

普通高等教育“十一五”规划教材

大学物理实验

DAXUE WULI SHIYAN

主编 ○ 戴启润

 郑州大学出版社

普通高等教育“十一五”规划教材

大学物理实验

DAXUE WULI SHIYAN

主编 戴启润

图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验/戴启润主编. —郑州:郑州大学出版社,
2008.8

ISBN 978 - 7 - 81106 - 911 - 2

I. 大… II. 戴… 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 (2008) 第 127015 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:邓世平

全国新华书店经销

黄委会设计院印刷厂印制

开本:787 mm × 1092 mm

印张:19.75

字数:458 千字

版次:2008 年 8 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371 - 66966070

1/16

印次:2008 年 8 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978 - 7 - 81106 - 911 - 2

定价:32.00 元

本书如有印装质量问题,请向本社调换

编委名单

BIANWEIMINGDAN

主 编 戴启润

副主编 王栋臣 衡耀付 罗永松

宋金璠 陈兰莉

编 委 (以姓氏笔画为序)

王栋臣 白建平 宋金璠

张晓伏 陈兰莉 罗永松

罗鹏晖 衡耀付 戴启润

魏迎军

内 容 提 要

NEIRONGTIYAO

本书是以《综合性大学与高等师范院校普通物理实验课程教学基本要求》和《高等工业学校物理实验课程教学基本要求》为依据,结合近年来在大学物理实验教学改革中的经验,并参考了国内外众多院校的有关教材编写而成。全书分为5章,即绪论、基本概念和数据处理、基础实验、综合性实验和设计性实验。书中列有54个实验项目,每个实验介绍有实验目的、实验仪器、实验原理、实验内容、数据记录与处理、注意事项,并附有思考题。

本书可以作为高等理工院校各专业不同层次的物理实验教材或教学参考书,也可作为成人教育、电视大学、职工大学和大专物理实验的教学参考书。

前言

QIANYAN

大学物理实验是理工科学生进入大学后较早接触的实验课程,是学生技能训练的开始。物理学是一门实验科学,物理实验对物理学的建立和发展一直起着十分重要的作用,大学物理实验的目的在于加深学生对有关物理知识的理解,培养学生正确的科学实验习惯,提高学生的动手能力、观察分析能力和创新能力。物理实验的方法、思想、仪器和技术已经被普遍地应用在自然科学和技术部门的各个领域。因此,作为基础实验课,它既能让通过实验学习到科学实验的基础知识,观察到实验中的各种现象,提高学生独立进行工作的能力,又能使学生在实验方法的设计、测量仪器的选择、测量条件的确定等方面受到训练,并充分了解到理论是怎样与实际相结合的。

本书没有按照传统的物理实验课程体系安排实验内容,而是按照基础性实验、综合性实验和设计性实验体系安排实验内容,能够更好地培养学生跨学科思维能力和创造能力。本书力求突出先进实验内容,做到实验原理简明扼要、实验公式推导完整、实验方法清晰科学、数据处理要求规范。

全书包括绪论、基本概念和数据处理、基础实验、综合性实验和设计性实验。书中列出了 54 个实验项目,可根据不同教学对象和不同专业类别的教学需要,选排和选做其中部分实验项目。其中有些实验是以验证大学物理的公式、理论为目的的,有些实验又是以培养能力、开拓思路、提高综合素质为目的的。因此,本书中既有较多的传统性物理实验,又有相当数量的综合性应用实验和自选设计性实验,这些实验

无疑都是很重要的。

大学物理实验既是实用性、操作性很强的一门课程,也是一门充满兴趣的课程。本书力求叙述清楚,简明易懂,图文并茂。通过大学物理实验这门课程的学习,可以使学生会一些基本的实验方法、基本仪器的使用和基本的数据处理方法,力求使学生得到规范化的实验方法训练,能够养成良好的实验习惯,独立完成实验,在实验能力和实验素养等方面得到严格的培养,为后续的实验课乃至今后的科学技术工作打下坚实的基础。

