



温馨提示:

1. 请同学们将书包等个人物品放在后放桌子上! 水杯放脚下;
2. 预习报告按学号排好后提交; 
3. 早来闲来无事的同学将表画在实验报告第二页 **原始数据**处; 
4. 禁止拉动窗帘和手机充电;
5. 实验按序号坐, 以仪器编号为准; 6. 安排3-6人下课值日。

固体密度测量实验数据表格

螺旋测微计零点读数: mm

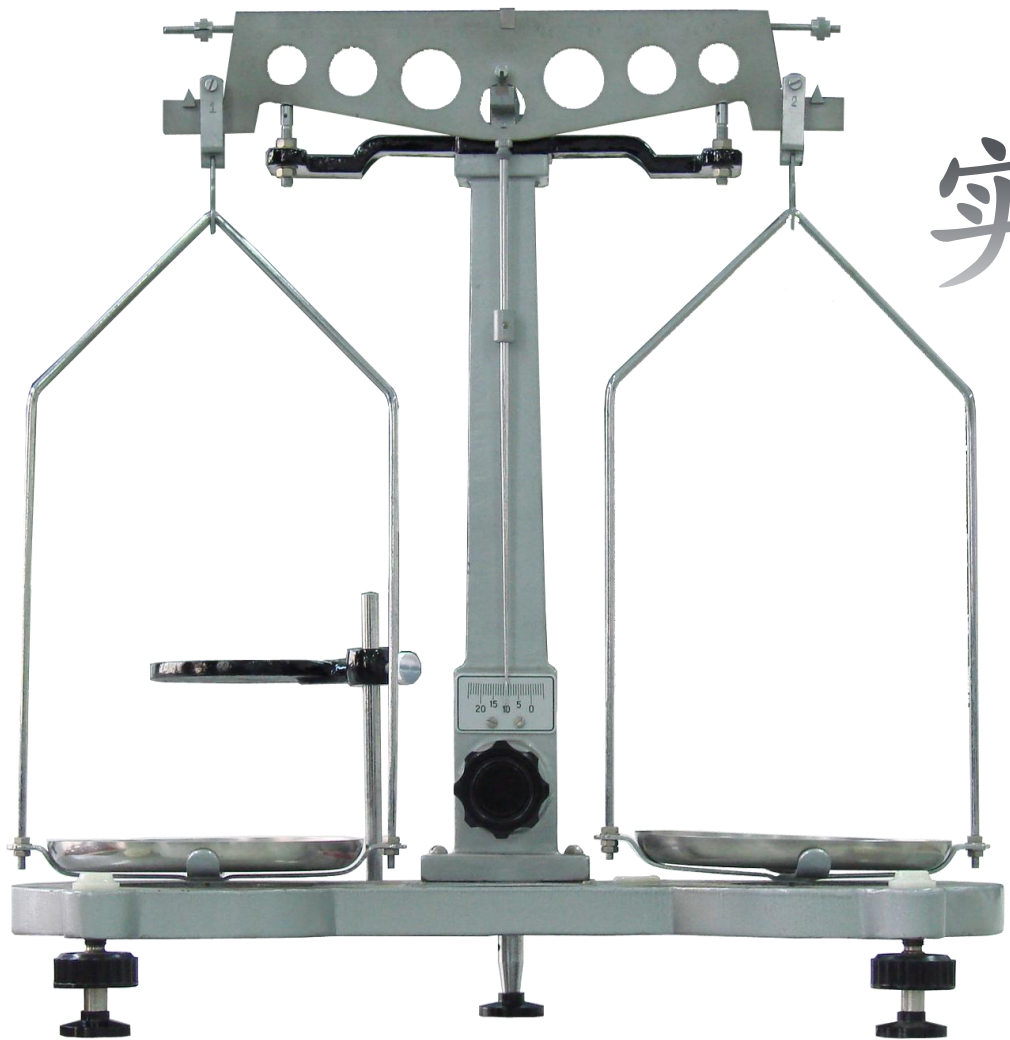
测量次数 待测物理量	1	2	3
直径d (mm)			
高度h (mm)			
质量 $m_{左}$ (g)			
质量 $m_{右}$ (g)			
质量m (g)			



