

普通高等教育“十二五”规划教材

DAXUE WULI SHIYAN JIAOCHENG

大学物理实验教程

主 编 孔祥洪 郭阳雪
副主编 顾 滨 孙玉强



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

大学物理实验教程

主 编 孔祥洪 郭阳雪

副主编 顾 滨 孙玉强



内 容 提 要

本书是按照教育部高等学校非物理类专业物理基础课教学指导分委员会制定的《高等工业学校物理实验课程教学基本要求》和《高等工业学校物理学教学大纲》，结合编者多年大学物理实验课程的教学经验及教学改革的探索和实践编写的。本书主要内容包括物理实验的基本方法、基础性实验、综合应用性实验以及设计性实验，创新设计实践涵盖力学与热学实验、电磁学实验、声学实验、光学实验、现代工程技术与信息处理综合实验。在总体设计上，力求贯彻以学生为本的理念，注重基础性、实践性、探索性、开放性的有机统一。在突出基本技能训练的同时，加大了综合性、设计性、研究性实验的比重。

本书适合普通高等院校非物理类专业学生学习使用，也可作为教师或相关人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验教程 / 孔祥洪, 郭阳雪主编. —上海: 同济大学出版社, 2012. 8

ISBN 978-7-5608-4957-7

I. ①大… II. ①孔…②郭… III. ①物理学—实验—高等学校—教材 IV. ①O4-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 201772 号

普通高等教育“十二五”规划教材

大学物理实验教程

主编 孔祥洪 郭阳雪 副主编 顾 滨 孙玉强

责任编辑 李小敏 责任校对 徐春莲 封面设计 潘向葵

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张 26

字 数 648 000

印 数 1—3 500

版 次 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-4957-7

定 价 50.00 元

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

前言

“大学物理实验”是一门独立设置的必修基础课程. 实验教学的根本目的是“加强基础, 重视应用, 提高素质, 培养能力, 开拓创新”. 物理实验是本科生接受系统实验方法和实验技能训练的开端, 通过物理实验课的学习, 培养学生观察、发现、分析、归纳、统计的方法, 以及解决物理问题的综合能力, 让学生系统地掌握物理实验的基本知识、基本方法和基本技能, 并通过综合性、设计性、创新型实验的训练, 提高学生科学实验能力和科学素质, 并为学生今后的学习、工作奠定一个良好的实验基础.

本书是按照教育部高等学校非物理类专业物理基础课教学指导分委员会制定的《高等工业学校物理实验课程教学基本要求》和《高等工业学校物理学教学大纲》编写的, 并在参考、借鉴许多其他大学物理实验教材的基础上, 结合编者多年大学物理实验课程的教学经验及教学改革的探索与实践. 在总体设计上, 力求贯彻以学生为本的理念, 注重基础性、实践性、探索性、开放性的有机统一. 在突出基本技能训练的同时, 加大了综合性、设计性、研究性实验的比重, 并且注意兼顾理工科各专业的教学应用. 本书主要内容包括物理实验的基本方法、基础性实验、综合应用性实验、设计性实验、创新型实验, 涵盖力学与热学实验、电磁学实验、光学实验、声学实验、现代工程技术与信息处理综合实验等.

本书侧重于对学生科学实验素质的培养, 注重各实验之间的关联与衔接, 突出物理学处理问题的思想精髓, 力求在物理实验中渗透现代科研方法, 以培养学生扎实的物理实验基础和科学的创新思维能力为宗旨, 在强化基础性实验的同时, 加大了综合性实验、研究性内容和设计性、研究性实验的比例, 全书较系统、较完整地介绍了测量误差和不确定度的基本概念, 要求学生学会用不确定度对实验结果进行评估. 为适应时代的要求和科技的发展, 本书引进在当代科学研究与工程技术中广泛应用的现代物理技术, 如激光技术、传感器技术、光电子技术等.

实验教学是一项群体性工作, 从实验室的建设、教材的编写到实验内容的改进、改革, 都凝聚着众多同志的心血. 在本书的编写过程中, 我校、院领导给予了大力支持. 大学物理实验教学中心的全体人员参与了教材的编写工作. 参与全书编写的有: 孔祥洪编写绪论、第2章、第8章; 郭阳雪编写第5章、第9章; 郭阳雪、梁雪飞、王蕊丽编写第6章; 孔祥洪、洪鹏程、王蕊丽编写第1章; 郭阳雪、孔祥洪、杨渭编写第7章; 孔祥洪、郭阳雪、王蕊丽编写第4章; 孔祥洪、郭阳雪、李雪莹编写第3章; 全书由孔祥洪、顾滨统稿, 郭阳雪、孙玉强审定.

