

面向21世纪高等院校规划教材

大学物理实验

College Physics Experiments

杜旭日 编著



厦门大学出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS

DAXUE WULI SHIYAN

大学物理实验

物理学实践课程的重要基础。物理实验体现了科学实验的特性,侧重于学生实验技能的基本训练,树立正确的科学实验规范和创新意识,既是学生系统仪器操作、数据处理和总结报告等的综合训练平台,也是增强分析和解决实际问题的能力、学习物理思想以及提高综合素质的有效途径。

实验基础, 逻辑体系, 数学表达。杜旭日 编著

实验的理解还不够

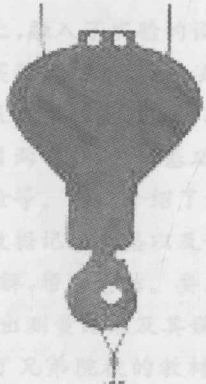
CHINA

到万幸。这也正是物理实验的魅力所在。

在实验教学中示范中心建设标准体系的



廈門大學出版社
XIAMEN UNIVERSITY PRESS



图书在版编目(CIP)数据

大学物理实验/杜旭日编著. —厦门:厦门大学出版社, 2009. 12
ISBN 978-7-5615-3429-8

I. 大… II. 杜… 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 223536 号

厦门大学出版社出版发行

(地址:厦门市软件园二期望海路 39 号 邮编:361008)

<http://www.xmupress.com>

xmup@public.xm.fj.cn

厦门集大印刷厂印刷

2009 年 12 月第 1 版 2009 年 12 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:19.25

字数:488 千字 印数:1~4 000 册

定价:28.00 元

本书如有印装质量问题请直接寄承印厂调换

前言

物理学的精髓是悟物穷理,培养实验精神,理论与实践相结合。大学物理实验作为一门独立设置的基础实验课程,是理工科专业学生从事科学实验和研究工作的入门向导,是一系列后续专业实践课程的重要基础。物理实验体现了科学实验的共性,侧重于学生科学实验能力和实验技能的基本训练,树立良好的科学实验规范和创新意识,既是学生系统地学习实验方法、仪器操作、数据处理和总结报告等的综合训练平台,也是增强分析和解决实际问题的能力、学习物理思想以及提高综合素质的有效途径。

实验基础、逻辑体系、数学表达、思想方法和应用价值是物理学的五个基本特征,现象、概念、定律、事实、物理量等都必然涉及科学实验、物理思想或逻辑思维、数学演绎或定量表达等要素。正如帕斯卡所说,研究真理可以有三个目的:当我们探索时,就要发现真理;当我们找到时,就要证明真理;当我们审查时,就要把它与谬误区别开来。这也正是物理实验的魅力所在。

本书以教育部颁发的《高等学校基础课实验教学示范中心建设标准》推荐的实验项目为依据,参照《理工科类大学物理实验课程教学基本要求》以及《大学物理实验课程教学基本要求(基础实验部分)》,针对理工科院校的专业特点,结合多年的教学实践编写而成。

编写时,力求深入浅出,承上启下,体现理工科教育的特点。在注重物理概念准确性及介绍实验内容的基础上,融入了实验的设计思想和物理学史,使物理实验适应时代发展的需要,跨入一个新台阶。从实验思想、实验方法以及实验手段等方面培养学生独立实验、分析和研究问题、理论联系实际以及创新的能力。实验内容涉及力学、热学、电磁学、光学等知识,主要分为实验基础理论和实验项目两部分,包括基础性实验、综合性实验、设计性与研究性实验,以及仿真实验、演示与探究性实验等。书中介绍了测量与误差、数据处理的基础知识,并引入不确定度的概念。部分实验给出了数据记录表格以及误差分析方法,供参考。编写了思考与练习题,以促进实验者积极思考,加深理解,帮助总结。要求在实验前画出完整的原始数据记录表,并在实验后及时地进行数据处理,求出测量结果及其误差(或不确定度),绘制实验曲线,写出完整规范的实验报告。

编写时参阅了兄弟院校的教材,吸收了宝贵经验,特此深表谢意。感谢在厦门理工学院物理教学实验中辛勤耕耘和无私奉献的所有老师;感谢厦门大学出版社睦蔚老师付出的辛勤劳动;感谢厦门理工学院教材建设基金项目为本书出版提供的资助。

由于水平和经验所限,加之时间紧促,对一些实验的理解还不够深入,因此完稿时仍感到有很多不足和疏漏,甚至错误之处,恳请广大师生和同行不吝指正(E-mail: xitpd@163.com),作者将不胜感谢。