实验教学是一项集体工作,从实验内容的确定、实验项目的建设、实验讲义的编写,直到实验教学的完成,都是从事实验教学的教师和实验技术人员共同劳动的成果。本书由戴启润任主编,王栋臣统稿,具体编写分工为:戴启润编写实验7(二)、实验8(二),王栋臣编写第一章、第二章第一节、第二节、第三节、实验1、2、3、6(二)、33、46,罗永松编写实验47、48、49、50、51、52、53、54、附表8,衡耀付编写第二章第四节、第五节、实验4、5、6、7(一)、16,魏迎军编写实验8(一)、9,张晓伏编写实验11(一)、12、13、14、15、17、18,宋金璠编写实验36、37、38、39、40,白建平编写实验10、11(二)、31、41、42、43、44、45,陈兰莉编写实验23、28、29、30、34、35,罗鹏晖编写实验19、20、21、22、24、25、26、27、32。。

由于编者水平和条件所限,书中难免有不妥或疏漏,欢迎提出建议并指正。

编者

2008年6月

目录

MULU

第一章 绪论	1
第一节 大学物理实验开设的重要性	1
第二节 大学物理实验课程的基本教学环节	2
第三节 如何学好大学物理实验课程	4
第二章 基本概念和数据处理	6
第一节 测量与误差	6
第二节 实验不确定度的评定	14
第三节 有效数字	19
第四节 数据处理方法	22
第五节 物理实验的基本测量方法与技术	29
第三章 基础实验	35
实验 1 长度的测量	35
实验 2 单摆研究	40
实验 3 精密称衡	44
实验 4 牛顿第二定律的验证	48
实验 5 动量守恒定律的验证	54
实验 6 液体黏滞系数的测量	58
实验 7 物体转动惯量的测量	65
实验 8 金属杨氏模量的测量	72
实验 9 金属线胀系数的测量	79
实验 10 受迫振动研究	82
实验 11 弦上驻波实验	86
实验 12 空气比热容比的测定	93

实验 13	不良导体导热系数的测量	96
实验 14	液体表面张力系数的测量	105
实验 15	谐振动的研究	109
实验 16	声速的测定	112
实验 17	比热容的测定	117
实验 18	气体三定律验证	122
实验 19	电阻的分压特性和限流特性	130
实验 20	伏安法测电阻和二极管的伏安特性	134
实验 21	惠斯通电桥测电阻	137
实验 22	用开尔文电桥测量低值电阻	140
实验 23	用十一线电位差计测电动势	143
实验 24	用电位差计测电阻	146
实验 25	用电位差计校准电表	150
实验 26	电表的改装与校准	153
实验 27	用模拟法描绘静电场	157
实验 28	示波器的原理和应用	162
实验 29	电子束的聚焦和偏转	169
实验 30	RLC 电路谐振特性的研究	175
实验 31	交流电桥	182
实验 32	灵敏电流计的实验研究	187
实验 33	磁场描绘	194
实验 34	霍尔元件基本参数测量	197
实验 35	铁磁物质动态磁滞回线的测试	204
实验 36	透镜参数的测量	210
实验 37	分光计的调节和使用	216
实验 38	平行光管的调整和使用	224
实验 39	发光强度的测量	230
实验 40	等厚干涉现象研究	235
实验 41	迈克尔逊干涉仪的调整和使用	240
实验 42	旋光现象的观察与测量	244
实验 43	液体折射率的测定	248
实验 44	用菲涅耳双棱镜测光源的波长	253
实验 45	激光衍射法测量微小长度	256
第四章	综合性实验	260
实验 46	光电效应测普朗克常数	260
实验 47	热敏电阻温度特性的测量	267
实验 48	全息照相	269