烟台大学
YANTAI UNIVERSITY

大学物理实验

实验一：固体密度的测量





一

实验背景

二

实验目的

三

实验原理

四

实验内容和步骤

五

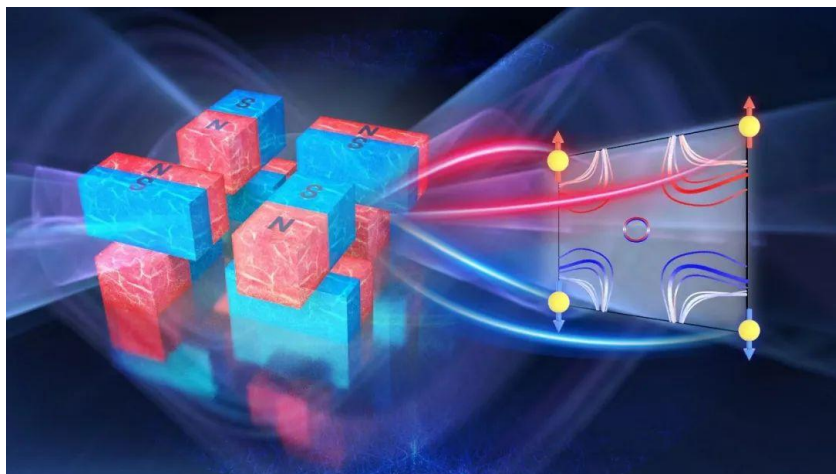
数据处理

一、实验背景



烟台大学
YANTAI UNIVERSITY

大学物理实验



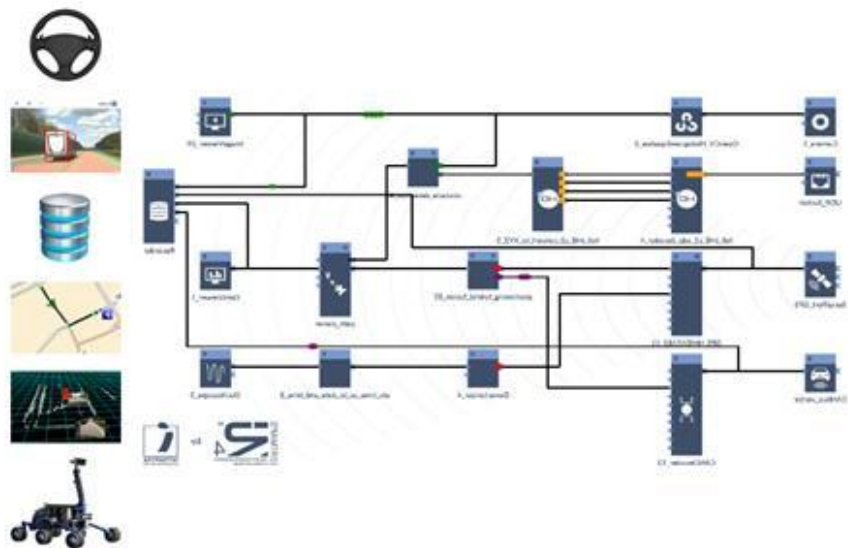
确定新型材料密度



便携式密度测量仪器



药品密度检测确保质量



高精度传感器
和算法

二、实验目的



烟台大学
YANTAI UNIVERSITY

大学物理实验

1. 学习正确使用天平、游标卡尺、螺旋测微器；
2. 掌握测定固体密度的方法；
3. 学习消除系统误差的一种方法——交换法。

若某一物体的体积为 V ，质量为 m ，则其密度 ρ 可表示为

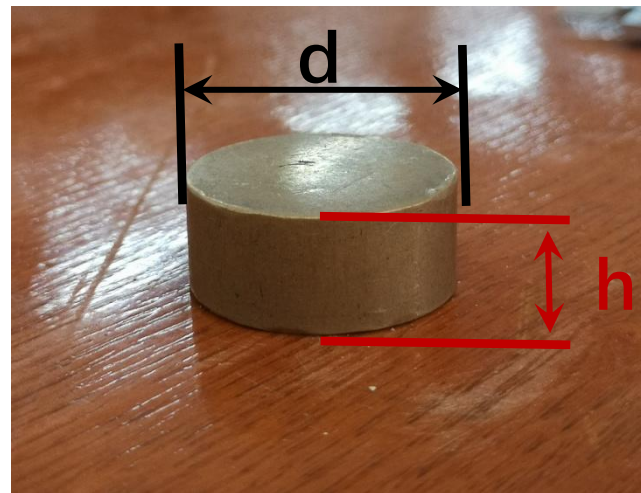
$$\rho = \frac{m}{V}$$

实验待测物体为一黄铜圆柱体

圆柱体的体积: $V = Sh = \pi r^2 h = \frac{1}{4} \pi d^2 h$

黄铜体的密度:

