

大学物理系列教材

普通物理实验

江 影 安文玉 王国荣 编
李晓光 张永春 孙 莹



哈尔滨工业大学出版社



O4-33

54

大学物理系列教材

普通物理实验

江 影 安文玉 王国荣 编
李晓光 张永春 孙 莹

哈尔滨工业大学出版社
哈尔滨

内 容 简 介

本书是在近几年物理实验教学改革经验基础上,根据教育部实验教学大纲,结合黑龙江大学专业设置和实验仪器设备情况编写而成的。

本书详细地阐述了实验误差分析和实验数据处理的知识,同时为了方便学生的自学和预习,还介绍了物理实验基本仪器的构造和使用方法。在内容上包括力学实验、热学实验、电磁学实验和光学实验四个部分。

本书可作为综合院校相关专业的物理实验教材,也可供夜大、职大及函授学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

普通物理实验/江影主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2002.3

ISBN 7-5603-1690-5/O·125

I. 普… II. 江… III. 物理学-实验-高等学校-教材
IV. 04-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 004006 号

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区教化街 21 号 邮编 150006

传 真 0451-6414749

印 刷 黑龙江省地矿部测绘印制中心印刷厂印刷

开 本 787×1092 1/16 印张 14.5 字数 358 千字

版 次 2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-5603-1690-5/O·125

印 数 1~7 000

定 价 22.00 元

前 言

本书是在近几年物理实验教学改革经验基础上,根据教育部实验教学大纲,结合黑龙江大学专业设置和实验仪器设备情况编写而成的。

物理实验课是一门独立设置的必修课,本身具有独立性、完整性和系统性的特点,其相应的教材必须是一个完整的体系。本书在系统详细地阐述了实验误差分析和实验数据处理知识的同时,为了方便学生的自学和预习,还介绍了物理实验基本仪器的构造和使用方法。本书在内容上包括了力学实验、热学实验、电磁学实验和光学实验四个部分,在编写上,力争做到实验目的明确,实验原理叙述清楚,实验仪器介绍详尽,实验步骤条理分明。课后附有思考题,供学生进一步分析、讨论、提高用。

本书的一个显著特点是对传统实验题目采用了新的实验方法。由于在实验中广泛采用感应器件,对于经典物理实验,我们可以用新理论、新方法进行验证,打破了过去实验仪器对实验方法的限制。

实验课教学是一项集体事业,无论是教材的编写,还是实验开设的准备工作,都与全体任课教师和实验技术人员长期的辛勤劳动分不开。本书由江影、安文玉、王国荣主编,其中江影担任编写的组织工作,王国荣校对了大部分的书稿,黑龙江大学普通物理实验室大部分教师参加了编写。其中安文玉编写了实验 11、12、34~40;王国荣编写了实验 4、13、17、28;李晓光编写了实验 8~10、30、31、33;张永春编写了实验 3、14、16、18~21;孙莹编写了实验 1、2;其余 12 个实验及“课前必读”、“数据处理基本知识”均由江影编写;本书大部分插图由赵延波老师绘制。在本书的编写和出版过程中,黑龙江大学理学院给予了大力支持,刘绍武院长阅读了本书的全部书稿,提出了许多修改意见,在此表示由衷感谢。此外,我们还参阅了许多兄弟院校的有关教材,吸取了宝贵经验,在此,也一并表示感谢。

由于编者水平有限,实践经验不足,加上时间仓促,书中难免有疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 者
2002 年 1 月

目 录

课 前 必 读

第一节 物理实验课的作用及学习方法	1
一、物理实验课的目的	1
二、如何学好物理实验课	1
第二节 力热实验常用仪器介绍	3
一、长度测量	3
二、时间测量	8
第三节 电磁学实验预备知识(A)	9
一、电源	9
二、电阻	10
三、直流电表	11
四、电磁学实验操作规程	13
第四节 电磁学实验预备知识(B)	14
一、交流电源	14
二、交流电表	15
第五节 光学实验的一般要求	16
一、光学实验知识简介	16
二、光学仪器使用的注意事项	17
三、光学仪器常见的损坏原因及操作规则	17
四、课内外要求	18

数据处理基本知识

第一节 测量与误差	19
一、测量与测量误差	19
二、随机误差和 A 类不确定度	21
三、系统误差	23
四、直接测量值的表示	24

五、间接测量的误差估计——不确定度的传递与合成	26
第二节 有效数字及其运算	31
一、有效数字的概念	31
二、有效数字的运算规则	32
第三节 数据处理的基本方法	33
一、列表法	33
二、作图法	34
三、逐差法	34
四、用最小二乘法求经验方程	35

