

安徽省高等学校“十一五”省级规划教材

# 基础物理实验

主 编 肖 苏  
副主编 任 红 梅忠义

JICHU WULI  
SHIYAN



中国科学技术大学出版社

安徽省高等学校“十一五”省级规划教材

# 基础物理实验

主 编 肖 苏

副主编 任 红 梅忠义

中国科学技术大学出版社

2009·合肥

## 内 容 简 介

本书系统地介绍了与大学物理实验有关的数据处理知识,一些常用的力学、热学、电磁学和光学仪器设备的原理和使用方法,物理实验经常采用的各种基本测量方法;按不同层次编排了34个基础实验、9个近代物理实验、32个设计性实验和2个研究性实验,实验内容涉及力学、热学、电磁学、光学、近代物理等方面,其中还有一些是综合性实验。本书各章节及各个实验既相互独立,又相互配合,循序渐进、初步形成了一个完整的体系。

本书可作为高等理工院校各专业的实验物理课程的教材或参考书,也可作为涉及物理学的实验技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

基础物理实验/肖苏主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2009.9  
ISBN 978-7-312-02573-0

I. 基… II. 肖… III. 物理学-实验-高等学校-教材 IV. O4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 120372 号

**中国科学技术大学出版社** 出版发行

(安徽省合肥市金寨路 96 号 邮政编码:230026)

安徽辉隆农资集团瑞隆印务有限公司

全国新华书店经销

开本:787 mm×1092 mm 1/16 印张:24.25 字数:580 千

2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

印数:1—6000 册

定价:32.00 元

# 前 言

本书是在总结了以往物理实验教学改革经验,遵照教育部高等学校物理基础课程教学指导委员会制订的基本要求,结合我校专业设置特点和实验室仪器设备情况,在2004年第4版《大学物理实验》一书的基础上编写而成。《大学物理实验》第1版于1986年出版,至今已23年,仅我校就有6万多学生使用了本教材。在此期间先后历经四次修订,已逐步形成先进的、完整的内容体系。本教材是安徽省高等学校“十一五”规划教材选题立项的研究成果,与同类书相比具有以下鲜明特点:

1. 构成完整的、先进的内容体系。历经四次修订,20多年的教学实践和6万多学生使用,已初步形成先进的、科学的、完整的内容体系。本书主要包括:第1章物理实验的基本技能,详细介绍了力学、热学、电磁学、光学实验中常用的近二十种仪器设备的原理和使用方法;全面地阐述了物理实验中经常采用的几种实验方法、基本调整技术和基本操作原则;第2章误差理论知识,系统地介绍了与大学物理实验有关的数据处理知识;第3、4、5、6、7章编排了11个前导实验、13个基础实验、10个综合提高实验、9个近代物理实验和34个设计、研究性实验,内容涉及力学、热学、电磁学、光学、近代物理等方面。

2. 践行先进教育教学理念。“分层次”教学是目前实验物理先进的教学模式,本书将实验内容分为四个层次:

第一层次——前导实验。考虑到与中学物理实验教学的衔接和各地区之间的不平衡,增设了11个简单实验,包括力、热、光、电等部分内容,让学生自行到实验室进行操作训练,以达到做好基础实验所必须具备的知识和实验操作能力。

第二层次——基础实验。编排了13个较简单的实验。本章的内容不仅有原理的清楚叙述,公式的完整推导,还有详尽的实验步骤和数据表格,以便初学者自学和了解规范要求。

第三层次——综合提高实验。在内容上突出综合性、应用性,同时编写的较简单,少写实验步骤,少列或不列数据表格,尽量让学生独立完成。

第四层次——设计、研究性实验。对本部分内容仅提出任务、条件、要求及少许提示,由学生查阅有关资料,自拟实验方案在教师指导下完成实验。

3. 加强创新能力培养。本书共编入77个实验内容,其中设计性、综合性和近代物理实验38个,达50%。同时约有30个实验编写了创新园地。

4. 注重实验教学的各个环节。每个实验都编写了足够数量的预习要点和讨论题,其中预习要点反映了实验的要领,可以促使学生认真准备、积极思考,讨论题则可帮助学生比较深入地进行总结,加深了解。

5. 积极将科研成果引入到教学中。实验76、77是在我院教师科研成果的基础上开发研制出的实验内容。

本书由肖苏任主编,任红、梅忠义任副主编,合肥工业大学电子科学与应用物理学院基础

教学部部分教师参加了编写。其中：肖苏编写实验 9、10、11、28、29、30、31、34、40、41、42；任红编写第 1 章(1. 2、1. 3、1. 4)，实验 8、25、36；梅忠义编写实验 76，绪论，第 2 章，附录 I、II；吴本科编写实验 77；谢莉莎编写实验 12、13、14、15、37、38、43；罗乐编写实验 6、7、22、23、24、27、35、39；赵瑛编写第 1 章(1. 1)，实验 26、33；陈冬颖编写实验 16、17、18、19、20、21、32；张霆编写第 7 章(7. 1、7. 2、7. 3、7. 4、7. 5)，实验 1、2、3、4、5；实验 76 的内容吸收了陆正亚教授的科研成果。