$$\rho = \frac{4m}{\pi \cdot d^2 h}$$



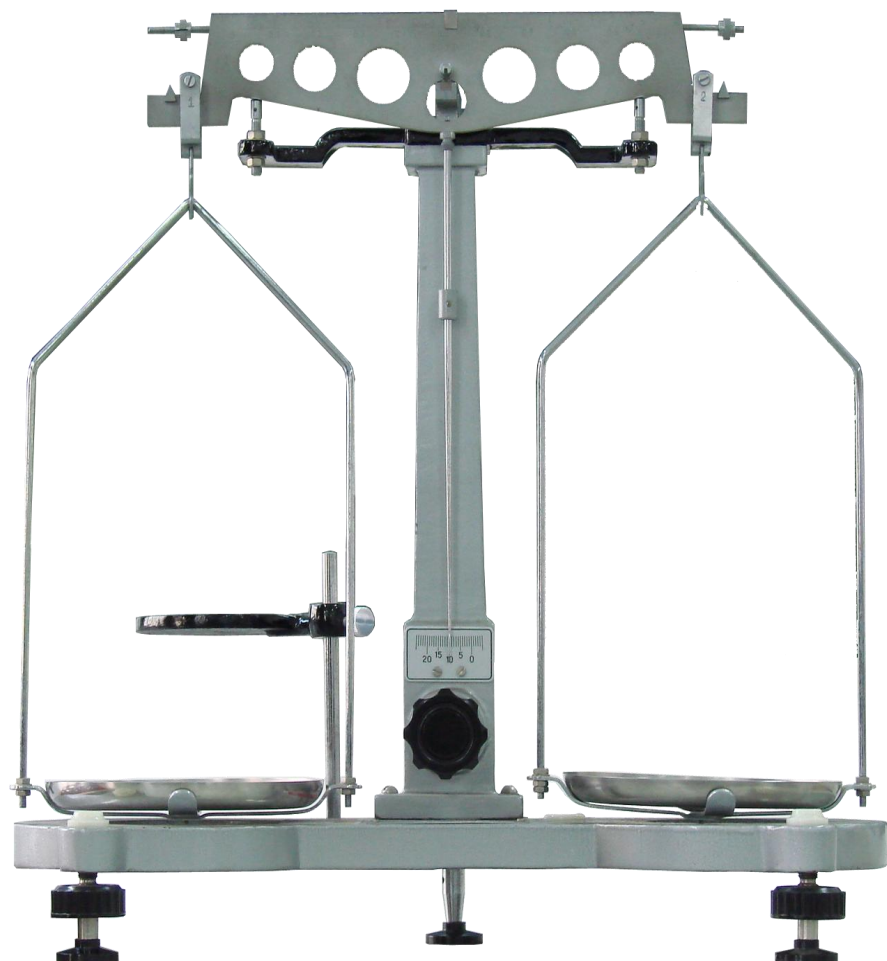
四、实验内容和步骤



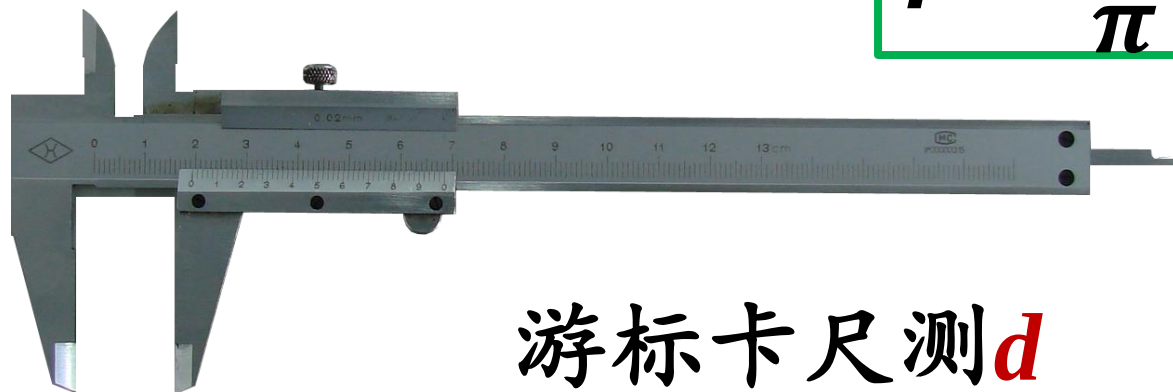
烟台大学
YANTAI UNIVERSITY

大学物理实验

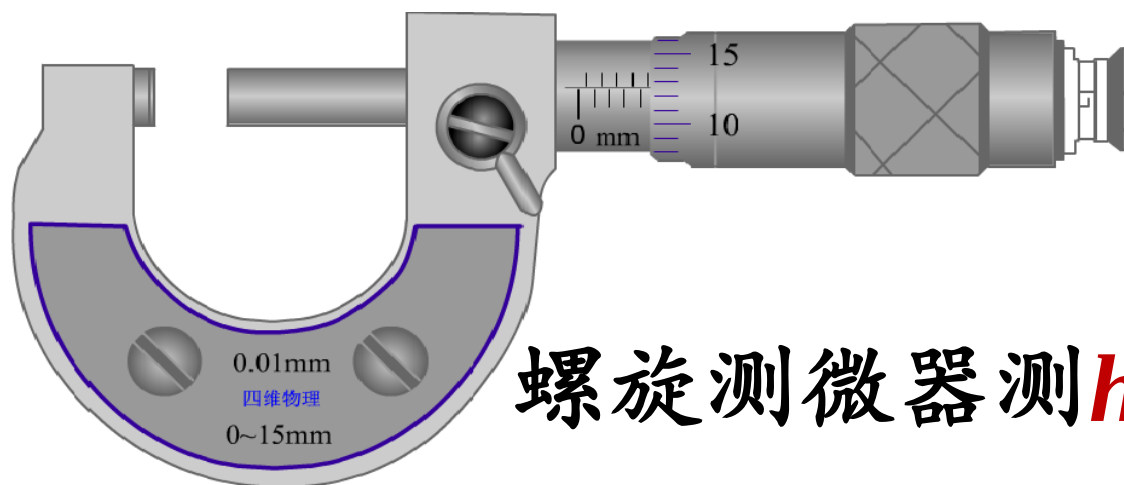
$$\rho = \frac{4m}{\pi \cdot d^2 h}$$



物理天平测 m



