

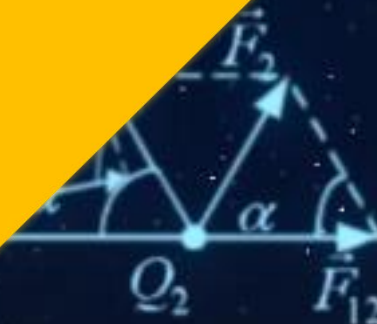


广西师范大学  
GUANGXI NORMAL UNIVERSITY

大学物理实验(I)

# 密度的测量

▶ 授课老师 - 周厚兵





# 实验目的

1

掌握游标卡尺、螺旋测微计的测量和读数方法

2

掌握物理天平的使用方法

3

掌握测量固体密度的基本方法

4

掌握有效数字和误差的概念及计算方法



# 实验原理

若一个物体的质量为  $M$ ，体积为  $V$ ，则物体的密度：

$$\rho = \frac{M}{V} \quad \text{—— (1)}$$

圆柱体的体积：

$$V = S * h = \pi r^2 * h = \pi \left(\frac{d}{2}\right)^2 h$$

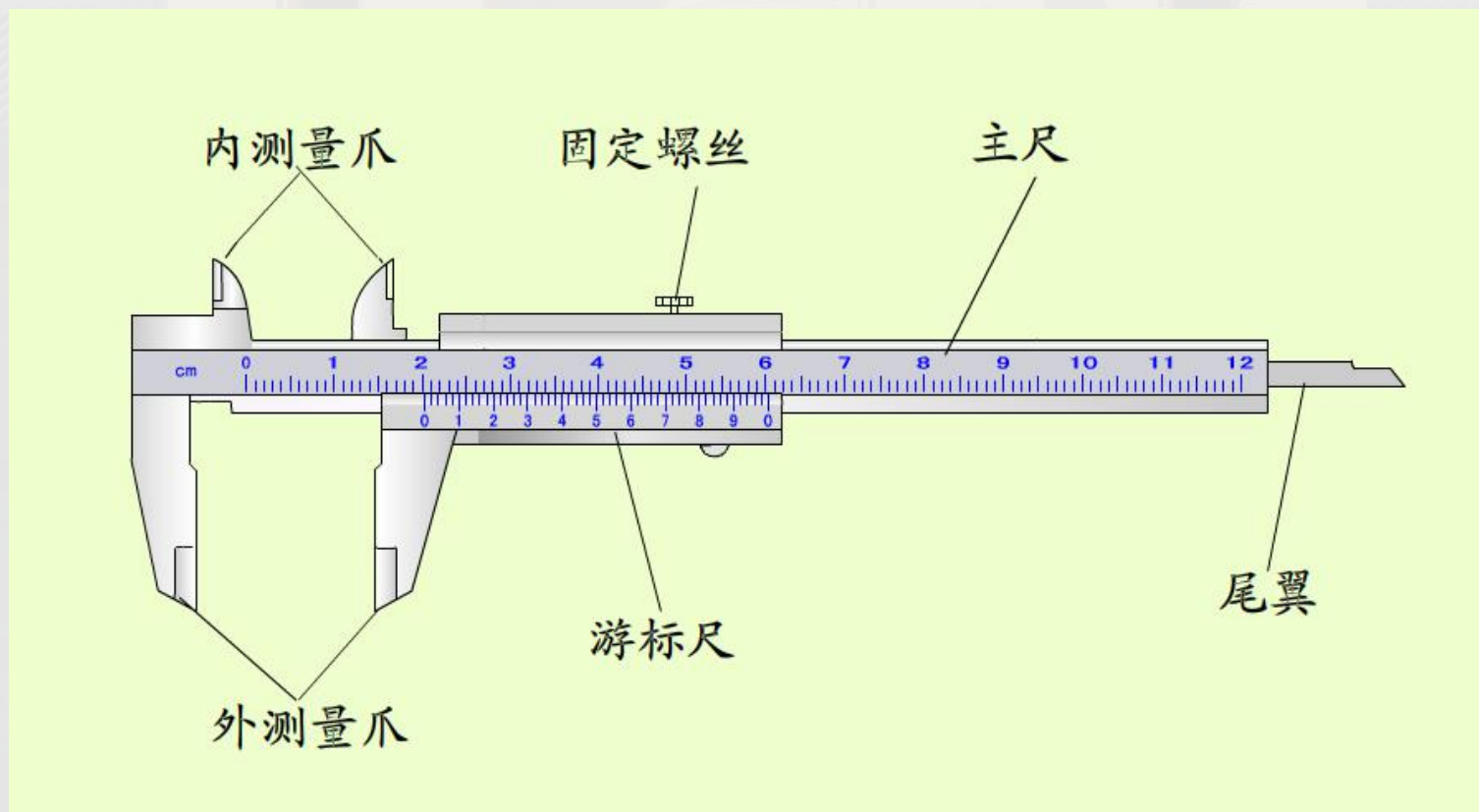
密度：

$$\rho = \frac{4M}{\pi d^2 h} \quad \text{—— (2)}$$



# 实验仪器

## 1 游标卡尺





# 游标卡尺的测量原理

在游标尺上刻有 $m$ 个分格，游标上 $m$ 个分格的总长，正好与主尺上 $(m-1)$ 个分格的总长相等，如果用 $y$ 表示主尺上最小分格的长度， $x$ 表示游标上每一小格的长度，则： $(m-1)y = mx$

