

21世纪高职高专教材



YIYONG WULI SHIXUN JIAOCHENG

医用物理实训教程

(第2版)

主 编 楼渝英 唐安成

副主编 李 骏 吴文竹 唐俊铨



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

21 世纪高职高专教材

医用物理实训教程

第 2 版

主 编 楼渝英 唐安成
副主编 李 骏 吴文竹 唐俊铨
参 编 王 婷 胡 方

重庆大学出版社

内容提要

本书是相关医学类专业技能型人才培养实训教材之一。该实训教材密切联系医药实际,注重学生的能力培养。本书共编写了15个实训项目。通过实训项目的训练,培养学生的动手能力、分析问题和解决问题的能力。

本书供专科层次药学、生物制药技术、药物制剂技术、中药制药技术、药剂设备、医学检验技术、食品营养与检测、康复治疗技术、医疗美容技术、医学影像技术及专科层次其他相关医学类专业的学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

医用物理实训教程/楼渝英主编.—2版.—重庆:
重庆大学出版社,2015.3
ISBN 978-7-5624-8871-2

I. ①医… II. ①楼… III. ①医用物理学—高等职业
教育—教材 IV. ①R312

中国版本图书馆 CIP数据核字(2015)第 036449 号

医用物理实训教程

第2版

主 编 楼渝英 唐安成

副主编 李 骏 吴文竹 唐俊铨

策划编辑:彭 宁

责任编辑:彭 宁 杨粮菊 版式设计:杨粮菊

责任校对:邹 忌 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

万州日报印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:6.25 字数:156千

2010年9月第1版 2015年3月第2版 2015年3月第4次印刷

印数:4 501—7 500

ISBN 978-7-5624-8871-2 定价:16.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换
版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

该实训教材为了适应高职高专教育教学改革的需要,以培养学生的能力为目标,在第1版的基础上增加了6个实训项目,共编写了15个实训项目。通过实训项目的训练,培养学生的团队意识,提高学生的动手能力、分析问题和解决问题的能力。

本书可供专科层次药学、生物制药技术、药物制剂技术、中药制药技术、药剂设备、医学检验技术、食品营养与检测、康复治疗技术、医疗美容技术、医学影像技术及专科层次其他相关医学类专业学生使用。

本书由重庆医药高等专科学校楼渝英、唐安成担任主编,李骏、吴文竹、唐俊铨担任副主编。具体分工如下:唐安成编写绪论、实训项目五;王婷编写实训项目一;楼渝英编写实训项目二、实训项目六、实训项目九、实训项目十二、实训项目十四、实训项目十五;李骏编写实训项目实训项目三、实训项目四、实训项目十、实训项目十三;唐俊铨编写实训项目七;吴文竹编写实训项目八;胡方编写实训项目十一。

本书在编写过程中,得到重庆市医药高等专科学校的大力支持,在此表示深深的谢意。

由于编者水平有限,书中的错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2014年12月26日

目 录

绪 论	1
实训项目一 长度和密度的测量	7
实训项目二 液体黏滞系数的测定	14
实训项目三 测定物体的转动惯量	19
实训项目四 用拉伸法测定金属丝的杨氏模量	26
实训项目五 电偶极子电场的描绘	30
实训项目六 示波器的使用	33
实训项目七 电表的改装与校正	41
实训项目八 多用电表的使用	45
实训项目九 用惠斯通电桥测电阻	54
实训项目十 用电位差计测电动势	57
实训项目十一 日光灯电路的连接	62
实训项目十二 三相交流电路电压、电流的测量	66
实训项目十三 分光计的使用	71
实训项目十四 测定三棱镜的折射率	77
实训项目十五 用衍射光栅测定光的波长	82
附 录	86
参考文献	91

