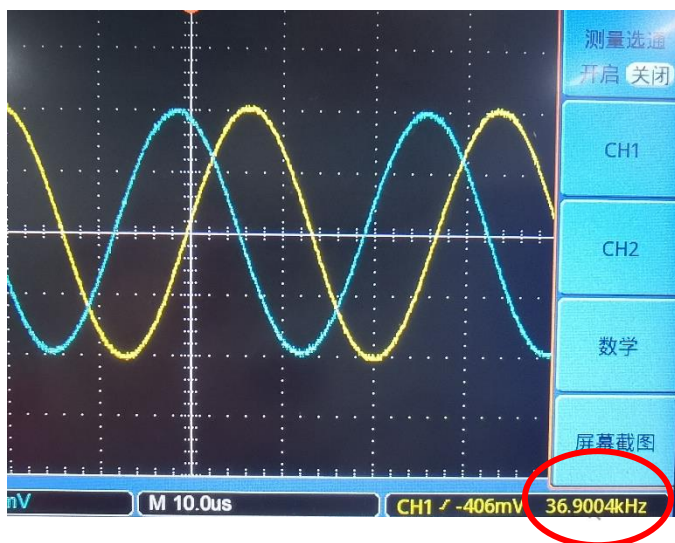
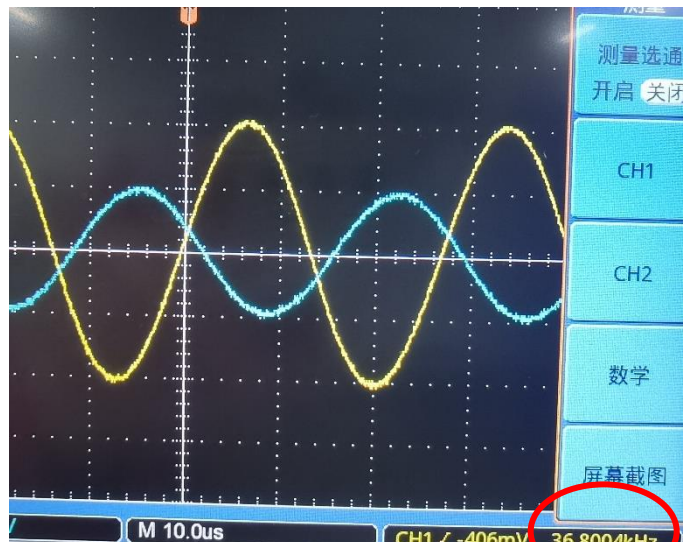
寻找最佳工作频率：

8. 继续调整输出频率的第 3 位，依次得出示波器波形照片如下

9. 可见 36.900KHz 时，接收端波形幅度最大，所以输出频率前 3 位暂定“36.9”