必 做 实 验

实验 1 测量物体的密度	39
实验 2 测定液体的粘滞系数	42
实验 3 杨氏模量测定	45
实验 4 验证牛顿第二定律	49
实验 5 万用表	53
实验 6 学习使用示波器	59
实验 7 惠斯通电桥	70
实验 8 半导体 PN 结的物理特性及弱电流测量	74
实验 9 霍尔效应及其应用	78
实验 10 密立根油滴实验——电子电荷的测量	83
实验 11 分光仪的调节与使用	90
实验 12 光的干涉	97

选 做 实 验

实验 13 验证动量守恒定律	101
实验 14 单摆测量重力加速度	104
实验 15 刚体转动实验	107
实验 16 振动法测转动惯量——三线摆	111
实验 17 用气垫转盘测量转动惯量	115
实验 18 弹簧振子的运动规律	120
实验 19 磁阻尼和动摩擦系数的测定	125
实验 20 声速的测定	128
实验 21 导热系数的测量	131

实验 22	用传感器测量气体绝热指数	134
实验 23	欧姆定律	137
实验 24	电表的扩程及校准	141
实验 25	用电位差计测量电动势	144
实验 26	交流电桥	148
实验 27	交流电路功率的测量	151
实验 28	静电场描绘	155
实验 29	RLC 电路谐振特性研究	161
实验 30	RLC 电路暂态过程研究	165
实验 31	金属电子逸出功的测定	173
实验 32	霍尔效应法测定螺线管的磁感应强度分布	177
实验 33	非线性电路振荡周期的分岔与混沌	182
实验 34	光路调整与薄透镜焦距的测量	186
实验 35	迈克耳逊干涉仪	191
实验 36	衍射光栅	196
实验 37	单缝衍射的光强分布	199
实验 38	光的偏振及应用	203
实验 39	用旋光仪测量旋光性溶液的浓度	211
实验 40	单色仪的定标和滤光片光谱透射率的测定	215
附录		219

课 前 必 读

第一节 物理实验课的作用及学习方法

大学物理实验课是继物理学理论课之后对理工专业学生独立开设的一门课程,是对学生进行科学实验基本训练的一门基础课。

科学实验在科学技术的发展中一直起着重要的作用。在新的科技领域的开拓与探索中,实验是一种有力的手段,科学规律都应建立在严格的实验事实之上。学生在大学中要接受系统的实验训练,物理实验课是各理工专业都开设的实验课,旨在使学生获得基本的实验知识、方法和技能方面的训练。

物理实验不仅可以为今后从事科学实验工作打下基础,而且还是大学对学生进行能力和素质全面培养的一个重要手段,是培养高素质科学工作者的一个不可缺少的环节。

一、物理实验课的目的

(1) 学习常用物理量的基本测量方法,学习常用仪器的原理与使用方法。这些测量及有关仪器在科学实验或日常工作中会经常遇到。

(2) 学习正确分析实验误差和正确处理实验数据,学习提高精度和减小误差的常用方法与技巧。例如,哪些误差是主要的,哪些可以减小或忽略,在满足精度要求的前提下,什么方案最简便、最经济等。

(3) 通过实验锻炼,增强理论联系实际的能力,增强分析及处理实际问题的能力。例如,解决问题要考虑到推导公式的理想情况与实际情况的差别,逐渐习惯采用工程估算,培养工程思维方式,建立起常见问题的数量级概念等。

(4) 在实验过程中,了解理论知识的有关应用,包括最新应用。这可以反过来增加理论课学习的主动性及兴趣,同时可以开拓知识面,开阔思路,增加应用经验。

(5) 培养学生实事求是的科学态度,严谨认真的工作作风,勇于探索与钻研的精神。

(6) 实验中可再现一些物理现象,验证一些公式,这有利于加深理论课学习的印象。加深对有关物理规律的理解。

从以上几点可以看出,实验的目的就是为了提高实验者的能力和素质。

二、如何学好物理实验课

达到上述实验效果,并不是件容易的事。学生应对实验教学的各个环节认真对待、钻

研,才能达到较好的效果。

(1) 预习。每次上实验课前都应反复研读实验内容及有关理论课内容,搞懂原理、方法,进一步完善实验步骤,整理出实验要点及关键所在,尽量搞懂仪器操作方法,将一些疑问列出来,等到实验室时依据实物解决或向教师提问解决。在预习中要认真回答预习思考题,切记注意事项及安全操作规程。对设计实验,还要在课前参考有关资料,设计实验方案。由于实验课时间有限,因此,课前预习的好坏是能否完成实验,能否取得较好效果的前提。