绪 论

一、物理实验的重要性和目的

众所周知,物理学是一门以实验为基础的科学。物理概念的建立以及物理定律的发现,都是建立在实验的基础之上。物理实验对物理学的发展和学好物理学都是非常重要的。

二、物理实验的要求

1. 实验前必须预习

通过预习明确实验的目的、原理、使用的仪器以及操作的主要步骤。

2. 实验过程

实验时应根据实验的要求,正确使用仪器,仔细观察和测量,如实记录数据,实事求是、尊重客观事实,不以主观臆断改动实验数据。

3. 实验报告

认真、真实写出实验报告,以便及时总结实验结果和收获。

三、直接测量和间接测量

在物理实验中,经常要对物理量进行测量。所谓测量,就是用各种仪器、各种方法测出各种物理量。

测量可分为直接测量和间接测量。直接从仪器上得到数据的称为直接测量。如用游标卡尺测长度,用天平测量质量,用伏特表测电压等。但有很多物理量并不能直接测量到,而是通

过直接测量到的数据再进行运算和处理,间接得到被测的物理量,这种测量称为间接测量。如速度、加速度是通过测量位移和时间再进行计算而得到的。

四、误差

1. 测量的误差

(1) 绝对误差

实验结果不可能是绝对精确的,例如,用温度计测温度,用天平称质量,测量出来的值跟其真实的值不完全一致。实验测量值 x (包括直接和间接测量值) 与真值 x_0 (客观存在的准确值) 之差,称为绝对误差,简称误差。

$$\Delta x = |x - x_0| \quad (0-1)$$

(2) 相对误差

绝对误差只能表明测量值偏离真值有多少,但评价测量的准确性还要看绝对误差相对于真值的偏离程度。如有两个长度分别为 50 cm 和 5 cm 的物体,测量值分别为 50.2 cm 和 5.2 cm,它们的绝对误差均为 0.2 cm,但它们的绝对误差与物体真实值(或测量值的平均值)的比值 $\frac{50.2 \text{ cm} - 50 \text{ cm}}{50 \text{ cm}} = 0.4\%$, $\frac{5.2 \text{ cm} - 5 \text{ cm}}{5 \text{ cm}} = 4\%$ 不同,即偏离真实值的程度不同,为了描述测量的这种差异,为此,引入相对误差,即

$$E = \frac{\Delta x}{x} \times 100\% \quad (0-2)$$

2. 误差的分类

从误差来源看,误差可分为系统误差和偶然误差。

(1) 系统误差

系统误差是由仪器本身不精确、实验原理、方法不完善或实验环境(温度、光线、电磁场等)影响而造成的。例如,刻度不准、电表零点未调好、砝码不标准等,都会产生系统误差。

系统误差的特点是在相同条件下,多次重作同一实验时,误差总是同样地偏大或偏小,而不会出现这几次偏大另几次偏小的情况。

减小系统误差的方法一般有以下几种:

- ①选用精度较高的仪器。
- ②正确使用仪器。
- ③改进实验方法,设计出原理上更完善的实验。

(2) 偶然误差

偶然误差是由各种偶然因素对被测物理量的影响而产生的。例如,风、震动、电压的突然变化等。

偶然误差的特点是相同条件下,多次重作同一实验时,测量值有时偏大、有时偏小,且偏大或偏小的机会是均等的。因此,可以用多次测量取其平均值的方法来减小偶然误差。

3. 直接测量结果误差的表示

(1) 用算术平均值代表测量结果的最佳值

在相同条件下,对某物理量进行了 n 次重复测量,则其算术平均值

$$\bar{x} = \frac{1}{n}(x_1 + x_2 + \cdots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (0-3)$$

(2) 平均绝对误差

真值是无法得到的,因而常用算术平均值代表真值。对某物理量进行了 n 次重复测量,则每次测量的绝对误差的算术平均值,称为平均绝对误差,即

$$\overline{\Delta x} = \frac{|x_1 - \bar{x}| + |x_2 - \bar{x}| + \cdots + |x_n - \bar{x}|}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}| = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta x_i| \quad (0-4)$$

(3) 平均相对误差

$$E = \frac{\overline{\Delta x}}{\bar{x}} \times 100\% \quad (0-5)$$

测量结果可表示为

$$x = \bar{x} \pm \overline{\Delta x} \quad (0-6)$$

【例1】 测量某一物体的长度,共测量了 5 次。测量值为 5.61 cm、5.63 cm、5.65 cm、5.64 cm、5.62 cm,求测量结果。

解:算术平均值

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{5}(5.61 + 5.63 + 5.65 + 5.64 + 5.62) \text{ cm} = 5.63 \text{ cm}$$

平均绝对误差

$$\overline{\Delta x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta x_i| = \frac{1}{5}(|5.61 - 5.63| + |5.63 - 5.63| + |5.65 - 5.63| + |5.64 - 5.63| + |5.62 - 5.63|) \text{ cm} \approx 0.01 \text{ cm}$$