10. 同理，确定输出频率值的第 4 位与第 5 位，记录最佳工作频率（五位有效位数）

备注：（此操作为示例操作，每台仪器的具体数据会不同）



实验操作第二部分（驻波法和相位差法测量声速）

驻波法测量声速：

旋转手柄改变发射端与接收端间距，同时观察示波器显示的接收端信号，当信号幅度最大时，记录此间距。

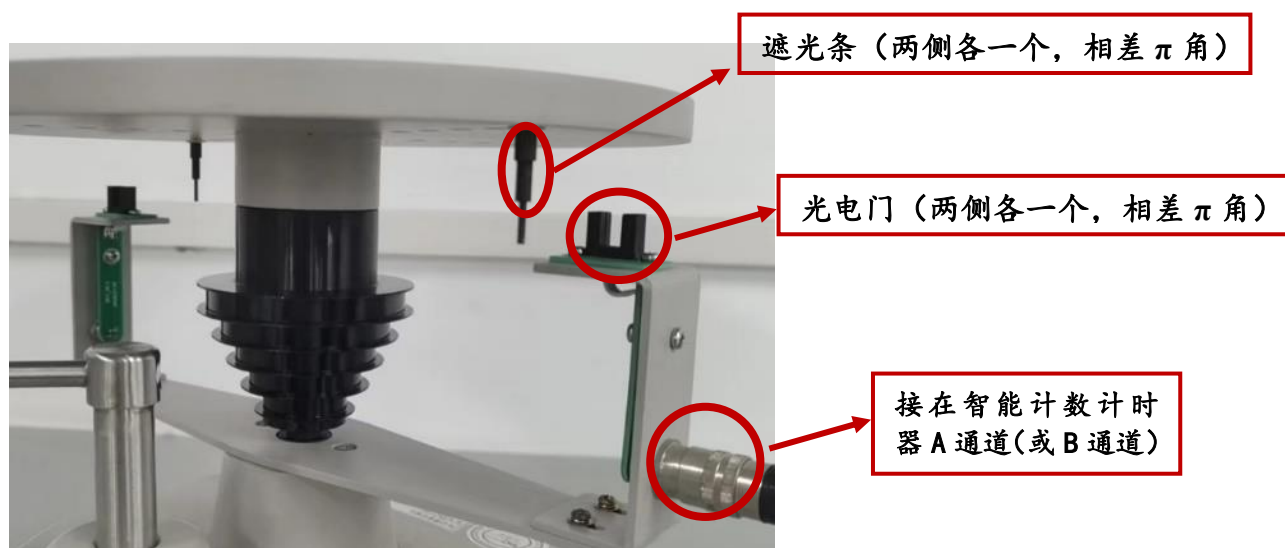
示波器显示格式：YT

相位差法测量声速：

旋转手柄改变发射端与接收端间距，同时观察示波器显示的李萨如图像信号，当信号为直线时，记录此间距。

示波器显示格式：XY

恒力矩法测量物体转动惯量操作指南



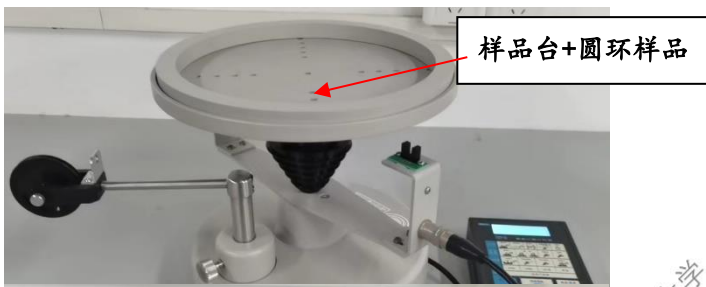
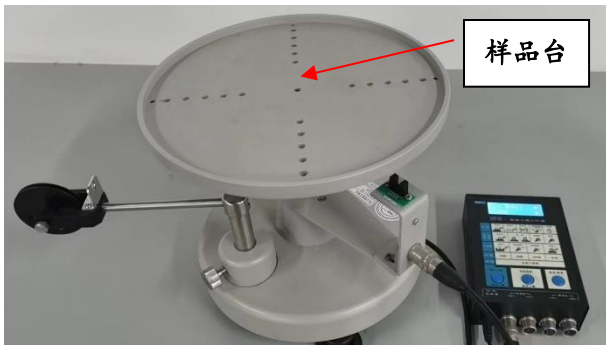
每转动半圈遮挡一次固定在底座上的光电门，即产生一个计数光电脉冲，计数器计下遮挡次数 k 和相应的时间 t



图 1 智能计数计时器使用操作示意图

实验操作第一部分（测量摩擦力矩作用下转动系统产生的角加速度）

✓ 测试以下三种情况在摩擦力矩作用下产生的角加速度



- 轻轻转动样品台（或样品台+样品），保证初速度很小
- 用智能计数计时器记录至少 10 组 t_k

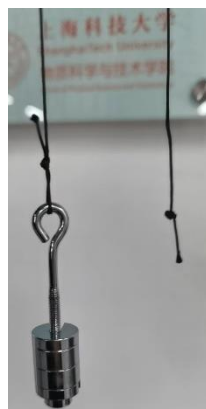
$$\beta = 2\pi \frac{k_n t_m - k_m t_n}{t_n^2 t_m - t_m^2 t_n}$$

实验操作第二部分

（测量摩擦力矩+拉力矩共同作用下转动系统产生的角加速度）

✓ 如何施加拉力矩

1 准备一根无弹性的长绳,1.2~1.5 米,一端打结,另一端固定砝码。

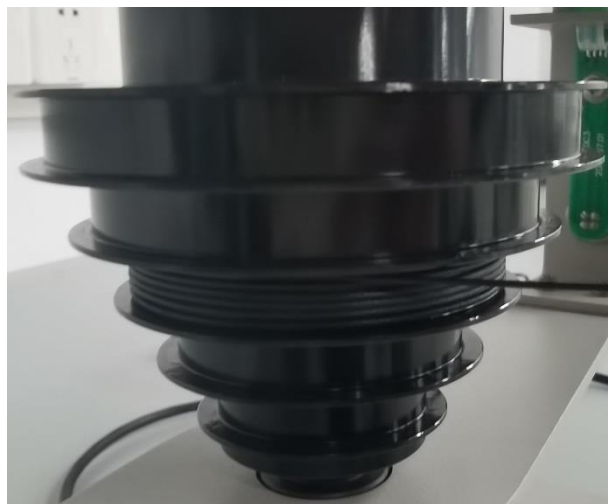


2 如右图所示,将长绳砝码端放置在滑轮上,将打结一端穿过校准圆孔。





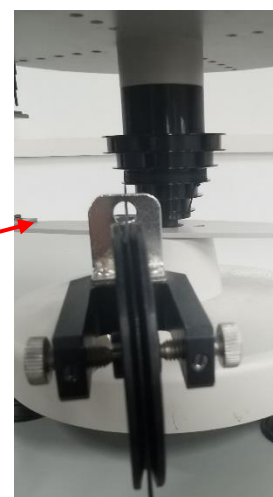
3 如上图所示，将绳结卡在轮槽隙缝下面，将长绳固定。



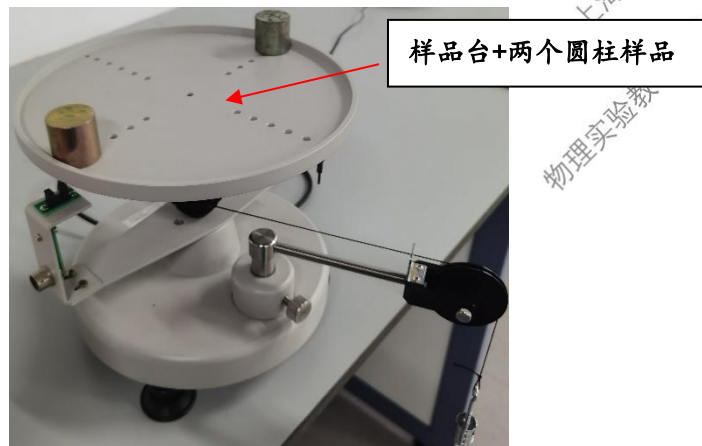
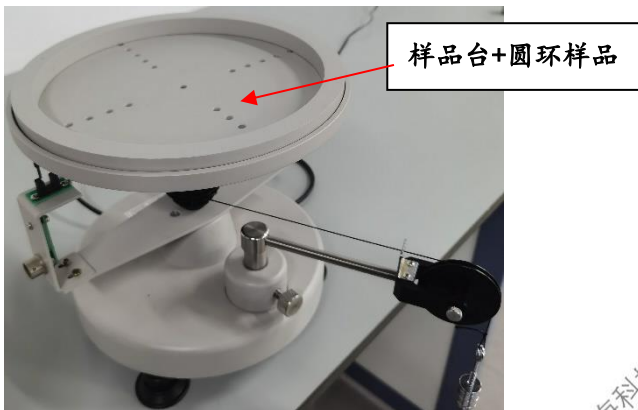
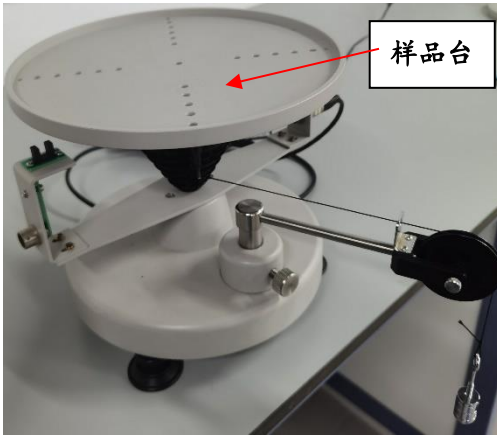
4 如上图所示，将长绳均匀密绕在轮槽上。