游标卡尺测 d



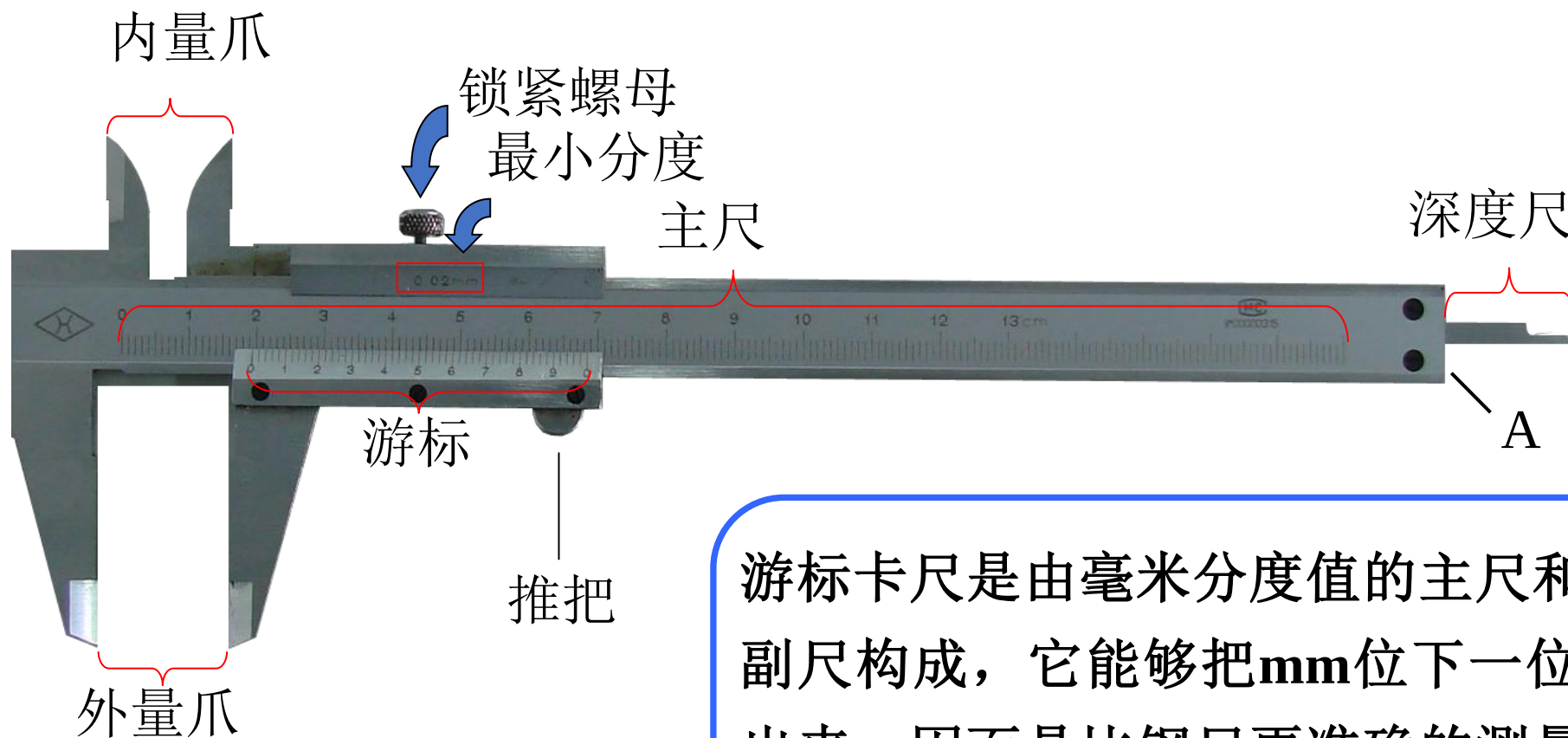
螺旋测微器测 h

四、实验内容和步骤



烟台大学
YANTAI UNIVERSITY

大学物理实验



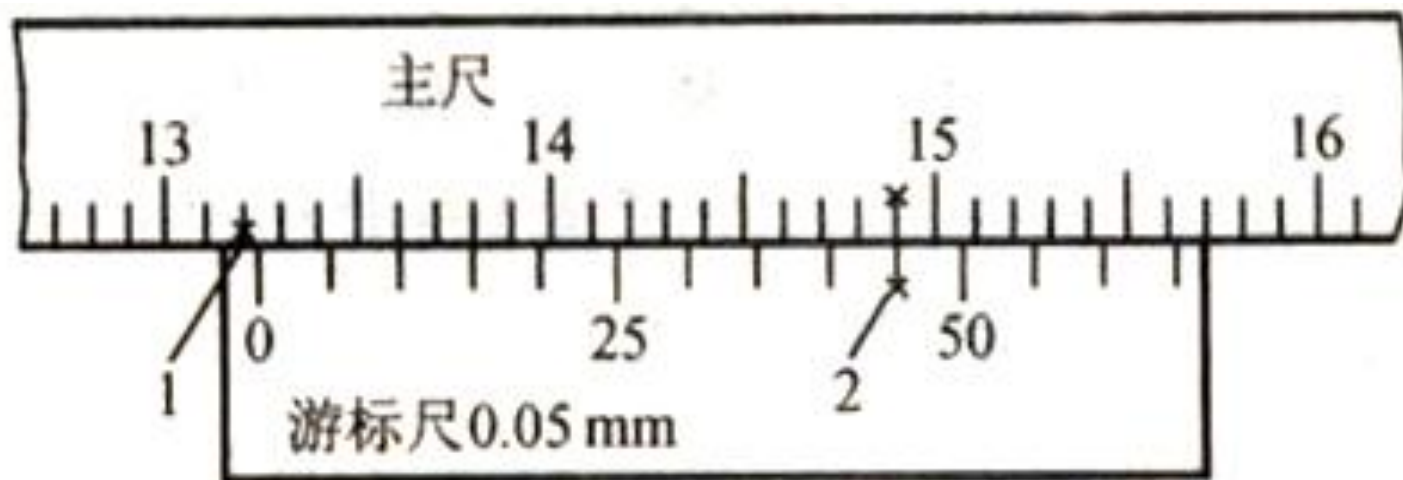
游标卡尺是由毫米分度值的主尺和一段能滑动的游标副尺构成，它能够把mm位下一位的读数较准确地读出来，因而是比钢尺更准确的测量仪器。游标卡尺可以用来测量长度、孔深及圆筒的内径、外径等几何量。

四、实验内容和步骤