平均相对误差

$$E = \frac{\overline{\Delta x}}{\bar{x}} \times 100\% = \frac{0.01}{5.63} \times 100\% \approx 0.2\%$$

测量结果为

$$x = \bar{x} \pm \overline{\Delta x} = (5.63 \pm 0.01) \text{ cm}$$

4. 间接测量结果误差的表示

对于间接测量,因为直接测量有误差,所以代入其函数式计算所得间接测量值也必然有误差,这称为误差的传递。其误差与各直接测量误差及函数关系有关。

平均相对误差

$$E = \frac{\overline{\Delta N}}{\overline{N}} \times 100\% \tag{0-7}$$

测量结果表示

$$N = \overline{N} \pm \overline{\Delta N} \tag{0-8}$$

其中, $\overline{N}$ 表示待测量的算术平均值, $\overline{\Delta N}$ 表示待测量的平均绝对误差。

误差是可以传递的, 通过计算可得出常用函数的误差传递公式, 见表 0-1。

表 0-1 常用函数的误差传递公式

函数关系式	平均绝对误差 $\overline{\Delta N}$	相对误差 $E = \frac{\overline{\Delta N}}{\overline{N}} \times 100\%$
$N = x + y + \cdots$	$\overline{\Delta x} + \overline{\Delta y} + \cdots$	$\frac{\overline{\Delta x} + \overline{\Delta y} + \cdots}{x + y + \cdots}$
$N = x - y$	$\overline{\Delta x} + \overline{\Delta y}$	$\frac{\overline{\Delta x} + \overline{\Delta y}}{x - y}$
$N = x \times y$	$\overline{y} \cdot \overline{\Delta x} + \overline{x} \cdot \overline{\Delta y}$	$\frac{\overline{\Delta x}}{\overline{x}} + \frac{\overline{\Delta y}}{\overline{y}}$
$N = x \times y \times z$	$\overline{y} \cdot \overline{z} \cdot \overline{\Delta x} + \overline{x} \cdot \overline{z} \cdot \overline{\Delta y} + \overline{x} \cdot \overline{y} \cdot \overline{\Delta z}$	$\frac{\overline{\Delta x}}{\overline{x}} + \frac{\overline{\Delta y}}{\overline{y}} + \frac{\overline{\Delta z}}{\overline{z}}$
$N = x^n$	$n \overline{x}^{(n-1)} \cdot \overline{\Delta x}$	$n \frac{\overline{\Delta x}}{\overline{x}}$
$N = x^{\frac{1}{n}}$	$\frac{1}{n} \overline{x}^{(\frac{1}{n}-1)} \cdot \overline{\Delta x}$	$\frac{1}{n} \frac{\overline{\Delta x}}{\overline{x}}$
$N = \frac{x}{y}$	$\frac{\overline{y} \cdot \overline{\Delta x} + \overline{x} \cdot \overline{\Delta y}}{\overline{y}^2}$	$\frac{\overline{\Delta x}}{\overline{x}} + \frac{\overline{\Delta y}}{\overline{y}}$
$N = kx$	$k \cdot \overline{\Delta x}$	$\frac{\overline{\Delta x}}{\overline{x}}$

五、有效数字

1. 有效数字

在测量中, 由仪器或量具的最小刻度线直接读出的数字称为可靠数字。在两个最小刻度线之间估计读出来的数字称为可疑数字。可靠数字加上一位可疑数字称为有效数字。例如, 用毫米分度尺测量长度, 读出的数字为 3.2 mm, “3” 是可靠数字, “2” 是可疑数字, “3.2” 是有效数字。

2. 有效数字的表示

①“0”在非零数字之前不是有效数字;在非零数字之后是有效数字。如 $0.003\ 40\ \text{m}$, 其有效数字是 3 位。

②在非零数字后边用来表示个位、十位的零不是有效数字。如 $2\ 500\ \text{g}$ 只有两位有效数字。

③在进行单位变换时, 有效数字的位数保持不变。如 $3.010 \times 10^5\ \text{m}$ 是 4 位有效数字, $3.010 \times 10^2\ \text{km}$, $3.010 \times 10^8\ \text{mm}$, 仍然是 4 位有效数字。

3. 有效数字的运算

①加减法: 可靠数字 $\pm$ 可疑数字 = 可疑数字。

【例 2】 $13.45\ \text{g}$ 加 $0.215\ \text{g}$ 其结果有多少有效数字?