注意：

- 轮槽半径由小到大分别为 15, 20, 25, 30, 35mm,
- 选择合适的轮槽半径进行绕线,以保证计数大于 10 组且绕绳不重叠。
- 使用滑轮调节旋钮,使长绳从校准圆孔中心穿过,以保证拉力方向与转轴相切。



✓ 测试以下三种情况在摩擦力矩+拉力矩共同作用下产生的角加速度



- 初速度为零，松开样品台（或样品台+样品），
- 用智能计数计时器记录至少10组 t_k

$$\beta = 2\pi \left[\frac{k_n t_m - k_m t_n}{t_n^2 t_m - t_m^2 t_n} \right]$$

落球法测量液体粘滞系数操作指南

实验操作第一部分（温控操作）



图 1 开放式 PID 温控仪进出水连接示意图

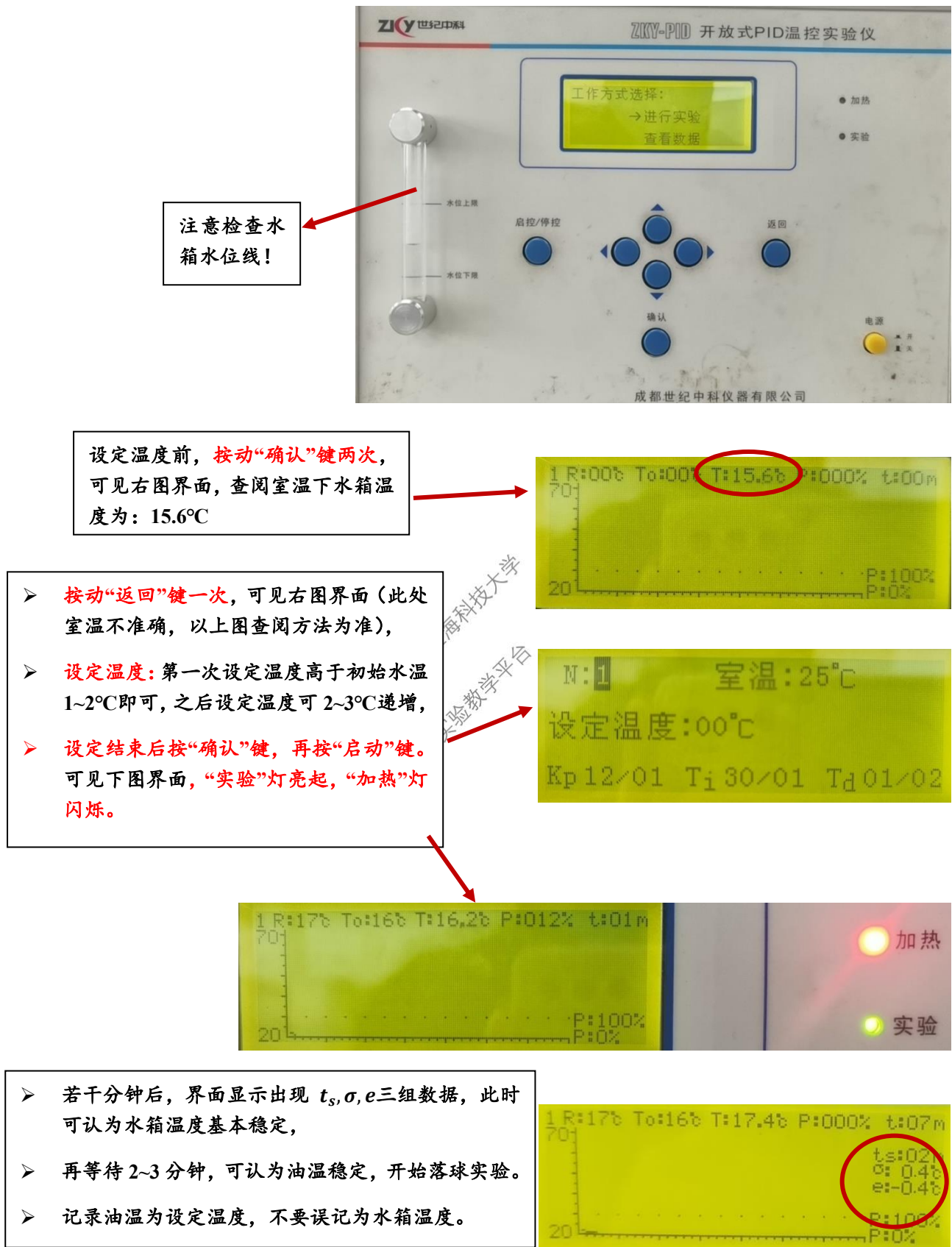
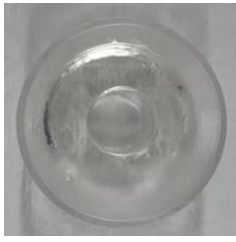
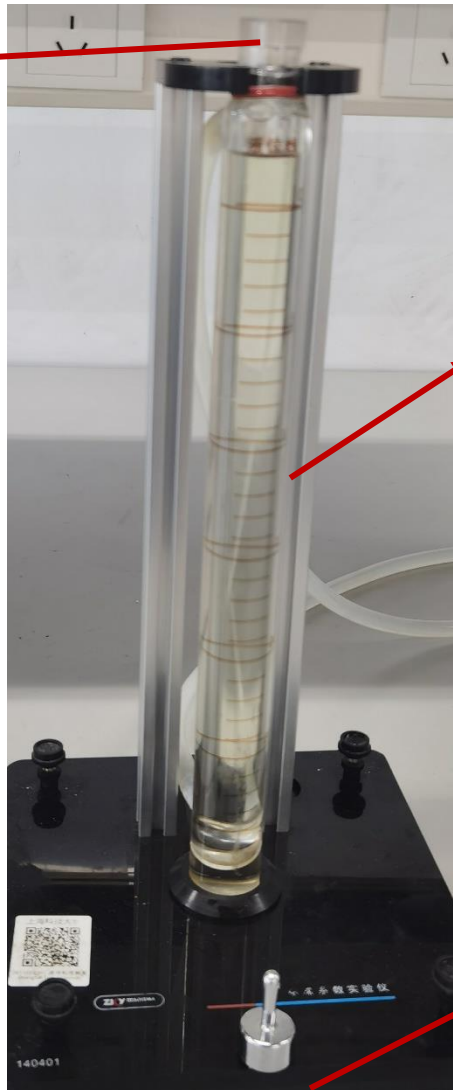