实验 49	声光效应实验	275
实验 50	密立根油滴实验	283
第五章	设计性实验	289
实验 51	物体密度的测量	290
实验 52	重力加速度的研究	290
实验 53	用冲击电流计测电容	291
实验 54	全息光栅的制作	292
附录		293
附录 1	国际单位制的基本单位	293
附录 2	具有专门名称的国际制导出单位	294
附录 3	常用基本物理常量	295
附录 4	海平面上不同纬度处的重力加速度	296
附录 5	标准大气压下不同温度时水的密度	297
附录 6	常见材料的各向同性杨氏模量	298
附录 7	某些固体的比热容	298
附录 8	某些液体的黏滞系数	299
附录 9	蓖麻油的黏滞系数值与温度的关系	299
附录 10	固体导热系数 λ	300
附录 11	某些金属和合金的电阻率及其温度系数	300
附录 12	在常温下某些物质相对于空气的光的折射率	301
附录 13	常用光源的谱线波长表	302
参考文献		303

第一章 绪 论

第一节 大学物理实验开设的重要性

物理学是研究自然界的物质结构、物体间的相互作用和物体运动最一般规律的自然科学。物理学的研究对象具有极大的普遍性,它的基本理论渗透在自然科学和技术科学的许多领域,应用于生产技术的各个部门,它为现代科学技术文明奠定了决定性的基石。

物理学是建立在实验基础上的一门自然科学学科,物理概念的建立和物理规律的发现都以严格的实验事实为基础,并且不断受到实验的检验。在科学技术高度发展的今天,科学实验的重要性更加突出了,电子物理、电子工程、光源工程、光科学信息工程等学科都是以物理学为基础的,当然有大量物理学的应用;在材料科学中,各种材料的物性测试、许多新材料的发现(如 C_{60} 、高温超导材料等)和新材料制备方法的研究(如离子束注入、激光蒸发等),都离不开物理的应用;在化学中,从光谱分析到量子化学、从放射性测量到激光分离同位素,也无不是物理的应用;在生物学的发展史中,离不开各类显微镜(光学显微镜、电子显微镜、X 光显微镜、原子力显微镜)的贡献,近代生命科学更离不开物理学,DNA 的双螺旋结构就是美国遗传学家和英国物理学家共同建立并为 X 光衍射实验所证实的,而对 DNA 的操纵、切割、重组也都需要实验物理学家的帮助。物理学所渗透的各个学科领域都无不与实验密切相关。显然,实验正是从物理基础理论到其他应用学科的桥梁,只有真正掌握了物理实验的基本功,才能顺利地把物理原理应用到其他学科而产生质的飞跃。

大学物理实验是理工科学生进行科学基础训练的重要实践环节,无论专业如何,物理实验能力的培养必不可少,大学物理实验是学习和从事科学实验的起步,其目的是学习获得基本的实验知识,在实验方法、实验技能和实验数据处理等方面受到较为系统和严格的训练,培养学生严肃认真的科学态度和实事求是的科学精神,提高学生的科学素养。

在实验课上,学生借助于自己动手组建的测量系统,得到被测量的具体量值及其变化规律,加强了对被测量的认识。著名物理学家开尔文(Kelvin)曾说:“当你能把所讲的东西测量出来并用数字表示时,那么你对这个东西已有所认识。但是如果不能用数字表示,那么你的认识是不够的,不能令人满意的,可能只是初步的认识,在你的思想上,还没有上升到科学的阶段,不论你所讲的是什么东西”。

因此,物理实验是高校理工科进行科学实验训练的一门重要的基础课程,是各专业

后继实验课程的基础之一,也是素质教育的重要环节。它在培养学生运用实验手段观察、分析、发现、研究和解决问题,进行科学实验基本训练,提高动手能力和科学实验素养等方面都起着重要的作用。同时也为学生今后的学习、工作奠定良好的实验基础。

(1) 学生通过对实验现象的观察、分析和对物理量的测量,能够学习有关实验的基本知识、基本方法和基本技能,以加深和扩大对物理知识的理解;

