

大学物理实验

DA XUE WU LI SHI YAN

副主编 孙桂花 彭勇
主编 郑少山 刘振来



兰州大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

大学物理实验 / 郑少山, 刘振来主编. — 兰州: 兰州
大学出版社, 2006. 8

ISBN 7-311-02877-9

I. 大... II. ①郑...②刘... 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 (2006) 第 103530 号

大学物理实验

郑少山 刘振来 主编

兰州大学出版社出版发行

兰州市天水南路 222 号 电话: 8912613 邮编: 730000

E-mail: press@onbook.com.cn

http://www.onbook.com.cn

张掖市河西印刷有限责任公司印刷

开本 787 × 1092 毫米 1/16 印张 13.5

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月第 1 次印刷

字数: 270 千字 印数: 1—1000 册

ISBN 7-311-02877-9/0 · 194 定价: 26.00 元

前 言

物理学是自然科学的基础，是培养学生科学素养和科学思维方法，是提高学生科学研究能力的重要基础课。物理实验是物理学科的重要组成部分，也是物理教学必不可少的重要环节。它对培养学生的科学态度、科学精神及掌握科学方法有着十分重要的作用。

本书是根据《高校理科非物理专业基础物理实验教学基本要求》，在总结我校历年来物理实验教学经验的基础上编写而成的。编写过程中既考虑到了实验教学的特点，同时又充分考虑了目前学生的实验实际情况和我校实验教学资源的实际情况，精心选择了实验内容。考虑到实验学时的限制和非物理各专业实验教学的需要，同时又考虑到给学生一个选择的余地，内容可能比规定的课时稍多，可在实际教学中根据实际教学的需要选择使用。通过本课程的学习，学生应该掌握系统的实验知识、基本实验方法和实验技能，了解科学实验的主要过程，为今后的学习和工作打下良好的实验基础。

本书在编写时参考了国内很多院校的物理实验教材，主要参考文献的目录列于书后，在此特向参考文献的各位作者表示诚挚的感谢。

本书在编写过程中始终受到了河西学院物理系全体教师和实验室工作人员的大力支持，在此向各位同行致谢。在此也向大力支持本书出版的河西学院教材建设指导委员会表示感谢。

由于编者水平有限，错误和疏漏难免，希望使用和参考本书的教师和学生提出宝贵意见。

绪 论

1. 科学实验的地位和作用

认识源于实践。科学实验是独立的实践活动之一。它是人们根据一定的研究目的,通过缜密的构思,利用科学仪器、设备等物质手段,人为地控制或模拟自然现象,使自然过程或生产过程以比较纯粹的或典型的形式表现出来,从而在有利条件下,探索自然规律的一种研究方法。

科学实验的任务主要是:研究人类尚未认识或尚未充分认识的自然过程,发现未知的自然规律,创立新学说、新理论,研制、发明新材料、新方法、新工艺,为生产实践提供科学理论的依据,促进生产技术的进步和革命,提高人们改造自然的能力。近代自然科学的重大突破,一般不是直接来自生产实践,往往是通过科学实验这个环节研究出来的结果。

科学实验既是一切理论研究活动的基础,又离不开理论的指导。科学理论来源于科学实验,并受科学实验的检验。然而,实验研究课题的选择,实验的构思和设计,实验方法的确定,实验数据的处理,以及从实验结果中提出的科学假设,作出的科学结论等等,都始终受理论的支配。理论对实验的指导作用,还突出地表现在怎样对待科学探索中的“机遇”。有的科学工作者,由于具有较高的理论修养,较强的洞察力和良好的实事求是的作风,因而对“机遇”所提供的信息十分敏感,能及时作出正确的判断,选择那些看来有希望的现象进行深入研究,这也是他们富有创造力的表现。相反,有的科学工作者对“机遇”视而不见,或者轻易放过,这是缺乏创造力的表现。

综上所述,科学实验是科学理论的源泉,是自然科学的根本,是工程技术的基础。同时,科学理论对实验起着指导作用。因此,我们要处理好实验和理论的关系,重视科学实验,重视进行科学实验训练的实验课的教学。

