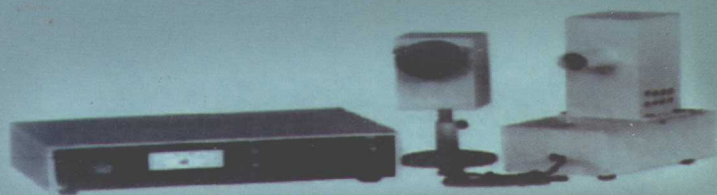


郝邦元 © 主编



大学物理实验



西南交通大学出版社

[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

大学物理实验

郝邦元 主编



西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

大学物理实验 / 郝邦元主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2004.8
ISBN 7-81057-919-3

I. 大... II. 郝... 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 (2004) 第 073822 号

大学物理实验

郝邦元 主编

*

责任编辑 刘莉东

封面设计 朱开文

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

E-mail: cbsxx@swjtu.edu.cn

四川森林印务有限责任公司印刷

*

开本: 850 mm × 1 168 mm 1/32 印张: 9.0625

字数: 220 千字 印数: 1—3 000 册

2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 7-81057-919-3/O · 076

定价: 18.50 元

图书如有印装质量问题, 本社负责退换
版权所有, 盗版必究, 举报电话: (028) 87600562

前言

实验物理课程是教育部确定的六门主要基础课之一，是高等学校工科学生进行科学实验基本训练的一门独立的必修课程。本教材是根据全国工科物理课程指导组制定的《高等工业学校物理实验课程教学基本要求》，并结合中国民航飞行学院已使用多年的实验教材和现有的实验条件而编写的物理实验教材。

在 2002 年 6 月成稿试用 3 年的基础上，进行了修改、校正和补充，并适当增加了部分设计性实验项目，使教材更加完善。该教材的主要特色有：

① 教材主体部分设置为基础性实验、综合及应用性实验和设计性实验三个不同的层次，有利于培养学生的科学实验能力和创新思维能力，有利于因材施教，适应个体化教育。

② 在实验数据的处理及实验结果的表述上，强调了“不确定度”概念，测量结果的最终表示形式用总不确定度或相对不确定度表达，符合国家颁布的计量技术规范（JJG1027-91《测量误差及数据处理（试行）》）的规定。

③ 在实验内容，实验技能、技术的选择及其设备匹配上，充分考虑了飞行学院的实际，较好地处理了我院各专业对实验要求的不一致性。

本书由中国民航飞行学院郝邦元同志主编。参加编写的有郝邦元（第一章、第二章、实验 9、27、29、30，统稿审稿）、吴晓轩（实验 4、5、6、18、19、28、31）、杨繁荣（实验 25、26、32、33、34、35、36）、但有全（实验 8、10、13、14、15）、赵忠芹（实验 1、2、12）、程敏（实验 3、6、11）、安康（实验 7、16、17、20、21、22、23、24）。

实验教材的编写是全体从事实验教学的教师和实验技术人员共同辛勤劳动的成果，是历年来实验教学工作的总结。同时在编写本书时参阅了许多兄弟院校的有关教材，在此我们表示衷心的感谢。

由于编者的知识水平和教学经验有限，加之编写时间仓促，书中难免有谬误之处，望读者提出宝贵意见和建议。

编者

2004.3 于中国民航飞行学院

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 物理学对社会的重要性	1
第二节 物理实验课的目的和任务	4
第三节 物理实验课的学习特点	5
第四节 怎样写实验报告	6
第五节 遵守实验规则	8
第二章 误差分析和数据处理方法	9
第一节 测量与误差	9
第二节 随机误差的高斯分布与标准误差	13
第三节 近真值——算术平均值	16
第四节 标准误差的估算——标准偏差	17
第五节 误差传递公式	19
第六节 不确定度与测量结果表述	22
第七节 有效数字	28
第八节 简算方法和数字取舍规则	30
第九节 数据处理方法	34
习 题	45
第三章 基础物理实验	48
实验 1 基本测量	48
实验 2 刚体转动实验	57
实验 3 测定液体的粘度系数	63
实验 4 用模拟法描绘静电场	70