(2) 实验操作。学生进入实验室后,要遵守实验室规则,有时还要进一步了解实验室给出的有关仪器操作规程(教材中没有给出)和安全操作事项,不能随心所欲。要注意观察实验中的现象,对各种细节应详细记录。这是一种良好习惯,因此人们需要经常反复思考参看还在实验中还没有意识到的某个实验细节。对实验中出现的或意料之外的现象,应认真分析,尽量解释。不要把实验当做一个被动的任务完成,不要总是希望实验一帆风顺,测出几个数据就向老师交差,应该自觉地把重点放在自己实验能力的培养上。对待测出的实验数据,要注意两方面问题:一是不管实验仪器设备的误差或实验的具体条件,一味追求与理论的一致,认为符合了理论值就算做好了这个实验。事实上这种符合带有偶然性,毫无意义;二是不究实验操作的正确性,一味性求仪器的档次。为了评价所得的实验结果,要做误差分析,必要时运用理论知识对实验结果加以解释。盲目的实验,即使做得再多,也不会有多大的收获。只有多想、多分析、多实践,才能学好实验课。记录实验数据时要整齐、清楚,除数值外,其他必要的信息(测的是什么量、单位、条件等)也要记下。数据多时要列出表格,不得乱写乱画。实验完成时,应请教师到自己的实验台前,检查自己的实验,并把实验数据单交给教师审阅,接受教师检查及一些必要的提问。在教师确认实验过程正确、数据无误并在数据纪录单上签字(盖章)给出操作成绩之后,学生应归整仪器,方可离开实验室。注意:教师签章并记载成绩的数据单,必须随实验报告一同上交。

(3) 写实验报告。这是完成实验的最后程序。因为实验报告是实验工作的总结,要予以重视。报告要写得字迹清楚,条理清晰,不要把报告当做仅仅是给实验教师看的,而应看做是一种科学纪录及一篇让他人能看懂的学术文献。实验报告应包括下面几部分:

① 实验名称。

② 本次实验的目的。

③ 实验原理。给出实验所依据的定律、公式、线路、光路或其他依据,以及有关实验条件等。

④ 实验方法或步骤。用什么方法、仪器、步骤完成实验所需的环节和包括的内容,必要时可论证其可行性。本项目也可包括在实验原理中。

⑤ 数据记录及其说明。

⑥ 数据处理及实验结果。可能含有计算、曲线、表格、误差分析、最后结果等内容。

⑦ 回答课后思考题。每一个课后问题都要认真正确回答。

⑧ 实验讨论。实验讨论内容不限,可以是对实验中现象的分析讨论,对结果的评价,也可以是提出更好的实验方案,或者是你所知道的、更好的仪器以及实验的体会等。

第二节 力热实验常用仪器介绍

一、长度测量

物理实验中,长度测量是最基本的测量。测量长度的方法和仪器有多种多样,而最基本的测量工具是米尺、游标卡尺和螺旋测微器等,通常用量程和分度值表示这些仪器的规格。量程是测量范围,分度值是仪器所标示的最小分划单位,它的大小反映仪器的精密程度。一般来说,分度值越小,仪器越精密。学习使用这些仪器要注意掌握它们的构造特点、规格性能、读数原理、使用方法以及维护知识等,并注意在今后的实验中适当地选择和使用。

1. 游标尺(游标卡尺)

在米尺上附加一个能够滑动的有刻度的小尺,叫游标,利用它可以把米尺估读的那位数值准确地读出来。

游标卡尺主要由两部分构成(图 2.1):与量爪 A、A'相连的主尺 D(主尺按米尺刻度);与量爪 B、B'及深度尺 C 相连的游标 E。游标可贴着主尺滑动。量爪 A、B 用来测量厚度和外径,量爪 A'、B'用来测量内径,深度尺 C 用来测量槽的深度。它们的读数值,都是由游标的 0 线与主尺的 0 线之间的距离表示出来的。F 为固定螺钉。

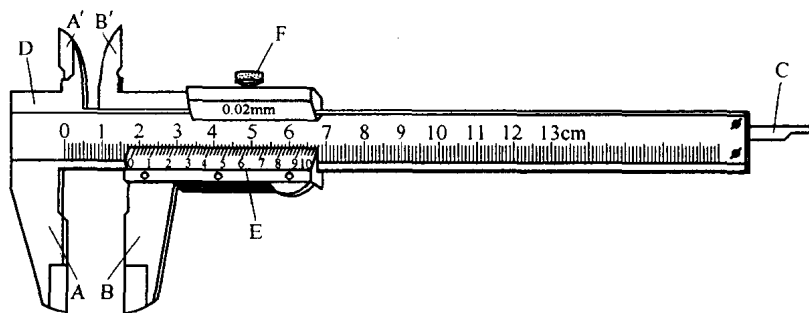


图 2.1

要了解游标卡尺,首先要了解游标。游标 E 是附在主尺 D 上的一个可移动的附件,利用它可以使测量数据更精确。以游标来提高测量精度的方法,不仅用在游标卡尺上,而且还广泛地用于其他仪器上,例如分光计、经纬仪和测高仪等等。游标的长度和分格数可以不同,但游标的基本原理和读数是相同的。