本书虽由以上同志执笔编写，实际是一项集体创作。经过二十多年的教学实践，多次的调整、更新、扩充才达到现在的水平。书中几乎每一个内容都含有五十多位同志先后的贡献，凝聚了他们的智慧和劳动。本书编写期间，参阅了许多兄弟院校的教材，吸取了宝贵经验，甚至引用了部分内容，在此深表谢意。

编 者

2009 年 6 月

# 目 录

前 言 .....	( I )
绪 论 .....	( 1 )
第 1 章 物理实验的基本仪器 .....	( 3 )
1.1 基本仪器使用 .....	( 3 )
1.2 基本测量方法 .....	( 30 )
1.3 基本调整技术 .....	( 50 )
1.4 基本操作原则 .....	( 52 )
第 2 章 误差理论基础知识 .....	( 54 )
2.1 测量与误差、不确定度的基本概念 .....	( 54 )
2.2 直接测量、间接测量的不确定度评定 .....	( 63 )
2.3 有效数字的记录与运算 .....	( 67 )
2.4 数据处理的基本方法 .....	( 70 )
2.5 常用仪器的仪器误差 .....	( 86 )
第 3 章 前导实验 .....	( 92 )
实验 1 固体密度的测量 .....	( 92 )
实验 2 自由落体运动的研究 .....	( 96 )
实验 3 单摆实验 .....	( 100 )
实验 4 驻波的研究 .....	( 103 )
实验 5 热电偶定标 .....	( 106 )
实验 6 液体表面张力系数的测定 .....	( 111 )
实验 7 液体粘滞系数的测定 .....	( 115 )
实验 8 电阻元件的伏安特性 .....	( 120 )
实验 9 电位差计的原理和使用 .....	( 124 )
实验 10 薄透镜焦距的测定 .....	( 127 )
实验 11 单缝衍射光强分布的测定 .....	( 133 )
第 4 章 基础实验 .....	( 136 )
实验 12 金属丝杨氏弹性模量的测量 .....	( 136 )
实验 13 用三线摆测量转动惯量 .....	( 139 )
实验 14 气垫导轨的应用 .....	( 144 )
实验 15 导热系数的测定 .....	( 155 )
实验 16 电桥法测电阻 .....	( 159 )
实验 17 用模拟法测绘静电场 .....	( 166 )

实验 18	示波器的使用	(170)
实验 19	电子束的偏转和聚焦与电子荷质比的测定	(178)
实验 20	霍尔法测螺线管的磁场	(187)
实验 21	声速的测定	(194)
实验 22	分光计的调整与使用	(198)
实验 23	光的偏振	(212)
实验 24	光的干涉	(218)
<b>第 5 章</b>	<b>综合提高实验</b>	<b>(223)</b>
实验 25	磁滞回线	(223)
实验 26	光纤通信	(231)
实验 27	超声光栅	(240)
实验 28	热敏电阻的温度特性研究	(243)
实验 29	多普勒效应	(246)
实验 30	集成电路温度传感器的特性测量及应用	(251)
实验 31	双光栅测量微弱振动位移量	(253)
实验 32	周期函数的傅里叶分析	(260)
实验 33	非线性电路混沌的研究	(268)
实验 34	金属线膨胀系数的测量	(272)
<b>第 6 章</b>	<b>近代物理实验</b>	<b>(276)</b>
实验 35	迈克耳逊干涉仪的调整和使用	(276)
实验 36	光电效应法测定普朗克常数	(281)
实验 37	密立根油滴实验	(288)
实验 38	夫兰克-赫兹实验	(295)
实验 39	全息技术	(302)
实验 40	铁磁共振	(308)
实验 41	黑体辐射	(314)
实验 42	微波的单缝衍射和布拉格衍射	(320)
实验 43	液晶光阀的特性研究	(325)
<b>第 7 章</b>	<b>设计研究性实验</b>	<b>(334)</b>
7.1	设计、研究性实验概述	(334)
7.2	力学、热学设计实验	(338)
实验 44	物体密度值的测定	(338)
实验 45	热敏温度计制作	(338)
实验 46	气垫上测滑块的瞬时速度	(339)
实验 47	测偏心圆块绕特定轴的转动惯量	(339)
实验 48	用焦利氏称测量弹簧的有效质量	(341)
实验 49	粘滞阻尼系数的测定	(341)
实验 50	物体在液体中的运动研究	(342)
实验 51	超声波实验设计	(342)



