

# 中国人民公安大学

## 物理实验报告

实验名称：基本测量

实验日期：2022 年 3 月 23 日

姓名：白浩远

专业：网络安全与执法

学号：202121450044

年级：2021 级

指导教师：尹晓英

目录

一、实验内容 ..... 3

二、实验目的和要求 ..... 3

三、实验设备 ..... 3

四、实验原理 ..... 3

    游标卡尺原理 ..... 3

    螺旋测微器原理 ..... 5

五、实验方法及步骤 ..... 6

    使用螺旋测微器测量钢球直径 ..... 6

    使用游标卡尺测量实心柱、空心柱的直径和高 ..... 6

六、实验数据记录与处理 ..... 6

    实验数据处理 ..... 6

        相关公式 ..... 6

        表一：基本测量实验结果 ..... 6

    体积及偏差计算 ..... 7

        相关公式 ..... 7

        表二：体积及偏差数据 ..... 10

七、实验结果及分析 ..... 10

八、实验总结 ..... 11

九、参考资料 ..... 11

一、实验内容

- 1. 测量球、实心柱、空心柱的直径  $h$  与高  $d$  并记录在表格内
- 2. 计算每一个基本数据的算数平均值  $\bar{x}$ ，算数平均偏差  $\overline{\Delta x}$ ；计算出三个物体的体积  $V$ ，体积绝对偏差  $\Delta V$ ，体积相对偏差  $\frac{\Delta V}{V}$