2. 物理实验的地位和作用

物理实验是科学实验的重要组成部分之一。物理实验在科学、技术的发展中有着独特的作用,历史上每次重大的技术革命都源于物理学的发展。热力学、分子物理学的发展,使人类进入热机、蒸汽机时代;电磁学的发展使人类跨入电气化时代;原子物理学、量子力学的发展,促进了半导体、原子核、激光、电子计算技术的迅猛发展。然而,物理学本质上是一门实验科学。三四百年前,伽利略和牛顿等学者,以科学实验方法研究自然规律,逐渐形成了一门物理科学。从此,一切物理概念的确立、物理规律的

发现、物理理论的建立都有赖于实验，并受实验的检验。

物理学史上，如果没有法拉第等实验科学家进行电磁学的实验研究，发现电磁感应定律等一系列实验规律，麦克斯韦就不可能建立麦克斯韦方程组。在确定了经典电磁学理论后，麦克斯韦预言了电磁波的存在，经过赫兹的实验研究，证实了电磁波的存在，从而使经典电磁学理论更为人们所信服。被称为“牛顿以来最伟大的发现之一”的能量量子化概念，就是在人们面对着黑体辐射实验，遇到了运用经典理论无法克服的困难时，普朗克紧紧抓住了1900年夏天德国物理学家康尔鲍姆和鲁本斯对热辐射光谱所作的新的精确测量结果，大胆地提出了能量子的假设，运用合理的数学方法，从理论上导出了符合实验结果的黑体辐射公式，为量子力学的发展开辟了道路。

物理实验在物理学自身发展中有着重要的作用，同时在推动其他科学、工程技术的发展中也起着重要的作用。特别是近代，各学科相互渗透，发展了许多交叉学科，物理实验的构思、物理实验的方法和技术与化学、生物学、天文学等学科相互结合已经取得了丰硕的成果，而且必将发挥更大的作用。因此，作为培养人才的高等学校，不仅要使学生具备比较深入广博的理论知识，而且要使学生具有从事科学实验的较强能力。物理实验是对高等学校学生进行科学实验基本训练的一门独立的必修的基础课程，是学生在高等学校受到系统实验技能训练的开端。它在培养学生运用实验手段去发现、观察、分析和研究、解决问题的能力方面，在提高学生科学实验素质方面，都起着重要的作用。同时，它也将为学生今后的学习、工作奠定一个良好的实验基础。

3. 物理实验课的目的与任务

物理实验作为一门独立的基础课程，它有以下三方面的目的和任务：

(1) 通过对实验现象的观察分析和对物理量的测量，使学生进一步掌握物理实验的基本知识、基本方法和基本技能；并能运用物理学原理、物理实验方法研究物理现象和规律，加深对物理学原理的理解。

(2) 培养与提高学生从事科学实验的素质。包括：理论联系实际和实事求是的科学作风；严肃认真的工作态度；不怕困难，主动进取的探索精神；遵守操作规程，爱护公共财物的优良品德；在实验过程中同学之间相互协作、共同探索的合作精神。

(3) 培养和提高学生的科学实验能力。包括：自学能力：能够自行阅读实验教材或参考资料，正确理解实验内容，在实验前作好准备。动手实践能力：能够借助教材和仪器说明书，正确调整和使用常用仪器。思维判断能力：能够运用物理学理论，对实验现象进行初步的分析和判断。表达书写能力：能够正确记录和处理实验数据，绘制图线，说明实验结果，撰写合格的实验报告。简单的设计能力：能够根据课题要求，确定实验方法和条件，合理选择仪器，拟定具体的实验程序。

4. 物理实验课的基本程序

(1) 实验前的预习

每个实验都有清楚的实验目的、理解原理、熟悉仪器、掌握实验方法及数据测量和处理等较为繁重的任务，而实验课的课内时间有限，因此，要达到教学的要求，必须要有实验前的预习。这样才能保证每一次实验教学的效果，达到实验教学的要求。预习的要求：

①预习实验教材。实验前应仔细阅读实验教材，清楚实验目的，掌握实验原理，了解实验仪器，掌握实验方法。对实验中的关键点和实验过程中应注意的事项尤其要关注，对思考题进行解答，对需要和教师进行讨论的地方和问题加以标记。