所以，主尺与游标上每个分格长度的差值：

$$y - x = \frac{y}{m} = \frac{1}{m} (\text{mm})$$

该量代表游标卡尺的分度值。因此，游标的分格数越多，卡尺的精密度就越高。

测量结果： $l = l_0 + \Delta l = l_0 + n(y - x) = l_0 + n \frac{1}{m}$

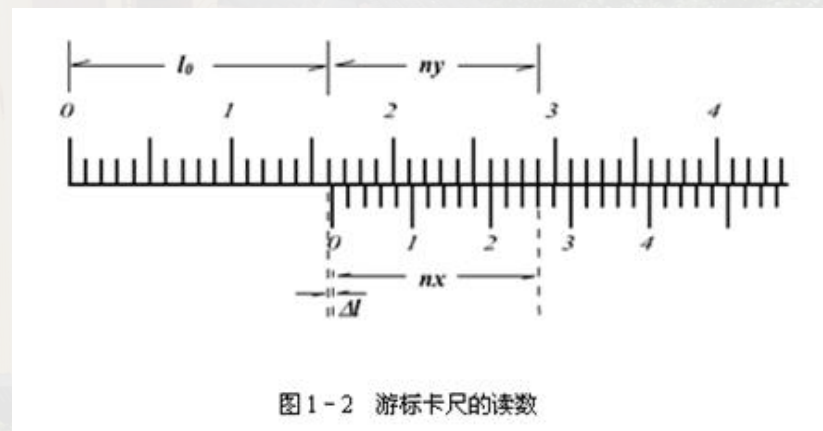


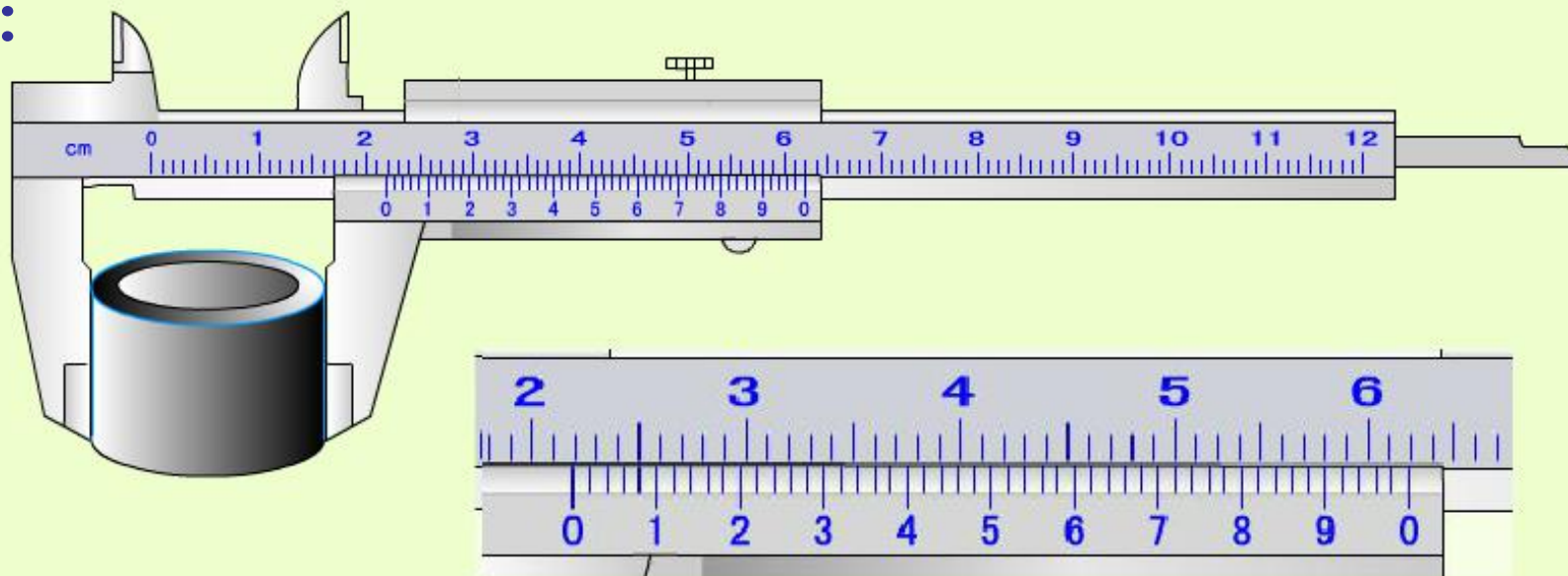