实验 52	人耳听阈曲线测定	(343)
7.3	电磁学设计实验	(344)
实验 53	滑线变阻器的限流特性与分压特性的研究	(344)
实验 54	测定灵敏电流计的自由振荡周期	(345)
实验 55	十一线电位差计测量电池内阻	(345)
实验 56	表头参数的测定	(346)
实验 57	自组滑线式电桥测微安表内阻	(346)
实验 58	感应法测螺线管磁场	(347)
实验 59	黑合子	(348)
实验 60	自动温控电路设计和安装	(348)
实验 61	大功率电子节能灯的设计制作	(349)
实验 62	RLC 电路的暂态过程研究	(349)
7.4	光学设计实验	(350)
实验 63	测透明固体的折射率	(350)
实验 64	等厚干涉法测液体的折射率	(351)
实验 65	光的色散研究	(351)
实验 66	分光计测反射光的偏振特性	(352)
实验 67	原子光谱的研究	(352)
实验 68	光源的时间相干性研究	(353)
实验 69	用迈克耳逊干涉仪测玻璃片厚度	(354)
实验 70	测定显微镜的放大率	(355)
实验 71	模拟眼睛成像及屈光不正的物理矫正	(356)
7.5	综合设计实验	(356)
实验 72	CCD 成像系统测杨氏模量	(356)
实验 73	用惠斯通电桥给光敏二极管定标	(357)
实验 74	色度学实验	(357)
实验 75	光纤压力传感器测定压力变化	(358)
7.6	研究性实验	(358)
实验 76	金割效应物理摆	(358)
实验 77	音叉非线性振动的混沌研究	(362)
附录 I	中华人民共和国法定计量单位	(370)
附录 II	物理学常用数表	(373)
参考文献		(378)



# 绪 论

物理学研究的是自然界物质运动的最基本最普遍的形式。物理学研究的运动,普遍地存在于其他高级的、复杂的物质运动形式(如生物的、化学的等)之中,因此,物理学所研究的物质运动规律,具有最大的普遍性。原子能、电子计算机、半导体、空间科学等新技术时代的到来,物理学的功绩不可低估。物理学在科学技术,乃至思维的发展中,起着极其重要的作用,对人类文明产生巨大的影响。物理学是自然科学和工程技术的基础。

物理学从本质上说是一门实验科学,物理规律的研究都以严格的实验事实为基础,并且不断受到实验的检验。例如,麦克斯韦的电磁场理论,是建立在法拉第等科学家长期实验的基础上。赫兹的电磁波实验,又使理论得到普遍的承认和广泛的应用。又如,物理学家杨振宁、李政道在1956年提出了基本粒子在“弱相互作用下的宇称不守恒”的理论,只是在实验物理学家吴健雄用实验证实以后,才得到国际上的公认。当实验结果与理论发生矛盾时,还需进行进一步的实验,以便修正理论。所以实验是理论的源泉。

在物理学发展中,人类积累了丰富的实验方法,创造出各种精密巧妙的仪器设备,涉及到广泛的物理现象,这些使得实验物理课程有了充实的教学内容。物理实验课是高等理工院校对学生进行科学实验基本训练的必修基础课程,是本科生接受系统实验方法和实验技能训练的开端。物理实验覆盖面广,具有丰富的实验思想、方法、手段,同时能提供综合性很强的基本实验技能训练,是培养学生科学实验能力、提高科学素质的重要基础。它在培养学生严谨的治学态度、活跃的创新意识、理论联系实际和适应科技发展的综合应用能力方面具有其他实践类课程不可替代的作用。

## 一、物理实验课的目的

1. 培养学生从事科学实验的初步能力。这些能力是指:通过阅读教材或资料,能概括出实验原理和方法的要点;正确使用基本实验仪器,掌握基本物理量的测量方法和实验操作技能;正确记录和处理数据,分析实验结果和撰写实验报告;以及自行设计和完成不太复杂的实验任务等等。

2. 培养学生的科学思维和创新意识,使学生掌握实验研究的基本方法,提高学生的分析能力和创新能力。

3. 培养学生实事求是的科学态度、严谨踏实的工作作风,勇于探索、坚韧不拔的钻研精神以及遵守纪律、团结协作、爱护公物的优良品德。

## 二、物理实验课的主要教学环节

为达到物理实验课的目的,学生应重视物理实验教学的三个重要环节。

1. 实验预习 课前要仔细阅读实验教材或有关的资料,并学会从中整理出实验所用原

理、方法、实验条件及实验关键,根据实验任务画好记录数据的表格。有些实验还要求学生课前自拟实验方案,自己设计线路图或光路图,自拟数据表格等。因此,课前预习的好坏是实验中能否取得主动的关键。