二、实验目的和要求

- 1. 掌握游标卡尺和千分尺（螺旋测微器）的使用方法
- 2. 培养正确记录处理数据，进行偏差计算的能力

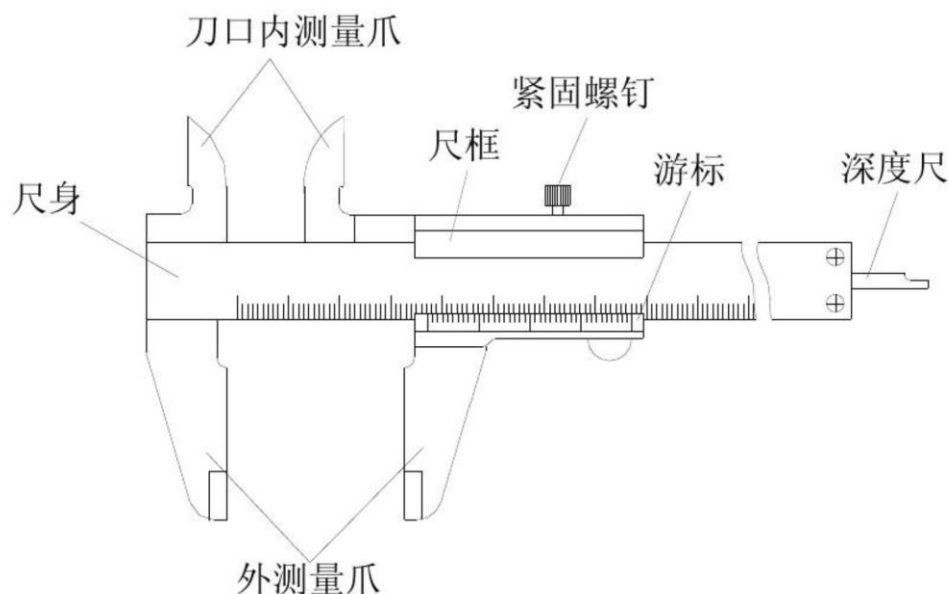
三、实验设备

编号	实验设备名称	数量	主要参数（型号，测量范围，测量精度等）
1	游标卡尺	1	
2	螺旋测微器	1	

四、实验原理

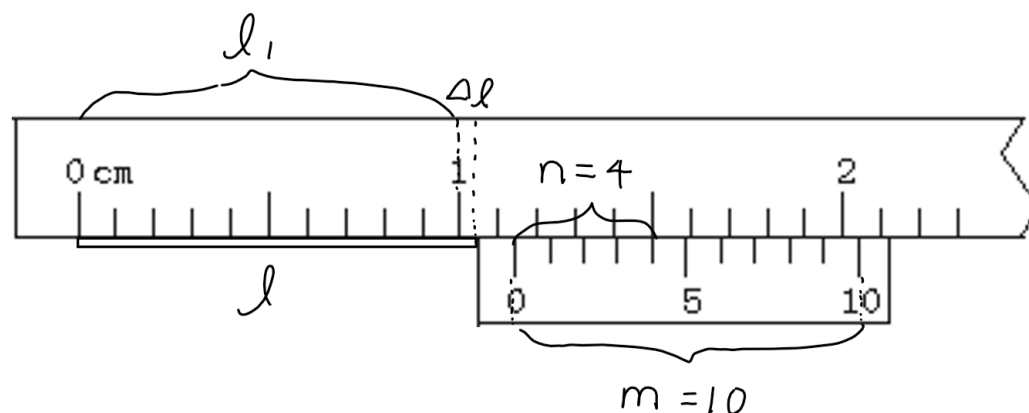
游标卡尺原理

游标卡尺是由米尺（最小刻度为 1 毫米，称为主尺）上面附加一个能滑动的有刻度的小尺（称为游标或副尺）构成（如图 1）。当主尺的米尺读到毫米位后，后面位不能准确读出，如果副尺刻度与主尺不同，利用主副尺一格差可以准确读出毫米以下位数。

图 1 游标卡尺结构图<sup>1</sup>

具体如下：副尺上总刻度称游标卡尺的分度  $m$ ，副尺  $m$  格总长等于主尺上  $(m-1)$  格的长，这样可知主副尺一格之差为  $1 - \frac{m-1}{m} = \frac{1}{m}$  毫米。当测量时（图 2）先在主尺读出整毫米数  $l_1$ ，再找到主副尺对齐的第  $n$  格，则小数部分  $\Delta l = n \cdot \frac{1}{m}$

$$L = l_1 + \Delta l = l_1 + \frac{n}{m} \quad (1)$$

图 2 十分度卡尺读数示意图<sup>2</sup>

<sup>1</sup> <https://www.wendangwang.com/doc/d13759d60494f968e4fc4314/3>

<sup>2</sup> <https://www.mianfeiwendang.com/doc/7dd964c4d65fb59ca46667d1>

## 螺旋测微器原理

螺旋测微器是依据螺旋放大的原理制成的，即螺杆在螺母中旋转一周，螺杆便沿着旋转轴线方向前进或后退一个螺距的距离。因此，沿轴线方向移动的微小距离，就能用圆周上的读数表示出来。螺旋测微器的精密螺纹的螺距是  $0.5\text{mm}$ ，可动刻度有  $50$  个等分刻度，可动刻度旋转一周，测微螺杆可前进或后退  $0.5\text{mm}$ ，因此旋转每个小分度，相当于测微螺杆前进或后退这  $0.5/50=0.01\text{mm}$ 。可见，可动刻度每一小分度表示  $0.01\text{mm}$ ，所以以螺旋测微器可准确到  $0.01\text{mm}$ 。由于还能再估读一位，可读至毫米的千分位，故又名千分尺<sup>3</sup>