$$\begin{array}{r} 13.45 \\ + 0.215 \\ \hline 13.665 \end{array}$$

结果是 $13.67\ \text{g}$ 共 4 位有效数字。

②乘法: 可靠数字 $\times$ 可疑数字 = 可疑数字; 可靠数字 $\div$ 可疑数字 = 可疑数字。

【例 3】 14.2×5.4 有几位有效数字?

$$\begin{array}{r} 14.2 \\ \times 5.4 \\ \hline 568 \\ + 710 \\ \hline 76.68 \end{array}$$

结果是 77 , 共两位有效数字。 5.4 是最少有效数字, 也是两位, 所以结果与最少有效数字相同。

③乘方、开方、三角函数: 有效数字的位数均与测量值的有效数字位数相同。

【例 4】 $\sqrt{25.5} \approx 5.05$, $3.25^2 \approx 10.6$

④计算结果只保留一位可疑数字, 计算过程中可以保留两位可疑数字, 最后根据四舍五入法舍入。

【例 5】 $12.5 + 6.378 - 0.235 = 18.88 - 0.235 \approx 18.6$

⑤表示东西的个数、实验的次数是准确数, 它们与有效数字相乘或相除时, 其结果的有效数字的位数等于参与运算的有效数字的位数。对参与运算的常数的有效数字的位数应与参与运算的有效数字最少的相同。

【例 6】用单摆测重力加速度, 实验测得摆长 $l = 100.23\ \text{cm}$, 振动 100 次所用时间 $t = 200.2\ \text{s}$ 求重力加速度。

解:因为 周期 $T = \frac{t}{N} = \frac{200.2}{100} \text{ s} = 2.002 \text{ s}$

所以 重力加速度

$$g = 4\pi^2 \frac{1}{T^2} = 4 \times 3.142^2 \times \frac{1.0023}{2.002^2} \text{ m/s}^2 \approx 9.875 \text{ m/s}^2$$

实训项目一

长度和密度的测量

一、实训目标

1. 了解游标卡尺、螺旋测微器、电子天平的构造及原理；
2. 学会正确使用游标卡尺和螺旋测微器；
3. 学会正确使用电子天平。

二、实训器材

游标卡尺、螺旋测微器、电子天平、金属圆柱体、金属杯、金属片、金属细丝。

三、实训原理

1. 测量圆柱体的密度

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

圆柱体的密度
$$\rho = \frac{4m}{\pi d^2 h}$$

2. 测量工具

(1) 游标卡尺

游标卡尺是一种测量长度的量具,如图 1-1 所示。它由下测脚 AB、上测脚 A₁B₁、主尺、游标尺和尾杆等组成。下测脚 AB 测量外径和厚度;上测脚 A₁B₁ 测量内径;尾杆测量深度;紧固螺钉可将游标尺固定在主尺上。

常用的游标卡尺有分度值为 0.1 mm、0.02 mm、0.05 mm 等多种规格。下面以分度值

0.1 mm的游标卡尺为例,介绍游标卡尺的测量原理。

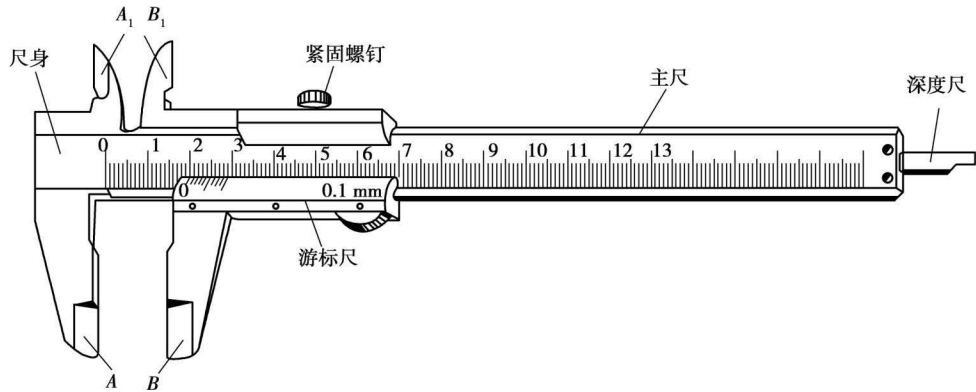


图 1-1 游标卡尺

规格是 0.1 mm 游标卡尺,主尺上的最小分度值为 1 mm,游标尺是将 9 mm 的长度分为 10 等分,每一等分的长度为 0.9 mm,与主尺上的最小分度相差 0.1 mm,如图 1-2 所示。