下面介绍游标卡尺的读数原理。游标卡尺在构造上的主要特点是:游标上 p 个分格的总长与主尺上 $(p-1)$ 个分格的总长相等。设 y 代表主尺上一个分格的长, x 代表游标上一个分格的长度,则有

$$px = (p-1)y \quad (2.1)$$

那么主尺与游标上每个分格的差值是

$$\delta x = y - x = \frac{1}{p}y \quad (2.2)$$

以 $p = 10$ 的游标卡尺为例,主尺上一分格是 1 mm ,那么游标上 10 个分格的总长等于 9 mm ,这样游标上一个分格的长度是 0.9 mm , $\delta x = y - x = 0.1\text{ mm}$ 。当量爪 A、B 合拢时,游标上的“0”线与主尺上的“0”线重合,如图 2.2 所示。这时,游标上第一条刻线在主尺第一条刻线的左边 0.1 mm 处,游标上第二条刻线在主尺第二刻线的左边 0.2 mm 处……依次类推。这就提供了利用游标进行测量的依据。如果在量爪 A、B 间放进一张厚度为 0.1 mm 的纸片,那么,与量爪 B 相连的游标要向右移动 0.1 mm ,这时,游标的第一条线就与主尺的第一条线相重合,而游标上所有其他各条线都不与主尺上任一条刻度线相重合;如果纸厚 0.2 mm ,那么,游标就要向右移动 0.2 mm ,游标的第二条线就与主尺的第二条线相重合……依次类推。反过来讲,如果游标上第二条线与主尺的刻度线重合,那么纸片的厚度就是 0.2 mm ……如图 2.3 所示。

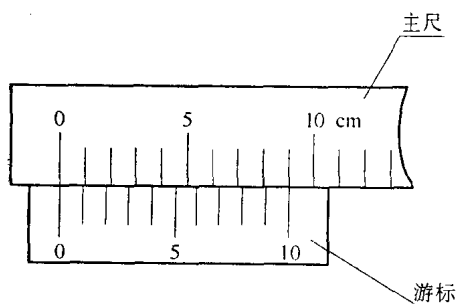


图 2.2

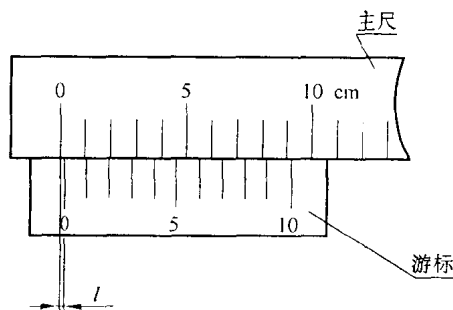


图 2.3

这种把游标等分为 10 个分格(即 $p = 10$)的游标卡尺叫做“十分游标”。“十分游标”的 $\delta x = \frac{1}{10}\text{ mm}$,这是由主尺的刻度值和游标卡尺刻度值之差给出的,因此, δx 不是估读的,它是游标卡尺能读准的最小数值,即是游标卡尺的分度值。

上述图 2.3 中测量纸片厚度的读数 l 由于用了游标,毫米以下这一位数是准确读出的。因此,根据仪器读数的一般规则,读数的最后一位应该是读数误差所在的一位,应该写为

$$l = 0.20\text{ mm} = 0.020\text{ cm}$$

最后加的一个“0”表示读数误差出现在最后这一位上。如果不能判定游标上相邻的两条刻度线哪一条与主尺重合或更相近些,则最后一位可估读“5”,即如图 2.4,可读为

$$l = 0.55\text{ mm} = 0.055\text{ cm}$$

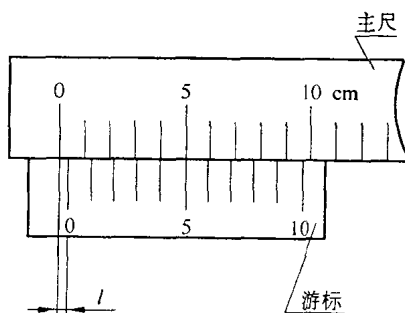


图 2.4

由此可见,使用游标可以提高读数的准确程度。游标卡尺的估读误差小于 $\frac{1}{2}\delta x$ (为什么)。

还有一种常见的游标是“二十分游标”($p = 20$),即将主尺上的 19 mm 等分为游标上的二十格,或者将主尺上的 39 mm 等分为游标上的二十格,这样它们的分度值为

$$\delta x = 1.0 - \frac{19}{20} = 0.05 \text{ mm} \quad \delta x = 2.0 - \frac{39}{20} = 0.05 \text{ mm}$$