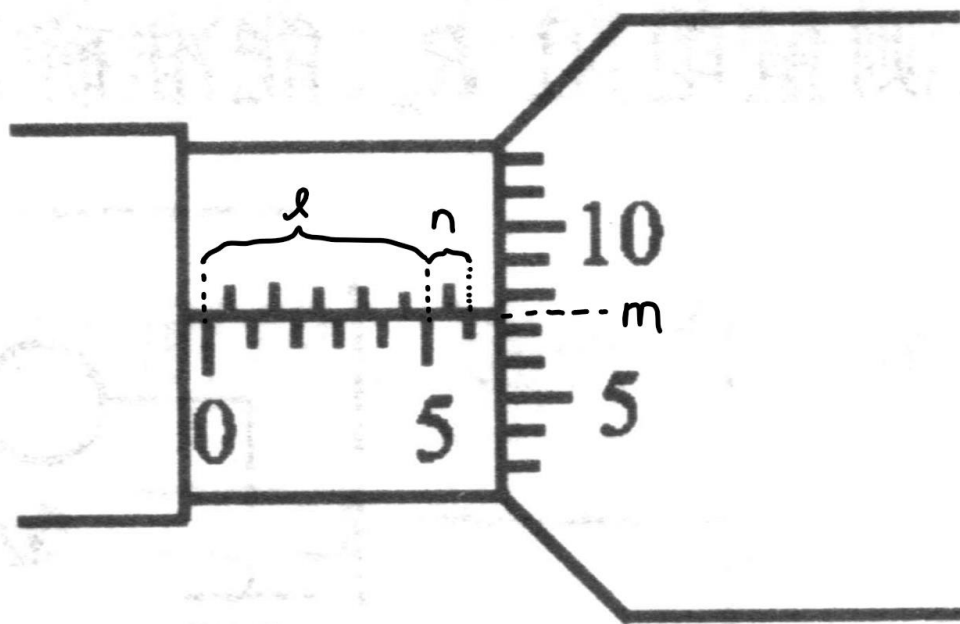


图 3 螺旋测微器读数示意图<sup>4</sup>

$$L = l + 0.5n + 0.01m \quad (2)$$

<sup>3</sup> <https://blog.csdn.net/hainan16/article/details/6816821>

<sup>4</sup> <http://study.chinaedu.com/public/experiments/gzwl/200809/19-143.jsp>

五、实验方法及步骤

使用螺旋测微器测量钢球直径

- 1. 取出钢球与螺旋测微器
- 2. 将螺旋测微器调至零点处，记录零点误差
- 3. 转动大旋钮令测杆和测砧间距稍大于钢球，放入钢球，旋动保护旋钮直至棘轮发出声音
- 4. 拨动固定旋钮固定测杆后读数并记录

使用游标卡尺测量实心柱、空心柱的直径和高

- 1. 取出实心柱、空心柱与游标卡尺
- 2. 检查主尺和副尺零刻度是否重合，若未重合读出误差值
- 3. 使用游标卡尺测量待测物体，保证游标卡尺水平后旋转锁止螺母进行锁止，取出游标卡尺
- 4. 读数并记录

六、实验数据记录与处理

实验数据处理

相关公式

- 1. 算数平均值

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \tag{3}$$

- 2. 算数平均偏差

$$\overline{\Delta x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}| \tag{4}$$

表一：基本测量实验结果

单位（mm）		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$\bar{x}$	$\overline{\Delta x}$
球	$d$	22.155	22.143	22.156	22.160	22.151	22.153	0.005
实心柱	$h$	40.12	40.20	40.18	40.14	40.12	40.15	0.03
	$d$	11.70	11.72	11.78	11.76	11.78	11.75	0.03
空心柱	$d_1$	19.80	19.64	19.70	19.72	19.68	19.71	0.04

单位 (mm)	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$\bar{x}$	$\overline{\Delta x}$
$d_2$	14.12	14.14	14.12	14.14	14.18	14.14	0.01
$d_3$	15.76	15.82	15.80	15.86	15.78	15.80	0.03
$d_4$	10.30	10.22	10.18	10.24	10.22	10.23	0.03
$h_1$	19.48	19.50	19.60	19.50	19.54	19.52	0.04
$h_2$	11.98	11.96	12.00	12.04	12.00	12.00	0.02
$h_3$	18.94	19.38	19.40	19.38	19.42	19.30	0.1
$h_4$	26.44	26.92	27.00	26.84	26.96	26.83	0.2