②写好预习报告。预习报告的主要内容包括实验名称、实验目的、简要的实验原理（或实验中应用的主要计算公式）、实验内容和实验步骤，以及实验数据记录表格的设计。

到实验室上课时应随带预习报告以及实验中常用的自带工具，未预习者原则上不容许做实验。

(2) 在实验室进行实验

实验是实验教学的中心环节。实验之前教师要对实验进行简要的讲解，要认真听讲（尤其是预习中存在的问题），对于重点、难点以及关键的问题如有必要应加以标记（或记录），这对于做好实验是必要的，通过教师的讲解如仍有未解决的问题，可以在教师讲解完以后和教师进行必要的讨论。操作之前应熟悉实验仪器的使用方法和正确的操作规程，在此基础上对仪器进行安装调试，并检查仪器是否完好，如有问题要及时向教师提出，不可盲目从事。达到基本要求后（对于电学实验须经教师检查电路联接并容许后再通电）方可进行实验操作、数据测试。实验中应仔细观察实验现象，科学地、实事求是地记录下实验中的全部原始数据和出现的实验现象，同时应记录实验条件和实验主要仪器的名称、型号、规格、准确度等。若遇到疑难问题或出现自己不能解决的故障时，应及时报告教师。实验结束时，应将实验数据提交教师审阅签字后，方可整理仪器，结束实验。

(3) 实验后的报告

实验报告是对实验全面的书面总结和分析，是提交实验结果的一种书面形式，是培养学生能力的一个重要环节，也是对学生实验学习评价的重要依据。实验报告应包括以下内容：

- ① 实验名称、时间、系、专业、班级、姓名、同组实验者姓名、指导教师等。
- ② 实验目的。
- ③ 实验仪器。包括实验用的所有仪器、量具和材料的名称、型号和规格等。
- ④ 实验原理。包括主要公式、必要的图等。叙述要清楚，应简明扼要。
- ⑤ 实验步骤。简要地反映实验进行的过程。
- ⑥ 实验数据处理。包括实验数据表格、作图、计算和误差分析。

⑦ 对实验的分析。对实验的体会、对实验的建议等。

⑧ 附经教师审核签字的原始数据记录。

实验报告一律用学校统一的实验报告纸书写，书写应工整，文字应简练，条理要清晰。图表应用统一的作图纸制作。

致学生读者

1. 实验不仅仅是为了得到一个结果，更重要的是过程，过程的参与不仅是必要的，而且是必须的。实验课显著的特点就是它的实践性，只有亲自参与了实践才可能体会它的奥妙之处。好的结果是我们希望的，但好的结果应该是自己的耕耘和辛勤劳动的结晶。积极的参与是实验课的基础。

2. 实验过程是一个综合的过程，既是已有知识的应用，又是知识结构的优化和重新构建；同时也是理论知识在实践中的应用，是一个能力培养和提升的过程。但这一切均有待于我们对实验的态度，敷衍了事、马虎应付，是不可能通过实验从理论和实践上得到提高的，只有以认真的态度、钻研的精神对待每一个实验、对待实验中的每一个环节，才能通过实验达到从理论到能力的提升。

3. 实验过程是一个自主学习和发展的过程，实验中，学生并不是教师指令下的操作员，学生应该是一个主动的探索者，学生应努力发挥自己的主观能动性，主动探索、自主发展。尝试探索的乐趣，体会成功的喜悦。

4. 实验的目的之一是培养和锻炼同学们的动手能力，但这并不是惟一的目的。实验是物理学的最基本方法，主动的动手，培养自己的动手能力是必要的，但更应该注重学习实验的方法。

5. 实验室是学习和研究的场所，应注重养成良好的习惯。实验室设备是公共财产，应加以爱护。

目 录

第一编 物理实验测量基础

第一章 物理测量基础	(1)
第二章 误差理论基础	(11)
第三章 实验数据的处理和计算	(23)

第二编 基本仪器和基本测量

第一章 常用基本仪器介绍	(37)
第二章 基本测量实验	(57)
实验一 长度的测量	(57)
实验二 单摆实验	(59)
实验三 物体密度的测定	(61)
实验四 金属比热容的测定	(64)
实验五 伏安法测电阻	(67)
实验六 万用表的使用	(74)
实验七 示波器的使用	(79)