烟台大学
YANTAI UNIVERSITY

大学物理实验



1—代表整数； 2—代表小数

整数值：游标尺的“0”线是读毫米的基准，主尺上接近游标“0”线左边最近的那根刻线的数字就是主尺的毫米值。

小数值：游标尺上哪一根线与主尺上的刻线对齐，将该线的序号乘游标分度值（也可在游标尺上直接读出）

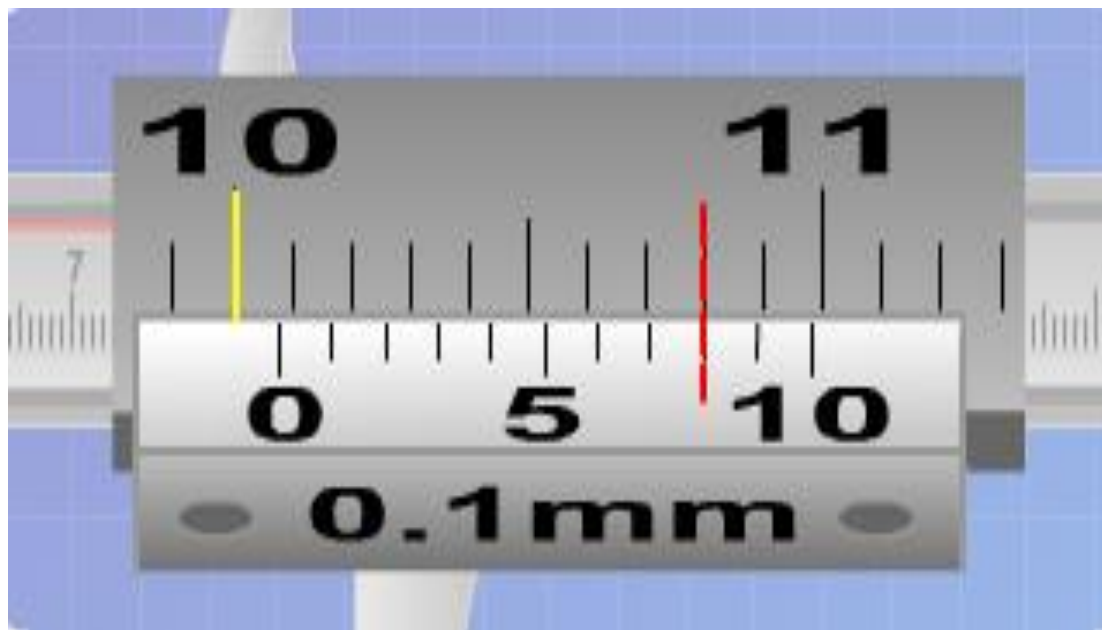
$$132 \text{ mm} + 0.05 \text{ mm} \times 9 = 132.45 \text{ mm}$$