图2 开放式PID温控仪温控操作示意图

实验操作第二部分（测量设定温度下落球在液体中匀速运动的速度）



- 油管顶部放置圆孔塞，将小球从其中间圆孔投入，
- 记录小球经过路程 L 所用的时间 t ，
- 用磁铁沿管壁将小球吸出。



- 油管刻度的最小刻度为 1cm，
- 选择小球匀速下落的路程 L ，
- L 取 10.0cm~15.0cm, 选取油管中上部分。



实验所需小球通常吸附在磁铁上。

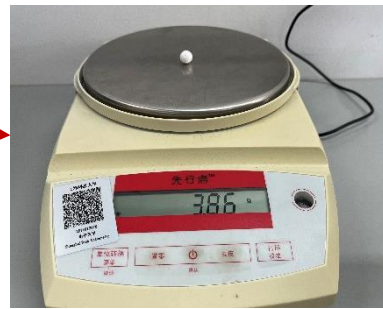
图 3 落球法测量液体粘滞系数仪器操作示意图

- 小球直径很小，这是为了模拟无限宽广的运动环境，实验中可将粗糙的擦手纸铺在工位上，以避免小球滚落丢失，
- 实验结束后务必要将小球用磁铁从油管吸出，
- 用手机秒表记录 t ，仪器误差取最小分度。

密度测量实验操作指南

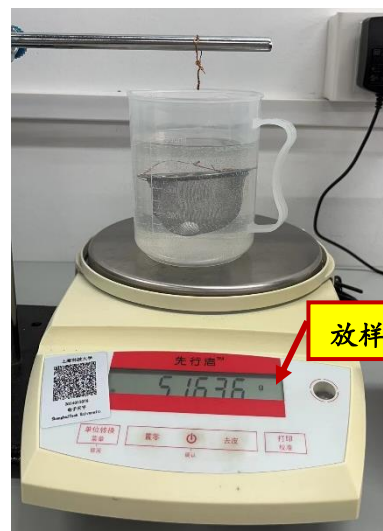
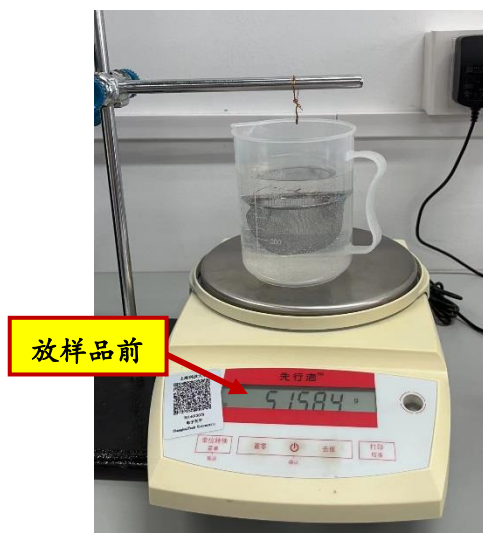
实验操作第一部分（密度测量方法一）