本书在编写过程中参考了许多兄弟院校的教材, 在此一并致谢. 由于编者水平有限, 书中难免存在不完善和不妥当之处, 真诚地希望各位同行和使用本教材的教师和学生提出宝贵的意见和建议.

编者

2012年6月

物理实验安排

周 次	日 期	内 容	地 点	备 注
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				

请根据教学计划填写,实验前写好预习报告。

目 录

前 言

0 绪 论	1
0.1 物理实验课的重要性	1
0.2 物理实验的方法	2
0.3 物理实验的步骤	4
0.3.1 预习	4
0.3.2 实验观测与记录(实验)	4
0.3.3 实验数据的整理与完成实验报告	4
0.3.4 实验报告的格式	4
1 误差和数据处理	6
1.1 测量及其分类	6
1.1.1 测量	6
1.1.2 直接测量与间接测量	6
1.1.3 等精度测量与非等精度测量	7
1.2 误差及其分类	7
1.2.1 误差的定义	7
1.2.2 误差的表示方法	8
1.2.3 误差的分类	8
1.3 随机误差的统计分布	9
1.3.1 随机误差的正态分布规律	9
1.3.2 随机误差的处理	10
1.4 误差分析的应用	11
1.4.1 算术平均偏差表示法	11
1.4.2 标准误差表示法	15
1.4.3 有限次测量的情况和 t 因子	16
1.4.4 仪器误差	16
1.4.5 仪器的标准误差 $\sigma_{\text{仪}}$	16
1.5 实验的不确定度评定	17
1.5.1 不确定度的概念	17
1.5.2 直接测量量的不确定度计算及结果表示	17

1.5.3 间接测量的结果和总不确定度的合成	19
1.6 有效数字及其运算	21
1.6.1 有效数字的一般知识	21
1.6.2 有效数字运算规则	22
1.6.3 误差与有效数字的关系	23
1.7 实验数据处理的常用方法	23
1.7.1 列表法	23
1.7.2 作图法	24
1.7.3 逐差法	27
1.7.4 线性回归法处理实验数据	29
2 物理实验的基本知识	34
2.1 物理实验的基本测量方法	34
2.2 基本物理量的测量及常用仪器	37
2.2.1 力学、热学基本物理量的测量及常用测量仪器	37
2.2.2 电学基本物理量的测量及常用测量仪器	42
2.2.3 光学基本仪器	49
2.3 实验室常用电源与光源	55
2.3.1 实验室常用电源	55
2.3.2 实验室常用光源	57
3 力学实验	60
3.1 长度测量	60
3.2 测量物体的密度	68
3.3 杨氏弹性模量的测定	71
3.3.1 拉伸法杨氏弹性模量的测定	72
3.3.2 悬挂法杨氏弹性模量的测定	78
3.3.3 霍尔位置传感器杨氏弹性模量的测定	82
3.4 用弦音实验仪测定波的传播速度	85
3.5 液体表面张力系数的测定	90
3.6 刚体转动惯量测定	95
3.6.1 扭摆法测物体转动惯量	95
3.6.2 转动惯量仪测刚体的转动惯量	101
3.7 液体粘滞系数的测定	108
4 热学实验	116
4.1 导热系数的测定	116
4.2 温度电测法	122
4.3 温差电偶的定标和测量	127
4.4 热电偶的定标和测量	132