2. 实验操作 学生进入实验室后应遵守实验室规则,像一个科学工作者那样要求自己,井井有条地布置仪器,安全操作,注意细心观察实验现象,认真钻研和探索实验中的问题。不要期望实验工作会一帆风顺,在遇到问题时,应看作是学习的良机,冷静地分析和处理它。仪器发生故障时,也要在教师指导下学习排除故障的方法。总之,要把着重点放在实验能力的培养上,而不是测出几个数据就以为完成了任务。对实验数据要严肃对待,学生要用钢笔或圆珠笔记录原始数据。如确系记错了,也不要涂改,应轻轻划上一道,在旁边写上正确值(错误多的,须重新记录),使正误数据都能清晰可辨,以供在分析测量结果和误差时参考。不要用铅笔记录,给自己留有涂抹的余地,也不要先草记在另外的纸上再誊写在数据表格里,这样容易出错,况且,这已不是“原始记录”了。希望同学们注意纠正自己的不良习惯,从一开始就不断培养好的科学作风。实验结束时,将实验数据交教师审阅签字,整理还原仪器后方可离开实验室。

3. 实验总结 实验后要对实验数据及时进行处理。如果原始记录删改较多,应加以整理,对重要的数据要重新列表。数据处理过程包括计算、作图、误差分析等。计算要有计算式(或计算举例),代入的数据都要有根据,便于别人看懂,也便于自己检查。作图要按作图规则,图线要规矩、美观。数据处理后应给出实验结果。最后要求撰写出一份简洁、明了、工整、有见解的实验报告。这是每一个大学生必须具备的报告工作成果的能力。

实验报告内容包括:

- (1) 实验名称。
- (2) 实验目的。
- (3) 实验仪器。
- (4) 实验原理。简要叙述有关物理内容(包括电路图或光路图或实验装置示意图)及测量中依据的主要公式,式中各量的物理含义及单位,公式成立所应满足的实验条件等。
- (5) 实验内容与步骤。根据实验的过程写明内容与关键步骤。
- (6) 数据表格与数据处理。记录中应有仪器编号、规格及完整的实验数据。要完成计算、曲线图、误差分析。最后写明实验结果。
- (7) 小结或讨论。内容不限。可以是实验中现象的分析,对实验关键问题的研究体会,实验的收获和建议,也可解答思考题或讨论题。

**请记住:我们不是要一个塞满东西的脑袋,而是要一个善于分析的头脑!我们不仅要有知识,更重要的是将知识转化为能力!**

# 第 1 章 物理实验的基本仪器

## 1.1 基本仪器使用

物理实验仪器的种类很多,包括力、热、声、光、电等各种类型。要做好物理实验,必须学会正确使用仪器设备。本章将介绍物理实验中一些最基本的常用仪器。

### 1.1.1 力学、热学仪器

在力学、热学实验中,长度、质量、时间、温度等是最常见、最基本的物理量。物理实验中测量这些物理量的仪器通常是米尺、游标卡尺、螺旋测微器、读数显微镜、天平、秒表、数字毫秒计、温度计等,下面分别介绍这些仪器的构造、性能和使用方法。

#### 一、游标尺(游标卡尺)

实物如图 1-1-1 所示。

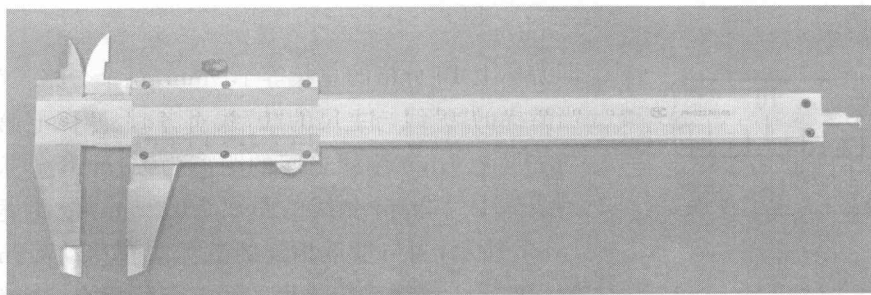


图 1-1-1

#### 1. 游标原理

为了提高米尺的测量精度,通常在米尺(主尺)上附带一个可以沿尺身移动的小尺(游标)。游标上的分度值  $x$  与主尺分度值  $y$  之间有一定关系,一般使游标上  $p$  个分度格的长度与主尺上  $(p-1)$  个分度格的长度相等,即使得

$$px = (p-1)y$$

主尺与游标上每个最小分格之差  $\delta_x$  为

$$\delta_x = y - x = \frac{y}{p} \quad (1-1-1)$$

差值  $\delta_x$  称为游标尺的精度,它表示了游标尺能读准的最小值,也就是游标的的分度值。

常用的游标有如图 1-1-2 的 10 分度,如图 1-1-3 的 20 分度和如图 1-1-4 的 50 分度,它们相对的游标分格数分别为 10、20 和 50。由于主尺的最小分格为 1mm,游标尺的精度  $\delta_x$  可