第三编 力、热、光、电实验

实验一 精密称衡	(96)
实验二 自由落体运动	(99)
实验三 用落球法测量液体的粘度系数	(101)
实验四 转动惯量的测定	(104)
实验五 杨氏模量的测定	(108)
实验六 碰撞实验	(112)
实验七 弦振动的研究	(116)
实验八 金属线胀系数的测量	(119)
实验九 冰的熔解热的测定	(121)
实验十 导热系数的测定	(123)
实验十一 惠斯通电桥测电阻	(127)
实验十二 电表的改装和校准	(134)
实验十三 直流电位差计及其使用	(138)

实验十四	灵敏电流计特性的研究	(142)
实验十五	磁场的描绘	(147)
实验十六	<i>LRC</i> 电路谐振特性的研究	(152)
实验十七	迈克尔逊干涉仪的调节和使用	(158)
实验十八	等厚干涉现象的研究	(162)
实验十九	分光计的调节及折射率的测定	(166)
实验二十	用透射光栅测光波波长及角色散率	(175)
实验二十一	薄透镜焦距的测定	(180)
附录一	中华人民共和国法定计量单位	(186)
附录二	常用物理数据	(189)

第一编 物理实验测量基础

第一章 物理测量基础

1.1 物理实验的基本测量方法

物理实验方法是以一定的物理现象、物理规律和物理学原理为依据,确立合适的物理模型,研究各物理量之间关系的科学实验方法。现代的物理实验离不开定量的测量和计算。所以,实验方法包含测量方法和数据处理方法两个方面,它们既有区别又有联系。本节主要介绍基本测量方法。

物理测量泛指以物理理论为依据,以实验装置和实验技术为手段进行测量的过程。内容非常广泛,它包括对运动力学量、分子力学量、热学量、电学量和光学量的测量等。测量的方法和分类方法也很多,如以内容来分,可分为电量测量和非电量测量;按测量性质来分,可分为直接测量、间接测量和组合测量;根据测量过程中被测量是否随时间变化来分,可分为静态测量和动态测量;根据是否通过对基本量的测量得到测量数据来分,可分为绝对测量和相对测量;若从特定的测量方法来细分,就有诸如干涉法、衍射法、偏振法、电桥法、冲击法、冷却法、霍尔效应法、核磁共振法,等等。

本节主要介绍的测量方法是进行物理实验的思想方法,而不是指非常具体的测量过程与方式。学习并掌握好这些基本的实验思想方法,在实验中可指导我们进行实验方案的选择、实验测试的进行,有助于实验工作与科学研究的开展和科学能力的提高。

1. 比较法

(1) 直接比较法

直接比较法是将待测量与经过校准的仪器或量具进行直接比较,测出其大小。例如:用米尺测量长度就是最简单的直接比较法。用经过标定的电表、秒表、电子秤测量电量、时间、质量等量时,其直接测出的读数也可看作是直接比较的结果。要注意的是,采用直接比较法的量具及仪器必须是经过标定的。

(2) 补偿平衡比较法

平衡测量、补偿测量或示零测量是物理实验与科学研究中常用的测量方法。

例如:用等臂天平称物体的质量是一种平衡测量。又如图 1-1 所示的惠斯通电桥测量电阻 R_x ,从原理上讲,也是一种平衡测量,因为当电桥平衡时(电流计 G 示零)才能得出

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_3$$

的关系而计算出 R_x 。

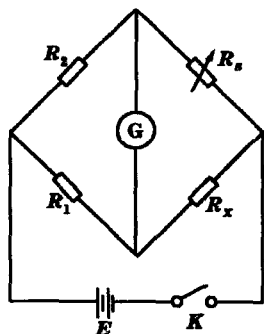


图 1-1

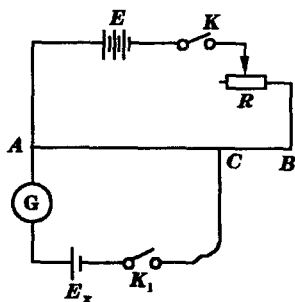


图 1-2

图 1-2 所示的是电势差计测电池电动势的基本电路，则是补偿测量的一个典型例子。合上电键 K ，调节 R ，使电阻丝 AB 上通有特定电流 I ，然后合上电键 K_1 ，在 AB 上滑动触头 C ，使电流计 G 示零，则待测电池电动势 E_x 被电势差 U_{AC} 所补偿，这时