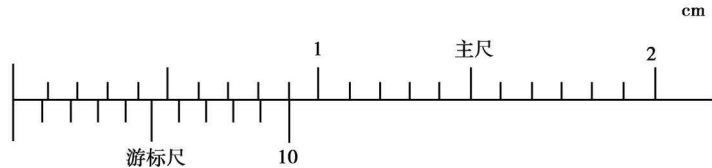


图 1-2

当游标卡尺的下测脚 AB 闭合时,游标卡尺上只有零刻线和最后一条刻线分别与主尺的零刻线 and 第 9 条刻线重合外,其他各条刻线的位置均不与主尺上的刻线重合,如图 1-2 所示。

若在游标卡尺的下测脚 AB 之间放一厚度为 0.1 mm 的薄片,则游标尺就向右移 0.1 mm,这时游标上第 1 条刻线就与主尺上的第 1 条刻线重合。若在游标卡尺的下测脚 AB 之间放一厚度为 0.2 mm 的薄片时,则游标上的第 2 条刻线就和主尺上第 2 条刻线重合。以此类推,只要被测薄片的厚度不到 1 mm,游标上的第 n 条刻线与主尺上的刻线重合,则被测薄片的厚度就是 0.1 mm 的 n 倍。这种游标的分度值为 0.1 mm。

因为游标卡尺的下测脚 AB 之间的距离,总是等于游标上的零刻线与主尺上零刻线间的距离,所以在测量大于 1 mm 的长度时,被测值的整数部分从游标的零刻线前的主尺上读出,小数部分从游标上读。例如,在图 1-3 中,被测物长度的整数部分,从主尺上读数为 33 mm,其小数部分从游标上读,这时,正好是游标上第 7 条刻线与主尺的一条刻线重合,其值为 $0.1\text{ mm} \times 7 = 0.7\text{ mm}$,所以被测物的长度为 33.7 mm。

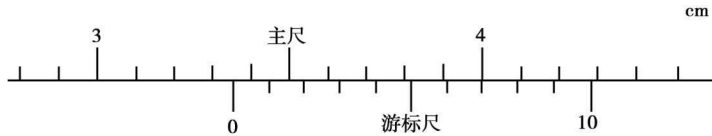


图 1-3

游标卡尺的读数方法可以归纳为一个公式。设游标卡尺的分度值为 $y\text{ mm}$ 。测量时,游标

零刻线在主尺上 k mm 刻线的右侧,但不到 $(k+1)$ mm,游标上第 n 条刻线与主尺上某一条刻线重合,这时被测物体的长度为

$$L = k + ny \quad (1-1)$$

对于常用的其他规格的游标卡尺的读数方法也遵循式(1-1)。

(2) 螺旋测微器(又称千分尺)

螺旋测微器是一种精密测量物体长度的仪器。其结构如图 1-4 所示,测砧 A 和固定刻度 B 被固定在尺架 C 上,测微螺杆 F、微分筒(可动刻度)E、旋钮 D 和微调旋钮 D' 连在一起,通过精密螺纹套在固定刻度 B 上。