- 对电子天平调水平并称量样品在空气中的重量；
- 千分尺测量小球直径（各测6次），测量前记录零点偏差；
- 用得到的质量和体积计算小球密度。



实验操作第二部分（密度测量方法二）

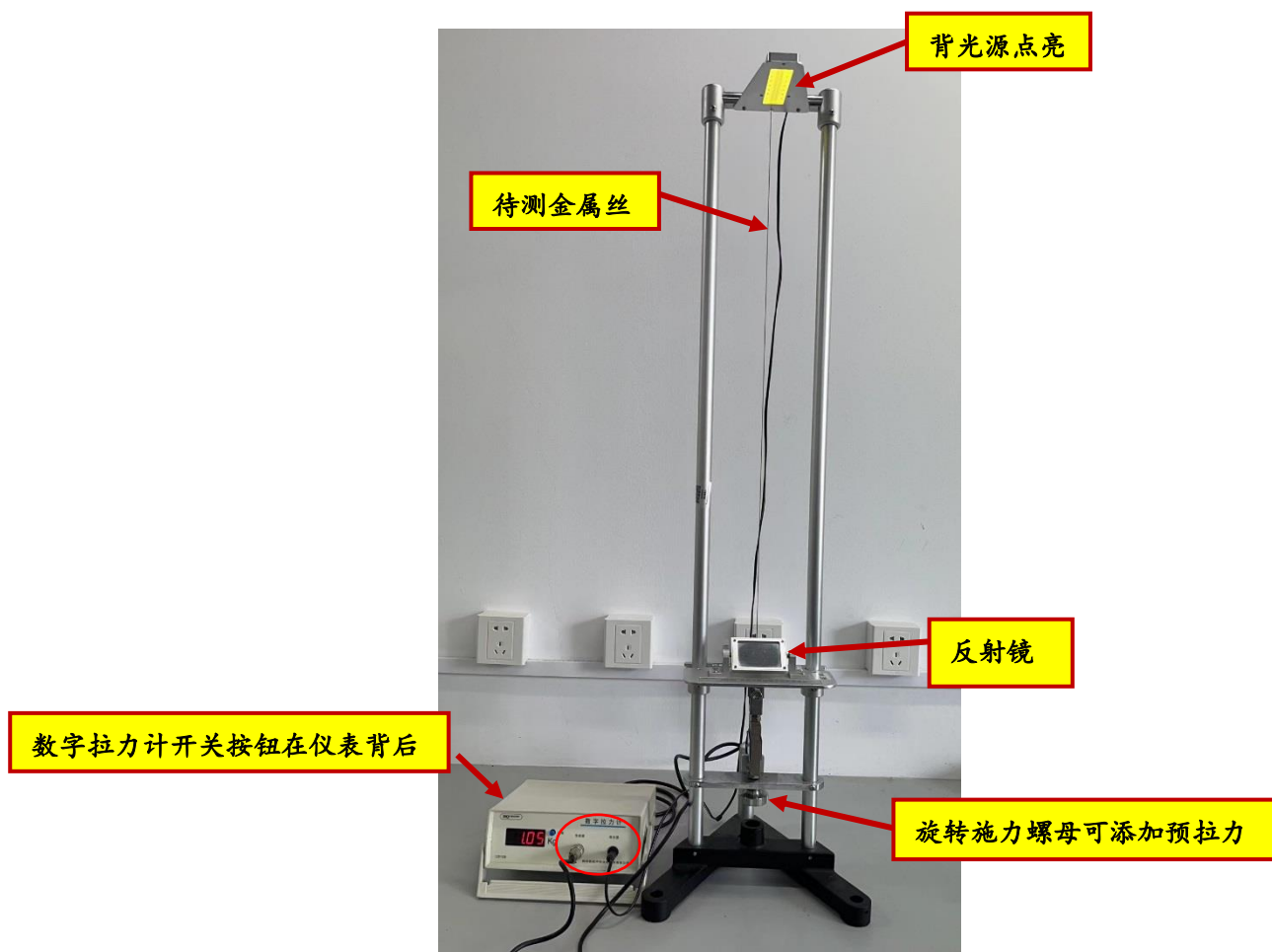
- 将悬挂在铁架台上的样品笼浸没在水中，分别记录加入样品前和后的电子天平读数（注意笼子需悬浮在水中，用镊子夹取样品）；
- 思考为什么放入样品前后的重量差为小球所受浮力；
- 由公式 $\rho_{\text{样品}} = [M_{\text{样品}} / (M_{\text{放样品后}} - M_{\text{放样品前}})] \rho_{\text{水}}$ 计算样品密度。



杨氏模量测量实验操作指南

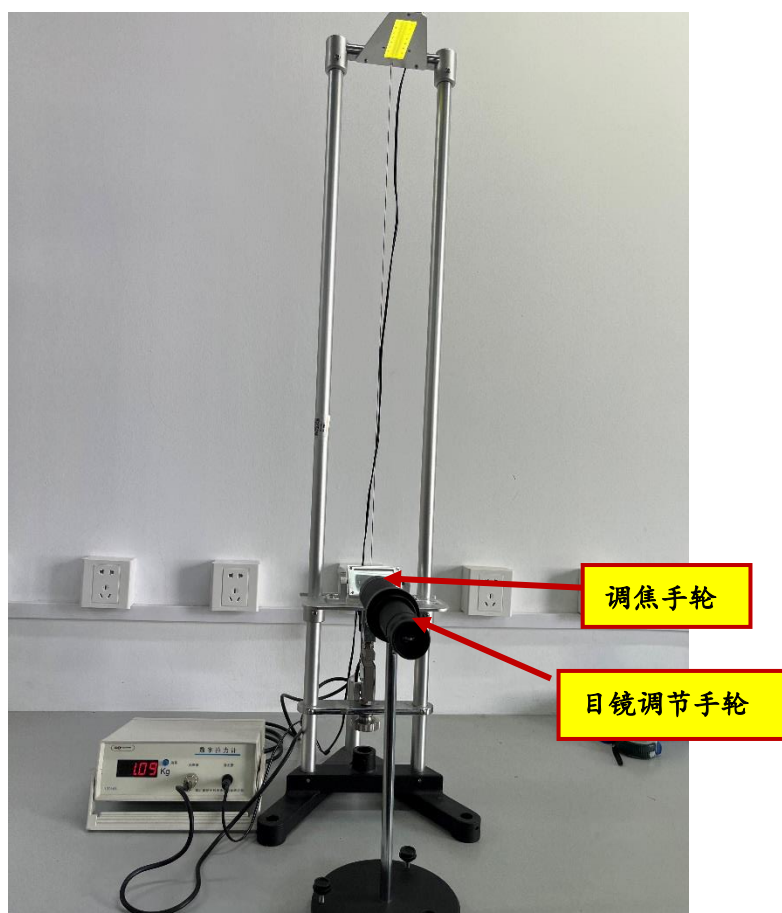
实验操作第一步：调节实验架

- 将拉力传感器信号线接入数字拉力计信号接口，用 DC 连接线连接数字拉力计电源输出孔和背光源电源插孔；
- 打开数字拉力计电源开关，预热 10min。背光源应被点亮，标尺刻度清晰可见；
- 旋转施力螺母，给金属丝施加一定的预拉力 m_0 (1.00-1.50kg)，将金属丝原本存在弯折的地方拉直。