## 体积及偏差计算

相关公式

### 3. 相对偏差与绝对偏差的传递公式

$$\overline{\Delta N} = \left| \frac{\partial f}{\partial x} \overline{\Delta x} \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial y} \overline{\Delta y} \right| + \left| \frac{\partial f}{\partial z} \overline{\Delta z} \right| + \dots \quad (5)$$

$$\frac{\overline{\Delta N}}{N} = \left| \frac{\partial \ln f}{\partial x} \overline{\Delta x} \right| + \left| \frac{\partial \ln f}{\partial y} \overline{\Delta y} \right| + \left| \frac{\partial \ln f}{\partial z} \overline{\Delta z} \right| + \dots \quad (6)$$

### 4. 球的体积与偏差公式

$$V = \frac{3}{4} \pi r^3 = \frac{1}{6} \pi d^3 \quad (7)$$

$$\Delta V = \frac{1}{2} \pi d^2 \Delta d \quad (8)$$

$$\frac{\Delta V}{V} = 3 \frac{\Delta d}{d} \quad (9)$$

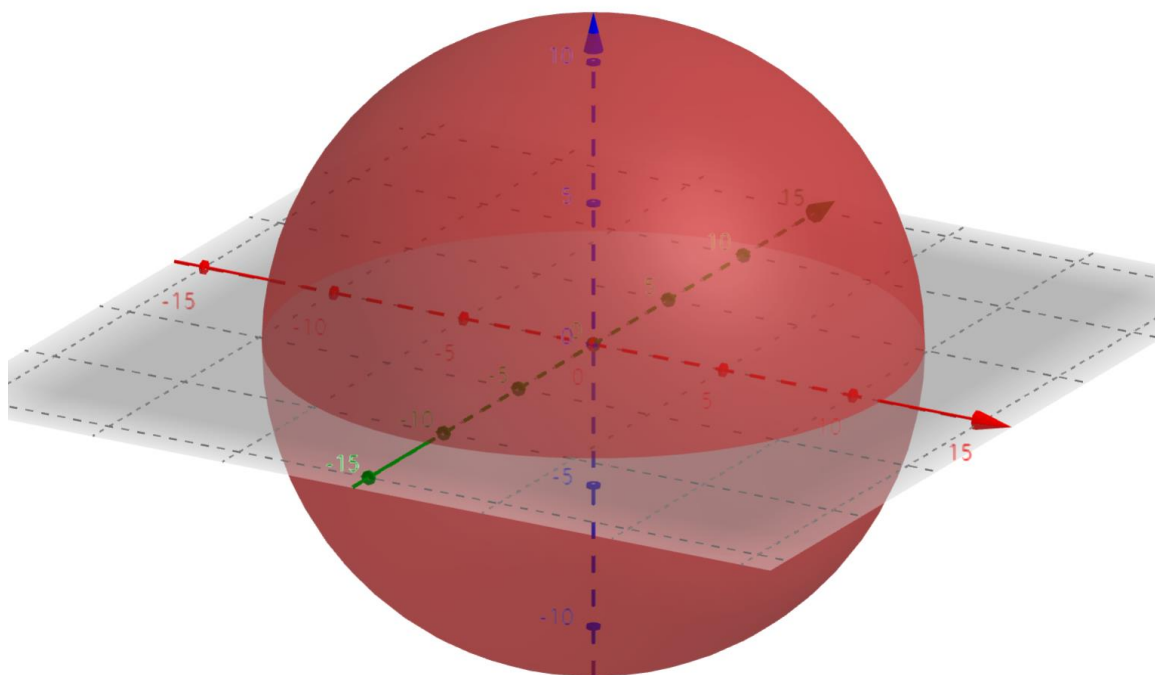


图 4 球  $d = 22.153\text{mm}$

#### 5. 实心柱的体积与偏差公式

$$V = \pi r^2 h = \frac{1}{4} \pi d^2 h \quad (10)$$

$$\Delta V = \frac{1}{2} \pi d h \Delta d + \frac{1}{4} \pi d^2 \Delta h \quad (11)$$

$$\frac{\Delta V}{V} = 2 \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta h}{h} \quad (12)$$