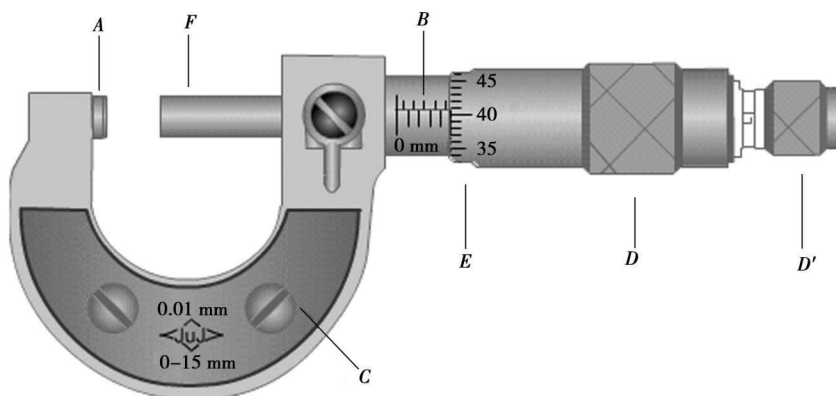


图 1-4 螺旋测微器

螺旋测微器的螺纹间距是 0.5 mm,即旋钮每转一周,测微螺杆 F 前进或后退 0.5 mm。可动刻度将 0.5 mm 分成 50 等分,每一等分表示 0.01 mm,即可动刻度的分度值为 0.01 mm。当测微螺杆 F 和测砧 A 接触时,可动刻度 E 的零点恰好跟固定刻度 B 的零点重合。在测量时,测微螺杆 F 向右移动的距离等于被测物体的长度。读数方法如图 1-5 所示,(a) 图的半毫米刻度线没有露出,其读数是 1.283 mm;而 (b) 图的半毫米刻度线已露出,其的读数是 1.783 mm;(c) 图的读数为 1.780 mm。

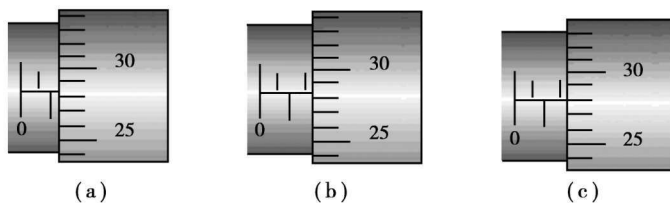


图 1-5 螺旋测微器的读数方法

注意事项:

- ①在使用螺旋测微器时,当测微螺杆 F 快靠近被测物体时,应停止使用旋钮 D,改用微调旋钮 D',避免产生过大的压力,这样既能使测量结果精确,又能保护螺旋测微器。
- ②在读数时,要注意固定刻度尺上表示半毫米的刻线是否已经露出。
- ③当测砧和测微螺杆并拢时,可动刻度的零点与固定刻度的零点不相重合,将有零误差,应加以修正,即测量值等于读数减去零误差。



图 1-6 电子天平

(3) YH002 N 电子天平

1) 主要技术数据

该电子天平的称量范围 $0 \sim 1\,000\text{ g}$ 实际分度值 10 mg 去皮范围 $0 \sim 1\,000\text{ g}$ 电源 $220\text{ V}, 50\text{ Hz}$

2) 主要部件

YH002 N 电子天平主要由电源、电阻应变片传感器、放大器、A/D(模/数)转换器、微处理器、显示器、键盘和控制电路等组成。其外形如图 1-6 所示。

“开机”键 在通电状态下,只要轻按一下“开机”键,天平显示其型号 1002 N,然后显示称量模式 0.000 g

“关机”键 关闭显示器,若长期不用,应拔掉电源。

“单位”键 单位转换键。只要轻按一下“单位”键,就改变一种单位。在转换单位的情况下,长按“单位”键不小于 15 s 再放开可直接返回到 g 显示状态。

“计件”键 计件校准键。本天平具有计件数功能,所计样品数 $10 \sim 200$ (均为 10 的倍数)。轻按一下“计件”键,显示“100”,并闪烁,按一下“校准”键,样品的设定数增加 10,若按一下“去皮”键,样品的设定数减少。样品数设定好后,即可放上设定的样品数,10 左右即显示件数值。

“校准”键 校准天平。若长时间存放,位置变动,环境变化,为了获得精确测量,在称量前,都应进行校准操作。校准操作的步骤:开机后,待天平工作稳定后,轻按“去皮”键,天平清零;在轻按“校准”键,显示“C500”并闪烁,然后将校准砝码放在天平盘的中央,等待约 10 s 显示“ 500.00 g ”,即可进行称量操作。

“去皮”键 清零,去皮键。若在天平秤盘中放 50.21 g 称量瓶,然后轻按“去皮”键,天平显示“ 0.00 g ”;若拿去称量瓶,则显示“ -50.21 g ”,再轻按“去皮”键,天平清零,显示“ 0.00 g ”。

3) 原理

电子天平是采用电磁力平衡的原理,应用现代电子技术设计而成的。它是将称盘与通电线圈相连接,置于磁场中,当被称物置于称盘后,因重力向下,线圈上就会产生一个与重力大小相等、方向相反的电磁力,这时传感器输出电信号,其电流强度与被称物体的重力大小成正比。其电信号经放大后,再通过 A/D 转换,经微处理器运算、最后由数字显示器将被称物品的质量显示出来。