$$E_x = U_{AC} = IR_{AC}$$

以上两例均在电流计 G 的指针示零时获得测量结果。所以又可称为示零测量。经过补偿达到平衡的比较实验方法的最大的优点是平衡时，电表（平衡臂）示零，对被测物理量影响最小，故大大提高了测量的精确度。

(3) 替代比较法

我国古代的少年曹冲用船称象是一例典型的替代比较实验方法。在现代测量技术中，当某些物理量无法直接比较时，往往利用物理量之间的函数关系制作成相应的仪表、仪器进行比较测量，例如糖量计、比重计、密度计等。图 1-3 所示是用替代比较法测电表内阻的电路图。将 K_2 置于 1 处，合上 K_1 ，调节 R 使安培表指针指在较大示值处（同时注意表头 G 指针不能超过量程）。然后断开 K_1 （为了保护安培表），将 K_2 置于“2”处，再合上 K_1 ，调节原先处在最低阻值上的 R_0 ，使安培表示值不变。此时， R_0 代替了表头内阻 R_x ，若 R_0 为电阻箱，则 R_x 可直接读得。

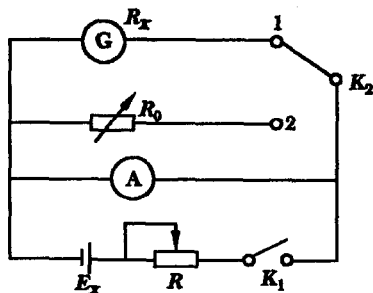


图 1-3

在进行替代比较法测量时，要特别注意“不同时”的替代比较，在异时比较时必须以实验条件的稳定性为基础。

2. 放大法

物理学中涉及各种物理量的测量，即使是同一物理量，其值的大小相差也甚为悬

殊。例如：长度测量，地球半径为 $6.38 \times 10^6 \text{m}$ ，而氢原子直径仅为 $1.06 \times 10^{-10} \text{m}$ ，相差达 10^{16} ！要适应各种范围内的精密测量，就得设计相应的装置或采用不同的方法。其中放大法是常用的基本方法之一（缩小也可视为其放大倍数小于 1 的放大）。放大法有：积累（或累计）放大、光学放大、电子学放大等。

（1）机械放大法

测量微小长度与角度时，为了提高测量读数的精度，常将其最小刻度用游标、螺距的方法进行机械放大。图 1-4 中，螺旋测微计主刻度上的最小标度 0.5mm ， 0.5mm 以下读数，可通过转动微分套筒放大读出，精度达到 0.01mm （原理与读数方法详见力学基本仪器）。

（2）积累（或累计）放大法

我们要测量如图 1-5 所示的干涉条纹间距 l 。 l 的数量级为 10^{-2}mm ，为了减小测量的相对误差，一般不是一个间隔一个间隔地去测量，而是测量若干（ n ）个条纹的总间距 $L = nl$ 。例如 $l = 0.040 \text{mm}$ ，所用量具误差为 $\Delta_{\text{仪}} = 0.004 \text{mm}$ ，则测量一个间距 l 的相对误差为