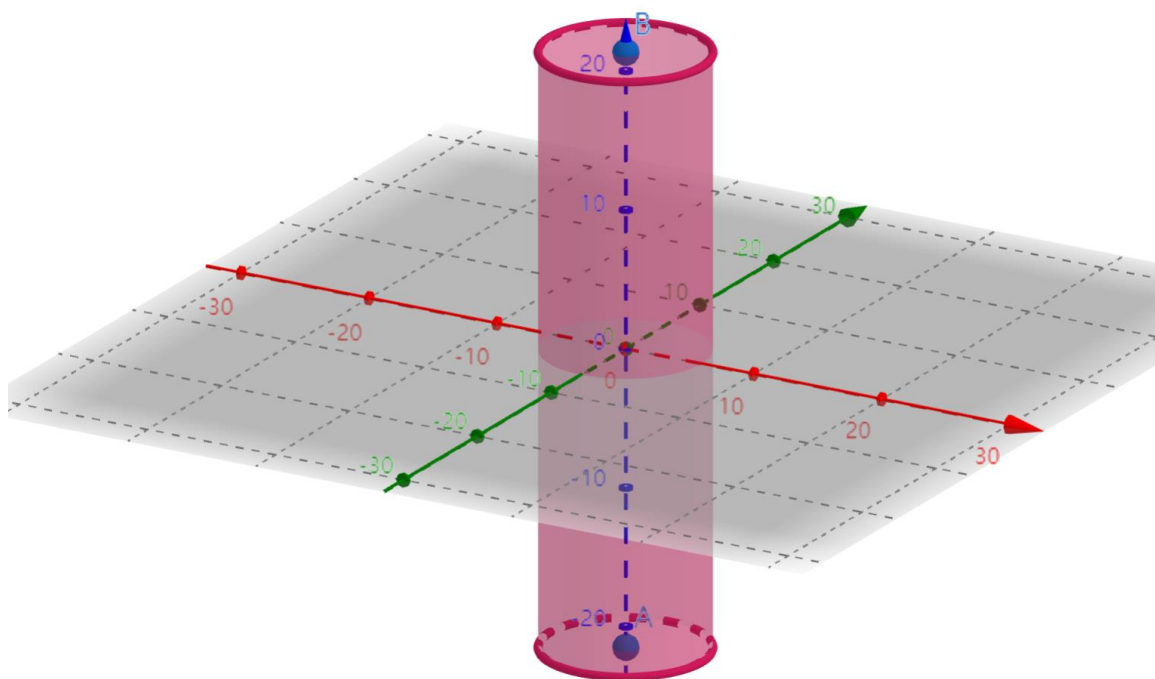


图 5 实心柱  $d = 11.75\text{mm}$   $h = 40.15\text{mm}$

#### 6. 空心柱的体积与偏差公式

$$V = \sum_{i=1}^4 (-1)^{i+1} V_i = \sum_{i=1}^4 (-1)^{i+1} \frac{1}{4} \pi d_i^2 h_i \quad (13)$$

$$\Delta V = \sum_{i=1}^4 \Delta V_i = \sum_{i=1}^4 \frac{1}{2} \pi d_i h_i \Delta d_i + \frac{1}{4} \pi d_i^2 \Delta h_i \quad (14)$$

$$\frac{\Delta V}{V} = \sum_{i=1}^4 \frac{\Delta V_i}{V_i} = \sum_{i=1}^4 2 \frac{\Delta d_i}{d_i} + \frac{\Delta h_i}{h_i} \quad (15)$$

