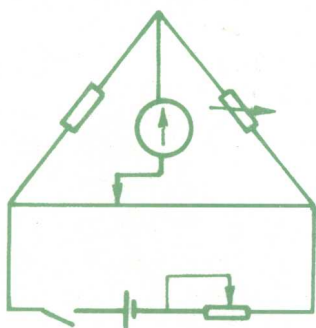
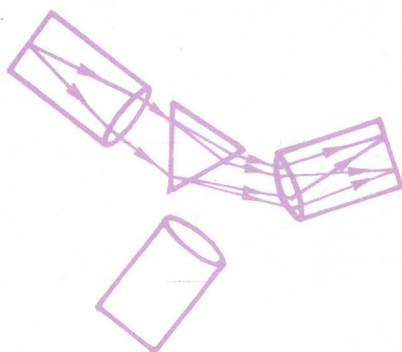


中等专业学校适用

物理实验

机电部中专基础课教学指导委员会物理学科组 编



机械工业出版社

中等专业学校适用

物 理 实 验

机电部中专基础课教学指导委员会物理学科组 编



机械工业出版社

本书包括 26 个实验, 内容涉及力学、电学、光学等方面, 简述了实验目的、原理、实验用基本仪器的构造与使用、实验步骤等, 并对实验方法和操作技能提出了基本要求。考虑到理论与实践知识的综合应用, 书中还安排了少量设计性实验训练, 以利提高学生的实验能力。部分同一实验项目还按不同仪器条件, 分别提供并列的 2~3 (A 和 B, A、B 和 C) 种实验方式, 以供选择。本书是与《物理》教材配套使用的。

本书可供工科类中专学校学生使用, 也可供技工学校学生及自学者参考。

图书在版编目(CIP)数据

物理实验/机电部中专基础课教学指导委员会物理学科
组编. —北京: 机械工业出版社, 2000. 5 重印
中等专业学校适用
ISBN 7-111-03140-7

I. 物… II. 机… III. 物理学-实验-专业学校-教材 IV.
04-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 70457 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑: 杨 燕 曹俊玲 版式设计: 冉晓华 责任校对: 张莉娟
封面设计: 方 芬 责任印制: 何全君
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2000 年 5 月第 1 版第 9 次印刷
787mm×1092mm^{1/16}·6.5 印张·150 千字
80 201—83 200 册
定价: 8.50 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

前 言

本套教材是机电部中专基础课教学指导委员会物理学科组，在广泛听取了对“七五”期间原物理课程组编写的三轮试用教材使用意见的基础上，根据机电行业中专教改进展情况，以增强应用环节为着眼点，进行全面修改、编写出版的。

本套教材包括：《物理》、《物理实验》、《物理练习册》。

《物理》力求保持物理学的科学性、系统性，增强实用性，适当控制内容的深广度，以适合中专物理课学时少的特点，使教师易教，学生易学。

《物理实验》注意了实验单独考核的趋势，在选材和编排上，加强了中专物理实验基本知识基本技能的培养和训练。

《物理练习册》紧密配合教学进程，增强了实用性、实践性、趣味性。

《物理》

第一～第十一章编写者：刘宝林（长春市机械工业学校）

第一～第十一章主审：苏群荣（福建高级工业专门学校）

第十二～二十章编写者：林焕文（江西省机械职工大学）

张仁天（沈阳市机电工业学校）

第十二～二十章主审：张世忠（山东省机械工业学校）

《物理实验》

编写者：杨博访（西安仪表工业学校）

王颖哲（咸阳机器制造学校）

主 审：苏群荣（福建机电学校）

王舜华（上海市机电工业学校）

《物理练习册》

练习一～综合练习一编写者：朱玉清（浙江省机械工业学校）

练习一～综合练习一主审：张立新（杭州机械工业学校）

练习三十二～综合练习二编写者：孙志远（第二汽车厂中专学校）

程鹏飞（长春市机械工业学校）

练习三十二～综合练习二主审：汪伟杰（广西机械工业学校）

全书主审：彭方虎（湖南省机械工业学校）

曾参加本套教材试用本主要编审工作的还有：吴永康、张仁桐、范景华、黄崇高、樊孝达等。

为本套教材试用本提供资料或参加部分编写工作的有：马骏、王柏林、王孟涛、王炳坤、石素贞、申俊昌、张密芳、张秀霞、吕兴门、孟建翔、周红、段超英、董正湘、秦龙泉、杨挺、颜恒斌、李文涛等同志。