实验 5 电子束的电偏转和磁偏转	77
实验 6 电子束的磁聚焦和电子荷质比的测定	85
实验 7 用霍尔元件测量磁场	90
实验 8 伏安法测电阻	98
实验 9 电位差计测量热电动势	101
实验 10 伏安法测非线性电阻	107
实验 11 牛顿环与劈尖干涉	112
实验 12 光栅衍射	121
实验 13 惠斯通电桥	128
实验 14 双臂电桥测低电阻	140
实验 15 阴极射线示波器的使用	149
第四章 综合及应用性实验	171
实验 16 照相实验	171
实验 17 暗室技术基础	182
实验 18 光电效应及普朗克常数的测定	195
实验 19 半导体光电二极管伏安特性的测定	202
实验 20 激光全息摄影实验	213
实验 21 热敏电阻在温度传感器中的应用	219
实验 22 计算机在温度检测系统中的应用	228
实验 23 AD590 的电流—温度特性的测定及应用	236
实验 24 p—n 结伏安特性的测量和温度—电压变换	240
实验 25 二极管电路故障查找	246
实验 26 非平衡电桥与压力传感器特性研究	253
第五章 设计性实验	264
实验 27 重力加速度的研究	268
实验 28 电阻特性的研究	270

实验 29	RC 串联电路充、放电过程的研究	271
实验 30	光栅特性的研究	274
实验 31	电表的改装	276
实验 32	测微安表内阻	277
实验 33	利用半导体元件设计制作温度计	278
实验 34	高电阻的测定	278
实验 35	制作全息光栅	279
实验 36	测定透明液体的折射率	280
参考文献		281

第一章

绪论

第一节 物理学对社会的重要性

1999年3月,美国亚特兰大市召开的第23届国际纯粹物理和应用物理联合(IUPAP)代表大会的决议指出:物理学——研究物质、能量和它们的相互作用的学科——是一项国际事业,它对人类未来的进步起着关键的作用。

对物理教育的支持和研究,在所有国家都是重要的,这是因为:

① 物理学是一项激动人心的智力探险活动,它鼓舞着年轻人,并扩展着我们关于大自然知识的疆界。

② 物理学发展着未来技术进步所需的基本知识,而技术进步将持续驱动着世界经济发动机的转动。

③ 物理学有助于技术的基本建设,它为科学进步和发明的利用提供训练有素的人才。

④ 在培养化学家、工程师、计算机科学家以及其他物理科学和生物医学科学工作者的教育中,物理学是一个重要的组成部分。

⑤ 物理学扩展和提高了我们对其他科学的理解,诸如地球科学、农业科学、化学、生物学、环境科学,以及天文学和宇宙学——这些学科对世界上所有民族都是至关重要的。

⑥ 物理学提供应用于医学的新设备和新技术所需的基本知识, 如计算机层析术 (CT)、磁共振成像、正电子层析术、超声波成像和激光手术等, 改善了我们的生活质量。

20 世纪物理学与技术发展的历史为 IUPAP 决议提供了有力的例证。在此仅举几例献给读者:

肖克利 (W.Shockly)、巴丁 (J.Bardeen) 和布拉顿 (W.Brattain) 通过研究不同条件下电流流过半导体的方式, 发现了晶体管效应, 为集成电路、微电子学和整个计算机革命开辟了道路。因此他们获得了 1956 年诺贝尔物理学奖。

1958 年, 肖洛 (A.Schawlow) 和汤斯 (G.Townes) 在研究光分子和固体作用的基础上, 提出了制造光波受激发射放大器的具体建议, 为研制激光器奠定了基础。1960 年, 梅曼 (T.H.Maiman) 研制成功了世界上第一台激光器, 它的发明是光学发展史上的伟大里程碑, 也是科学史上的一个伟大里程碑。激光器光束在颜色上的纯度比以往产生的可能高 100 万倍, 在月球上可以看到地球上仅为几瓦的激光。激光一问世, 就获得迅速发展, 应用极其广泛。

物理学家利用激光技术在一种光刻材料上记录各种数据, 它提供了一种存储和取用信息的技术, 可以将 74 集 (5 万余幅图片、1.264 亿汉字) 的中国大百科全书刻录在 4 张光盘内。