杜旭日

2009.9

目 录

前 言

1 绪论	1
1.1 物理实验的重要性	1
1.2 如何学好大学物理实验	4
1.3 如何进行大学物理实验	5
——大学物理实验报告参考格式	8
1.4 科学研究与实验方法	8
1.5 实验室安全知识	11
2 实验基本理论	13
2.1 测量与有效数字	13
2.2 误差基础	20
2.3 实验不确定度的评定	23
2.4 实验数据处理的基本方法	31
练习题	35
3 实验内容与项目	37
3.1 基本长度的测量	37
3.2 固体质量与密度的测量	41
3.3 单摆法测量重力加速度	45
3.4 自由落体法测量重力加速度	50
3.5 金属丝杨氏弹性模量的测定	54
3.6 金属线膨胀系数的测量	59
3.7 热电偶的定标与测温	63
3.8 空气比热容比的测定	68
3.9 落球法测量液体的粘度	73
3.10 电学基本实验与电工仪表仪器的使用	78
——电磁学实验操作规则与常用仪器	80
3.11 静电场的模拟与描绘	87
3.12 电桥法测量电阻	92
3.13 电位差计测量干电池电动势和内阻	98

3.14	热敏电阻的温度特性测量	102
3.15	电子束在电场中的偏转	107
3.16	模拟式示波器的原理与使用	111
3.17	声波速度的测量	119
3.18	霍耳效应与螺线管磁场的测量	125
3.19	基于光学平台测量薄凸透镜焦距	131
	——光学实验基础知识	136
3.20	光的等厚干涉与牛顿环	141
3.21	分光计的调整与应用	148
3.22	用分光计测定光栅常数	155
3.23	用超声光栅测定液体中的声速	158
3.24	用阿贝折射计测定液体的折射率	164
3.25	用旋光仪测定糖溶液的旋光度	168
3.26	光敏电阻基本特性的测量	173
3.27	双光栅测量微弱振动位移量	177
3.28	迈克耳孙干涉仪的调整与使用	183
3.29	用迈克耳孙干涉仪测量空气折射率	190
3.30	密立根油滴实验	194
3.31	光电效应与普朗克常数的测定	201
3.32	基于计算机观测电阻伏安特性曲线	208
3.33	基于计算机测定单缝衍射的光强分布	213
3.34	基于计算机测定双缝干涉的光强分布	218
3.35	计算机仿真单摆测量重力加速度	222
	——计算机仿真实验简介	225
4	设计性与研究性实验	227
4.1	设计性与研究性实验及其基本方法	227
4.2	非线性电阻伏安特性曲线的测定	231
4.3	用电位差计校准直流电表	234
4.4	温度的测量及其方法研究	236
4.5	利用示波器观测伏安特性曲线	238
4.6	物质折射率测量方法研究	240
4.7	薄凸透镜焦距的测定	242
4.8	基于计算机研究光电器件的基本特性	245
4.9	液位控制方法研究	247
4.10	电容充放电特性的观察与研究	249
4.11	显微镜与望远镜的组装	252
5	物理演示与探究性实验	254
5.1	物理演示与探究性实验简介	254

5.2	音叉的共鸣与拍音	256
5.3	斯特林热机	258
5.4	气体流速与压强的关系	260
5.5	辉光球	262
5.6	维氏感应起电机	263
5.7	范德格拉夫起电机	265
5.8	温差热电势演示实验	267
5.9	视觉暂留	269
5.10	旋光色散	270
5.11	偏振光干涉演示	272
5.12	光学幻影	274
5.13	光栅视镜系统	275
6	阅读材料	276
6.1	苏颂及其杰出成就	276
6.2	2005 世界物理年简介	279
6.3	物理学史上最漂亮的十大物理实验	280
6.4	历届诺贝尔物理学奖与物理学技术	284
6.5	科学技术的百个重大发现与发明	286
7	附录	290
7.1	国际单位制(SI)的基本单位和辅助单位	290
7.2	基本常数表	292
7.3	水的密度与温度的关系($12\sim 35^{\circ}\text{C}$)	293
7.4	海平面上不同纬度处重力加速度	293
7.5	不同海拔高度的重力加速度 g	293
7.6	20°C 时常用金属的杨氏弹性模量	294
7.7	常见热电偶的特性与铜—康铜热电偶分度表	294
7.8	25°C 时材料的线膨胀系数	296
7.9	常见物质粘度与温度的关系	296
7.10	声波在不同媒质中的传播速度	297
7.11	各种气体的折射率	297
7.12	汞灯发射光谱波长	298
练习题参考答案		299

1 绪 论

物理学是研究自然界最基本规律的科学,是研究物质、能量及其相互作用,以及所使用的实验手段和思维方法的学科,通常简称为物理。物理是学习和研究其他自然科学和工程技术的基础。

科学研究方法通常有两种:实验研究方法和理论研究方法。

所谓实验,就是用人力的方法可控制地再现自然现象,并从中进行观测的过程。根据实验中观察到的现象和采集到的数据,加以总结、归纳和抽象,找出事物的内在联系和规律,这种研究科学的方法就是实验研究方法。因此,物理学是一门实验科学。