用公式(1-1-1)得到,分别为 0.1mm, 0.05mm 和 0.02mm。要特别说明的是 20 分度的游标尺,游标上 20 个分格的总长相当于主尺上的 39mm,如图 1-1-3,此时游标上最小分格与主尺上两个最小分格 2mm 相对应,因而公式(1-1-1)中  $y$  应该取  $y=2\text{mm}$ ,所以

$$\delta_x = y - x = 2.0 - \frac{39}{20} = 0.05(\text{mm})$$

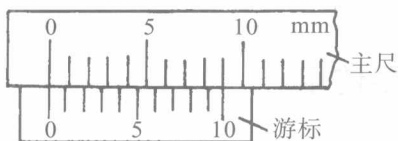


图 1-1-2

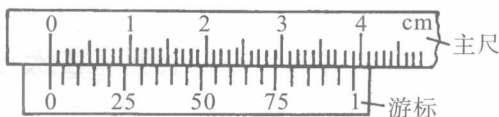


图 1-1-3

下面以 10 分度的游标为例,简单分析一下游标是怎样提高米尺的测量精度的。在图 1-1-1 中  $p=10, y=1\text{mm}$ ,其精度为

$$\delta_x = \frac{y}{p} = \frac{1}{10} = 0.1(\text{mm})$$

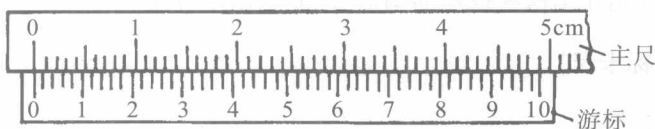


图 1-1-4

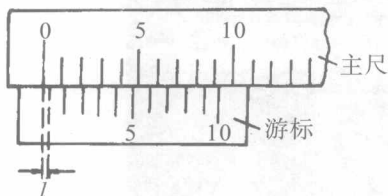


图 1-1-5

即游标上 10 分格的总长等于 9mm,每个分格长为 0.9mm,当游标的“0”线与主尺的“0”线对齐时,游标上第一条刻线与主尺上 1mm 刻线之间的距离为 0.1mm,游标上第二条刻线与主尺 2mm 刻线之间的距离为 0.2mm,依此类推。如图 1-1-5 所示,当与量爪相连的游标向右移动 0.2mm,那么,游标的第二条线就与主尺的第二条线重合,这就说明游标“0”线与主尺“0”线间距离(待测长度)为 0.2mm。

游标只给出毫米以下的读数,当测量大于 1mm 的长度时,应先读出主尺上与游标“0”刻线对应的整数刻度值,再从游标上读出以毫米为单位的小数位。例如待测物体长度为  $L$ ,在游标尺上它由两部分读数组成,第一部分从主尺上直接读出,读到主尺的最小分格值上(通常是 mm 位),数值记为  $ky$ ,其中  $y$  是主尺的最小分格, $k$  为游标“0”刻度线处主尺的刻度数,第二部分是在游标上读出,这是一个不足一个  $y$  单位(一般是  $<1\text{mm}$ )的数值,读数值记为  $n\delta_x$ ,其中  $n$  是游标上第  $n$  条刻线与主尺上某刻线重合的读数,因此物体长度用下式表示

$$L = ky + n\delta_x \quad (1-1-2)$$

由(1-1-2)式可知,图 1-1-6 所示的待测值为

$$L = ky + n\delta_x = 20 \times 1 + 15 \times 0.02 = 20.30(\text{mm})$$

另外由图 1-1-2, 1-1-3, 1-1-4 可见游尺上有 0, 5, 10; 0, 25, 50, 75, 1; 0, 1, 2, ..., 10 等标

度,这些标度已经是  $n\delta_x$ , 为的是方便读数,读数时不必再计算  $n\delta_x$  这一项了。

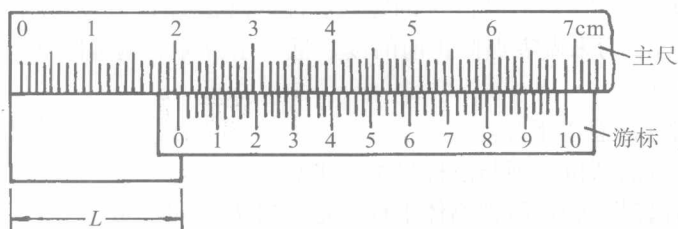


图 1-1-6

游标尺原理还可以用于角度的精确测量中,称为角游标。角游标是一个沿着圆刻度盘(弧形主尺)并与它同轴转动的小弧尺,如图 1-1-7 所示。主尺上最小分度  $\theta=0.5^\circ$ , 即 30 分。游标上刻有  $n$  个分刻度(一般为 30 个分刻度),其总弧长与主尺上  $n-1$  个分刻度的弧长相等,即:

$$nRa = (n-1)R\theta$$

因此,

$$\text{游标精度} = \theta - a = \frac{\theta}{n} = \frac{\text{主尺上最小分度值}}{\text{角游标上刻度线数}}$$