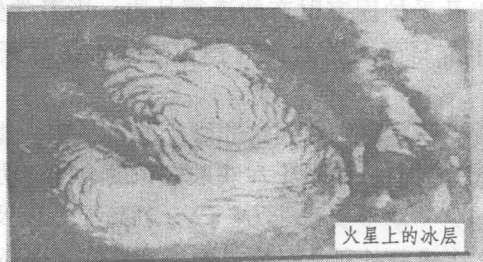
激光的光脉冲宽度窄, 持续时间可以做到几个飞秒 (10^{-15} 秒)。飞秒激光可用来拍摄瞬间的照片, 如拍摄化学反应中分子的影片等。新的计算机技术与飞秒激光脉冲技术相结合, 有可能实现接近 1 拍次 (10^{15} 次) 的逻辑运算。未来新型的高速计算机可能采用短的光脉冲来传递信息, 以代替现在使用较缓慢的电子来传递信息。物理学家借助光学双稳态现象能够用另一光束将一个光束接通或切断, 使制造光学型晶体管成为可能, 它为光学计算机的出现开辟了技术之路。

由于玻璃纤维比金属导体重量轻、价格低和抗干扰能力强, 因而光纤通信发展迅速。一根头发丝的光纤可以传递近 200 万路

电话。光子能够传输的信息量比电子大几百万倍。可以预言，光技术最终可能比电子学对社会的影响更大。如果说 20 世纪是电子时代，那么 21 世纪就有可能是光子的时代。

1895 年，德国物理学家伦琴（W.C.Rortgen）发现了 X 射线。以后，X 射线透视术逐渐成了医生诊断疾病的一种重要手段。20 世纪 70 年代，医学专家利用物理学原理发明了计算机辅助的 X 射线层析摄影（CT）等新技术，借助它们可以确定人体内部结构而无需将器械插入人体内。CT 技术给医生显示了一幅人体内部器官的三维图像。它是用一连串 X 射线束穿透人体，每一束射线给出了人体的一个线条，借助于计算机可以将这些线条的数据重新勾画出通过人体的一个断层的影像，几幅这样的影像就构成一幅三维图像。

2001 年 4 月 7 日，美国发射了“奥德赛”火星探测器，上面配备了高能中子探测器，对火星表面进行水的探测。探测器的原理是：当宇宙射线撞击火星时，火星的地表中会释放出强度很高的中子流，这些中子流穿越火星近地表层时会与地层中可能存在于冰中的氢的原子核发生碰撞，中子动能降低，同时释放出一定的热能，探测器测出火星地表中子流的动能差，并测出中子释放的热能，进而判断出水的存在。下图为“奥德赛”传回的数据经计算机成像后火星上的冰层图。探测火星地表层的水，这项高技术是物理学中力学、高能粒子等若干物理原理的综合应用。



火星上的冰层

大量事实说明, 高新技术的出现和发展与基本粒子物理学, 原子核物理学, 原子、分子物理学, 光学, 等离子体和流体、凝聚态物理学以及引力、宇宙学和宇宙射线物理学等物理学领域及其交叉学科有着密切的关系。可以说, 物理学是高新技术的源泉。可以令人信服地确信, 物理学是有生命力和富有成果的学科, 它对社会发展具有极大的影响力。

第二节 物理实验课的目的和任务

大学物理实验是理工科大学生进行科学实验、训练研究能力的一门基础课程, 也是素质教育的重要环节。它的主要任务是:

① 通过实验, 学习运用理论指导实验, 以及分析和解决问题的科学方法。在学习物理实验的一些典型方法时, 尤其要注重学习它的思想方法, 这将有助于培养思维与创新能力。

② 使学生获得必要的实验知识和操作技能的训练, 培养学生初步具备几方面的科学实验工作能力: 即正确使用仪器、进行测量、数据处理、分析结果以及写实验报告等。在此基础上, 着重培养学生的探索精神、创新精神、自主学习能力和科学研究方法。