先后参加本套教材试用本审稿会的有来自 24 个省（区）、市 50 余所中专校 79 位物理教师。

对上述为本套书的编写出版出过力的同志在此一并表示感谢。

限于编者水平，缺点错误在所难免，望广大教师、学生和读者批评指正。

编者

1991年8月

目 录

绪论	1
实验一 金属圆柱体密度的测定	6
实验二 验证力的平行四边形法则	11
实验三 (A) 气垫导轨的调整和使用	14
实验三 (B) 用电火花描迹仪研究匀变速直线运动	17
实验三 (C) 用打点计时器研究匀变速直线运动	21
实验四 (A) 在气垫导轨上测即时速度和加速度	23
实验四 (B) 用电火花描迹仪测即时速度和加速度	25
实验五 (A) 用气垫导轨验证牛顿第二定律	28
实验五 (B) 用电火花描迹仪验证牛顿第二定律	31
实验六 观察向心力与质量、线速率及半径的关系	34
实验七 (A) 验证弹性碰撞过程中的动量守恒和动能守恒	36
实验七 (B) 用冲击摆测子弹的速度	39
实验八 用气垫导轨验证机械能守恒定律	41
实验九 研究单摆的振动周期 用单摆测定重力加速度	43
实验十 (A) 用小型水银气压计验证定质量理想气体状态方程	46
实验十 (B) 用气体定律实验器验证定质量理想气体状态方程	49
实验十一 测定冰的熔解热	51
实验十二 用模拟法描绘静电场	53
实验十三 电阻的串联和并联	57
△实验十四 用伏-安法测电阻	61
△实验十五 电流计改装为伏特计	65
实验十六 测定电源的电动势和内电阻	67
实验十七 研究电源输出功率与负载电阻的关系	69
△实验十八 用惠斯登电桥测电阻	71
实验十九 (A) 用电流天平观测磁场对电流的作用力	74
实验十九 (B) 用物理天平改装的磁秤观测磁场对电流的作用力	77
实验二十 观察电子束在电场、磁场中的偏转	79
实验二十一 楞次定律的研究	82
实验二十二 (A) 用插针法求玻璃的折射率	85
实验二十二 (B) 用读数显微镜求透明介质的折射率	86
实验二十三 测定透镜的焦距 研究透镜成像的规律	89
实验二十四 观察光电效应	92
实验二十五 观察光的衍射现象	93
实验二十六 观察光谱	94

△：实验十四、十五、十八可任选一个。

绪 论

物理学是一门实验科学。物理规律的发现及其理论的建立，都必须以严格的物理实验为基础，并受到实验的检验。例如，初中学过的阿基米德定律、欧姆定律，以及将要学习的机械能转换守恒定律、楞次定律等等，都是如此。纵观物理学史、物理学中一些划时代的带根本性的发现，无一不是以物理实验为基础的，且往往是从实验开始的，过去、现在如此，将来亦是如此。因此，实验是研究物理学的重要方法。

物理实验教学是按照一定的教学目的而设计的，通过不同类型的实验（如观察实验、测量实验、验证性实验以及探索和设计性实验等），使学生不仅可以加深理解物理概念和物理规律，而且达到培养实验能力的目的。同时，通过实验过程，培养学生实事求是、严肃认真、一丝不苟和理论联系实际的科学态度，以及勤于动手、善于思考、严密细致、刻苦钻研的工作作风，还可以培养学生遵守纪律和爱护公物的优良品德。

物理实验课的具体要求有：

- (1) 掌握常用物理量（如长度、质量、时间、电流、电压等）的测量方法。
- (2) 熟悉常用仪器的基本原理和性能（如天平、游标卡尺、电表和交直流电源等），掌握其使用方法和简单维护常识。
- (3) 学会正确记录、处理实验数据，分析判断实验结果。掌握有效数字的运算和误差计算，并能写出完整的实验报告。
- (4) 学会综合应用知识，能进行初步的探索和设计性实验。