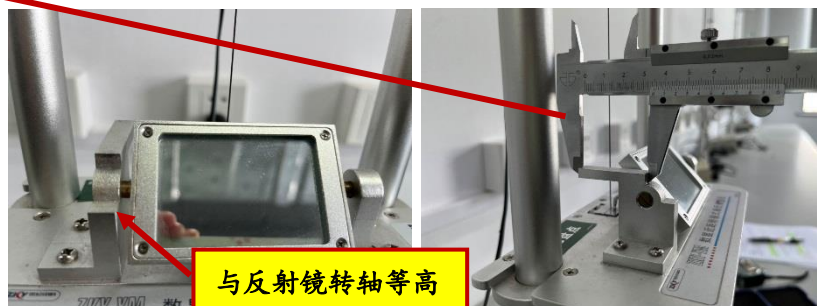
实验操作第二步：调节望远镜

- 调节望远镜与实验架平台的**前后、左右、上下**距离，使得反射镜转轴大致在镜筒中心线上，且从目镜中可以找到背光源发出的光；
- 调节目镜视度调节手轮，使得十字分划线清晰可见。调节调焦手轮，使得视野中标尺的像清晰可见；
- 调节支架螺钉（也可配合调节平面镜角度），使十字分划线横线与标尺刻度线平行，**并对齐 $\leq 2.0\text{cm}$ 的刻度线**（避免实验做到最后超出标尺量程）。水平移动支架，使十字分划线纵线对齐标尺中心。



实验操作第三步：数据测量

- 用钢卷尺测量金属丝的原长 L (起点为横梁上表面, 终点为平台板上表面);
- 用钢卷尺测量反射镜转轴到标尺的垂直距离 H (起点为标尺板上表面, 终点为反射镜转轴);
- 用游标卡尺测量光杠杆常数 D , 即水平卡座长度。
- 用螺旋测微器测量不同位置、不同方向的金属丝直径视值 (6 次), 注意测量前记下螺旋测微器的零差。



实验操作第四步：测量标尺刻度 x 与拉力 m （该过程不能再调整望远镜，并尽量保证实验桌不要有震动，以保证望远镜稳定）

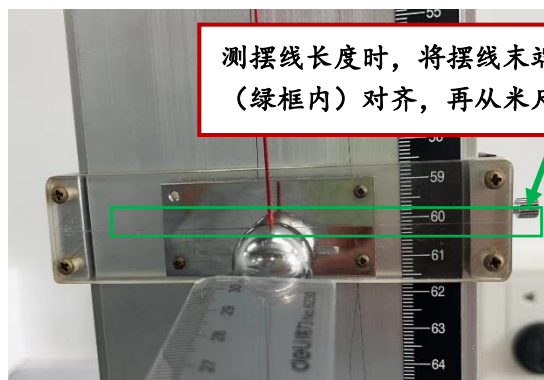
- 点击数字拉力计上的“清零”按钮，记录此时对齐十字分划线横线的刻度值；
- 缓慢旋转施力螺母加力，逐渐增加金属丝的拉力，每隔 $1.00 (\pm 0.01)$ kg 记录一次标尺的刻度 x_{i+} ，加力至 10.00 kg，数据记录后再加 0.5 kg 左右（不超过 1.0 kg，且不记录数据）；
- 反向旋转施力螺母至 10.00 kg 并记录数据，同样地，逐渐减小金属丝的拉力，每隔 $1.00 (\pm 0.01)$ kg 记录一次标尺的刻度 x_{i-} ，直到拉力为 $0.00 (\pm 0.01)$ kg（加力和减力过程中，螺母不能回旋）；
- 分别将逐渐加力和逐渐减力时的数据做线性拟合，根据公式求出金属丝的杨氏模量值；
- 实验完成后，切记旋松施力螺母，使金属丝自由伸长，并关闭数字拉力计。

上海科技大学
物理实验教学平台

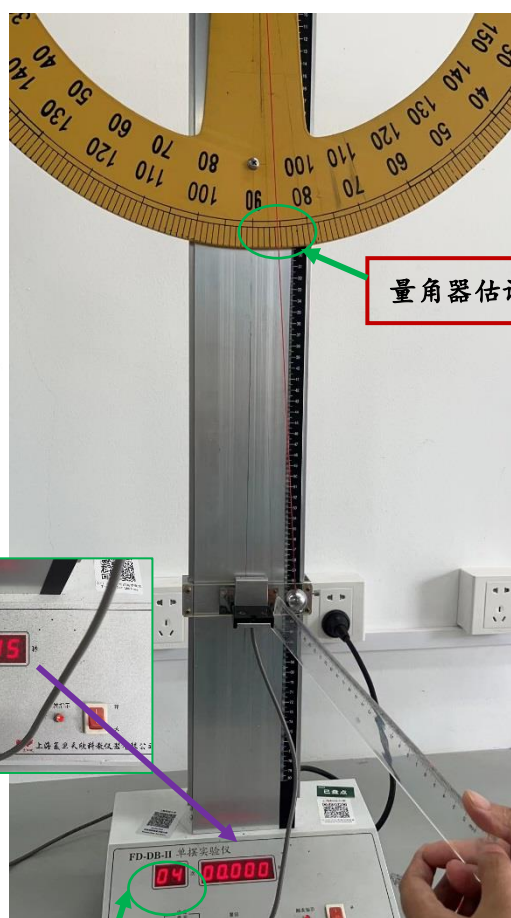
单摆周期测量实验操作指南

实验操作第一部分：验证摆角与周期之间的关系，求 g

- 1. 测量摆线长度 L_1 ，游标卡尺多次测量小球直径 L_2 ，对直径做不确定度分析；
- 2. 将小球拉开一段距离，从上方量角器上读出相应角度；
- 3. 放开小球，让小球在传感器所在铅垂面内摆动，由计时器测出摆动 2 个周期的时间；
- 4. 将小球拉回原位，重复步骤 (3) 共 5 次；
- 5. 取 6 个不同的角度，重复步骤 (3)、(4)；
- 6. 处理数据，做 $2T - \sin^2(\theta_m/2)$ 图，求出 g ，并与理论值相比较。