四、实验内容和步骤

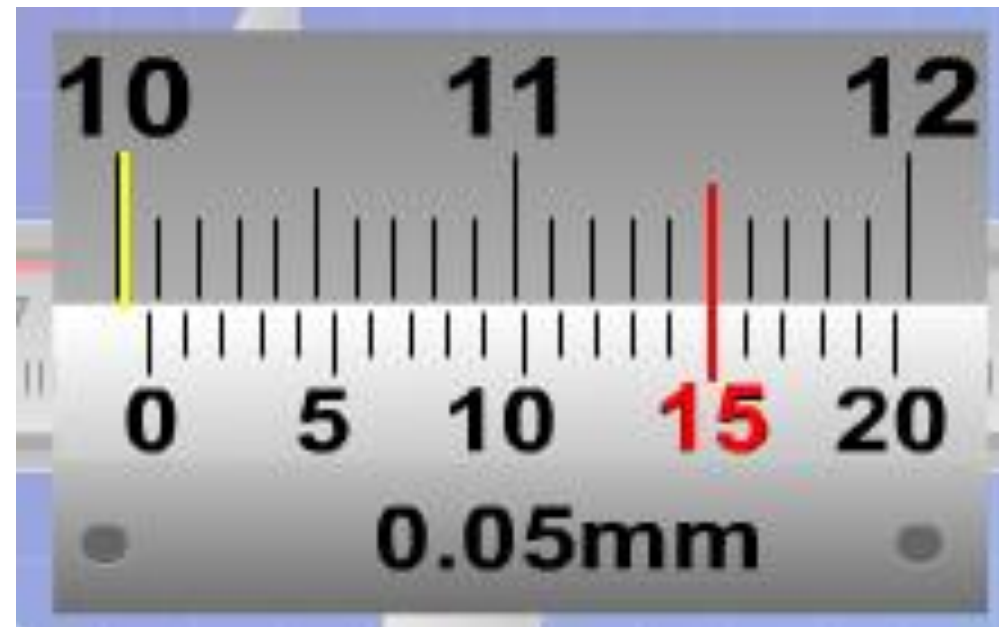


烟台大学
YANTAI UNIVERSITY

大学物理实验



$$100\text{mm} + 8 \times 0.1\text{mm} = 100.8\text{mm}$$



$$100\text{mm} + 15 \times 0.05\text{mm} = 100.75\text{mm}$$

【注意】：游标卡尺不估读

① 用游标卡尺测量铜块的直径d

转动一次测上部 d_1 、转动一次测中部 d_2 、转动一次测下部 d_3



$$\rho = \frac{4m}{\pi \cdot d^2 h}$$

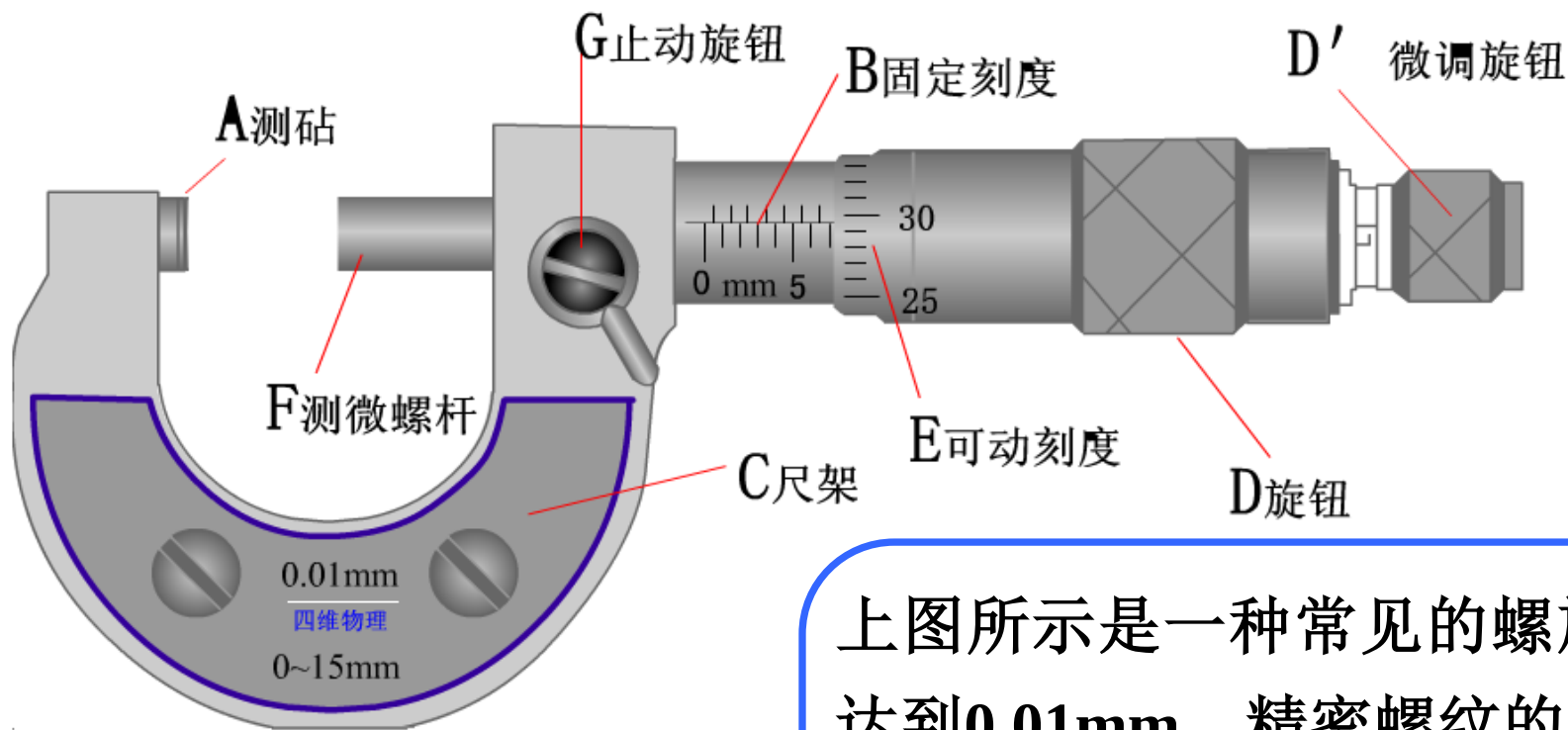
【注意】：将铜块放置桌面水平测量

四、实验内容和步骤



烟台大学
YANTAI UNIVERSITY

大学物理实验



螺旋测微计又称千分尺，
是一种测量长度的仪器。

上图所示是一种常见的螺旋测微计，它的测量精度可以达到 0.01mm ，精密螺纹的螺距为 0.5mm 。即D每旋转一周，F前进或后退 0.5mm ，可动刻度E上的刻度为50等分，每个刻度为 0.01mm ，所以螺旋测微器可准确到 0.01mm 。由于还能再估读一位，可读到毫米的千分位。

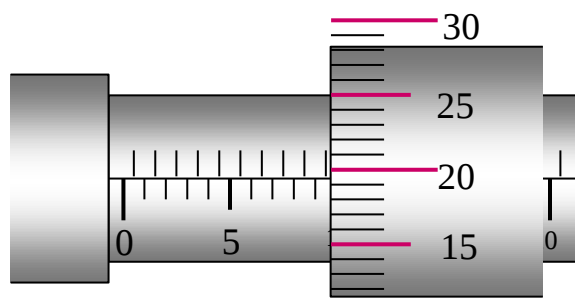
四、实验内容和步骤



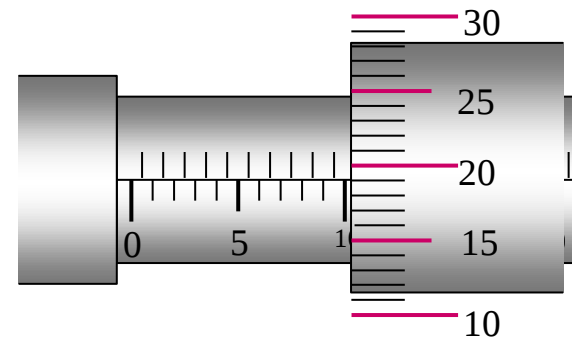
烟台大学
YANTAI UNIVERSITY

大学物理实验

读数=固定刻度(整mm含0.5mm) + 可动刻度(不足0.5mm)



$$9.5 \text{ mm} + 0.19 \text{ mm} + 0.004 \text{ mm} = 9.694 \text{ mm}$$



$$10 \text{ mm} + 0.19 \text{ mm} + 0.000 \text{ mm} = 10.190 \text{ mm}$$

【注意】：螺旋测微计必须估读！（读到千分之一毫米）

四、实验内容和步骤



烟台大学
YANTAI UNIVERSITY

大学物理实验

② 螺旋测微器测不同的位置铜块的高度 h ，共测3次

1. 转动止动旋钮，解除锁定；
2. 使用前，判断零误差；
3. 转动粗调旋钮，开口略大于待测物；
4. 慢速转动微调旋钮，直到听到“喀喀”的声音；
5. 锁定读数。