一、测量与误差

1. 误差的概念：人们所测的物理量，总有个客观的真实量值，这一量值叫真值。但在测量中，由于仪器、测量方法、环境变化和观察者主观观察能力之差异等因素，致使测量值与真值之间存在差值，这个差值叫误差。

2. 误差的产生和分类

(1) 系统误差：由于仪器的固有缺陷（如零点未调好，刻度不准等）、实验理论和方法的不完善（近似性）、环境的变化（如压强、温度等变化的影响）、观察者的偏向（读数总是偏高或偏低）等原因，致使所得测量值总是有规律地偏离真值，这种误差叫系统误差。

(2) 偶然误差：在实验中由于一些偶然因素，主要是观察者感官条件（听、视、触觉）不尽相同，环境或仪器的不稳定等因素所造成的误差叫偶然误差。偶然误差的特点是时而偏大、时而偏小，且偏大和偏小的机会是均等的（随机性）。例如，用精度[⊖]为毫米的刻度尺测量长度时，毫米以下的数值只能凭视力主观估计，故每次测量的结果不尽相同，时而偏大、时而偏小。

(3) 过失误差：主要是由观察者的粗心大意，或违反操作规程，以及实验方法不合理等引起的，如读错数据和计算错误等。

在实验过程中，系统误差可以设法消除（如选用精密仪器，改进实验原理、方法等）或

⊖ 见本绪论“有效数字的表示和计算”。

修正, 过失误差只要谨慎也可避免, 但是偶然误差却是无法控制和估算的, 可以设法减少而不可能完全消除。因此, 偶然误差对测量结果的精度起决定作用。

3. 误差的表示

(1) 算术平均值: 为了减小偶然误差, 人们总是对同一量进行多次重复测量, 取平均值作为测量结果, 此即算术平均值。在不考虑系统误差的情况下, 若 N_1 、 N_2 、 N_3 、 N_4 …… N_k 为各次测量值, K 为测量次数, 则其算术平均值为:

$$\bar{N} = \frac{N_1 + N_2 + N_3 + \cdots + N_k}{K}$$

如 K 越大, $\bar{N}$ 越接近真值 (或公认值)。

(2) 绝对误差和平均绝对误差: 算术平均值与各次测量值之差叫绝对误差, 通常取其绝对值。

即:

$$\Delta N_1 = |\bar{N} - N_1|$$

$$\Delta N_2 = |\bar{N} - N_2|$$

$$\Delta N_3 = |\bar{N} - N_3|$$

⋮

$$\Delta N_k = |\bar{N} - N_k|$$

各次测量的绝对误差的平均值叫平均绝对误差, 即:

$$\Delta \bar{N} = \frac{\Delta N_1 + \Delta N_2 + \cdots + \Delta N_k}{K}$$

而测量的最后结果应写为:

$$N = (\bar{N} \pm \Delta \bar{N})$$

(3) 相对误差: 平均绝对误差与真值 (或公认值) 之比叫相对误差。测量的真值常用测量的算术平均值表示, 因此, 用平均绝对误差与算术平均值之比作为相对误差 (也称百分误差), 即:

$$E = \frac{\Delta \bar{N}}{\bar{N}} \times 100\%$$

例如, 测得两物的长度分别为 $l_1 = (21.50 \pm 0.03)\text{cm}$, $l_2 = (2.15 \pm 0.03)\text{cm}$, 从绝对误差来看, 两者均为 0.03cm ; 然而从相对误差来看两者分别为:

$$E_1 = \frac{0.03}{21.50} \times 100\% = 0.14\% \quad E_2 = \frac{0.03}{2.15} \times 100\% = 1.4\%$$

显然 E_2 比 E_1 大 10 倍, 即 l_1 比 l_2 要准确得多, 相对误差的意义就在于此。

二、有效数字的表示和计算

仪器的最小刻度 (分度) 叫仪器的精度, 其量值愈小, 精度就愈高。实验时, 由于各仪器的精度不同, 测量出来的数据可靠位数也就不同。例如, 用米尺量出课本的宽度为 128.5mm , 说明米尺上的最小分度值为 1mm , 即精度为 mm , 则 mm 的数值可以从米尺上直接读出来, 所以, 前三位数字是准确可靠的, 叫做可靠数字, 而最后一位数字 “5” 是估计的, 是不可靠的, 叫做可疑数字。仪器上读出的可靠数字和末位的可疑数字, 在测量中都是有效的, 称为有效数字。