图 1-2 游标卡尺的读数

常用的游标卡尺的分度值有：  
0.1mm、0.05mm、0.02mm



# 游标卡尺的测量原理

例：



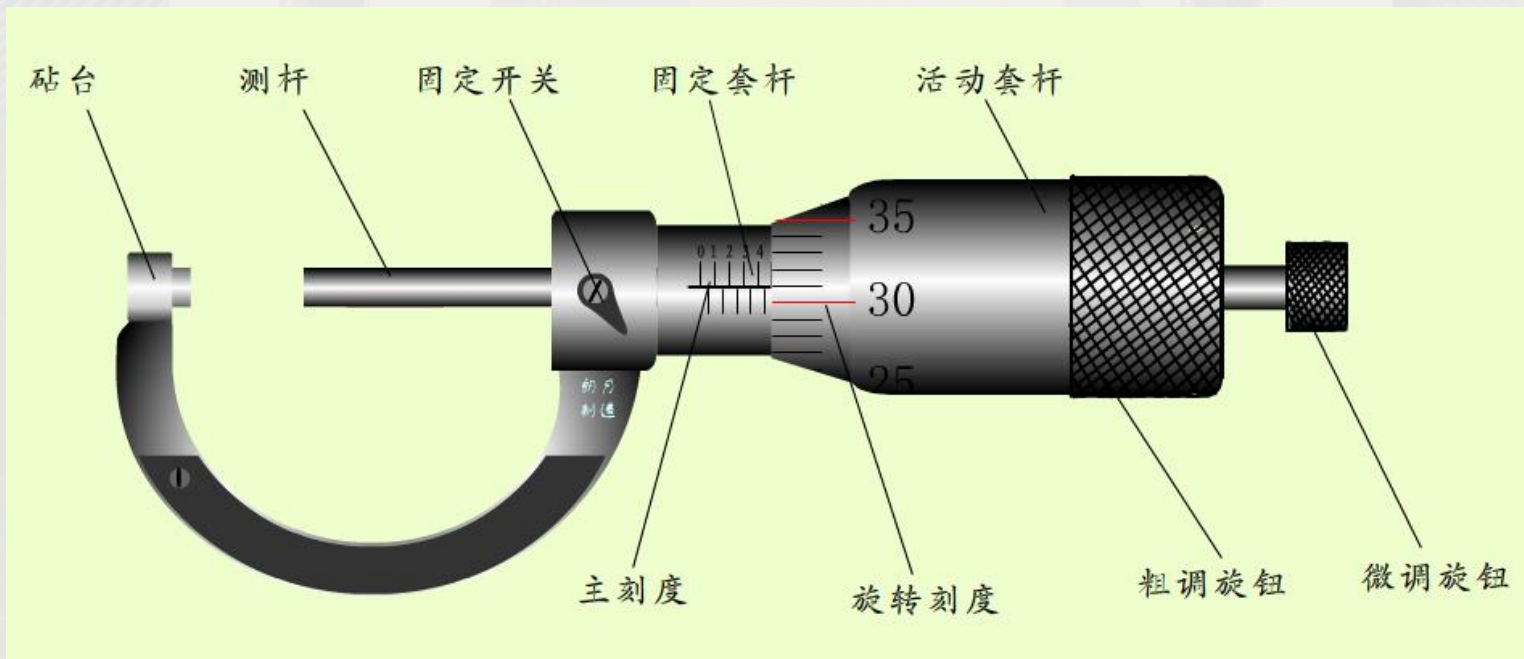
$$\begin{aligned} \text{读数} &= \text{主尺读数 } l_0 + \text{游标读数} \\ &= 21\text{mm} + 0.02 \times 45\text{mm} \\ &= 21.90\text{mm} \end{aligned}$$