4.5 气体比热容比的测定	139
5 光学实验	142
5.1 用牛顿环测透镜的曲率半径	142
5.2 用迈克尔逊干涉仪测波长	149
5.3 分光计实验	159
5.3.1 分光计的调整与使用	159
5.3.2 三棱镜顶角的测定	163
5.3.3 折射率的测定	167
5.3.4 光栅常数的测定	170
5.3.5 谱线波长的测定	174
5.4 薄凸透镜焦距的测定	176
5.5 测节点位置及透镜组焦距	178
5.6 自组干涉实验系列	181
5.6.1 杨氏双缝干涉	181
5.6.2 菲涅尔双棱镜干涉	184
5.6.3 牛顿环装置	186
5.7 自组衍射实验系列	187
5.7.1 夫琅禾费单缝衍射	188
5.7.2 夫琅禾费圆孔衍射	190
5.7.3 菲涅尔单缝衍射	190
5.7.4 菲涅尔圆孔衍射	191
5.7.5 菲涅尔直边衍射	192
5.8 氦氖激光器系列实验	193
5.8.1 氦氖激光器谐振腔调节实验	195
5.8.2 氦氖激光器功率稳定性的测量实验	197
5.8.3 氦氖激光器发散角的测量	198
5.8.4 氦氖激光器模式分析	200
5.9 偏振光分析	204
5.10 色度学测量实验	209
5.11 用旋光测糖溶液的浓度	220
5.12 晶体声光效应实验	227
6 电磁学实验	232
6.1 电学元件伏安特性的测量	232
6.1.1 线性元件的伏安特性	232
6.1.2 二极管伏安特性曲线的研究	236
6.2 直流电桥	239
6.2.1 单臂电桥(惠斯通电桥)	241
6.2.2 双臂电桥测量低电阻	247

6.2.3 非平衡电桥	251
6.3 示波器的调节与使用	257
6.4 霍尔效应实验	264
6.4.1 利用霍尔效应测磁场	264
6.4.2 霍尔法测量圆线圈和亥姆霍兹线圈的磁场	270
6.5 密立根油滴实验	275
6.6 光电效应法测量普朗克常数	279
6.7 测定铁磁材料的磁化曲线	283
6.8 模拟法测绘静电场	294
6.9 RLC 电路特性的研究	302
7 声学实验	312
7.1 声速的测定	312
7.1.1 超声声速测定	312
7.1.2 用振动合成法测声速	319
7.1.3 超声光栅测量声速	322
7.2 超声定位和形貌成像实验	325
7.3 脉冲回波型声成像实验	335
8 综合设计性实验	342
8.1 重力加速度的测定	342
8.2 杨氏模量测量方法的研究	343
8.3 非线性伏安法特性研究	344
8.4 流体力学特性研究(硬币起飞)	347
8.5 太阳能电池特性的研究	348
8.6 磁电阻元件的研究	350
8.7 组装望远镜系统	351
8.8 用自准直法测凹透镜焦距	352
8.9 用劈尖法测量细丝的直径	353
8.10 透明薄膜折射率(或厚度)的测量	353
8.11 用焦利氏秤测弹簧的倔强系数	354
8.12 简谐振动的实验设计与研究	355
8.13 液体粘滞系数的测定	355
8.14 液体表面张力系数的测定	356
8.15 光的衍射法测杨氏模量	357
8.16 用凸透镜测狭缝宽度	357
8.17 替代法测电阻	358
8.18 伏安法测电阻	358
8.19 安培表内阻的测定	359
8.20 变阻器的使用与电路控制	360

8.21	比较法测互感系数	360
8.22	补偿法、电桥伏安法测电阻	361
8.23	非平衡电桥与热敏电阻	361
8.24	恒流源法测导体电阻温度系数	362
8.25	温差电动势的测量	362
8.26	用电谐振法测膜层厚度	363
8.27	RC 串联电路暂态过程的研究	364
8.28	用干涉法测量载流康铜丝的温度	364
8.29	用霍尔器件测量地磁水平分量	365
8.30	温度传感器的设计与应用	365
8.31	硅光电池特性的研究	366
8.32	用示波器测量谐振频率及电感	366
8.33	测电源的电动势和内阻	367
8.34	用磁聚焦法测定电子荷质比	367
8.35	光电传感器的设计与应用	368
8.36	暂态过程的实时测量及曲线图的描绘	369
8.37	用计算机测绘磁场分布	369
9	创新性设计型实验	370
9.1	差动变面积式电容传感的静态及动态特性	372
9.2	扩散硅压阻式压力传感器实验	373
9.3	气敏电阻实验	374
9.4	湿敏电阻实验	377
9.5	光电传感器测转速实验	378
9.6	热释电人体接近实验	382
9.7	光电传感器物理设计性实验装置	384
9.8	热电阻特性实验	390
9.9	热电偶温差电动势测量与研究	397
9.10	PN 结正向压降与温度关系的研究和应用	399
9.11	集成温度传感器	402