(2) 培养和提高学生的科学实验能力,包括能够通过阅读实验教材或资料做好实验前的准备工作,能够自己动手组建实验测量系统,能够正确使用仪器,能够运用物理学原理对实验现象进行观察、分析和判断,能够正确记录、处理实验数据,绘制图表,撰写合格的实验报告,能够完成具有设计性内容的实验;

(3) 培养学生的探索精神、创新精神和严格、细致、实事求是、一丝不苟的科学态度,培养与提高学生的自主学习能力和创新能力,培养学生善于动手、乐于动手、遵守操作规程、爱护国家财产、注意安全等良好的科学习惯。

第二节 大学物理实验课程的基本教学环节

物理实验都有着自己的特点和规律,有自己的实验理论、实验方法和实验技能,实验课的进行大致分为:提出任务,确定方案,选择仪器设备,安装调试,观察测量,记录数据,总结分析写出实验报告。每个实验环节都有一定的基本要求,基本技能的训练。实验技能的训练贯穿于实验的全过程中,实验方法又各自分散在不同的类型的实验中,因此要达到学会实验,掌握基本技能的目的,就要求认真进行每个实验环节的训练,并且在不同实验内容中学习实验方法。大学物理实验的基本教学环节有以下三个。

一、实验前的预习

预习是实验的准备阶段,只有认真做好预习,才能在有限的实验时间内做好实验。实验教材是学生进行实验的指导书,它对每个实验的目的与要求、实验原理都作了明确的阐述。因此,在实验前要认真阅读,必要时还要阅读和实验有关的参考资料,基本弄清楚实验原理和方法、使用什么仪器、仪器性能是什么、如何使用、要测试什么、操作要点及注意事项等,根据实验任务在实验记录纸上画出记录数据的表格。有些实验还要求学生实验课前自拟实验方案,自己设计线路或光路图,自拟数据表格等。在此基础上,写好预习报告,回答预习思考题。预习报告主要包括以下内容:

(1) 实验名称 要做的是什么实验。

(2) 实验目的 扼要说明该实验所要解决的中心问题。

(3) 实验仪器 说明所用的主要仪器型号、规格等。

(4) 实验原理 简要阐述实验所依据的物理规律或主要公式,列出有关测量的条件,要明确哪些物理量是直接测量量、哪些是间接测量量,电学实验要绘出电原理图、光学实验应绘出光路图。

(5) 实验方法 拟出测量计划、实验步骤或操作程序。

(6)数据记录 设计好测量数据记录表格。

每次实验前,学生必须完成规定的预习内容,指导教师在上课前应检查学生的预习情况,并评定预习成绩,对于没有预习和未完成预习报告的学生,指导教师应停止该生本次实验。

二、实验中的操作

进入实验室后,在不同的实验室中,分别有不同的电源、水源、激光、放射性物资等,因此,学生必须详细了解并严格遵守实验室规则和各项规章制度。

实验操作是实验的主要内容,实验时应仔细阅读有关仪器使用的注意事项或仪器说明书;在教师的指导下正确使用仪器,注意爱护,稳拿妥放,防止损坏。对于电学实验,要在指导教师检查电路的连接正确无误后,方可接通电源进行实验。

实验进程:首先是布置、安装和调试仪器,实验台上仪器布置要合理,要方便读数,做到操作有序,为了使仪器达到最佳的工作状态,必须细致、耐心地进行调试,冷静地分析和处理调试中出现的仪器故障,如果遇到困难不能自己解决时,可以请教指导教师。

调试准备就绪后,开始进行测量,对实验数据要严肃对待,测量的原始数据要用钢笔或圆珠笔整齐地记录在自己准备好的表格中,做好实验记录是科学实验的一项基本功,在观察、测量时,要做到正确读数,实事求是地记录客观现象和数据。在测量过程中要尽量保持实验条件不变,在实验记录中也要反映出当天实验的室温、大气压等环境条件以及所用仪器的型号、规格、编号和性能等情况,以便以后需要时可以用来重复测量和核实实验结果的误差,测完数据后,记录的数据要经指导教师审阅签字,发现错误数据时,要重新进行测量。离开实验室前要整理好使用过的仪器,做好清洁工作。