读数方法与直游标相同,在图 1-1-7 中,读数为  $165^\circ 44'$ 。

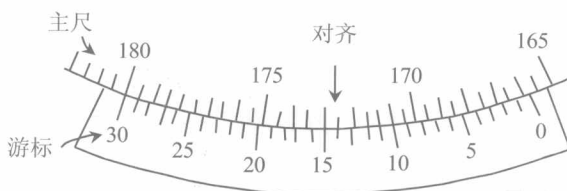


图 1-1-7

## 2. 游标尺的简介和使用

游标尺的外形如图 1-1-8 所示,它可以测工件的长、宽、高、槽深和内外直径等。游标尺由一根主尺和一根沿主尺滑动的游标  $E$  组成。主尺刻有毫米分格,并与量爪  $A$ 、 $A'$  相连,游标  $E$  与量爪  $B$ 、 $B'$  及深度尺  $C$  相连。量爪  $A$ 、 $B$  用来测物体长度或外径, $A'$ 、 $B'$  用于测物体内径,深度尺  $C$  用来测槽或孔的深度。测量时,将待测工件夹在量爪  $A$ 、 $B$  间,读数值由主尺与游标上数值得到,具体可参见式(1-1-2)。  $F$  为固定螺钉,读数时,为避免游标自行滑动而造成读数误差,可将  $F$  旋紧以固定游标在主尺上的位置。

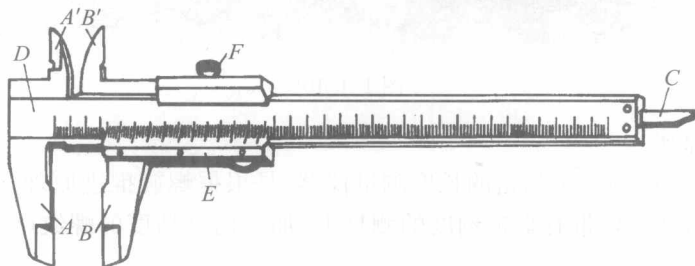


图 1-1-8

使用游标尺测量之前应先把量爪 A、B 合拢,游标的零线与主尺的零线应该对齐,若不重合应记下零点读数  $l_0$  加以修正,若游标的零线在主尺零线左边应读负值,反之应读正值。那么待测量  $l=l_1-l_0$ ,  $l_1$  为未做零点修正前的读数值。用游标尺测量圆柱等工件外径时的正确拿法如图 1-1-9 所示。

使用游标尺时应注意以下几点:

- (1) 物体被测量的部位必须与游标尺本身平行。
- (2) 使用时,轻轻推动游标,把物体卡住固定螺钉 F 即可读数。
- (3) 注意保护量爪;不得磨损刀口和钳口,不允许用游标尺测量粗糙的物体,切忌挪动被夹紧的物体。
- (4) 用完后应立即放回盒内,不许与潮湿物相接触。

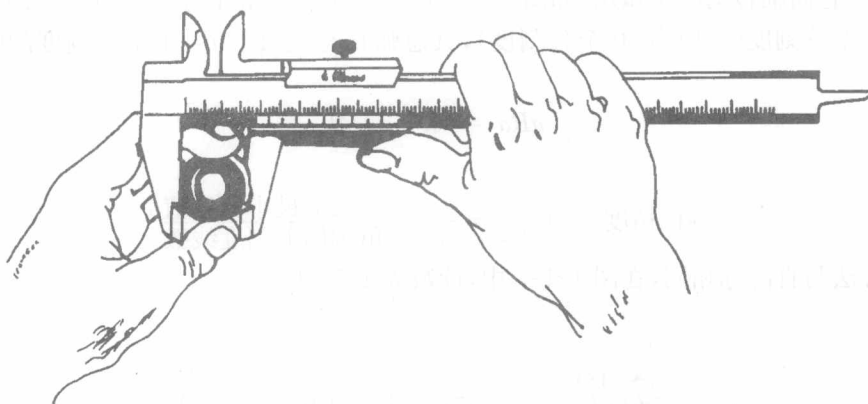


图 1-1-9

## 二、螺旋测微计(千分尺)

实物如图 1-1-10 所示。

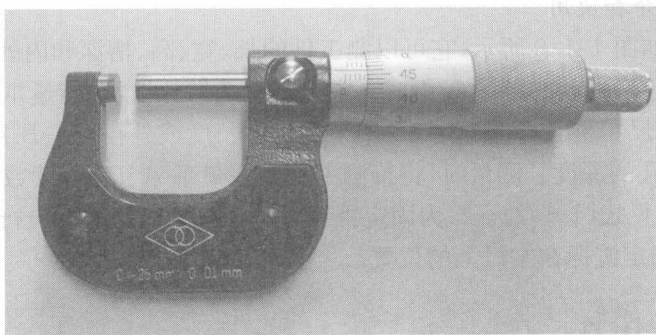


图 1-1-10

### 1. 螺旋测微原理

螺旋测微计是比游标尺更精密的长度测量仪器,是根据螺旋推进原理和机械放大原理设计的,如图 1-1-11,在一根带有毫米刻度的测杆上,加工出高精度的螺纹(丝杆),并配上与之