0 绪 论

0.1 物理实验课的重要性

物理学是一门实验科学,任何物理现象、物理概念、物理定律都是建立在实验基础之上的。随着科学技术的进步,当今物理实验综合了科学技术的成就,发展形成了自身的科学体系,成为系统性较强的独立学科——实验物理学。物理实验在物理学这座雄伟的科学大厦中占有十分重要的地位和作用,物理学的发展历史表明,物理学的发展是在实验和理论两方面相互推动和密切结合下进行的。

人们要揭示宇宙的奥妙,探索物质的存在形式、运动规律及相互作用,首先要进行的就是物理实验。牛顿创立的万有引力定律绝非是从一次苹果落地而悟出的道理,而是通过无数次观测实验和研究,并在总结大量前人研究成果的基础上所得出的结论。伽利略在著名的比萨斜塔上所做的自由落体实验,否定了亚里士多德的“落体的速度与重量成正比”的错误结论,得出了在同地点,不同的物体具有相同的重力加速度这一科学论断。我们周围的空间不仅有上述引力相互作用的引力场,而且还存在着电磁相互作用的电磁场,我们日常所熟悉的光就是波长在一定范围内的电磁场。

大学物理实验课与大学物理理论课一起构成了高等工科学生必修的基础物理学知识统一的整体。理论课主要注重对物理概念、物理规律的讨论和学习,训练学生的理论思维方法;实验课则主要以实际动手实验为教学手段,对学生进行全面而系统的实验方法和实验技能训练。它们具有同等重要的地位,具有深刻的内在联系。

2008年国家教育部颁布的《理工科大学物理实验课教学基本要求》,明确了本课程的教学任务:使学生在中学物理实验的基础上,按照循序渐进的原则,学习物理实验知识和方法,得到实验技能的训练,从而初步了解科学实验的主要过程和基本方法,为今后的学习和工作奠定良好的实验基础。其具体任务是:

(1) 通过对实验现象的观察、分析和对物理量的测量,学习物理实验知识,加深对物理学原理的理解。

(2) 培养和提高学生的科学实验能力。包括:①能够通过阅读实验教材或资料,做好实验前的准备;②能够借助教材或仪器说明书正确使用常用仪器;③能够运用物理学理论对实验现象进行初步的分析判断;④能够正确记录和处理实验数据,绘制曲线,说明实验结果,撰写合格的实验报告;⑤能够完成简单的具有设计性内容的实验。

(3) 培养和提高学生科学实验的作风和素养。主要是指培养理论联系实际、实事求是的工作作风,一丝不苟、严肃认真的工作态度,积极主动的探索精神,遵守纪律、团结协作、爱护

公共财物的优良品德。比如,伦琴在研究阴极射线的时候,偶然观察到阴极射线管附近的荧光板发光,正是他实事求是、一丝不苟、严肃认真的品格才使他认识到了 X 射线的存在;开普勒在其老师第谷大量的天文观测资料(700 多颗星体)的基础上,经过 20 多年的不懈研究,才总结出了行星三大定律。在近现代物理学研究中,如果一个物理学工作者没有高度的合作精神,他是很难取得成就的。

0.2 物理实验的方法

科学的发展历史已经证明:科学的理论来源于科学的实践,并指导我们的实践;科学理论要受到实践的检验,并在实践中不断地得到修正、补充和完善。对于科学研究来讲,科学实验是最重要、最基本的实践活动。而且随着社会的发展和研究的深入,科学实验的这种重要性和基本性将会越来越突出。

科学实验是根据一定的研究目的,通过积极的构思,利用科学仪器设备等物质手段,人为地控制和模拟自然现象,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。

科学实验的主要任务,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的理论依据,促进生产技术的进步和革命,提高人们改造自然的能力。

物理理论的建立也遵循这一过程,它是通过由物理实践到物理理论,再由物理理论到实践的辩证过程建立和发展起来的。通过对物理学历史地、全面地考察可以发现,物理学本质上是一门实验科学。首先,物理概念的建立、物理规律的发现依赖于物理实验,是以实验为基础的,物理学作为一门科学的地位是由物理实验予以确立的;其次,已有的物理定律、物理假说、物理理论必须接受实验的检验,如果正确就予以确定,如果不正确就予以否定,如果不完全正确就予以修正。例如,普朗克在黑体辐射实验的基础上提出了能量子概念;爱因斯坦通过分析光电效应现象提出了光量子;伽利略用新发明的望远镜观察到木星有四个卫星后,否定了地心说;杨氏双缝干涉实验证实了光的波动假说的正确性。可以说,物理学的每一次进步都离不开实验。