理论研究方法虽不直接进行实验,但理论研究课题的提出及其研究结果往往都需要通过实验加以检验,因此,实验是理论的源泉。量子力学奠基人之一、德国理论物理学家玻恩(Max Born, 1882—1970)在获诺贝尔奖时曾说:“我荣获 1954 年诺贝尔奖与其说是我工作里包括了一个自然现象的发现,倒不如说是那里面包括了一个自然现象的新的思想方法基础的发现。”

物理学之所以被公认为一门重要的科学,不仅仅在于它对客观世界的规律作出了深刻的揭示,还因为其在发展、成长的过程中,形成了一套独特而卓有成效的思想方法体系。

1.1 物理实验的重要性

物理学经历了原始萌芽时期、经典物理时期以及近现代物理时期,很多技术科学是从物理学的分支中独立发展出来的。经典物理学的形成,是伽利略、牛顿、法拉第、麦克斯韦、焦耳等人通过观察自然现象,反复实验,运用抽象思维的方法总结出来的。近代物理的发展,是在某些实验的基础上提出假设,如普朗克根据黑体辐射提出“量子假设”,再经过大量的实验证实,假设才成为科学理论。

1.1.1 实验是发现新事实的手段,实验结果又可为物理规律的建立提供依据

1752 年,富兰克林利用风筝把天空的电引入室内,进行室内雷鸣闪电实验(这是个冒险的实验),证实了雷电与电火花放电具有同样的本质,进而找到雷电的成因,并在此基础上发明了避雷针。此简单的实验事实说明,物理实验在物理学的发展过程中起着重要和直接的作用。

伽利略主张用具体的实验来认识自然规律,认为经验是理论知识的源泉,其单摆实验和斜面实验为研究力学规律提供了依据。他把实验和逻辑引入物理学,利用实验和数学相结合的方法,确定了一些重要的力学定律,使物理学最终成为一门科学。

1820 年,奥斯特发现电流的磁效应,揭示了原来认为性质不同的电与磁两种现象之间的联系,轰动了科学界。自此,电磁研究热潮席卷欧洲,揭开了电磁学研究的序幕。

牛顿的色散实验证明了不同颜色的光具有不同折射性能,不仅为颜色理论奠定了基础,而

且为光谱学的发展开辟了道路。

19 和 20 世纪之交的三大发现——X 射线、放射性和电子的发现,为原子物理学、核物理学等的发展奠定了基础,人类从此打开了奇妙的微观世界研究的大门。

物理学作为一门科学的地位是由物理实验予以确立的。

1.1.2 实验是检验理论正确与否的重要判据

理论物理与实验物理相辅相成,构成了物理学的两大组成部分。理论物理通过高度概括与推理,达到规律化、公式化,使理性认识更具有普遍性,但物理概念的建立、物理规律的发现必须建立在实验的基础上。物理模型与假说等物理理论只有经受住实验的检验,由实验所证实,才会得到公认,形成严谨和客观的物理定律或物理定理,否则就要修正。

例如,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。普朗克在黑体辐射实验的基础上提出了能量子概念。1905 年爱因斯坦通过分析光电效应现象提出了光子假说,总结了光的微粒说和波动说之间的争论,很好地解释了勒让德等人的光电效应实验结果。直到 1916 年密立根以极其严密的油滴实验,发表了 58 次观测结果,用经典力学的方法,给出了精确的 e 值,测定了普朗克常数,揭示了微观粒子的量子本性之后,光的粒子性才为人们所接受。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。

又如,库仑 1777 年开始研究静电和磁力问题。当时法国科学院悬赏征求改良航海指南针中的磁针问题。库仑认为磁针支架在轴上,必然会带来摩擦,提出用细头发丝或丝线悬挂磁针。研究中发现线扭转时的扭力和针转过的角度成比例关系,从而可利用这种装置测出静电力和磁力的大小,这导致他发明扭秤,即库仑扭秤。由于有了这一精密的仪器和测量手段,导致了著名的库仑定律的产生。

奥斯特发现电流的磁效应后,法国著名生物学家巴斯德在讲述奥斯特的发现时,说过一句名言:“在观察领域的一切机遇,只偏爱那些有准备的头脑。”这句名言至今仍被广泛引用。

在实验基础上,科学家建立了库仑定律、高斯定律、安培定律和法拉第电磁感应定律,以及场的概念,1865 年前后由麦克斯韦集其大成,创造性地建立了完整的电磁场理论,并预言光也是一种电磁波。电磁场理论把电、磁、光三个领域有机地联系起来,具有划时代的意义。但这在当时只能看作是一种假说,直到 20 多年后,德国的物理学家赫兹从实验发现了电磁波,并证实了其传播速度就是光的速度,才使电磁场理论得到了公认。

1.1.3 实验是理论的源泉

物理学是一门实验科学,无论是物理概念的建立还是物理规律的发现都必须以严格的科学实验为基础,并通过科学实验来证实。物理实验的重要性,不仅表现在通过实验发现物理定律,而且物理学中的每一项重要突破都与实验密切相关。