因在这种情况下,主尺上两格(2 mm)与游标上一格相当,见图 2.5 和图 2.6。

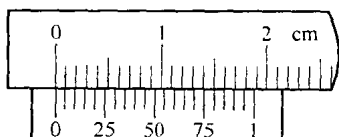


图 2.5

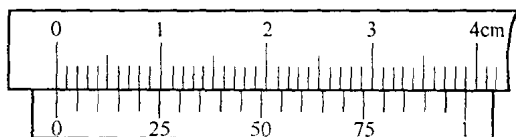


图 2.6

二十分游标常在游标上刻有 0、25、50、75、1 等标度,以便于直接读数。如游标上第 5 根刻线(标 25)与主尺对齐,则读数的尾数为 $5 \times \delta x = 0.25 \text{ mm}$,即可直接读出。二十分游标的估读误差(小于 $\frac{1}{2} \delta x$)可认为在 $1/100 \text{ mm}$ 毫米这一位上,因此,如 $l = 0.55 \text{ mm}$,不再在后面加“0”。

另一种常用的游标是五十分游标($p = 50$),即主尺上 49 mm 与游标上 50 格相当,见图 2.7。五十分游标的分度值 $\delta x = 0.02 \text{ mm}$ 。游标上刻有 0、1、2、3、…、9,以便于读数。五十分游标的读数结果也写到 $1/100 \text{ mm}$ 这一位上。

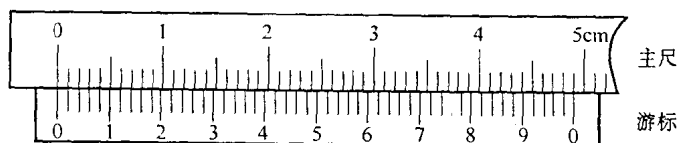


图 2.7

综上所述,游标卡尺的分度值是由主尺与游标卡尺刻度的差值决定的,亦即是由游标分度数目决定的;各种常用游标卡尺的读数都写到 $1/100 \text{ mm}$ 这一位上。

需要提醒的是,游标只给出毫米以下的读数,毫米以上的读数要从游标“0”线在主尺上的位置读出。

当测量大于 1 mm 的长度时,就先从游标卡尺“0”线在主尺的位置读出毫米的整数位,再从游标上读出毫米的小数位。即用游标卡尺测量长度 l 的普遍表达式为

$$l = ky + n\delta x \quad (2.3)$$

式中, k 是游标的“0”线所在处主尺刻度的整毫米数, n 是游标的第 n 条线与主尺的某一条线重合, $y = 1 \text{ mm}$ 。图 2.8 所示的情况,即 $l = 21.58 \text{ mm} = 2.158 \text{ cm}$ 。

在用游标卡尺测量之前,应先把量爪 A、B 合拢,检查游标卡尺的“0”线是否与主尺“0”重合。如不重合,应记下零点读数,加以修正,即待测量 $l = l_1 - l_0$ 。其中, l_1 为未作零点修正前的读数值, l_0 为零点读数。 l_0 可以正,也可以负。

在使用各种测量仪器时,一般都要注意校准零点或作零点修正。

使用游标卡尺时,可一手拿物体,另一手持尺,如图 2.9 所示。要特别注意保护量爪不被磨损。使用时轻轻把物体卡住即可读数,不允许用来测量粗糙的物体,并切忌把被夹

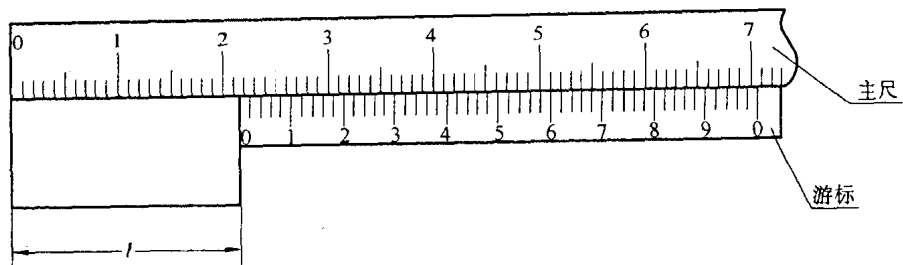


图 2.8

紧的物体在卡口内挪动。

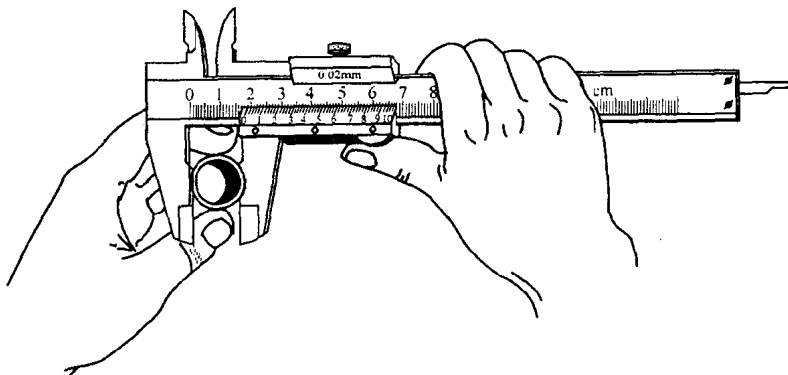


图 2.9

2. 螺旋测微器(千分尺)