$$\frac{\Delta_{\text{仪}}}{l} = \frac{0.004}{0.040} = 0.1$$

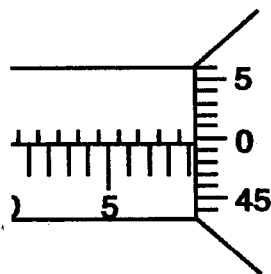


图 1-4

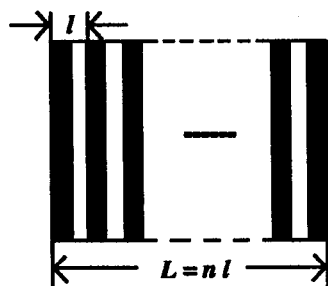


图 1-5

即为 10%。若采用放大法测量 100 个条纹的总间距，则 $L = 4.000 \text{cm}$ ，其相对误差减小为

$$\frac{\Delta_{\text{仪}}}{L} = \frac{0.004}{4.000} = 0.001$$

即 0.1%，使测量精度大为提高。

又如用秒表测量单摆摆动周期，也不是测一个周期的时间，而是测量累计摆动 50 或 100 周期的时间。设所用机械秒表的仪器误差为 0.1s ，而某单摆周期约为 2s ，则测量单个周期时间间隔的相对误差为 $\frac{0.1}{2.0} = 0.05$ ，即 5%。若测 100 个周期的累计时间间隔，则相对误差为 $\frac{0.1}{200.0} = 0.0005$ ，即 0.05%，提高了测量的精度。

(3) 光学放大法

光学放大法有两种，一种是使被测物通过光学仪器形成放大的像，以便观察判别。例如：常用的测微目镜，读数显微镜。另一种是通过测量放大的物理量来获得本身较小的物理量。例如：我们要测如图 1 -

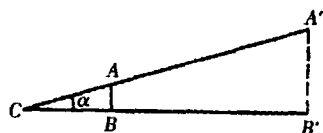


图 1 - 6

6 所示的 AB 对 C 的微小张角 α ，可利用三角函数关系， $\tan \alpha = \frac{AB}{CB}$ ，测出 AB 和 CB 即可

求得 α 。但 AB 、 CB 也是微小量，若放大为测量相应的 $A'B'$ 与 CB' ，则在使用同样量具的情况下，相对误差可大为减小， CB' 越长相对误差越小。因此，常常利用光学平面镜多次反射来测光程。例如：测量激光束的发散角，常用如图 1 - 7 所示的平行平面镜装置，使发散角较小的激光束在两镜间多次反射后射出，再测量其光斑大小。

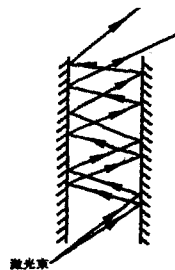


图 1 - 7

又如：测量长度微小变化和测量角度微小变化的光杠杆镜尺法，也是一种常用的光学放大法。

(4) 电子学放大法

要对微弱电信号（电流、电压或功率）有效地进行观察测量，常用电子学放大法。最基本的交流放大电路是如图 1 - 8 所示的共发射极三极管放大电路。

交流电压 U_i 由基极 B 和发射极 E 之间输入时，在输出端就可获得放大一定倍数的交流电压 U_o 。其基本原理是利用半导体 pn 结特性实现基极对集电极电流的控制作用。图 1 - 9 中的三极管由两个 pn 结构成。 B 、 E 间的发射结所加的是正向偏置电压，使发射区的多数载流子—电子加速进入基区。 B 、 C 间的集电结加的是反向偏置电压，它阻止集电区电子向基区扩散，但对基区内的电子则是一个加速电压。发射区发射的电子（少数一部分）不断地与基区中的空穴“复合”，形成基极电流 I_B ，大多数电子经两次加速后向集电区扩散，形成集电极电流 I_C ，基极电流 I_B 的微小变化将引起集电极电流 I_C 很大的变化，从而实现放大作用。

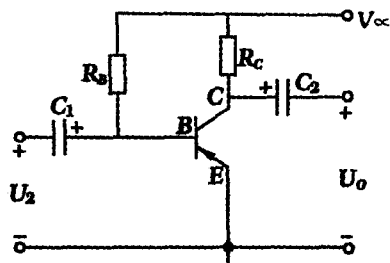


图 1 - 8

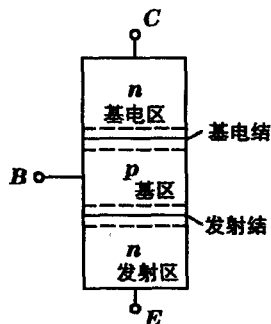


图 1 - 9

3. 转换测量法

转换测量法简称换测法,是根据物理量之间的各种效应和函数关系,利用变换原理进行测量的方法。由于物理量之间存在多种效应,所以有各种不同的换测法,这正是物理实验最富有启发性和开创性的一面。随着科学技术的发展,物理实验方法渗透到各学科领域,实验物理学也不断地向高精度、宽量程、快速测量、遥感测量和自动化测量发展,这一切都与转换测量紧密相关。