# 实验仪器

2

## 螺旋测微计



$$d = 4.809 \text{ mm}$$

估读值

需要注意零点读数！



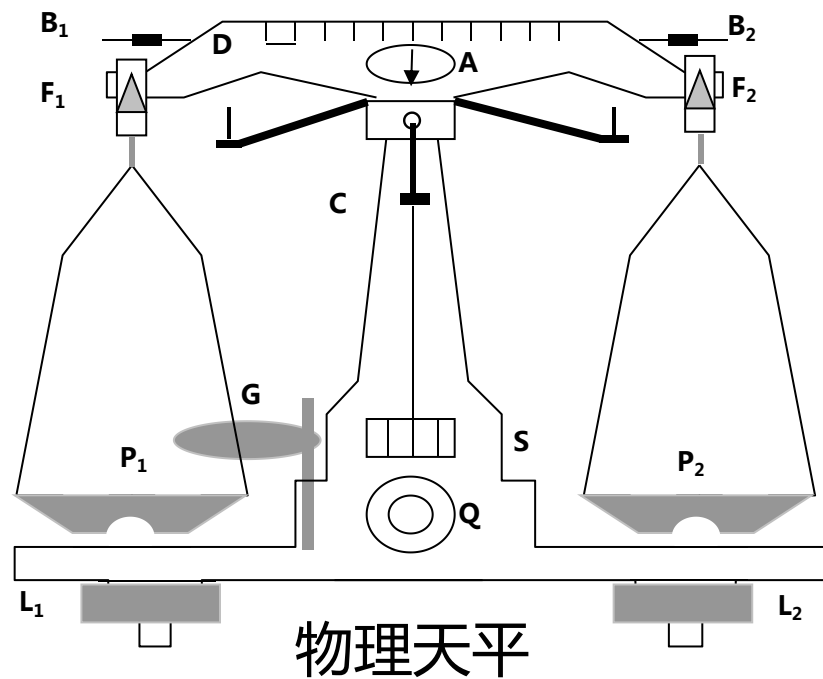
# 实验仪器

## 3

## 物理天平

### ① 简介

如右图所示，横梁上装有三角刀口A、 $F_1$ 、 $F_2$ ，中间刀口A作为横梁的支点。两边刀口各有秤盘 $P_1$ 、 $P_2$ 。横梁两端各有一平衡螺母 $B_1$ 、 $B_2$ ，用于空载调节平衡。横梁上装有游动砝码D，用于1g以下的称量。



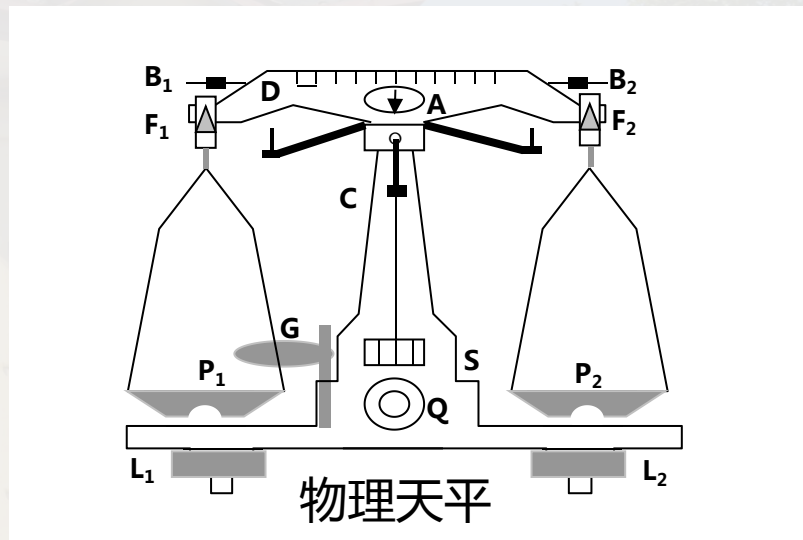