4) 使用方法

① 准备

- a 将天平放置在水平稳定的工作台上,避免振动、气流、阳光直射和剧烈的温度波动。
- b 安装秤盘,调节天平的水平调节脚,使气泡位于水准器的中心。
- c 核对电源电压是否与天平所需电压一致。

d 开机预热 30 min,使天平处于工作状态。

②校准天平

a 轻按“去皮”键,天平显示 0.00 g

b 按“校准”键,天平显示“C500”并闪烁。

c 将校准砝码放在天平盘的中央。然后等待约 10 s 显示“500.00 g”,此时,移去砝码后,天平显示回零,即可进行称量操作。如果天平不回零,则重新进行校准。

③称量

a 称量法称量固体物体的质量。将样品放在称盘上,显示值即为物品的质量。待数字稳定后记录称量结果。

b 称量粉末样品的质量。将称量瓶放在天平称盘上,显示其质量值,轻按“去皮”键,天平显示 0.00 g 向称量瓶中加粉末样品,显示粉末的质量值。

④取样品

注意取样品时,切勿将样品散落在天平内。

⑤关机

轻按“关机”键,关闭显示器,若长期不用,应拔掉电源。

注意事项:

①使用前仔细阅读说明书。

②使用过程中应保持天平室的清洁,勿使样品洒落入天平室内。

③在天平遇到下列情况之一必须校准:

a 首次使用天平称量之前;

b 天平改变安放位置之后。

④被称物体的质量不超过天平的最大称量值,否则将损坏天平。

⑤注意防潮,定期检查干燥剂。

四、实训内容及步骤

1. 仔细观察游标卡尺以及螺旋测微器的构造,熟悉其使用。检查是否有零误差,如有请记录其读数。

2. 用游标卡尺测量金属圆柱体的高度和直径各 3 次。

测量直径时,每次的测量方位互为 120° ,将数据填入表 1-1 中。

3. 用电子天平测出金属圆柱体的质量,将数据填入表 1-1 中。

4. 用螺旋测微器测量细丝的直径 3 次,将数据记录入表 1-2 中。

5. 用测微器测薄片的厚度 3 次,将数据记录入表 1-2 中。

五、数据记录与分析

1. 测量数据

表 1-1 测量金属圆柱体的直径、高度和质量

数据 次数	项目	直 径			高			质 量	
		读数值 d' / mm	测量值 $d = d' - D_0$ / mm	绝对误差 $\Delta d = d - \bar{d}$ / mm	读数值 h' / mm	测量值 $h = h' - D_0$ / mm	绝对误差 $\Delta h = h - \bar{h}$ / mm	读数值 m' / g	绝对误差 $\Delta m = m - \bar{m}$ / g
1									
2									
3									
平均值			$\bar{d} =$	$\overline{\Delta d} =$		$\bar{h} =$	$\overline{\Delta h} =$	$\bar{m} =$	$\overline{\Delta m} =$

游标卡尺的零误差 $D_0 =$ _____

表 1-2 测量金属丝的直径和金属片的厚度

数据 次数	项目	金属丝的直径			金属薄片的厚度		
		读数值	测量值	绝对误差	读数值	测量值	绝对误差
		d' /mm	$d = d' - D_0$ /mm	$\Delta d = d - \bar{d}$ /mm	L' /mm	$L = L' - D_0$ /mm	$\Delta L = L - \bar{L}$ /mm
1							
2							
3							
平均值			$\bar{d} =$	$\overline{\Delta d} =$		$\bar{L} =$	$\overline{\Delta L} =$

螺旋测微器的零误差 $D_0 =$ _____

2. 计算

圆柱体密度的平均值 $\bar{\rho} = \frac{4 \bar{m}}{\pi \bar{d}^2 \bar{h}} =$ _____

平均相对误差 $E = \frac{\overline{\Delta m}}{\bar{m}} + \frac{\overline{\Delta h}}{\bar{h}} + \frac{2 \overline{\Delta d}}{\bar{d}} =$ _____

平均绝对误差 $\overline{\Delta \rho} = \bar{\rho} \cdot E =$ _____

测量结果:

(1) 圆柱体的密度 $\rho = \bar{\rho} \pm \overline{\Delta \rho} =$ _____