实验是理论的源泉。爱因斯坦说,法拉第和麦克斯韦在电磁场方面的工作引起一场最伟大的革命。

有人把一个国家的科学成果超过全世界总数的 25% 界定为世界科学中心。世界科研活动、主要技术革新成果的绝大多数掌握在欧美等发达国家手中,发达国家 16% 的人口却创造了世界 80% 的价值。当代最为人们瞩目的诺贝尔物理学奖从 1901 年首次授奖至今,95% 以上都被发达国家的科学家获得。其中,美国有 80 人左右获奖,超过 40% 的物理学家群体使美

国当之无愧地成为世界科学中心。

在获奖的 150 余名得主中,以实验物理方面的成就为主,获奖人数远超过三分之二。实验成果可以很快得奖,而理论成果要经过实验的检验,如德布罗意 1929 年得奖是在 1927 年电子衍射实验之后;李政道、杨振宁 1957 年得奖也是在吴健雄 1957 年初的实验之后。正如伦琴所说,“实验是最有力的杠杆,我们可以利用这个杠杆去撬开自然界的秘密;在解决某一假说是保留还是摒弃这一问题时,这个杠杆应当成为‘最高一级的审理法院’”。物理学正是实验物理和理论物理的相互结合、探索前进,而不断向前发展的。

1.1.4 精湛的实验不仅是科学而且是艺术

实验大师们凭借精湛的实验技巧、坚实的理论基础、不懈的探索精神和严谨的科学作风,在经历了长期的实验探索之后才获得辉煌的成果。值得一提的是,迈克耳孙以毕生精力从事光速的精密测量,在有生之年,一直是光速测定的国际中心人物,成为第一个获得诺贝尔物理学奖的美国人。爱因斯坦称赞迈克耳孙说:“我总认为迈克耳孙是科学中的艺术家,他的最大乐趣似乎来自实验本身的优美和所使用方法的精湛,他从来不认为自己在科学上是个严格的‘专家’,事实上的确不是,但始终是个艺术家。”

一个人的精神世界有三大支柱:科学、艺术和人文。科学追求的是真,给人以理性,使人理智;艺术追求的是美,给人以感性,让人富有激情;人文追求的是善,给人以悟性,其信仰使人虔诚。

科学强调客观规律,艺术更注重主观情感;科学讲的是理性,艺术更富于情感;“科学就是根据事物的普遍性处理事物的特殊性,艺术则是根据事物的特殊性去处理事物的普遍性。”人文既有深刻的理性思考,又有深厚的情感魅力。

物理实验既有重要的物理思想,又有巧妙的实验构思,加上精湛的实验技术,这就是科学中的艺术。

1.1.5 诺贝尔物理学奖的启迪

根据调查,诺贝尔奖无论是知名度还是声望值在世界近百项荣誉奖励中,都是科学奖励系统的“最高奖励”,对科学的发展和社会进步起到了积极的推动作用。

年仅 25 岁的劳伦斯·布拉格与其父亲分享了 1915 年度诺贝尔物理学奖,成为历史上最年轻的获得者;狄拉克 24 岁建立相对论性量子力学(1928 年),31 岁获奖;泡利 25 岁提出不相容原理(1925 年),45 岁获奖;德布罗意 31 岁提出物质波(1923 年),37 岁获奖;海森堡 24 岁提出矩阵力学(1925 年),31 岁获奖;薛定谔 39 岁建立量子力学的波动方程(1926 年),46 岁获奖;1905 年,年仅 26 岁的爱因斯坦在科学史上创造了一个史无前例的奇迹。这一颗颗闪耀的新星,影响了百年来物理学的发展。

从诺贝尔奖来看,科学发现的最佳年龄段在 25~45 岁,最佳峰值年龄约为 37 岁,而首次贡献的最佳成名年龄约为 33 岁。在人的一生中,总有一个记忆力“方兴未艾”,而创造力“止于至善”的时期,即记忆力和理解力都是最好的时期。这个时期,就是一个人创新和学有所成的“黄金时代”,或者说,是取得成果和科学发现的“最佳年龄区”。而获得诺贝尔奖的年龄段则是在 41~60 岁。15 年的延迟,表明了物理学成果不仅要经过反复细致的实验或实践检验,还要经过时间的考验。只有这样,才能得到公认,印证科学的价值。当然,历史上科学发现的最佳年龄总是在移动着,其趋势是越来越大。最佳年龄的后移反映了人类知识的增长所造成的科

学发现难度的增加。

事实证明,青年科技工作者要想在科技领域有所建树,仅有刻苦精神是远远不够的。首先,需要一个大的创新环境,良好的学术氛围,善于把不同的学科结合在一起,不满足于重复过去的东西,勇于提出新见解,反对各种功利性的研究。其次,要具有浓厚的质疑的精神,多质疑,常反问,不轻易相信既成事实。正如爱因斯坦所说,我没有什么别的才能,只不过喜欢刨根问底地追究问题罢了。诺贝尔物理学奖评委会主席祖纳·斯万伯格指出,诺贝尔奖获奖者不是通过类似机器的模式就可以制造出来的,也不是靠刻苦就可以成功。像训练运动员一样训练研究者,未必能获得成功。它需要足够的才智、努力、外在条件等,也需要突然降临的灵感。