相应的精制螺母套筒,再在套筒周界上准确地等分上刻度,套筒每转一周,测杆前进(或后退)一个螺距。如螺距为 0.5mm,而套筒上刻有 50 个分格,故套筒每旋转一个分格,测杆沿轴线前进(或后退)了  $\frac{0.5}{50}\text{mm}=0.01\text{mm}$ ,从而使沿轴线方向的微小长度用圆周上较大的弧度精确地表示出来。这种螺旋测微计的精度为 0.01mm,可估读到千分之一毫米位。在读数时,先由活动套管的前沿在固定套管上的位置读出整数格(每格 0.5mm),0.5mm 以下的读数,则从固定套管上的横线所对活动套筒上的分格读出。

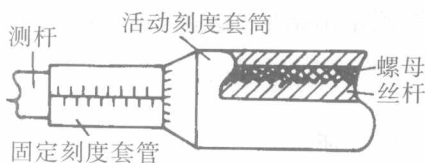


图 1-1-11



图 1-1-12

## 2. 螺旋测微计及其使用

实验室常用的一种螺旋测微计如图 1-1-12 所示。棘轮旋柄、测杆、活动套管相连,当旋动棘轮时活动套管和测杆同步旋转,使测杆在螺母套管内沿轴线方向前进或后退。由于测砧和测杆的测量面正好相对,因此在测量时即可将待测物置于测砧与测杆之间。旋转棘轮柄,使测杆前进,当它与待测物相接触时即可从固定刻度套管和微分套管上读出待测量的数值。读数时一定要注意活动套管的前沿有没有超过标尺上表示半毫米的刻度。如图 1-1-13,图(a)的读数为 4.245mm;而图(b)中,因超过了 4.5mm 的刻线,所以读数为 4.745mm。

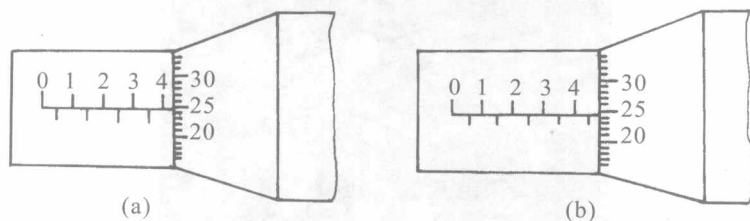


图 1-1-13

使用螺旋测微计时应注意以下几点:

(1) 测量前应检查并记录零点读数,零点读数是测砧与测杆刚好接触时的读数,若微分套管的零刻度线在固定套管上的横线之上,零点读数应读负值,反之应读正值。测量时,测出的读数应减去零点读数。

(2) 将待测物夹紧测量及记录零点读数时,应轻轻转动棘轮旋柄推进测杆,而不要直接旋转活动套管。棘轮旋柄靠棘轮的摩擦力带动测杆前进,当测杆接触并压紧测砧或待测物体时,其压力大于棘轮摩擦力,这时将发生“嘎嘎”声,告知测量者停止旋动棘轮柄,以保证每次测量时对待测物压力均相等,从而保证测量的准确性,并避免因压力过大而损坏螺旋测微计或待测物体。



(3) 测量完毕应使测砧和测杆测量面间留一间隙,以免热膨胀而损坏螺旋测微计。

### 三、读数显微镜

#### 1. 读数显微镜测量长度原理

显微镜是观察细微物体的光学仪器,当被测物长度很小或由于某些原因实验者无法用测量仪器直接靠近待测物体时,可借助于读数显微镜测物长。

显微镜主要有物镜和目镜组成,它两个的组合具有放大作用,当物体被放到载物台上后,经物镜放大成实像落在目镜的焦距以内,再经过目镜放大为虚像映入观察者眼中,然后把待测对象与标准米尺、长度规或精密测微丝杆等进行比较,测量出结果(显微镜的详细光学原理请参考有关资料)。

#### 2. 读数显微镜仪器简介和使用

读数显微镜的型号很多,但基本结构都类同图 1-1-14 所示。

用读数显微镜测微小长度有两种方式,一种为视场中直接读数,视场中的分划平面已早先校过刻线长度,它把被测物体放大成像并成像到视场分划平面上,即可测出长度。另一种是把显微成像与螺旋测微螺杆结合到一起读数据。