实验操作中,要保持安静,养成自己独立完成实验的良好习惯,真正做到通过实验来提高动手能力。操作中,指导教师会根据学生的动手操作情况给出实验的操作成绩。

三、实验后的报告

实验报告是实验工作的全面总结,写实验报告的目的是为了培养和训练学生以书面形式总结工作或报告科学成果的能力。写实验报告要用简明的形式将实验结果完整、准确地表达出来,要求文字通顺,字迹清楚,图表正确,数据完备和结论明确,讨论认真。

实验报告通常包括以下内容:

(1)实验名称 表示做什么实验。

(2)实验目的 说明为什么做这个实验,做该实验达到什么目的。

(3)实验仪器 列出主要仪器的名称、型号、规格、精度等。

(4)实验原理 简明扼要说明实验的理论依据,列出测量和计算所依据的主要公式,注明公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。画出有关的图(光路图、电路图或实验装置示意图等)。

(5)实验内容 概括性地写出实验进行的主要过程和注意要点。设计性实验应写出关键性的步骤和注意事项等。

(6)数据记录与数据处理 实验中所测得的原始数据一般要求以表格的形式列出,

正确表示有效位数和单位。根据实验目的对测量的结果进行计算或作图表示,要求写出数据处理的主要过程、曲线图的绘制及误差分析等。

(7)实验分析及讨论 扼要写出实验结论,讨论实验中观察到的异常现象及其可能的解释,分析实验误差的主要来源,对实验方案及其改进意见进行讨论评述,简述自己做本实验的心得体会,回答实验思考题。一般讨论内容不受限制,这是实验报告中最灵活的部分。

实验报告必须在做完实验一周之内完成,要按时交实验报告,认真进行实验总结,提高科学实验的表达能力,指导教师根据实验报告完成情况给出实验报告成绩。

第三节 如何学好大学物理实验课程

大学物理实验是一门实践性课程,是一门重要的基础课程。对所有学生来讲,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,尤其是对将来从事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。因此,大学物理实验应该是理工科学生的一门独立的重要的必修基础课程。

一、要注意掌握基本的实验方法和测量技术

基本的实验方法和测量技术在实际工作中会经常遇到,并且是复杂的方法和技术的基礎。学习时不但要搞清它们的基本道理,还应该逐步地熟悉和记牢它们,且能运用这些方法和技术设计一些简单的实验。任何一种实验方法和测量技术都有着它应用的条件、优缺点和局限性,只有亲自做了一定数量的实验后,才会对这些条件、优缺点和局限性有切身的体会。虽然方法和手段会随着科学技术和工业生产的进步而不断改进,但历史积累的方法仍是人类知识宝库精华的一部分,有了积累才能有创新,因此,从一开始就应十分重视实验方法知识的积累。

二、要有意识地培养良好的实验习惯

学生进入实验室要遵守实验室操作规程和安全规则。开始做实验之前,应当先认真阅读实验教材和有关仪器资料,这样你才有可能对将要做的实验工作有具体而清楚的了解;实验过程中要求认真并重视观察实验现象,一丝不苟地记录实验数据。要求记录数据要原始、完整、全面、清楚,要有必要的说明注释等。这样,你才有可能在需要时随时查阅这些记录,从而在处理数据、分析结果时,有足够的的第一手资料。在实验过程中,凡有必要,应重复测量若干次。注意记录实验的环境条件(如室温、气压、湿度、仪表名称、规格、量程和精度等),注意实验仪器在安置和使用上的要求和特点,还要注意纠正自己不正确的操作习惯和姿势。需要两人合作时,要密切配合。良好的习惯需要经过很多次实验后的总结、反思和回顾以后才能形成。而良好的实验习惯,对保证实验的正常进行,确保实验中的安全,防止差错的发生,都有很好的作用。

三、要注意养成善于分析的习惯

实验中要善于捕捉和分析实验现象,力争独立排除实验中各种可能出现的故障,并锻炼自己自主发现问题、分析问题和解决问题的能力。如:实验数据是否合理、正确?实验结果的可靠性和正确性如何?它可能引入多大的误差?实验仪器会带来多大误差?实验环境、条件的影响如何?