螺旋测微器是比游标卡尺更精密的长度测量仪器,常见的一种如图 2.10 所示。它的量程是 25 mm,分度值是 0.01 mm。螺旋测微器结构的主要部分是一个微螺旋杆。螺距是 0.5 mm。因此,当螺旋杆旋转一周时,它沿轴线方向只前进 0.5 mm。螺旋杆沿轴线方向前进 $\frac{0.5}{50}$ mm(即 0.01 mm)时,螺旋柄上的刻度转过一分格。这就是所谓机械放大原理。

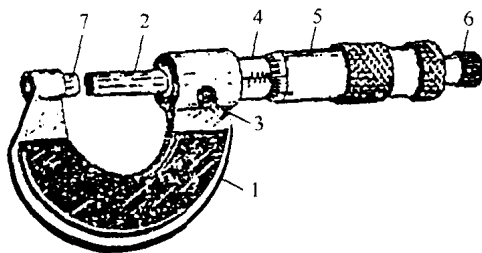


图 2.10

测量物体长度时,应轻轻转动螺旋柄后端的棘轮旋柄,推动螺旋杆,把待测物体刚好夹住时读数,可以从固定标尺上读出整格数(每格 0.5 mm)。0.5 mm 以下的读数则由螺旋柄圆周上的刻度读出,估读到 0.001 mm 这一位上。如图 2.11(a)和(b),其读数分别为 5.650 mm(0.565 0 cm)和 5.150 mm(0.515 0 cm)。

【使用注意】

(1) 记录零点读数,并对测量数据作零点修正。螺旋测微器的零点可以调整,各种牌号的螺旋测微器调零点的方法不同,可见仪器说明书。

(2) 记录零点及将待测物体夹紧测量时,应轻轻转动棘轮旋柄推进螺杆,不要直接拧

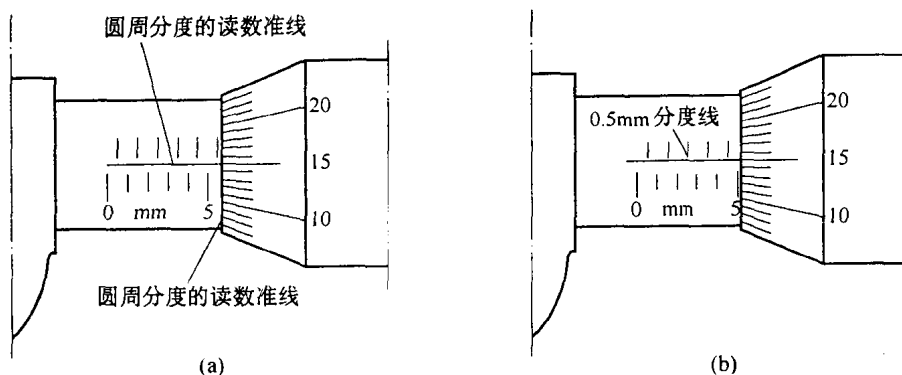


图 2.11

转螺旋柄,以免夹得太紧,影响测量结果及损坏仪器。转动小棘轮时,只要听到发出喀喀的声音,就不要再推进螺杆,即可读数。

3. 读数显微镜(测距显微镜,比长仪)

读数显微镜可以放大物体,还可测量物体的大小,主要用来精确测量微小物体的大小。

(1) 仪器构造。

读数显微镜的构造如图 2.12 所示。它由两个主要部件组成:一个是用来观看被测物体放大像的带十字叉丝的显微镜;另一个是用来读数的螺旋测微计装置。

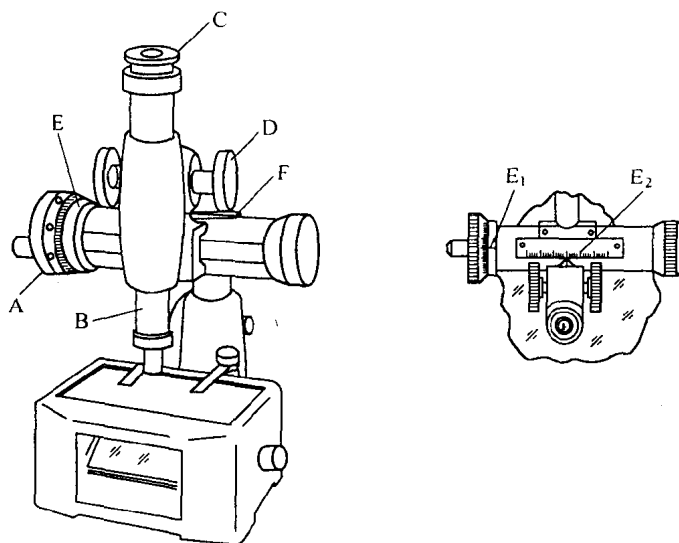


图 2.12

显微镜由目镜(C)、物镜(B)和十字叉丝[装在目镜筒(C)内]组成。主尺(F)是毫米刻度尺,测微鼓轮的周界上等分为 100 个分格,每转一个分格,显微镜移动 0.01 mm。转动测微鼓轮使显微镜移动的距离,可从主尺上的指示值(毫米整数)加上测微鼓轮上的读数(精确到 0.01 mm,估读到 0.001 mm)得到。