使用读数显微镜的一般步骤如下:

(1) 把待测物放置于显微镜载物台上。

(2) 调节目镜,使目镜内分划平面上的十字叉丝清晰,并且转动目镜使十字叉丝中的一条线与刻度尺垂直。

(3) 调节显微镜镜筒,使它与待测物有一个适当距离,然后再调节显微镜的焦距,能在视场中看到清晰物像,并清除视差,即眼睛左右移动时,叉丝与物像间无相对位移。

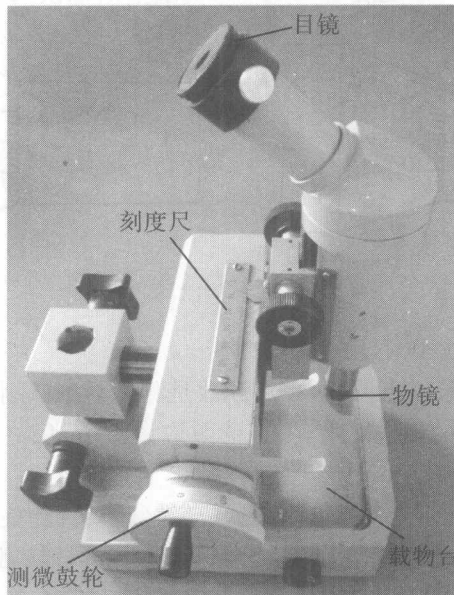


图 1-1-14

(4) 转动测微鼓轮,使叉丝分别与待测物体的两个位置相切,记下两次读数  $x_1$ 、 $x_2$ ,其差

值的绝对值即为待测物长度  $L$ , 表示为

$$L = |x_2 - x_1|$$

使用显微镜时应注意以下几点:

(1) 调节显微镜的焦距时, 应使目镜筒从待测物体移开, 自下而上地调节。严禁将镜筒下移过程中碰伤和损坏物镜和待测物。

(2) 在整个测量过程中, 十字叉丝中的一条必须与主尺平行; 十字叉丝的走向应与待测物的两个位置连线平行; 同时不要将待测物移动。

(3) 测量中的测微鼓轮只能向一个方向转动, 以防止因螺纹中的空程引起误差。

#### 四、天平

实物如图 1-1-15 所示。

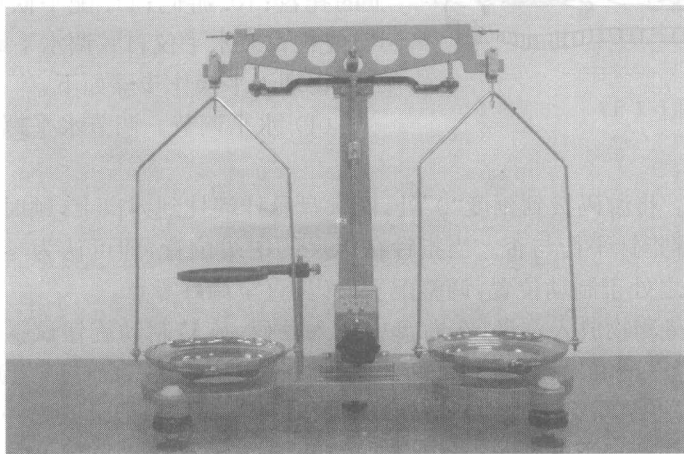


图 1-1-15

##### 1. 天平的测量原理

天平是一种按等臂杠杆原理做成的称衡质量的仪器。它的基本结构如图 1-1-16 所示, 杠杆  $AB$  正中是支点  $O$ , 等臂杠杆两端挂有托盘  $P$ 、 $Q$ 。当未负重时, 杠杆和托盘相对支点对称, 平衡时指针指零; 而当两托盘负载相同  $m = m_0$  时, 天平处于平衡状态指针又指为零。我们在其中一个托盘中放上待测物, 另一个托盘中放上已知质量的砝码, 于是平衡时可由比较法测得待测物的质量就是砝码的质量。

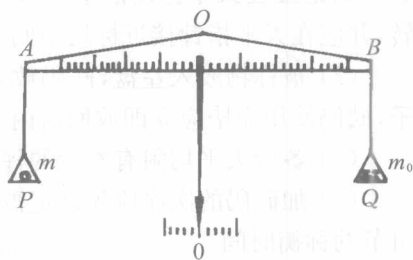


图 1-1-16

天平可分为物理天平和分析天平, 另外还有电子天平等。物理天平精确度较分析天平低一些, 但基本原理是一样的。最大称量和感量是天平的两个重要的技术指标。天平的最大称量(极限负载)是指天平允许称衡的最大质量, 感量定义为空载时天平的指针从平衡位置偏转一格所加的质量多少, 即

$$\delta m = \frac{\Delta m}{\Delta n}$$