测摆线长度时，将摆线末端与白色基准线（绿框内）对齐，再从米尺上读出刻度。



量角器估读出角度

注意事项：

- 小磁钢有正反，若经过平衡位置时指示灯不亮，将磁钢换个面装上。

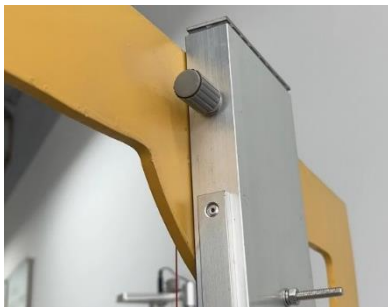


两个周期，设置 4 次

实验操作第二部分：验证摆长与周期之间的关系，求 g

- 1. 同样方法选定摆长长度；
- 2. 固定摆角，建议小于 5° ，测出单摆 $2T$ 的时间；
- 3. 同样方法测出 5 个不同摆长的周期；
- 4. 处理数据，做 T^2 与 L 的图，算出 g ，与理论值比较（注意最后 g 值有效位数的保留）。

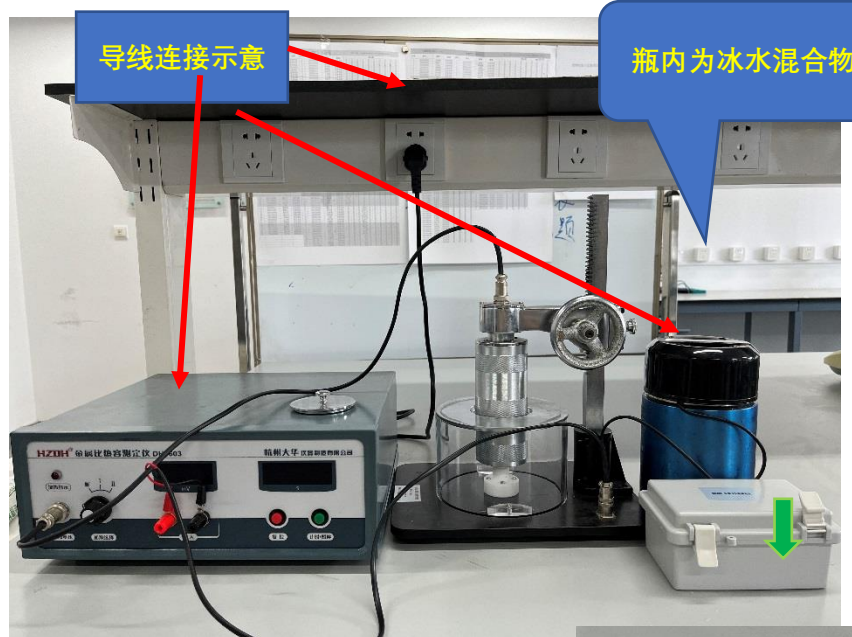
➤ 摆线长度调节旋钮在单摆仪背面



上海科技大学
物理实验教学平台

测定物体的比热容实验操作指南

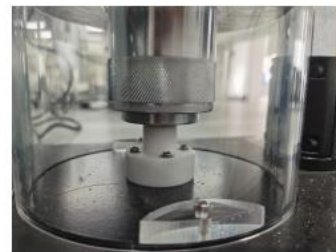
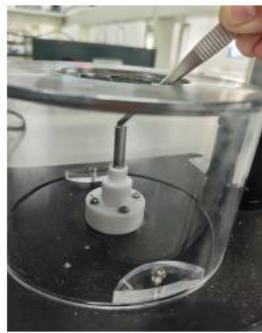
- 1. 连接导线，红色导线与电压表输入 (+) 连接，黑色导线与电压表输入 (-) 连接，冷端的导线直接放入冰水混合物中；
- 2. 连接电源，打开仪器背后开关使设备预热；
- 3. 打开样品盒，将各样品质量记录于实验记录表上；



- 4. 保温杯中装满冰水混合物。
- 5. 将冷端电偶插入冰水混合物中，↓盖好瓶盖。



- 6. 用镊子将样品放入加热室内，注意将样品底部小孔对准室底针头，旋下加热套筒。



- 7. 打开加热旋钮至 I 档，3-5 秒后调制 II 档开始加热样品，至电压表显示至 5.5mv 时停止加热。
- 8. 移去电烙铁并锁紧支架，盖上盖子，待电压下降至 4.37mv 时按“计时”，降至 4.18mv 时“暂停”，记录冷却时间（如示例中的 11.46s）。

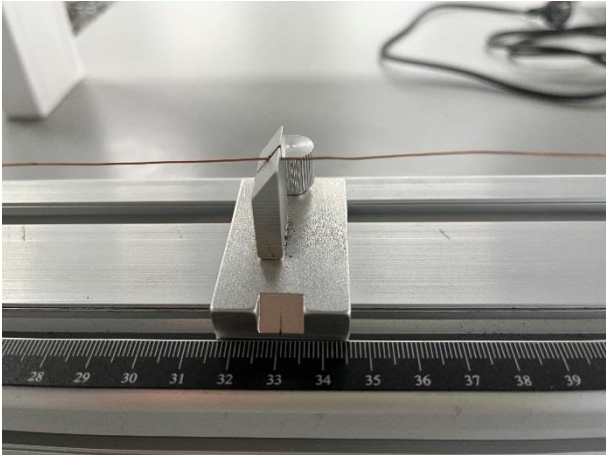


- 9. 重复上述过程，一种样品测量 5 次冷却时间，求冷却时间的平均值，并做不确定度分析（仪器误差为 0.01s）。
- 10. 根据实验数据和理论公式计算各样品的比热容值（注：C_{cu}=0.0940 cal/(g°C)）
- 11. 实验结束后，检查冰水混合物，确保冰没有完全融化。