1. 运算有效数字的注意事项

(1) 一切非零数字都是有效数字，如 87.8°C 是三位有效数字； 128.5m 是四位有效数字。

(2) 两个非零数字之间的一切数字，包括零在内，都是有效数字，如 108.005m 是六位有效数字。

(3) 小于 1 的数，如 0.0064m ，在小数点右边与非零数字“6”左边之间的零不是有效数字，它只与单位的变换有关，即 $0.0064\text{m}=0.064\text{dm}$ ，它们都是两位有效数字。

(4) 大于 1 的数，其小数点右边的非零数字后的“0”，肯定是有效数字，例如 7.3m 和 7.30m 两个数，虽然数值相同，但意义不同，前者是两位有效数字，“3”是可疑数字，仪器精度是 m ；而后者是三位有效数字，“3”是准确数字，仪器精度是 dm 。

(5) 准确数（如东西的个数、实验次数）的有效位数任意多，依客观实际而定；公式中的自然数，如 $g=4\pi^2 l/T^2$ 中的“4”切不可看作一位有效数字，它可形成任意多位有效数字，且由公式中其它数的具体情况而定。

(6) 遇到大数目或小数目时，均可按科学记数法处理。对于大的数目，表示其有效数字的方法可以这样写：

$1.5\times 10^4\text{m}$ ，表示两位有效数字，精度是 m ；

$1.50\times 10^4\text{m}$ ，表示三位有效数字，精度是 dm ；

$1.500\times 10^4\text{m}$ ，表示四位有效数字，精度是 cm 。

对于小的数目，如 0.00157m ，可以写成 $1.57\times 10^{-3}\text{m}$ ，结果仍然表示三位有效数字。

应该注意的是在单位变换时，有效数字位数要保持不变。例如 1820m ，用 km 作单位，仍要有四位有效数字，须写成 1.820km ，用 mm 作单位，不能写成 1820000mm ，应写成 $1.820\times 10^6\text{mm}$ 。

2. 运算有效数字的基本规则

(1) 不可靠数字与别的数字相加、减、相乘、除，所得的结果也是不可靠的；

(2) 计算结果只能保留一位不可靠数字。

在运算过程中，为清楚起见，我们在可疑数字上面加一横线，以便和可靠数字相区别。

加、减法可取计算结果中由左向右所遇到的第一个不可靠数字为最末一位有效数字，也可多取一位而按四舍五入的原则，将后面一位有效数字进入到前面的有效数字之中。

例 1：

$$\begin{array}{r} 13.0\bar{5} \\ 309.\bar{2} \\ +) \quad 3.78\bar{5} \\ \hline 326.\bar{0}\bar{3}\bar{5} \end{array}$$

显然，计算结果中 0、3、5 都是可疑数字，因此应取 326.0 为计算结果，是四位有效数字。

例 2：

$$\begin{array}{r} 381.2\bar{9} \\ -) \quad 18.\bar{3} \\ \hline 362.9\bar{9} \end{array}$$

最后应取 363.0 为计算结果，是四位有效数字。

在乘、除运算中，积与商的有效数字位数和各数中有效数字位数最少的相同。一个不可靠数字与另一数字相乘或相除的有关法则，以例说明。

例 3:

$$\begin{array}{r}
 1 \quad 5.6 \bar{3} \\
 \times) \quad 4. \bar{2} \\
 \hline
 3 \quad \bar{1} \quad \bar{2} \quad \bar{6} \\
 6 \quad 2 \quad \bar{5} \quad \bar{2} \\
 \hline
 6 \quad \bar{5} \quad \bar{6} \quad \bar{4} \quad \bar{6}
 \end{array}$$

按四舍五入的原则，将小数点后一位的“6”进入到小数点的前一位“5”中，其结果应为 66，是两位有效数字。运算结果的有效数字位数一般是与相乘的两数中有效数字位数最少的有效数字位数相同。