# 实验仪器

## ② 操作步骤：

a) **水平调节**：使用天平时，首先调节天平底座下两个螺钉L1、L2，使水准仪中的气泡位于圆圈线的中央位置；



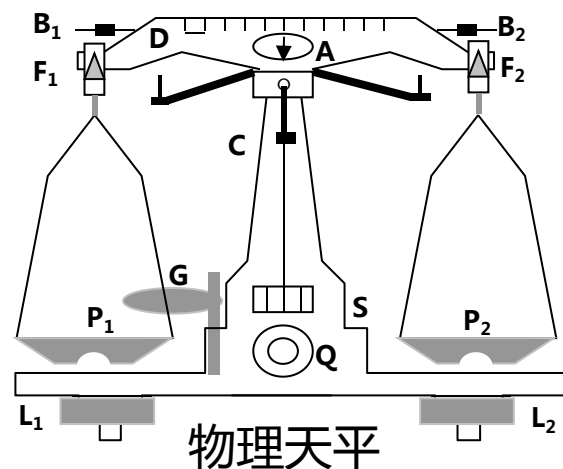
b) **零点调节**：天平空载时，将游动砝码拨到左端点，与0刻度线对齐。两端秤盘悬挂在刀口上顺时针方向旋转制动旋钮Q，启动天平，观察天平是否平衡。当指针在刻度尺S上来回摆动，左右摆幅近似相等，便可认为天平达到了平衡。如果不平衡，反时针方向旋转制动旋钮Q，使天平制动，调节横梁两端的平衡螺母B1、B2，再用前面的方法判断天平是否处于平衡状态，直至达到空载平衡为止；