$$\rho = \frac{4m}{\pi \cdot d^2 h}$$

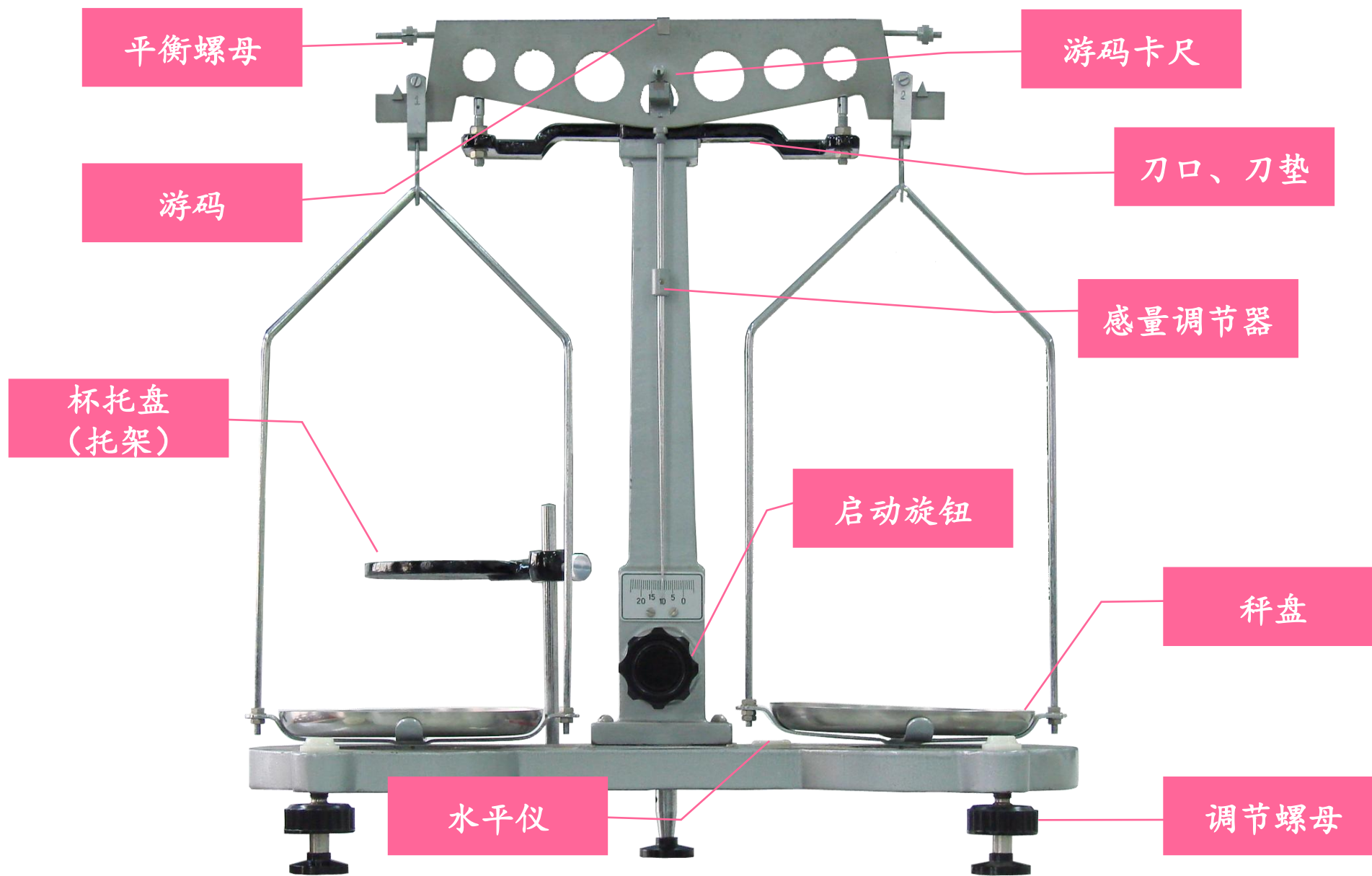


四、实验内容和步骤



烟台大学
YANTAI UNIVERSITY

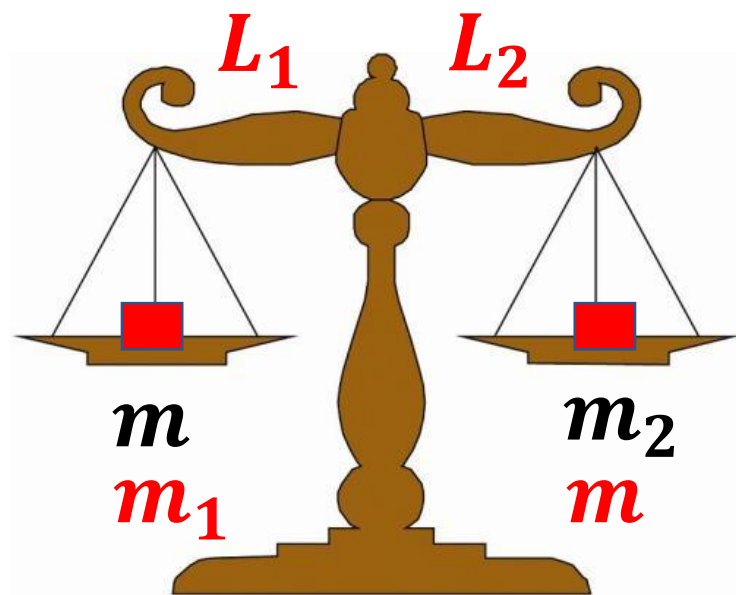
大学物理实验



③ 使用天平测出铜块的质量 m

如何解决天平不等臂的系统误差问题？

交换法



力矩: $mg \times L_1 = m_2g \times L_2$

力矩: $m_1g \times L_1 = mg \times L_2$

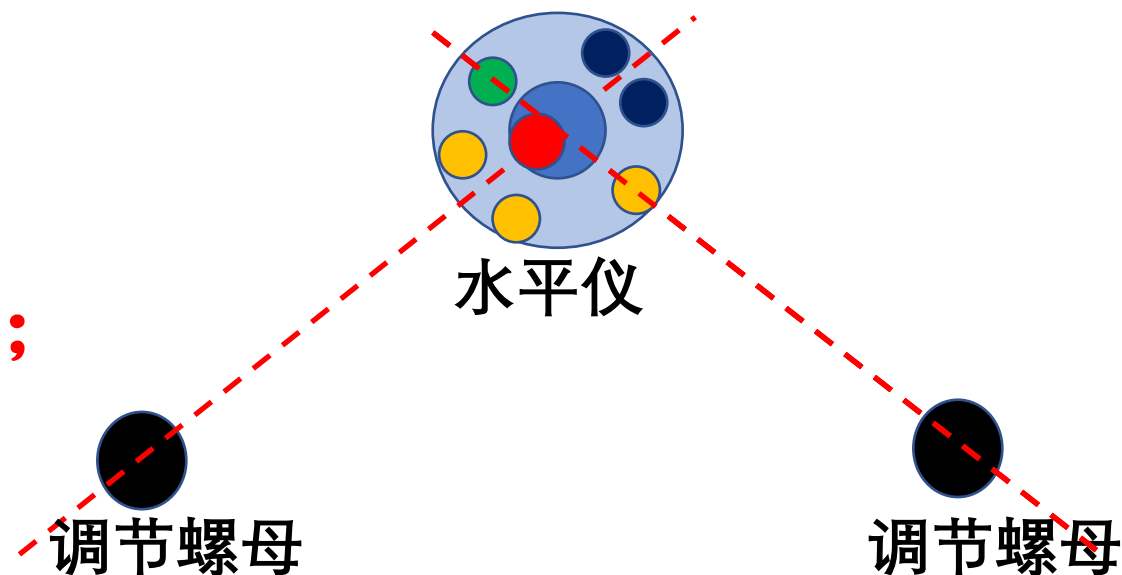
$$m = \sqrt{m_1 \cdot m_2}$$

③ 使用天平测出铜块的质量 m

■ 天平的调整步骤：

(1) 底板水平调节，调整底座上面的水平仪，让气泡停留在水平仪正中间。

- a. 顺时针升高，逆时针降低；
- b. 在谁的连线上就调节那个螺母；
- c. 气泡在哪边，哪边就高。



③ 使用天平测出铜块的质量 m

■ 天平横梁平衡：

- ✓ 检查横梁是否由立柱支撑；
- ✓ 检查托盘是否挂在横梁上；
- ✓ 检查游码拨到左侧零刻线处；（用镊子拨游码）
- ✓ 正对刻度盘坐着看指针应该指到标尺中央10 的位置。