在进行物理实践的过程中,由于所涉及的研究对象、实践的目的、采用的研究方法、获得的结论的层次等方面特征的不同,我们通常将物理学的实践活动分为观察和实验两种基本类型。下面就简述其概念和特征。

1. 观察

所谓观察就是对自然界中发生的某种现象,在不改变其自然条件的情况下,按照原来的样子加以研究的过程。比如,我们对天空观察后发现,晴朗无云的天空是蓝色的;通过对气候的观察发现,一年可以分为春、夏、秋、冬四季。

观察的特征是:

(1) 现象是在自然状态下发生的,通常没有人为限制。因此,一般地讲,观察这种实践活动是简便易行的,是一种可以经常进行的实践活动,也是对现象进行深入研究的基础。在科学实践中,养成观察的习惯,掌握观察的方法,对一个科学研究者来说是极其重要的素质之一。

(2) 一般来讲,影响自然现象的因素是多而复杂的,通过观察一般只需对现象作定性研究,即了解影响现象的主要因素及大致关系. 其研究是不够准确、不深刻的.

2. 实验

所谓实验则是在人工控制的条件下,抑制次要因素,突出主要因素,使现象能够向着更加直接、更加单纯的方向进行,并能反复重演,从而借助仪器设备对影响现象的因素进行测量的研究过程.

实验的特征是:

(1) 按照研究的需要和目的人为地简化和控制现象发生和进行的条件

其目的是为了突出主要因素,排除或减少次要因素的干扰和影响,使过程的进行更直接、更纯粹,以获得明确的结果. 可见,实验也是物理学中一种重要的研究方法,实验对物理学的发展起着十分重要的作用,过去是这样,现在是这样,将来也一定是这样. 比如,伽利略用落体实验驳倒了亚里士多德的“重的物体落得快,轻的物体落得慢”的说法,他在斜面实验的基础上指出:力不是维持运动的原因,物体的运动不需要力来维持. 我们知道是伽利略开创了物理学的实验方法,也正是因为实验方法的引入才使物理学真正成为一门科学. 牛顿“最伟大的宇宙定律”的正确性,是因为它能计算出哈雷慧星的运行周期(约 76 年),解释了潮汐现象,指出了(当时)太阳系中还应有所谓冥王星、海王星的存在. 伟大的詹姆斯·克拉克·麦克斯韦于 1864 年将电和磁“合”在了一起,把描述电学规律和磁学规律的关系式总结为优美的麦克斯韦方程组,由此预言了电磁场和电磁波,指出光是一种电磁波. 而这一结论的正确性是在经过了 24 年——也是麦克斯韦逝世(1879 年)9 年之后的 1888 年,才由赫兹实验向世界宣布的.

我们现在的粒子物理学理论是以物质的夸克模型为基础的,即是说,如果找不到这六种组成物质的夸克——上夸克、下夸克、奇异夸克、粲夸克、底夸克、顶夸克,或者说,即使找到了其中的五个,粒子物理学的现行理论也将重建. 因此,从 1964 年提出夸克模型之后,许多著名的物理学家都开始致力于寻找夸克的工作. 到 1976 年就已经找到了前五种夸克,而顶夸克却不见踪迹,但科学家们并不气馁. 幸运的是,到 1993 年至 1994 年间科学家们终于找到了顶夸克的踪迹,1995 年 3 月 2 日美国科学家正式向世界宣布了顶夸克已被捉到. 此外,值得一提的是:世界科学界最崇高的奖励——诺贝尔奖,一般都授予与实验有关的科学发现.

(2) 实验需要对现象进行定量研究

实验一般都需要对影响现象发生的因素进行测量,以获得较为精确的结论或规律. 现在,几乎所有物理问题最终都要被定量化. 正因为如此,物理学才成为一门定量的精确的科学. 物理学家们在长期的研究实践中,不仅创造了巧妙而丰富的实践方法,而且在进行物理问题的定量化的过程中,还创造了许多物理学特有的研究方法. 所有这些,不仅对物理学,而且对自然科学的其他学科,以及工程技术和社会科学、社会生活的各个方面都具有重要的作用和意义.