为了帮助初学者克服实验经验少、还没有掌握一整套分析实验的方法等实际情况,作为大学基础教学实验的物理实验课往往在实验教材中安排少数已有十分确切理论结论的实验课题,使初学者便于判断实验结果的正确性。但千万不要误认为做实验的目的只是为了得到一个标准的实验结果。如果获得的实验数据与标准数据符合了就高兴,一旦有所差别,就大失所望,抱怨仪器或装置不好,甚至拼凑数据,这些表现都是不正确的,是违背科学的。事实上,任何理论公式和结论都是经过一定的理论上的抽象并被简化了的,而客观事实与实验所处的环境条件则要复杂得多,实验结果与理论公式、结论之间发生差别是必然的,问题是差异有多大,是否合理?不论实验结果或数据的好坏,都应养成分析的习惯。首先要检查自己的操作和读数,注意实验装置和环境条件。若操作和读数经检查正确无误,那么毛病可能出现在仪器和装置本身。小的故障、小的毛病,实验者应力求自己动手去排除,起码也应留意教师或实验室工作人员是怎么着手解决的。学习教师如何去判定仪器失灵或故障所在、怎样修复。在此还应着重指出,能否发现仪器装置的故障、能否及时迅速修复,正是一个人实验能力强弱的重要表现,初学者应要求自己逐步提高这方面的能力。

四、要掌握好每个实验的重点

每个实验的内容都是有弹性的,首先应完成基本内容,这既是基础,也是重点。所以必须注意实验的目的,这样可以提高学习效率。完成基本内容后,如果时间许可,可以根据具体情况,进一步完成其他内容。尝试去分析实验可能存在的一些问题,如使用仪器的精度、可靠性、实验条件是否已被满足?怎样给予证实?或进一步提出改进实验的建议,试做一些新的实验内容等。

五、要注意创新能力的培养

教学实验虽然是经过安排设计的,但同学们仍然要多思考问题。如每一项实验内容为什么要通过这样的途径(方法)进行测量,有什么改进建议等。激发求知欲望和学习热情,从而提高创新意识、增强创新能力。

第二章 基本概念和数据处理

第一节 测量与误差

物理实验离不开物理量的测量,由于测量仪器、测量方法、测量条件、测量人员等因素的限制,对一物理量的测量不可能是无限精确的,即测量中的误差是不可避免的。没有测量误差知识,就不可能获得正确的测量值;不会计算测量结果的不确定度就不能正确表达和评价测量结果;不会处理数据或处理数据方法不当,就得不到正确的实验结果。由此可知,测量误差、不确定度和数据处理等基本知识在整个实验过程中占有非常重要的地位。

本章从实验教学的角度出发,主要介绍误差和不确定度的基本概念、测量结果不确定度的计算、实验数据的处理和实验结果的表示等方面的基本知识。这些知识不仅在每一个实验中要用到,而且也是同学们以后从事科学实验必须要具备的基本素养。然而,这部分内容涉及面较广,深入的讨论需要较多的数学知识和丰富的实践经验,因此不能指望通过一两次的学习就完全掌握它。我们要求实验者首先对上述提到的问题有一个初步的了解,在以后的学习中,要结合一个个具体的实验再仔细阅读有关内容,通过实际运用,逐步加以掌握。

误差分析、不确定度计算以及数据处理贯穿在实验的过程始终,它表现在实验前的设计与论证,实验过程中的控制与监视,实验结束后的数据处理和结果分析。通过本章的学习和今后各实验的运用,要求达到:

- (1) 建立误差和不确定度的概念,能正确估算不确定度,懂得如何正确、完整地表达实验结果。
- (2) 掌握有效数字的概念及运算规则,了解有效数字与不确定度的关系。
- (3) 了解系统误差对测量结果的影响,学会发现某些系统误差、减少系统误差以及削弱其影响的方法。
- (4) 掌握列表法、作图法、逐差法和线性回归法等常用的数据处理方法。

一、测量

为了对物理现象作定量的描述,物理实验中必须进行物理量的测量。测量就是由测量者采取某种测量方法、用某种测量仪器将待测量与标准量进行比较。比如,为测量一个钢球的质量,可以用物理天平(测量仪器),把钢球(待测物)放在物理天平的一侧,把

适量的砝码(其质量为标准量)放在另一侧,适当调节而使两侧平衡时(测量方法),即可得到待测物的质量,即待测量。

按测量方法的不同,测量可分为直接测量和间接测量;按测量条件的不同,测量又分为等精度测量和不等精度测量。

(一)直接测量和间接测量

直接测量是把一个量与同类量直接进行比较以确定待测量的量值,就是使用量具、量仪等标准量具经过比较可以直接测得结果的测量。一般基本量的测量都属于此类,如用米尺测量物体的长度,用天平称铜块的质量,用秒表测量单摆的周期等。仪表上所标明的刻度或从显示装置上直接读取的值,都是直接测量的量值。

在物理实验中,能够直接测量的量毕竟是少数,大多数是根据直接测量所得数据,根据一定的公式,通过运算,得出所需要的结果。例如,直接测出单摆的长度 l 和单摆的周期 T ,应用公式 $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$,以求重力加速度 g ,这种测量称为间接测量。

(二)等精度测量和不等精度测量

对某一量 N 进行多次测量,得 k 个数值: $N_1, N_2, N_3, \dots, N_k$, 如果每次测量都是在相同的条件下进行的,则没有理由认为所得的 k 个值中,某一个值比另一个值要测得准确些。在这种情况下,所进行的一系列测量称为等精度测量。所谓相同条件的含义,是指同一个人,用同一台仪器,每次测量的周围条件都相同(如测量时环境、气温、照明情况等未变动)。这种情况就可认为各测量值的精确程度是相同的。对某一量 N ,进行了 k 次测量,得到 k 个值: $N_1, N_2, N_3, \dots, N_k$, 如果每次测量的条件不同,那么这些值的精确程度不能认为是相同的。在这种情况下,所进行的一系列测量叫做不等精度测量。例如,同一实验者用精度不同的 3 种天平称量某一物体质量 m ,得到 3 个值 m_1, m_2, m_3 , 或者用 3 种不同的方法测量某一物质的密度 ρ ,得 3 个值 ρ_1, ρ_2, ρ_3 ,这都是不等精度测量。

二、误差

一个待测物理量的大小,在客观上应该有一个真实的数值,叫做“真值” N' 。由于测量方法、测量仪器、测量条件及测量者的种种问题,实际测得的数值即测量值 N ,只能是一个真值的近似值。测量值与真值之差称为误差 ΔN 。

$$\Delta N = N - N' \quad (2-1)$$

任何测量都不可避免地存在误差,所以,一个完整的测量结果应该包括测量值和误差两个部分。真值是理想的概念,一般说来是不可能确切知道的。既然测量不能得到真值,那么怎样才能最大限度地减小测量误差,并估算出误差的范围呢?要回答这些问题,首先要了解误差产生的原因及其性质。误差主要来源于:仪器误差,环境误差,人员误差,方法误差。为了便于分析,根据误差的性质把它们归纳为系统误差和随机误差两大类。

(一)系统误差

系统误差的特征是:在同一条件下,多次测量同一量值时绝对值和符号保持不变;或在条件改变时,按一定规律变化的误差。系统误差在某些情况下对测量结果的影响还比