例 4: $39.52 \div 5.03 = 7.86$

$$\begin{array}{r}
 7.8 \bar{5} \quad \bar{6} \\
 5.0 \bar{3} \sqrt{39. \quad 5 \bar{2}} \\
 3 \quad 5 \quad \bar{2} \quad \bar{1} \\
 \hline
 4 \quad \bar{3} \quad \bar{1} \quad \bar{0} \\
 4 \quad 0 \quad \bar{2} \quad \bar{4} \\
 \hline
 \quad \bar{2} \quad \bar{8} \quad \bar{6} \quad \bar{0} \\
 \quad \bar{2} \quad \bar{5} \quad \bar{1} \quad \bar{5} \\
 \hline
 \quad \quad \bar{3} \quad \bar{4} \quad \bar{5} \quad \bar{0} \\
 \quad \quad \bar{3} \quad \bar{0} \quad \bar{1} \quad \bar{8} \\
 \hline
 \quad \quad \quad \bar{4} \quad \bar{3} \quad \bar{2} \quad \bar{0}
 \end{array}$$

除式中第二次余数 (2860) 四位都是可疑数字，所以商数的第三位“5”是可疑数字。计算结果应为 $7.8\bar{6}$ ，是三位有效数字，其位数与 5.03 相同。

习 题

1. 下列各数据为几位有效数字？

(1) 真空中的光速 $2.9979 \times 10^8 \text{m/s}$ 。

(2) 地球的平均半径 6371.22km。

(3) 西安地区重力加速度为 $g = 9.7969 \text{m/s}^2$ 。

2. 读出图 0-1 中杆长的测量数值 (分别用 mm、cm、m 作单位表示)。

3. 不要计算，说出下列各题的计算结果应取几位有效数字？

(1) 20.23×0.21

(2) $\frac{1}{4}\pi \times (2.0)^2$

(3) $25.65 \div 1.5$

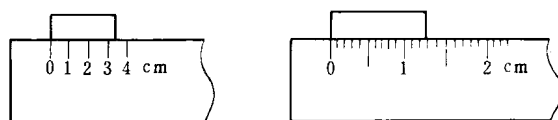


图 0-1 用不同精度的直尺测量长度

4. 改正以下错误 (口答)

(1) $2.8\text{m} = 280\text{cm} = 2800\text{mm}$

(2) $32.1 + 3.726 = 35.826$

(3) $26.25 - 3.926 = 22.324$

(4) $10.1 + 1.531 = 11.631$

(5) $69.68 - 55.8448 = 13.835$

5. 什么叫系统误差、偶然误差、绝对误差和相对误差?

实验一 金属圆柱体密度的测定

一、目的

1. 学会正确使用物理天平。
2. 学习游标卡尺的使用方法。
3. 练习有效数字的运算，测出圆柱体密度。

二、原理

根据物质密度的定义 $\rho = \frac{m}{V}$ ，分别测定圆柱体的质量 m 和体积 V ，算出其密度。

三、仪器和器材

物理天平、游标卡尺、金属圆柱体。

四、步骤

1. 调整物理天平和检验游标卡尺的零误差。
2. 用物理天平称出并记录圆柱体的质量 m ，共测 5 次，可以换臂测量，取其平均值。
3. 用游标卡尺分别测出并记录圆柱体的长度 L 和外径 D 。注意应在不同方位共测 5 次，取其平均值。

4. 按 $\rho = \frac{m}{V} = \frac{4m}{\pi D^2 L}$ 求圆柱体的密度。

五、记录与计算

将测量值记录在事先画好的表格中，表格的设计方式可参照后面所给的实验报告之形式，并完成实验报告。

思 考 题

1. 游标卡尺的精度由哪部分决定？精确到 0.05mm、0.02mm 的游标卡尺在构造和使用上有什么不同？
2. 怎样测定任意形状固体的密度？
3. 你所使用的物理天平的感量是多少？你所测量的金属圆柱体质量的有效数字应取几位？
4. 圆柱体的密度应取几位有效数字？
5. 怎样调节物理天平？
6. 由图 1-1 可知，用游标卡尺测量金属块厚度的读数是（ ）。
(1) 0.54cm；(2) 0.5400cm；(3) 0.74cm；(4) 1.40cm。