每个有志于从事科学工作的青年学生在成长过程中,除了加强素质培养,开拓思维,勇于创新外,还需要只争朝夕,奋发向上。

作为基础训练的实践环节,大学物理实验不是探索性的科学实验研究,实验结果也大多有定论。但是,课程教学是系统性的,学习实验的基础理论、基本方法与基本技能,学习对物理量的测量及对实验现象的观察与分析,以及学习有关数据处理,对误差分析、结果表述等方面进行初步训练,使实验者加深对理论的理解。更重要的是,物理实验起着潜移默化的作用,通过以上诸方面较为系统、严格的训练,旨在为今后从事科学实验打下良好的基础,培养良好的科学研究素质。

1.2 如何学好大学物理实验

1.2.1 大学物理实验的任务

大学物理实验不同于其他课程实验,与理论课没有同步和章节的直接联系,顺序性也不强,实验项目通常是不连续和跳跃的,内容的选择具有随意性。注重问题的主要因素,但存在次要因素的影响,实验结果也有误差。虽然有时并不完整,甚至有缺陷,但是较接近实际,通过实验,可以发现一些问题并且可能留下更多的思考。

大学物理实验着重于学习实验基本理论、基本实验方法、实验仪器操作技能、数据处理基础知识,通过较为系统和严格的基本训练,以及了解科学实验的基本过程,培养科学作风,为今后的学习和工作奠定良好的实验基础。

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相关资料,做好实验前的准备;
- (2) 能够借助教材或仪器说明书,正确使用常用的仪器;
- (3) 能够运用物理学理论对实验现象进行初步分析与判断;
- (4) 能够正确记录和处理实验数据,绘制曲线,说明实验结果,撰写规范的实验报告;
- (5) 能够完成简单的具有设计性与研究性内容的实验;
- (6) 能够达到培养科学实验作风和提高科学素养的目的。主要是理论联系实际、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、敢于创新的探索精神,团结协作、爱护

公物的优良品德。

1.2.2 如何学好大学物理实验

物理实验是高等学校理工科院校对大学生进行科学实验基础训练的一门必修基础课程,是大学生接受系统的实验方法和实验技能训练的开端。因此,教育部把“大学物理实验”作为独立设置的基础实验课程列入大学教学计划。

要学好物理实验课,除了对物理实验要有明确的学习态度和正确的认识,按照规定的步骤进行实验外,还应注意“三要”:

1. 要注意学习和总结实验中所采取的实验方法,尤其是基本的测量方法。这些基本的测量方法是科研实践中经常用到的,也是复杂测量方法的基础。

2. 要自觉培养细心观察、发现实验中的问题和解决问题的能力。不要得到一个所谓好的结果就忘乎所以,就以为已经掌握了这个实验。实际上,任何实验结果,由于各种因素的影响,总会与理想的实验结果有差异,问题在于分析这种差异的存在及其大小是否合理。实验操作仪器时,不可避免地会遇到各种问题,要力求独立思考分析,自己动手去解决。即使请他人协助解决,也要积极思考,留心观察处理和解决问题的方法。可以说,能否发现和排除实验中出现的故障是实验能力的一个重要体现。

3. 要自觉养成良好的科学实验习惯。在实验过程中,有些事情看似简单,但对保证实验顺利地进行以及少出差错起着重要的作用,如合理安排实验仪器的布局,事先画好数据记录表格,清晰、准确并如实地记录实验数据,记录与实验相关的数据,包括实验时间、地点和实验环境(如温度、湿度和大气压)等。特别要阅读实验注意事项,注意人身与实物的安全,还要注意节约易耗品以及保持环境的肃静、整洁等。

1.3 如何进行大学物理实验

物理实验的程序由课前预习、实验操作、课后作业(实验报告)三个环节组成。具体的步骤为预习—预习报告—进行实验—检查数据—检查仪器—准许离开—缴交报告等。

1.3.1 预习要求

实验预习就是在开始实验之前,通过阅读和理解实验教材,查找参考资料,了解实验的目的与要求、原理、基本步骤、数据处理方法、注意事项等,并写好预习报告的过程。认真预习是实验成功的前提。

有条件时,可到实验室现场熟悉实验实物,有的放矢地做好预习工作。

1. 预习的内容

实验前进行预习,旨在对所要做的实验有一个全面了解和初步认识。通过阅读实验教材,了解实验目的,以及要达到这些目的,需要什么样的仪器设备,应用什么样的实验原理和实验方法,以及如何使用这些实验设备,阅读注意事项,明确实验任务及要记录的内容等,做到心中有数。有的实验配有 CAI 软件或电子课件,必要时,可到实验室预习,实验室的大门对好学者永远是敞开的。

为做到事半功倍,顺利地完成任务,建议写出简单的预习报告。

2. 预习报告的格式

预习报告包括以下内容:

- (1) 实验题目。明确实验目标,了解实验的关键注意事项。
- (2) 理出实验依据的主要原理,主要是实验用到的计算公式、必要的电路图或光路图等,以及简要步骤等。
- (3) 画出原始数据记录表格。可自行设计,做到清晰直观,最好单独一页。

3. 预习注意事项

预习报告可用提纲形式,用自己的语言简明扼要地加以叙述。切忌长篇大论,甚至照抄教材。

预习报告为预习时写的报告,不一定要写上“预习”两字。若书写完整,包含实验报告(后述)1~5项的内容,且书写工整的,也可以作为提交的实验报告的一部分。

1.3.2 进行实验

科学实验是一种精细的手工劳动,更是一种复杂的脑力劳动,是理论与实践相结合的典型过程。实验的过程是实验者动手动脑、实际操作仪器进行观测的过程,是对实验者的实验技能与实验方法,以及预习情况的综合检查。

实验时,人身安全是第一要素,要做得专心致志,对实验现象十分敏感,准确判断,果断决策。发生故障或出现危险(对人与物)迹象时,应立即控制现场(如断电、降温等防护措施),并报告老师,分析原因,排除故障,总结教训,逐步积累临场经验。严禁擅自调换或挪用别组和空闲的仪器,损坏和丢失仪器按规定赔偿。

为了顺利进行实验,下面简要介绍实验的基本过程。

1. 准备工作

实验前,应准备好预习报告,以备检查。对没有预习或预习不充分者,指导教师有权停止其本次实验或者不给予预习成绩,迟到超过10分钟者,不得参加本次实验。

2. 认识仪器

刚进入实验室时,要大致核对一下仪器与材料清单,熟悉一下将要使用的仪器、设备等的型号、构造特点和特征,了解其规范,如使用方法、注意事项和测量误差等,并及时做好必要的记录。

3. 熟悉操作步骤

对照实物,研究实验操作程序,想一想原方案是否合理。不要急于动手,以免造成错误。

4. 调试安装仪器

首先对单个仪器进行检查调试,然后按实验要求安装。仪器安装(连接)好后,正式实验前,必要时应请指导教师检查,特别是可能涉及人身与仪器安全的情况,务必经过指导教师同意,方可通电操作。

5. 实验试做和观察

为事先纠正实验过程中可能出现的问题或错误,避免测量数据时出现问题,要重视实验试做。对于可能危及人身安全的电学类实验,要尽量避免双手带电操作。

6. 数据测量和记录

实验开始后,要仔细观察,认真思考,及时测量,准确读取和记录数据。读取数据要符合读数规则,记录数字应注意有效数字,并注明单位。发现异常现象、仪器故障及损坏时,要及时报

告,以便解决。

7. 数据检查

所有数据测量完成后,不要急于拆除线路。首先自己检查数据的合理性,然后交指导教师检查并签字。若问题较大,应重做。数据正确的,方可拆除线路。

8. 完成实验

经指导教师检查并同意后,断开实验桌上有关电源,拆除安装的仪器及实验连接件,并放回原位摆放整齐,同时做好清洁卫生,填写“学生实验情况记录表”,经指导教师或实验室管理人员验收并签字后,方可离开实验室,且不得无故逗留。

1.3.3 记录原始数据的技巧

1. 标示实验时间,记录环境条件。所有的记录都应注明日期以及实验时环境温度。

2. 注意仪器特征。记录所使用的仪器型号、规格或参数,相关附件和材料的规格,以及对应的序号等。记录仪器特征是一个好的工作习惯,便于以后必要时对实验数据进行复查。记录仪器规格可以使实验者逐步地熟悉它,以培养选用仪器的能力。若实验数据异常,一旦怀疑某个设备有问题时,即可检查所使用的是哪一台设备。

3. 记录实验数据及其单位。所有的被测量都应及时、直接地记录,不要在记录之前做任何心算,哪怕是一些微不足道的内容。避免因心算发生错误而导致无法修正。

4. 细心观测。在测量和记录结果时,应再次观察仪器和检查记录,做到“读数、记录、检查”。作记录时,重要的是准确,而不是好看。通常情况下,不要过分节省纸张,在可能的情况下,尽量把测量的数据记录成表格形式。

5. 不随意涂改数据。测错而无用的原始数据,可在上面画双删除线,如“~~3.172~~”,不得随意涂改,以便分析出错原因。确实测错而无用的数据,可在旁边注明“作废”字样。

6. 克服坏习惯。把测量数据或结果记录在草稿纸上,再抄到干净纸张或本子上,扔掉原始记录,是个坏习惯。这样做的坏处是浪费时间,在誊写时有可能出错,几乎无法避免挑选结果的诱惑。

1.3.4 怎样写实验报告

实验报告的撰写是整个实验知识系统化吸收和升华的过程,因此,实验后要趁热打铁,及时完成实验报告。撰写实验报告的重点在于对原始数据的整理、对数据的处理和结果的正确表示,以及对实验过程的分析与总结等。力求做到思路清晰,表述通顺,内容完整。