# 实验仪器

## ② 操作步骤：

c) 称量：把待测物体放在左盘中，右砝码盘中放置砝码，轻轻右旋制动旋钮使天平启动，观察天平向哪边倾斜，立即反向旋转制动旋钮，使天平制动，酌情增减砝码，再启动，观察天平倾斜情况。如此反复调整，直到天平能够左右对称摆动。然后调节游动砝码，使天平达到平衡，此时游动砝码的质量就是待测物体的质量。称量时选择砝码应由大到小，逐个试用，直到最后利用游动砝码使天平平衡。





# 实验步骤

- 1 用游标卡尺测圆柱体高度  $h$ ，不同方位测量 5 次。
- 2 用螺旋测微计测圆柱体外径  $d$ ，不同方位测 5 次。
- 3 正确使用物理天平，称出圆柱体质量  $M$ 。

**数据记录：**圆柱体质量： $M = \underline{\hspace{2cm}}$   $\Delta M = 0.03 \text{ g}$

游标卡尺零点读数： $h_0 = \underline{\hspace{1cm}}$ ；螺旋测微计零点读数： $d_0 = \underline{\hspace{1cm}}$ 。

次数 物理量	1	2	3	4	5	平均值
直径 $d(\text{mm})$						
高度 $h(\text{mm})$						



# 数据处理

1 求出修正后的直径、高度的平均值  $\bar{d}$ 、 $\bar{h}$

2 计算待测物体的平均密度：
$$\bar{\rho} = \frac{4M}{\pi \bar{d}^2 \bar{h}}$$

3 不确定度计算：
$$u_C(X) = \sqrt{u_A^2(X) + u_B^2(X)}$$

1) 计算 $u(h)$ ：

$$u_A(h) = \sqrt{\frac{\sum (h_i - \bar{h})^2}{n(n-1)}} \quad u_B(h) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} \quad (\Delta=0.02\text{mm})$$



# 数据处理

2) 计算 $u(d)$  : 
$$u_A(d) = \sqrt{\frac{\sum(d_i - \bar{d})^2}{n(n-1)}} \quad u_B(d) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} \quad (\Delta=0.005\text{mm})$$

3) 计算 $u(M)$  : 
$$u_B(M) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}} \quad (\Delta=0.03\text{g})$$

4) 合成不确定度 : 
$$u_c(\rho) = \rho \sqrt{\left[\frac{u(h)}{\bar{h}}\right]^2 + \left[\frac{2u(d)}{\bar{d}}\right]^2 + \left[\frac{u(M)}{M}\right]^2}$$

5) 实验测量结果 : 
$$\rho = \bar{\rho} \pm u_c(\rho)$$



# 实验总结及注意事项

## 1 实验总结

游标卡尺测量圆柱体的高



螺旋测微计测量圆柱体的直径



物理天平称量物体的质量



计算物体的密度



误差分析



# 实验总结及注意事项

## 2

## 注意事项

- 使用游标卡尺之前，应先将游标卡尺的卡口合拢，检查游标的“0”和主尺的“0”线是否对齐，若不对齐，说明卡口有零点误差，应记下零点读数，测量值=未做零点修正的读数-零点读数，其中零点读数可正可负。
- 螺旋测微计通常有零点误差，测量前应先记录零点读数，以便对测量值作零点修正。
- 物理天平在使用过程中，为避免刀口受冲击而损坏，在取放物体和砝码、调节平衡螺母以及不使用天平时，都必须使天平制动。天平启动或制动时，旋转制动旋钮动作要轻。



# 思考题

- 1 理解仪器的分度值。如米尺、20分度游标卡尺和螺旋测微计的分度值各为多少？
- 2 游标卡尺读数时是否需要估读，为什么？
- 3 分析造成本实验项目误差的主要原因有哪些？





广西师范大学  
GUANGXI NORMAL UNIVERSITY

大学物理实验(I)

感谢您的观看

▶ 授课老师 - 周厚兵