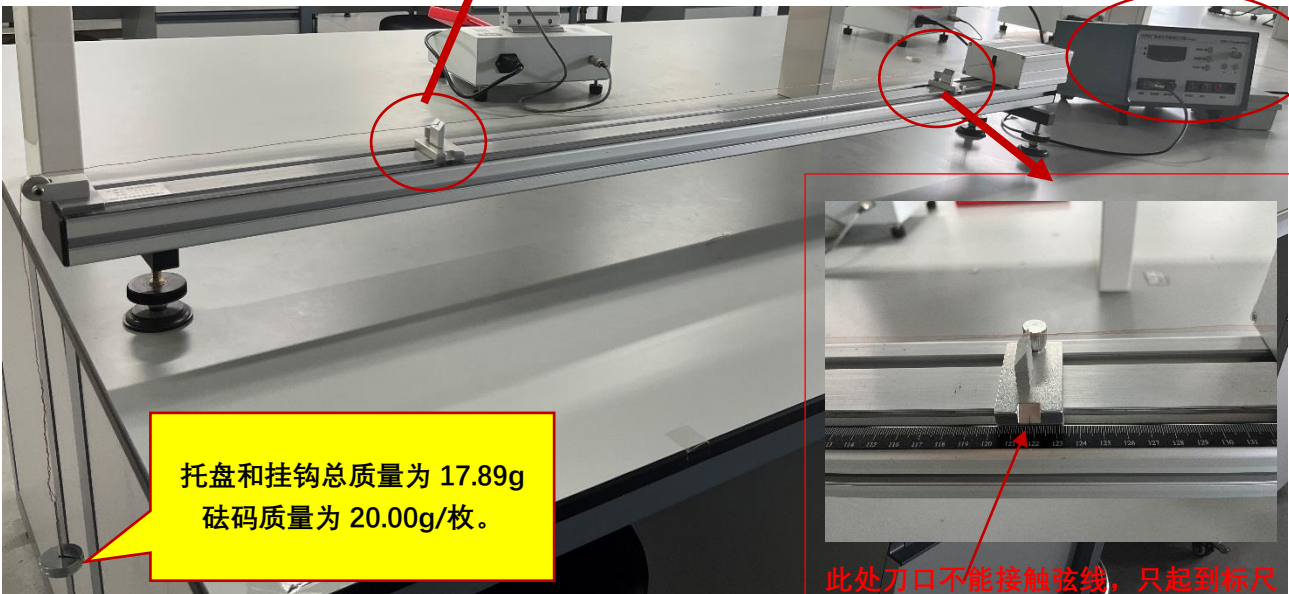
弦线上驻波实验操作指南

实验器材：振动力学通用信号源

(频率, 幅度, 信号放大建议选择 90-100);



刀口上有卡槽, 此处弦线需与卡槽接触

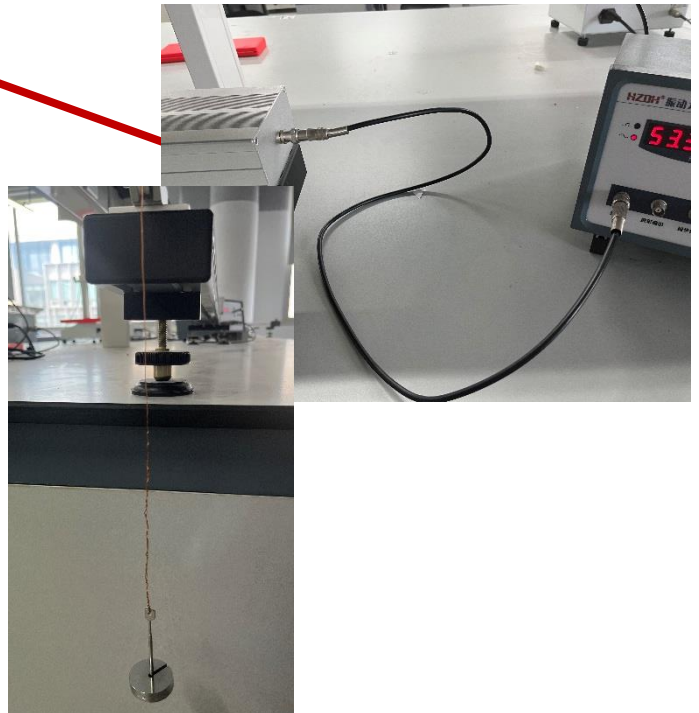


托盘和挂钩总质量为 17.89g
砝码质量为 20.00g/枚。

此处刀口不能接触弦线, 只起到标尺作用, 可从刻度线读出示数。

实验操作第一部分：验证横波波长与弦线张力的关系

- 1. 连好数据线, 打开振动源, 固定振动源频率 (如 53.3Hz)。
- 2. 在砝码盘上添加不同质量的砝码改变弦线张力, 建议 4 个砝码起步, 每次增加一个。
- 3. 移动带卡槽的刀口 (上图左), 直到能在弦线上看到明显的驻波现象 (俯视)。
- 4. 将不带卡槽的刀口 (上图右) 移动到驻波的某一波节处, 使两个刀口相距 n 个波节。
- 5. 可从实验平台上读出两个刀口的距离 L , 即可求出驻波波长。
- 6. 增加砝码个数, 改变张力, 做波长与张力的对数关系图, 求出斜率, 验证理论公式。



实验操作第二部分：验证横波波长与波源振动频率的关系

- 1. 固定砝码个数 (6 个左右), 改变振动源频率, 用上述方法求出驻波波长。
- 2. 做波长与频率的对数关系图, 求出斜率, 验证理论公式。