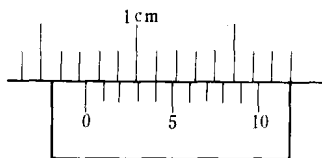


图 1-1 应用游标卡尺测厚度

附录一 物理天平及其使用的基本要求

1. 基本要求：了解天平结构，熟悉使用步骤。

2. 结构：物理天平是测量质量的仪器，其构造如图 1-2 所示。它主要由横梁、支柱和秤盘三部分构成。

(1) 天平底座上装有水准气泡或支柱上装有铅垂线，用作调节天平底座的水平。

(2) 横梁两侧和中央分别装有钢制三棱柱，其上一锋利的棱称为刀口，物盘和砝码盘通过吊耳、吊架分别悬挂于横梁两侧的刀口上。横梁中央处的主刀口向下，承放于支柱上端的刀槽上，使横梁可灵敏地自由摆动。这是天平能称量微小质量的关键所在，因此要保护刀口的完好。

(3) 横梁下面固定一指针，当横梁摆动时，指针就左右摆动。

(4) 横梁的升降，由升降旋钮控制。横梁两端的平衡螺母在调平时使用。

(5) 横梁上还有游码，用于 1g 以下的称量，游码由横梁左端移到右端，一般共移 50 小格，则每移动 1 小格就代表右盘中增加了 0.02g 砝码。因此，物理天平最小刻度的读数是 0.02g。

3. 物理天平的感量和称量

感量——最小刻度的读数。

称量——可以称量的最大质量。

它们是表示物理天平的两个参量。

4. 天平的调节和使用

(1) 检查天平横梁、吊耳、吊架和秤盘是否按照标记与相应刀口安装（左 1、右 2），否则需给予调整。

(2) 调水平：调节天平的两个底脚螺钉，并从两个不同方向观察天平上位于底座中部的水准气泡是否在中心圆环内，或者观察铅垂线是否竖直（铅锤尖端与底座上尖端对准）。

(3) 调平衡：将游码 7 移到横梁左端零刻线上，再顺时针旋动升降旋钮支起横梁（起动物天平），观察指针是否在标尺的“零点”附近摆动，且左、右摆动幅度是否相等，即可判断横梁是否平衡。若不平衡，应反时针旋动升降旋钮降下横梁（制动天平），再调节横梁两侧平衡螺母 8，再起动物天平观察它是否平衡。如此反复，直到天平平衡（即指针左、右摆动幅度相等）为止。

(4) 测量质量：天平两秤盘中，通常左盘放物，右盘放砝码，取放砝码应用镊子。增、减砝码或拨动游码时，一定要制动天平，以免损坏刀口。当增、减砝码及调节游码至天平平衡时，砝码的总质量与游码所示的质量之和，即为被测物体的质量值。为减少天平的系统误差，

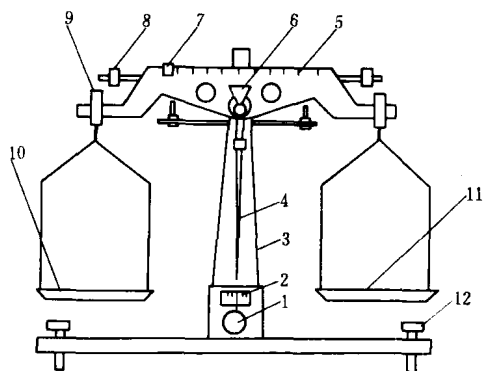


图 1-2 物理天平

1—升降旋钮 2—标尺 3—支柱 4—指针 5—横梁
6—主刀口 7—游码 8—平衡螺母 9—吊耳
10—物盘 11—砝码盘 12—底脚螺钉

常采用物体与砝码换位的办法进行测量，称换臂测量。

附录二 游标卡尺及其使用的基本要求

1. 基本要求：了解卡尺结构和游标原理；明确使用步骤。

2. 构造：游标卡尺是一种较精密的长度量具，它的构造如图 1-3 所示。4 是刻有 mm 的主尺，3 是套在主尺上可滑动的游标（副尺），7 是内测角，用来测量物体的外部尺寸，1 是外测角，用来测量物体的内径，5 是测量槽或孔的深度的深度尺，2 是固定主、副尺的锁紧螺钉。