③ 使用天平测出铜块的质量 m

■ 调零：

- (1) 旋转起动旋钮，使横梁脱离立柱，观察读数指针是否指在中央10刻度上。
- (2) 通过调整横梁两侧的平衡螺母，使指针指在10刻度上。
- (3) 反复调整直至平衡。

③ 使用天平测出铜块的质量 m

■ 交换法称重：

用物理天平，左右称量出圆柱体的质量 $m_{\text{左}}$ 、 $m_{\text{右}}$ 各测3次

（左一次、右一次）（左一次、右一次）、（左一次、右一次）

【注意】：1-8号同学从80 g 开始加砝码，其余同学从60 g 开始加砝码；

左盘=右盘+游码

游码读数以左边为准，游码宽度占0.05的2/3



【实验注意事项】

1. 注意严禁用手拿砝码，取放砝码必须用镊子；移动游码必须用镊子。
2. 这里需要强调的是：取放物体；加减砝码；移动游码；平衡后读数；都必须将横梁放下，横梁要卡到两个立柱上，只有观察天平是否平衡时才能将横梁升起，不允许在横梁升起时加减砝码、移动游码、取放物体、读数以防止天平受到大的震动损伤刀口。
3. 整个操作过程要求天平横梁轻轻升起来就要在立柱的正上方，落下来就要卡到立柱上，横梁歪了、偏了都说明操作不规范。

■ 先处理直接测量量

(1) 求各个直接测量量的平均值

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$
$$\bar{d} = \frac{1}{3} (d_1 + d_2 + d_3)$$
$$\bar{h} = \frac{1}{3} (h_1 + h_2 + h_3)$$
$$\bar{m} = \frac{1}{3} (m_1 + m_2 + m_3)$$

(2) 求各个直接测量量的平均绝对误差

$$\Delta \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|$$
$$\Delta \bar{d} = \frac{1}{3} (|d_1 - \bar{d}| + |d_2 - \bar{d}| + |d_3 - \bar{d}|)$$
$$\Delta \bar{h} = \frac{1}{3} (|h_1 - \bar{h}| + |h_2 - \bar{h}| + |h_3 - \bar{h}|)$$
$$\Delta \bar{m} = \frac{1}{3} (|m_1 - \bar{m}| + |m_2 - \bar{m}| + |m_3 - \bar{m}|)$$

(3) 确定各直接测量量的仪器误差

$$\Delta d_{\text{仪}} = 0.02 \text{ mm}$$

$$\Delta h_{\text{仪}} = 0.005 \text{ mm}$$

$$\Delta m_{\text{仪}} = 0.05 \text{ g}$$

(4) 直接测量最终误差

$$\Delta d = \Delta \bar{d} + \Delta d_{\text{仪}},$$

$$\Delta h = \Delta \bar{h} + \Delta h_{\text{仪}},$$

$$\Delta m = \Delta \bar{m} + \Delta m_{\text{仪}}$$

■ 处理间接测量量

- (1) 求间接测量量的平均值 $\bar{\rho} = \frac{4\bar{m}}{\pi\bar{d}^2\bar{h}} = \text{代数} = ?$
- (2) 求间接测量量的相对误差 $\frac{\Delta\rho}{\bar{\rho}} = \frac{\Delta m}{\bar{m}} + 2\frac{\Delta d}{\bar{d}} + \frac{\Delta h}{\bar{h}} = ?$
- (3) 求间接测量量的最终误差 $\Delta\rho$
- (4) 间接测量量的最终结果表达 $\rho = (\bar{\rho} \pm \Delta\rho)$

结果表达的要求:

- ① $\Delta\rho$ 只保留一位有效数字, 只进不舍
- ② $\bar{\rho}$ 与 $\Delta\rho$ 位数对齐
- ③ 带上合适的单位

详细推导过程可网上
搜“豆包”、KMI、
deepseek等AI拍照此
页PPT, 搜索“相对误
差公式推导过程”等方
式自学查找

讲义思考题1:

如何测小玻璃球的密度？要写出操作步骤！

(把小球的密度用质量和水的密度表示出来)

1. 用游标卡尺测量铜块的直径 d ，上、中、下三个部位共测3次。(注意将铜块放置桌面**水平测量**)
2. 用螺旋测微器测出铜块的高度 h ，共测3次，每次应选择不同的位置进行测量。
3. 使用天平测出铜块的质量 m

■ 天平的调整步骤：

(1) 底板水平调节，调整底座上面的水平仪，让气泡停留在水平仪正中间。

■ 天平横梁平衡：

- ✓ 检查横梁是否由立柱支撑；
- ✓ 检查托盘是否挂在横梁上；
- ✓ 检查游码拨到左侧零刻线处；（用镊子拨游码）
- ✓ 正对刻度盘坐着看指针应该指到标尺中央10的位置。

■ 交换法称重：

用物理天平，左右称量出圆柱体的质量 $m_{\text{左}}$ 、 $m_{\text{右}}$ 各测3次

（左一次、右一次）（左一次、右一次）、（左一次、右一次）

【注意】：测量前后应进行零点校正，即以后要从测量读数中减去零点读数。零点读数时顺刻度序列记为正值，反之为负值。

【注意】：靠窗户的同学从80 g开始加砝码，其余同学从60 g开始加砝码；

左盘=右盘+游码