换测法大致可分为参量换测法和能量换测法两大类。

(1) 参量换测法

利用各参量的变换及其变化规律,以达到测量某一物理量的方法。这种方法几乎贯穿于整个物理实验领域中。例如:在杨氏模量实验中,钢丝的杨氏模量 E 的测定依据是应变与应力成线性变化的规律,将 E 的测量转换为对应变 $\Delta L/L$ 与应力 F/S 的测量后,得到 $E = \frac{F/S}{\Delta L/L}$ 。又如:在利用单摆测定重力加速度 g 的实验中,是依据周期 T 随摆长 L 变化的规律,将 g 的测量转换为对 L 、 T 的测量。

(2) 能量换测法

能量换测法利用一种运动形式转换成另一种运动形式时物理量间的对应关系进行测量。下面介绍几种比较典型的能量换测法。

①热电换测:将热学量转换成电学量测量。例如:利用温差电动势原理,将温度的测量转换成热电偶的温差电动势的测量,或利用电阻随温度变化的规律将测温转换成对电阻的测量。

②压电换测:这是一种压力和电势间的变换,话筒和扬声器就是大家所熟知的这种换能器。话筒把声波的压力变化变换为相应的电压变化,而扬声器则进行相反的转换,即把变化的电信号转换成声波。

③光电换测:这是一种将光学量变换为电量的换能器,其变换的原理是光电效应,转换原件有光电管、光电倍增管、光电池、光敏二极管、光敏三极管等。各种光电转换器件在测量和控制系统中已获得相当广泛的应用。近年来又有用于光通讯系统和计算机的光电输入设备(光纤)等。

④磁电换测:这是利用半导体霍尔效应进行磁学量与电学量的转换测量。

设计或采用某种转换测量方法应注意下列原则:

- (a) 首先要确定变换原理和参量关系式的正确性。
- (b) 变换器(传感器)要有足够的输出量和稳定性,便于放大或传输。
- (c) 要考虑在变换过程中是否还伴随其他效应,若有,则必须采取补偿或消除措施。
- (d) 要考虑变换系统和测量过程的可行性和经济效益。

4. 模拟法

模拟法指的是以相应理论为基础,不直接研究自然现象或过程的本身,而用与这些自然现象或过程相似的模型来进行研究的一种方法。模拟法可分为物理模拟和数学模拟。

物理模拟就是保持同一物理本质的模拟。例如:用光测弹性法模拟工件内部应力的分布情况,用“风洞”(高速气流装置)中的飞机模型模拟实际飞机在大气中的飞行等。

数学模拟是指把两个不同本质的物理现象或过程,用同一个数学方程来描述。例如:用恒稳电流场来模拟静电场,就是基于这两种场的分布有相同的数学形式。

把上述两种模拟法配合起来使用,就更容易见成效。随着微机的引入,用微机进行模拟实验更为方便,并能将两者很好地结合起来。

以上所述四种基本测量方法,在物理实验中有广泛的应用。实际上,在物理实验中,各种方法往往是相互渗透、联系而综合使用的,无法截然分开。读者在进行实验时,应认真思考,仔细分析,并不断总结,以逐步积累丰富的实验知识和经验。

1.2 物理实验中的基本调整与操作技术

实验中的调整和操作技术十分重要,正确的调整和操作不仅可将系统误差减小到最低限度,而且对提高实验结果的准确度有直接影响。有关实验调整和操作技术的内容相当广泛,需要将一个个具体实验的训练逐渐积累起来。每一个实验的内容和方法仅具有启发性的意义,而绝对没有普遍性的意义。熟练的实验技术和能力只能来源于实践。

在实验过程中,我们必须养成良好的习惯,在进行任何测量前首先要调整好仪器,并且按确定的操作规程去做。要懂得:任何正确的结果都来自仔细的调节、严格的操作、认真的观察和合理的分析。