物理实验在探索和研究新科技领域,在推动其他自然科学和工程技术的发展中,同样起着重要的作用. 自然科学迅速发展,新的科学分支层出不穷,但基础学科就是数学和物理两门,物理实验是研究物理测量方法与实验方法的科学,物理实验的实验技术和测量方法具有特殊的基本性和普遍性;力、热、电、光等所有的自然现象;其基本性是指它是其他一切实验

的基础;同时,它还具有通用性——实用于一切领域,很多工程技术问题或研究课题,如果把它们分解开来,实质上就是一些物理问题.在工程技术领域中,研制、生产、加工、运输等过程都普遍涉及物理量的测量及物体运动状态的控制,这正是成熟的物理实验的推广和应用.现代高科技的发展,其设计思想、方法和技术也来源于物理实验,因此,物理实验也是工程技术和现代高科技发展的基础.

综上所述,对一个高等工科院校的学生来讲,不论专业如何,大学物理实验都是一门重要的基础课程.对所有高等工科学校的学生来讲,了解和掌握这些进行实验研究的方法和技巧,不仅对物理学理论的学习是重要的,而且对后续课程的学习,尤其是对将来所从事的实际工作所需要具备的独立工作能力和创新能力等素质来讲,也是十分必要的,这是大学物理理论课不能做到,也不能取代的.因此,大学物理实验应该是工科学生的一门独立的重要的必修基础课程.

0.3 物理实验的步骤

0.3.1 预习

(1) 实验理论知识准备:从实验指导书和有关参考书中充分了解实验的理论依据和条件.

(2) 实验仪器的准备:了解所有实验仪器的工作原理、工作条件和操作规程;了解实验室为何选用这样的装置和仪表,还有否其他的实验装置可用.

(3) 实验观测的准备:掌握实验步骤和注意事项,设计记录表格.记录表格既要便于记录,又要便于整理数据.

0.3.2 实验观测与记录(实验)

(1) 仪器的安装和调整:按操作规程调整仪器以达到正常的工作条件.

(2) 实验观测:在明确了实验目的和测量内容、步骤,并能正确使用仪器后,可以进行正式观测.

(3) 实验记录:实验记录是以后计算与分析问题的依据,在实际工作中则是宝贵的资料.记录应记在专用的实验数据记录卡上,要如实地记下各观测数据、简单的过程及观测到的现象,交实验教师签字后方可,测量结束整理摆放好设备.

0.3.3 实验数据的整理与完成实验报告

实验过程中要随时整理数据,测量结束后要尽快整理好实验数据,计算出结果并绘出必要的图线.数据整理工作,应尽可能地在实验课上完成,并且为了根据整理中的问题作必要的补充测量.实验报告要求简单明了,用语确切,字迹清楚.

0.3.4 实验报告的格式

实验报告要求写在专业的实验报告纸上,如发现原始数据有错、漏等情况,应予以重测或补测.实验报告书应字迹工整、措词简练、步骤完整、数据真实、图表齐全、书写规范.

实验报告包括:

(1) 实验名称、实验者姓名、合作者姓名、实验日期等信息。

(2) 实验目的。

(3) 实验仪器(写出实验所用的仪器设备名称)。

(4) 实验原理(不要抄书,简要叙述相关的物理实验所依据的理论,画出原理图、装置示意图或电路图、光路图,写出主要计算公式及公式中各量的物理含义和公式限定的条件等)。

(5) 实验步骤(简述实验的主要步骤)。

(6) 实验数据记录、实验数据整理及结论(包括物理量名称、单位,简单的公式)。数据处理要有完整的计算、作图和不确定度的估算,而且计算要有简洁的计算式;代入的数据要有根有据,作图要美观、规范。最后要给出结果及讨论。

(7) 明确给出实验结果,得出实验结论。并对结果进行讨论(如现象分析,误差来源分析,实验中存在问题的讨论,回答实验思考题。亦可对实验本身的设计思想、实验仪器的改进提出建设性意见)。

1 误差和数据处理

物理实验是一个理论联系实际的过程,一切物理量都是通过测量得到的,然而测量又不可避免会产生误差.本章着重介绍测量和误差的相关知识,以及实验数据处理和实验结果的表示等内容.所介绍的都是初步知识,这些知识不仅在每一个物理实验中都要用到,而且是今后从事科学实验必须了解和掌握的.