(2) 使用步骤。

① 将待测件置于工作台上,旋转反光镜调节手轮,改变反光镜的角度,使反光镜将待测件照亮。

② 旋转目镜,改变目镜与叉丝之间的距离,直至十字叉丝成像最清晰。

③ 旋转调焦手轮(D),由下而上移动显微镜筒,改变物镜到待测件之间的距离,使待测件通过物镜成的像恰好在叉丝平面上,直到在目镜中能同时看清叉丝和放大的、清晰的、待测件的像并消除视差为止。

④ 转动测微鼓轮(A),使目镜中的纵向叉丝对准被测件的起点(另一条叉丝和镜筒的移动方向平行),从指标箭头和主尺读出毫米的整数部分,从指标和测微鼓轮上读出毫米以下的小数部分,两数之和即为被测件的起点读数 x 。沿同方向继续转动测微鼓轮移动显微镜筒,使十字叉丝的纵丝恰好停在被测件的终点,读得终点读数 x' ,于是被测件的长度 $L = |x' - x|$ 。为提高精度,可重复测量,取其平均值。

(3) 注意事项。

① 在眼睛注视目镜之前,用调焦手轮对被测件进行调焦前,应先使物镜筒下降接近被测件,然后眼睛从目镜中观察,旋转调焦手轮,使镜筒慢慢向上移动,这就避免了两相碰挤坏被测件的危险。

② 防止空程误差。由于螺杆和螺母不可能完全密接,当螺旋转动方向改变时,它们的接触状态也将改变,因此移动显微镜,使其从反方向对准同一目标的两次读数将不同,由此产生的误差称为空程误差。为防止空程误差,在测量时应向同一方向转动测微鼓轮,使叉丝和各目标对准,若移动叉丝超过目标时,应多退回一些,再重新向同一方向转动测微鼓轮去对准目标。

二、时间测量

1. 停表

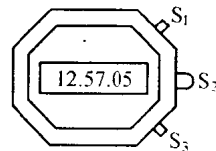
停表有各种规格和式样,它们的构造和使用方法略有不同。这里只介绍我们使用的一种。

多功能电子手表的停表,具有基本秒表显示、累加计时、取样等计时功能,最小测量单位为 $1/100\text{ s}$,可累计 $59'59.99''$,其外形如图 2.13 所示。

S_1 按钮:启动/停止钮;

S_2 按钮:调正置位;

S_3 按钮:计时和秒表状态选择钮,秒表复零钮。



【使用方法】

(1) 基本秒表显示(即相当于机械秒表的单针功能)。当 S_3 在秒表状态时,应先使它复零,然后按 S_1 ,秒表开始计时,再按 S_1 一次,秒表计时停止。再按 S_3 ,秒表即刻复零。

(2) 累加计时。按 S_1 秒表开始计时,再按一下 S_1 ,秒表停止计时,若继续再按 S_1 ,即开

始累加计时,如此可以重复继续累加。

2. 数字毫秒计

数字毫秒计是以石英晶体振荡周期控制计时,它的工作过程如图 2.14 所示。

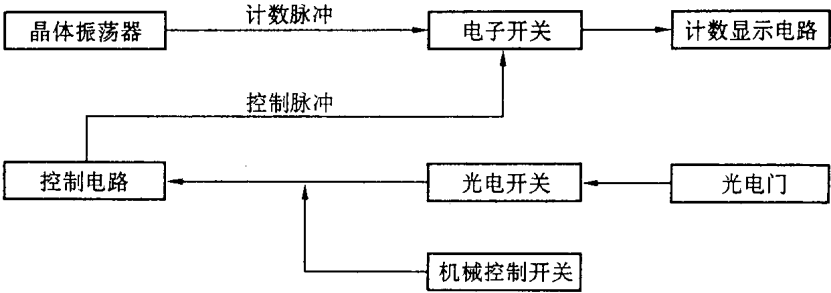


图 2.14

首先将晶体振荡器产生的等时高频振荡通过专门的电路转换成频率较低的计数脉冲,计数显示电路的作用是记录进入的电脉冲,并用数码管显示出脉冲累计数字,计数的开始与终止是由电子开关来控制的。当电子开关接通时,计数脉冲进入计数电路,开始计数;电子开关断开时,终止计数。假如每秒钟产生 10^4 个计数脉冲,那么,一个计数脉冲就相当于 0.1 ms 。由累计的电脉冲数可以计算出电子开关由接通到断开的时间间隔。计数显示电路中把这个时间间隔已经换算成毫秒显示出来。