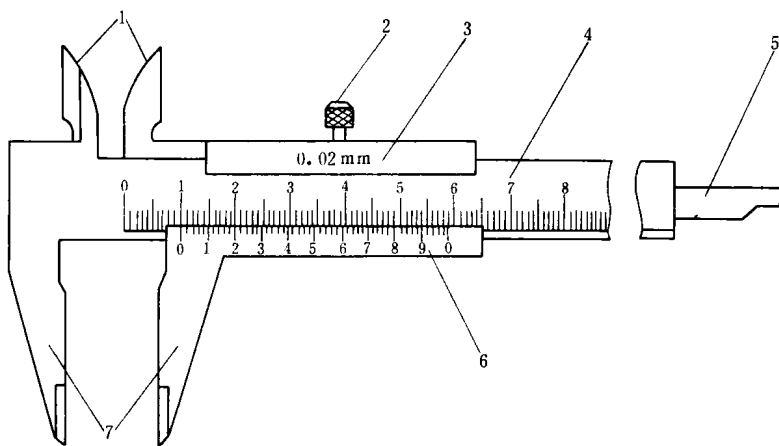


图 1-3 0.02mm 游标卡尺

3. 游标原理与精度：常用的游标有 20 分度（精度为 0.05mm）、50 分度（精度为 0.02mm）两种。今以 50 分度的游标卡尺为例，说明其原理。如图 1-4a 所示，主尺的最小分度为 1mm，游标的长度为 49mm，分为 50 等分刻度，每等分刻度的长度为 0.98mm，比主尺的最小刻度短 0.02mm。故当主、副尺的零刻度线对准时，游标的第 50 刻度线就与主尺的 49mm 刻度线对准。若在游标卡尺两个内测角 7（见图 1-3）之间放一张 0.02mm 厚的铅铂，游标尺就将右移 0.02mm，则游标的第 1 刻度线即与主尺的 7mm 刻度线对准，而其它刻度线都不会对准。其它测量情况依此类推。

主尺每一分度为 1mm，与游标每分度长度（0.98 mm）之差为 0.02mm，这一差值叫游标卡尺的精度。

下面以图 1-4b 为例说明如何用游标装置读数。先读游标尺“0”刻线左边主尺上的毫米数，图中 $L_0 = 8\text{mm}$ ，然后，由游标定出毫米以下的尾数 ΔL ，为此，

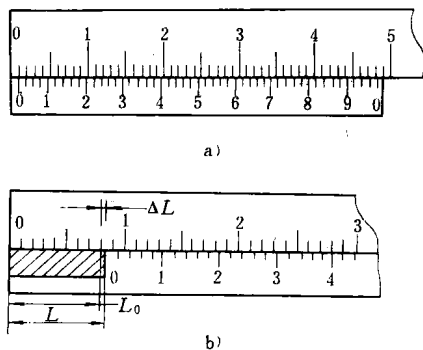


图 1-4 0.02mm 游标卡尺刻线和读数原理

a) 0.02mm 游标卡尺刻线原理

b) 0.02mm 游标卡尺读数原理

寻找与主尺上某一时刻度线重合(或接近)的游标刻度线,按图 1-4b 应是第 20 条刻度线,所以:

$$\Delta L = 0.02\text{mm} \times 20 = 0.40\text{mm}$$

因此,被测物体的长度:

$$L = L_0 + \Delta L = 8\text{mm} + 0.40\text{mm} = 8.40\text{mm}$$

由上可见,被测物体长度 L 的表示式为:

$$L = L_0 + K \times \text{精度}$$

式中, L_0 代表游标 0 刻线左侧主尺上的毫米数, K 代表与主尺上任一时刻度线重合的游标尺上的某刻度线的序号^①。

其它分度的游标卡尺的使用原理与 50 分度的原理相同。

在使用游标卡尺测量时,应先使卡尺的两测脚紧密结合,看看游标与主尺的 0 刻线是否对齐^②,如果两者对齐,用拇指移动游标向右滑到某一位置,卡住被测物体,读出测量长度。

实 验 报 告

实验名称: 金属圆柱体密度的测定

实验目的: 1.

2.

3.