下面介绍一些最基本的具有一定普遍意义的调整技术,以及电学实验、光学实验的基本操作规程。其他的调整、操作技术将在各有关的实验中介绍。

1. 零位调整

一个初学的实验者,往往不注意仪器或量具的零位是否准确,总以为它们在出厂时都已校准好了。但实际情况并不完全如此,由于环境的变化或经常使用而引起磨损等原因,它们的零位往往已发生了变化。因此在实验前总需要检查和校准仪器的零位,否则将在实验中引入误差。

零位校准的方法一般有两种:一种是测量仪器有零位校准器的,如电表等,则应调整校准器,使仪器在测量前处于零位;另一种是仪器不能进行零位校正,如端点磨损的米尺或螺旋测微计等,则在测量前应先记下初读数,以便在测量结果中加以修正。

2. 水平、铅直调整

在实验中经常遇到要对使用仪器进行水平和铅直的调整,如调平台的水平或支柱的

铅直。这种调整可借助悬锤与水平仪。几乎所有需要调整水平或铅直状态的实验装置都在底座上装有三个调节螺丝，三个螺丝的连线成等边三角形或等腰三角形（如图 1-10 所示）。在机械加工的垂直度和平整度有保证的情况下，立柱铅直的调整就可转化为图 1-10 中的三个螺丝 1、2、3 的水平等高调整。调整时，首先将长方形的水平仪放在与 2、3 连线平行的 AB 线上，调节螺丝 2（或 3），使气泡居中；然后将水平仪置于与垂直方向的 CD 线上，再调节螺丝 1，使气泡居中。这时 1、2、3 大致在同一水平面上，即立柱已大致处于铅直状态。由于调整相互影响，故需反复调节，逐次逼近，直至水平仪置于任意位置时气泡都居中，这时立柱处于铅直状态。

用悬锤调整铅直时，只要下悬的锤头尖与底座上的座尖对准即可。用气泡水平仪调整时，则要使气泡居中。一般水平与铅直调整可相互转化，互为补充。

例：欲调整一圆管的水平，若圆管上无法放置水平仪，则可在管子的后面放置一画有正交方格的坐标纸，如图 1-11 所示。使方格的水平线与管子 AB 的边沿相切，在管子 C 处挂一重锤 D ，调整管子 AB 端的高度，观察悬线 CD ，直至 CD 与管子后面坐标纸上方格的铅直线平行为止。此时，管子已处于水平位置。这是水平调整化为铅直调整的实例。

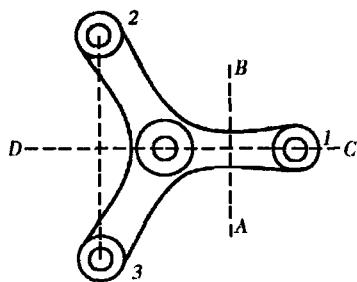


图 1-10

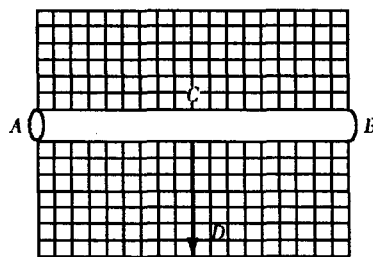


图 1-11

3. 消除视差

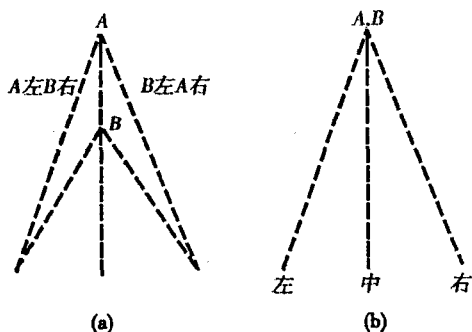


图 1-12

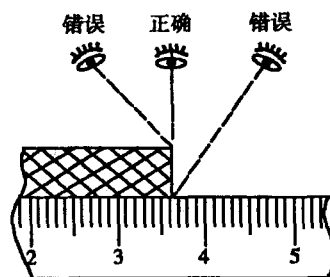


图 1-13