数字毫秒计有两种计时控制方法:

一种为机控,用机械接触来控制电子开关的通和断,使毫秒计“开始计时”和“停止计时”。

另一种为光控,利用光信号来控制“开始计时”和“停止计时”。

第三节 电磁学实验预备知识(A)

一、电源

直流稳压电源虽型号各不相同,但在结构上都是大同小异,都是将交流电经整流、滤波和稳压后变为直流输出。它的特点是稳压性好、内阻小、功率大、输出连续可调。但使用时要注意不能超过它的最大允许输出电压和电流。如 WYJ-30 型电源,最大输出电压是 30 V ,最大输出电流为 3 A 。

干电池是很方便的直流电源,但它的功率较小、稳定性不高。每节干电池的电动势为 1.5 V 。在使用过程中,干电池的电动势不断下降,内阻不断增加,最后因内阻过大而报废。

二、电阻

电阻可分为固定电阻和可变电阻两大类。无论使用哪一类电阻,使用时除了注意其阻值的大小外,还要注意其额定功率。若额定功率为 P ,电阻的阻值为 R ,则允许通过的电流 $I = \sqrt{\frac{P}{R}}$ 。下面介绍两种可变电阻的结构和方法。

1. 电阻箱

ZX-21 型旋转式电阻箱的内部电路示意图和面板图如图 3.1 所示。在箱面上有 6 个旋钮和 4 个接线柱。使用时,转动旋钮使旋钮边缘的数字对准旋钮下面的倍率,该数字与倍率的乘积就是该旋钮上的电阻值。电阻箱上总的接入电阻与接入哪两个接线柱有关,总的接入电阻等于两接线柱之间各旋钮上的电阻之和。

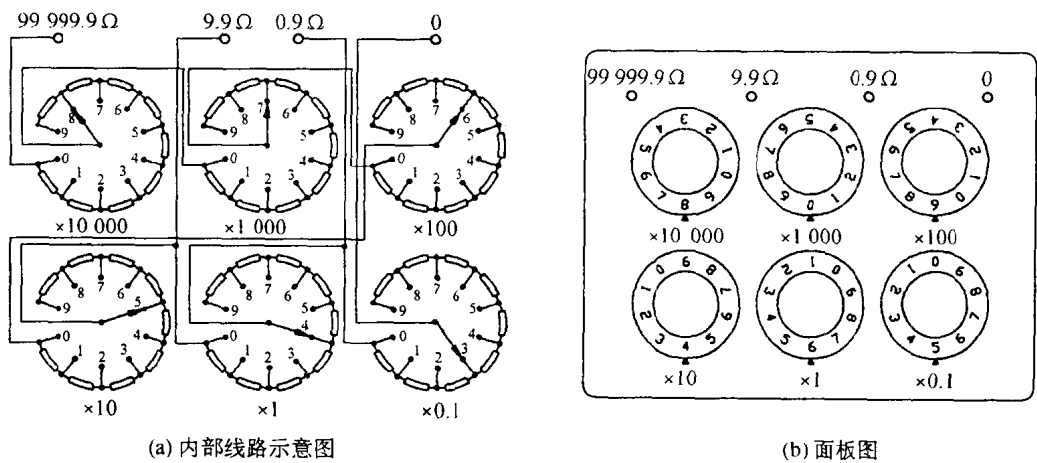


图 3.1

电阻箱的规格用如下参数表述:

(1)电阻箱的额定功率。指电阻箱内每个电阻的额定功率。一般电阻箱的额定功率为 0.25 W,可以由它算出各挡电阻允许通过的最大电流,见表 3.1。

表 3.1 电阻箱各挡的最大允许电流

电阻挡	$\times 0.1$	$\times 1$	$\times 10$	$\times 100$	$\times 1\,000$	$\times 10\,000$
最大允许电流/A	1.5	0.5	0.15	0.05	0.015	0.005

(2)总电阻。即最大可调电阻。ZX-21 型电阻箱的总电阻为 99 999.9 Ω 。

(3)电阻箱的等级。电阻箱根据其误差的大小分为 7 个等级,分别为 0.01、0.02、0.05、0.1、0.2、0.5 和 1.0 级。级别表示电阻箱相对误差的百分数。如 ZX-21 型电阻箱为 0.1 级,当阻值为 662 Ω 时,则阻值误差为 $662 \times 0.1\% \approx 0.7 \Omega$ 。另外电阻箱每个旋钮上存在有接触电阻,0.1 级电阻箱每个旋钮上接触电阻为 0.002 Ω 。当电阻较大时,接触电阻与之相比微不足道,但电阻较小时,接触电阻却引起很大的误差。因此,需要 0.1 ~ 0.9 Ω 或 9.9 Ω 的阻值时,应使用 0 和 0.9 Ω 或 9.9 Ω 两接线柱,以减小相对误差。

标明在级别中的误差与接触误差之和就是电阻箱的总误差。