一份完整的实验报告一般包括以下内容:

1. 实验名称:所做实验项目的名称。

2. 实验目的:说明本实验的目的与实验方法。

3. 实验仪器:列出主要仪器的名称,留待实验时填写型号、规格和编号(或序号);必要时注明主要仪器的使用方法及操作注意事项,避免束手无策或损坏仪器。

4. 实验原理:在理解的基础上,用简明扼要的文字、简略的数学式或图示方式,概括实验原理、实验条件,画好有关框图、结构图、电路图或光路图,力求图文并茂。

5. 实验任务或实验步骤:列出关键事项,简单明了。

6. 数据处理:包括实验数据整理、处理过程(必要的计算、作图、误差估算、不确定度分析与评定等)和实验结果。实验时,把原始数据记录在预习报告的表格上,写正式报告时要重新

整理。画图要用正式的坐标纸并按作图规则进行。计算时,先将文字符号公式化简后,再代入数值进行运算。误差估算要预先写出误差公式,再把数据代入。最后,按标准形式写出测量结果,有时还要注明结果的实验条件。

7. 实验小结:对实验中出现的说明和讨论,包括对实验的小结、结果分析与讨论、经验教训,以及对实验教材与仪器的建议等,有感而发。实验旨在培养实事求是、理论联系实际的科学工作作风及独立思考与分析综合的能力,可作为讨论写出这方面的感受或建议等。

8. 原始材料:附有经指导教师签字的原始数据,以及简要的预习报告。

上述1~5项手写,通过自己提炼,做到尽量简洁和清晰,不照抄教材或讲义。报告重点应放在第6项。

注意:(1)实验总成绩包括期末考试成绩和平时成绩两部分。期末考试包括笔试、口试和操作等;平时成绩由预习报告、提问、操作、课堂表现(科学作风)、实验报告等几部分组成,各占一定的比例。迟到和早退情况、实验过程的表现和态度、整理实验室等都属于课堂表现的内容。(2)实验报告也是课程作业,多人同组合作的,应分别写出各自的报告,不能合做一份。(3)在撰写报告时,弄虚作假、歪曲事实、篡改或伪造数据等,如同考试作弊,属欺骗行为,应予以抵制。

实验报告参考格式:

“大学物理实验”实验报告

实验名称: _____

实验报告者: _____ 班级: _____ 学号: _____ 实验时间: _____

1. 实验目的

2. 预习内容(按要求,在实验前完成)

3. 实验仪器设备

分项列出实际使用的仪器设备(包括名称、型号、规格、数量等)。

4. 实验原理

实验原理、公式、公式中各物理量、公式成立的条件、电路(光路)图等。

5. 实验内容

按照要求分项写出。

实验记录(包括图、表和数据等)。

实验结果(包括图、曲线、记录表、结论等)。

6. 实验数据记录与处理

包括实验时出现或意识到的问题的讨论,以及实验结果的分析与比较或心得体会。

7. 回答思考与练习题

1.4 科学研究与实验方法

人们利用自然法则、规律和其他科学知识进行辩证思维活动,正确认识客观世界,在科学发展过程中形成了相对稳定的科学研究方法。

物理实验通过研究物理现象、规律及原理,建立正确的物理模型,以一种特殊的手段,实现观察和测量,形成了人们认可的科学实验方法。

1.4.1 科学研究方法

科学研究的目的是要在前人的基础上有所创新,是创造性的工作。

分析与综合是抽象思维的基本方法。有些人埋头做科学实验,凭借着敏锐的洞察力发现了新的现象,如伦琴发现 X 射线;有些人按照概念做实验,如居里夫人从大量的矿石中提炼出放射性元素;有些人广泛收集资料,进行观察,悟物穷理,如达尔文提出进化论;还有一些人是把不同的学科组织联系起来,像维纳提出控制论。

伽利略开创了科学实验方法,创立了对物理现象进行实验研究与观察,并把实验的方法与理论思维(科学假设、数学推理、逻辑论证和演绎)相结合的科学研究方法。爱因斯坦指出:“伽利略的发现以及他所用的科学推理方法,是人类思想史上最伟大的成就之一,而且标志着物理学真正的开端。”伽利略被后人尊称为“现代物理之父”。

牛顿创立了力学模型,其自然哲学思想、归纳法与演绎法相结合、模型与数学相结合等科学研究方法,不仅成功地建立了经典力学体系,使物理学成为定量的科学,实现了物理学史上第一次大综合,而且推动了近代科学的大发展。

模型方法抓住问题的主要矛盾,(暂时)忽略其他次要矛盾,用最少的假设,最大限度地使用数学这一精确的工具揭示问题的本质。它已成为现代科学研究的基本方法之一,在物理学的发展中起了重要的作用。例如,波尔模型为后来基于量子力学的原子结构理论奠定了基础。