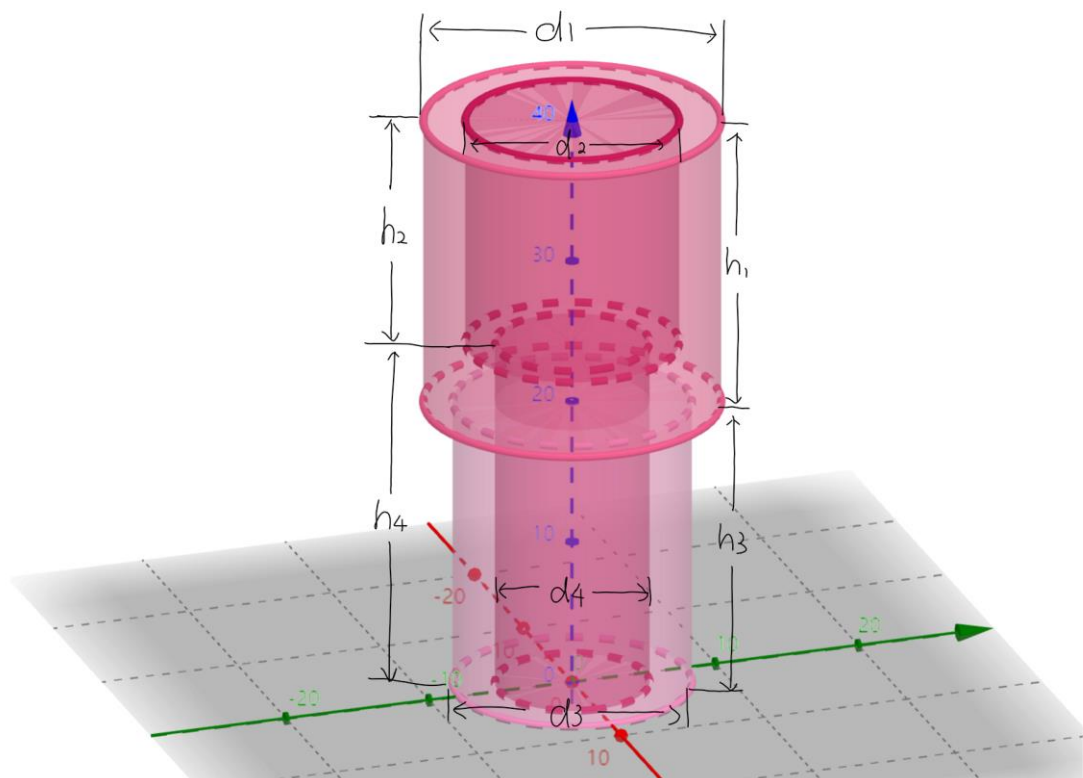


图 6 空心柱

表二：体积及偏差数据

	$V(cm^3)$	$\Delta V(mm^3)$	$\frac{\Delta V}{V}$
球	5.6924	3.7005	0.00065
实心柱	4.354	61.02	0.0041
空心柱	5.650	122.3	0.0331

七、实验结果及分析

在测量结果中螺旋测微器的绝对偏差与相对偏差均远小于游标卡尺，说明螺旋测微器的精密度优于游标卡尺，而空心柱的测量次数较实心柱多，绝对偏差与相对偏差均大于实心柱，说明偏差是会随直接测得数据（多元函数的自变量）的增多而累积的。

## 八、实验总结

在这次基本测量实验中，我学习了几种测量仪器的使用与基本的实验报告撰写方法，感谢尹老师允许我上交电子版实验报告，在实验过程中我也学会了尊重并严谨地对待实验数据，保证科学研究的实事求是。这是我来到公安大学的第一个物理实验，也是我大学的物理学习的里程碑，希望我能以饱满的热情完成大学物理这门课程的学习，在三年以后给自己一个满意的交待。

## 九、参考资料

[1]物理实验[],中国人民公安大学编