1.1 测量及其分类

1.1.1 测量

物理实验是以测量为基础的.研究物理现象、了解物质特性、验证物理原理都要进行测量.所谓测量就是为了确定测量对象的量值,使用专门的仪器和工具,通过实验和计算而进行的一组操作过程.

从不同的角度出发,测量有几种不同的分类方法.按照实验数据的处理方法,测量可以分为直接测量和间接测量;按照测量工具工作方式的不同,测量可以分为偏差式测量、零位式测量和微差式测量;按照测量条件的不同,测量可以分为等精度测量和非等精度测量;此外,根据其他分类依据,测量还可以分成接触式测量与非接触式测量、绝对测量与相对测量、单项测量与综合测量等.

1.1.2 直接测量与间接测量

按照实验数据的处理方法不同,测量可以分为直接测量和间接测量.

1. 直接测量

直接测量是指用已知标准的仪器仪表,与某待测量直接进行比较,不需任何运算即可得到待测量的量值.例如用米尺、游标卡尺等测量长度,用秒表测时间,用天平称质量等均为直接测量.直接测量简单、直观,是最基本的测量方式,也是间接测量的基础,但它的准确程度受所用仪器仪表误差的限制.

2. 间接测量

多数物理量不便或不能进行直接测量,而是依据待测量与直接测量量之间的函数关系,先测出直接测量量,代入函数关系计算出待测量,这种测量称为间接测量.例如用扭摆法测物体的转动惯量,在已知弹簧的扭转常数 K 情况下,用秒表测出周期 T ,则转动惯量 I 可通过公式 $I = \frac{K}{4\pi^2} T^2$ 计算得到, T 是直接测量量, I 是间接测量量.

当然,一个物理量是直接测量量还是间接测量量并不是绝对的,要由具体测量方法和仪器来确定。例如伏安法测电阻时,电流和电压是直接测量量,电阻是间接测量量;而用欧姆表测量时,电阻又成了直接测量量。

1.1.3 等精度测量与非等精度测量

根据测量条件的不同,测量又分为等精度测量和非等精度测量。

1. 等精度测量

等精度测量是指在相同测量条件下对同一物理量所做的重复测量。例如,在相同的环境下,由同一个测量人员,用同样的仪器和方法,对同一个待测量作出相同次数的重复测量。由于各次测量的条件相同,测量结果的可靠性是相同的,没有理由认为哪次测量更精确或不精确,所以每次测量的值是等精度的。

应该指出,要使测量条件完全相同、绝对不变是很难做到的,一般测量中,一些条件变化很小,或某些次要条件变化后对测量结果影响甚微,一般可按等精度测量处理。

2. 非等精度测量

在科学研究和其他高精度测量中,为了得到更精确可靠的结果,特意要在不同的条件下,用不同的仪器,不同的测量方法,由不同的测量人员对同一个待测量进行测量和研究。此时,由于测量条件全部或部分发生了明显变化,每种测量的可靠性、精确度显然不同,这种测量即为非等精度测量。而最后的测量结果,是通过待测量的各种非等精度测量结果的加权处理来获得。

无论用哪种方法进行测量,都会得到测量结果。实验测量结果是由数值和单位两部分组成。一个数值有了单位才具有特定的物理意义,这时它才可以称为一个物理量。因此,测量结果应包含数值和单位两部分,缺一不可。

目前,物理学上的各物理量的单位都采用中华人民共和国法定计量单位,它是以国际单位(SI)为基础的单位。米(长度)、千克(质量)、秒(时间)、安培(电流强度)、开尔文(热力学温度)、摩尔(物质的量)和坎德拉(发光强度)为国际单位制的基本单位;其他物理量的单位(如力、能量、电压、磁感应强度等)均可由这些基本单位导出,称为国际单位制的导出单位。

1.2 误差及其分类

1.2.1 误差的定义

物质的各种特性是客观存在的。反映物质特性的物理量,在一定的条件下,相应有一个确定的客观真实值,这个值在测量上称为物理量的真值。在实际测量中,测量者总是希望十分准确地测得物理量的真值。然而,由于测量仪器、测量方法、测量条件和测量人员的技术、经验和能力等因素的限制,使得测量结果与真值不能完全相同。测量值与真值之间总有一些差别,这种差别称为测量值的误差。任何测量都有误差,误差自始至终存在于一切科学实验和测量的过程中。

误差 Δx 定义为某物理量的测量值 x 与真值 X 之差,即