类比法是一种以比较为基础的逻辑推理方法。从库仑定律的建立来看,库仑成功地运用了类比法。日本科学家汤川秀树(1907—1981)将核力和电磁力类比,提出了核力的介子理论,成为第一个获得诺贝尔奖的日本人(1949年)。1939年8月,以爱因斯坦为代表的科学家致信美国总统罗斯福,通过总统军事顾问萨克斯呈交万言书,萨克斯以英法战争为例,指出拿破仑没有采用富尔顿的发明在战船上安装蒸汽机,失去战争主动权,英国逃过了一劫,从而说服罗斯福总统实施“曼哈顿工程”计划,成功地运用了类比法,改变了历史的进程。

作为一位伟大的实验家,法拉第有着丰富的想象力。他提出“场”的概念,是一种创造性的科学思维,对物理学发展具有开创意义。

爱因斯坦指出,近代科学的发展在方法论上需要两大发现,这两大发现是以实验为基础的、从特殊到一般的分析和归纳法,以及从一般到特殊的演绎法。

对称性也是一种从“一般到特殊”的演绎法。人们习惯上把对称性看成是由于一个物体或系统各部分之间的恰当比例、平衡和协调一致而产生的一种简单性和美感。除了传统的空间对称外,物理学中的某种对称性是物理规律(或可观察量)在某种(在本质上不可观察的)变换下保持不变的性质。这种方法可以用尽可能少的普遍的基本定理(或对称性)作为前提,用严格的数学演绎和推理,导出各种特殊的可供实验检验的预言。例如,牛顿运动方程的伽利略变换不变性,麦克斯韦方程的洛伦兹变换不变性和相位不变性,相对性原理和光速不变原理等,从根本上说,都是一种关于对称性的概念。

凡此种种,说明科学研究没有一成不变的方法,获得创造性的途径是多种多样的。

1.4.2 大学物理实验方法

大学物理实验方法,大致可分为三种:

一是直接测量法。将待测物理量与经过标定或高一级的仪器或量具的同类标准量发生直

接联系,并直接读出待测物理量量值的过程。

二是间接测量法。根据被测量与测出量之间的关系,通过它们之间的函数关系计算出被测量的值,是直接测量的延伸与补充。

三是模拟方法。基于相似性原理,采用模型进行分析研究的方法。

物理实验的基本方法不同于仪器的调整方法,也不同于数据处理方法。例如,为使分光计的望远镜光轴同仪器主轴严格垂直,采用了自准法调整仪器;为了减少系统误差,采用左右逼近法测量;为了减少随机误差,采用逐差法处理数据。显然,以上都不是实验的基本方法。

常用的实验基本方法有以下几种:

1. 放大法

所谓放大法,就是将被测量其值的大小直观放大后再测量的方法。有时,也涉及不同物理量之间的转换,如千分表将微小线位移转变成指针偏转的角位移。

(1) 机械放大法

微小长度或角度的测量,都是将所用的测量工具最小分度值进行机械放大,如千分尺和各种游标等。具有易观测,可增加有效数位,读数精度高,误差小等优点。

(2) 光学放大法

显微镜通过光学仪器形成放大的像,已为人们所熟知。此外,通过增大光程,也可进行放大。如冲击电流计装置,通过增大光程,把线圈偏转的微小角度,变成一个相当大的长度测量量。借助平面镜的光杠杆法测量杨氏模量,也是基于光学放大法原理。

(3) 电放大法

利用放大电路,可对微弱电信号进行有效的观测。电子仪表和示波器内部有放大部件和放大电路等信号调节电路,可用于观测微弱电信号(电压、电流或功率)。凡是能转化为电信号(电压、电流或功率)的电学量或非电学量,一般都可以用示波器来观测。

2. 微小量积累法

积累法,实际上也是一种放大法,但与机械放大法、光学放大法以及电放大法不同。通常指微小量积累法,又称累计法,用于减少测量误差。

例如,用单摆测量重力加速度 g ,不直接测量全振动一次的时间来测量单摆的振动周期 T ,而是测量全振动 n 次,如 $n=100$ 的总时间 t ,再由 $T=t/100$ 计算出 T 值。这样,可增加有效数位,减小测量误差。

3. 补偿法

补偿法的实质就是用一个标准量去抵消未知量的方法。例如,用电位差计测量电源电动势或电压就是一种典型的补偿法。

4. 比较法

用量具测量某一物理量,既有直接比较,又具有间接测量的意义,实际上就是比较测量方法。例如,电桥测量电动势,将标准量(已知)与未知量加以比较,再将未知量求出,就是一种比较测量法。应用比较法测量时,通常有一个已知的标准量。比较法也是最常用的基本实验方法之一。

5. 零位测量法

电桥电路是一种基于比较法的零位测量法。两种方法相结合,通过调节电阻箱,使检流计指示零值,通过比较,获得测量结果。

6. 模拟法

模拟法是一种模型测量,间接地研究原型规律性的实验方法。例如,利用模拟法测量各种非规则场的分布,包括不规则带电物体在空间产生的电场分布,在较复杂场合下声场(声强)的