实验原理:

仪器和器材:

数据记录与计算

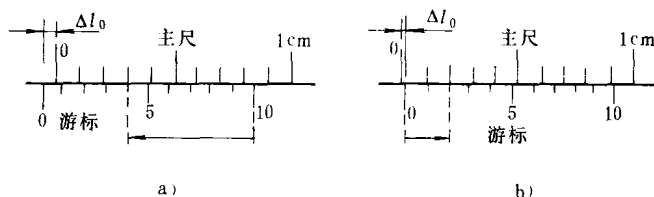


图 1-5 检测 0.1mm 卡尺的零误差示意图

① 图 1-4a、b 中游标上,每 5 格标一数字,以利目测和读数。

② 如果两条 0 刻线不能对齐,说明该游标卡尺有零误差(属系统误差),当游标零刻线位于主尺零刻线左侧时,零误差为正。反之,零误差为负。测量时,应在测出的数据中加、减零误差。如图 1-5a 所示精度为 0.1mm 的卡尺的零误差为 +0.6mm (箭头标示部分),故在数据中应当加 0.6mm;而图 1-5b 所示的零误差为 -0.2mm,则应在数据中减去 0.2mm。

表 1-1 金属圆柱体密度测定实验记录

测 量 次 数	<u>圆柱体长度 L</u> mm	<u>圆柱体直径 D</u> mm	<u>圆柱体质量 m</u> g	<u>圆柱体密度 ρ</u> (g/cm ³)
1				
2				
3				
4				
5				
平 均 值				

注：卡尺精度 0.02mm，天平感量 _____ g。

结论：金属圆柱体的密度 $\rho = \bar{\rho} \pm \Delta \rho = \text{_____ g/cm}^3$ 。

平均相对误差 $E = \text{_____}$ 。

实验二 验证力的平行四边形法则

一、目的

1. 熟练力的图示法。
2. 验证两个互成角度的共点力合成的平行四边形法则。
3. 巩固平衡力的概念。

二、原理

1. 两个互成角度的共点力，其合力的大小和方向，可以用表示这两个力的线段作邻边所画出的平行四边形对角线来表示——力的平行四边形法则。

2. 当三个共点力平衡时，其中两个力的合力一定和第三个力大小相等、方向相反。本实验就是利用实验砝码作为第三个力，即合力的平衡力。测得合力、分力后，用力的图示法分别表明合力与分力，从而验证平行四边形法则。

三、仪器和器材

测力计、木板、带有铁夹的铁架台、一套等重的钩码、白纸、图钉、连接在一起的三条细绳（其中一个附有一个套环，另两条各附有两个套环）、三角尺、量角器。

四、步骤

1. 用图钉把白纸钉在木板上，再将木板竖直固定在铁架台的铁夹上。
2. 在木板两侧适当位置（如 A 、 B 两点）钉上两个图钉，将双套环细绳分别套在图钉上，然后在第三条细绳的套环上挂上 1~2 个实验钩码（注意：务使绳结处于纸的中心偏下位置），整个装置如图 2-1 所示。
3. 用铅笔在纸上描出力的作用点（绳结 O ）的位置和三条绳的方向。
4. 用同一测力计分别测定钩码的重力和两个双套环细绳的拉力，如图 2-2 所示。将测力

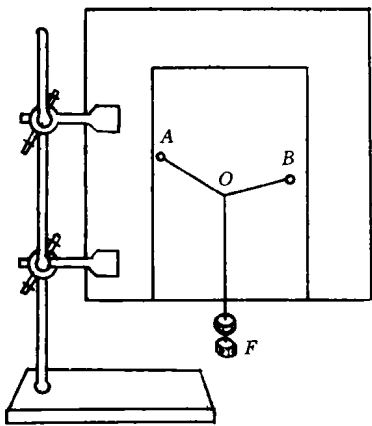


图 2-1 验证力的平行四边形法则的实验装置

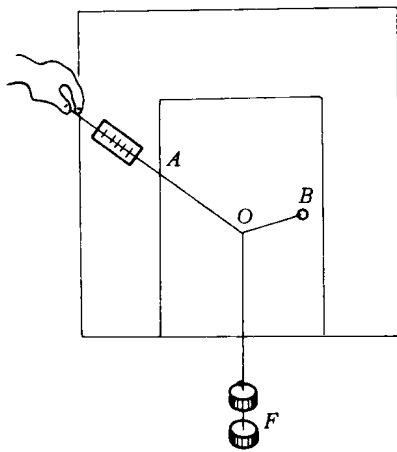


图 2-2 测力计测力示意