③ 培养学生严格、细致、实事求是、刻苦钻研、一丝不苟的科学态度以及爱护国家财产的道德品质; 培养学生善于动脑、乐于动手、讲究科学方法、遵守操作规程、注意安全等科学习惯。

总之, 教学的重点应放在培养学生的科学实验能力与提高学生科学实验素养方面, 使学生在获取知识的自学能力、运用知识的综合分析能力、动手实践能力、设计创新能力以及严肃认真的工作作风、实事求是的科学态度方面得到训练和提高。

第三节 物理实验课的学习特点

实验课与听课不同，它的特点是同学们在教师的指导下自己动手，独立完成实验任务。通常，每个实验的学习都要分为三个阶段。

一、实验准备

实验前必须认真阅读教材，做好必要的预习，以保证按质、按时完成实验。同时，预习也是培养读书能力的重要环节。

在学生预习实验教材的基础上，为了进一步做好实验准备工作，教师常在教学计划中安排一些“实验准备课”。其目的有两个：一是在同学们自学教材的基础上，教师重点讲解有关实验理论，使学生能更好地理解实验原理，体会实验方法的思路和适用条件，以及教学的具体要求等；二是教师对仪器设备进行介绍，操作示范，让学生在正式做实验之前，有机会了解实验装置，学会仪器的使用，以便进一步考虑如何做好实验。

二、实验过程

内容包括仪器的安装与调试，观察实验现象与选择测试条件，读数与数据记录，计算与分析实验结果，以及估算误差等。

进入实验室后，要注意遵守实验规则（见第五节）。实验过程中，对观察到的现象和测得的数据要及时判断，判断它们是否正常和合理。实验过程中可能会出现故障，在教师的指导下，分析故障原因，学会排除故障的本领。实验完毕，做好仪器的清理工作。

实验过程中遇到挫折不是坏事，坚持探索，认真分析研究，找出原因，解决问题，就可以取得更大的收获。

三、书写实验报告

撰写实验报告是为了训练学生具有以书面形式汇报实验工作成果的能力,培养编写科学研究报告的初步能力。

第四节 怎样写实验报告

通常,实验报告分为三部分。

一、预习报告

它作为正式报告的前面部分,要求在正式做实验前写好。内容包括:

① 目的。

② 原理摘要。

在理解的基础上,用简短的文字扼要阐述实验原理,切忌整篇照抄,力求做到图文并茂。图是指原理图、电路图、光路图。写出实验所用的主要公式,做好记录数据的准备。

二、实验记录

实验的原始数据先记录在专用的“物理实验原始记录单”上,实验完毕再进行整理。内容包括:

① 仪器。记录实验所用主要仪器的型号和编号。记录仪器编号是一个好的工作习惯,便于以后必要时对实验进行复查。记录仪器型号可以让同学逐步熟悉它,以培养选用仪器的能力。

② 实验内容和现象观测记录。

③ 数据。数据记录要做到整洁、清晰而有条理，尽量采用列表法。在设计表格时，应根据数据特点力求简单明了、分类清楚而有条理，便于计算与复核，达到省工省时的目的。在标题栏内要注明单位。

数据不得任意涂改。确实测错而无用的数据，可在旁边注明“作废”字样，不要任意划去。

三、实验报告

此部分在实验后进行，包括：

- ① 实验目的。
- ② 使用仪器。仪器名称、型号、编号、台（套）数。
- ③ 实验原理。在理解的基础上，用简短的文字扼要地阐述实验原理，力求做到图文并茂，并写出实验所用的主要公式。
- ④ 实验步骤。写出自己的实际操作步骤，切忌照抄。
- ⑤ 数据及处理。
 - 用表格形式重新记录原始数据。
 - 作图、计算结果与估算误差：按图解法要求绘制图线（详见第二章第九节）。计算时，先将文字公式化简，再代入数字进行计算。估算误差要预先写出误差公式。
 - 结果：按标准形式写出实验结果。在必要时，注明结果的实验条件。
 - 作业题：完成教师指定的作业。
 - 附注：对实验中出现的应进行说明和讨论，或写出实验心得和建议等。

实验报告要求同学们做到书写清晰，字迹端正，数据记录整洁，图表合格，文字通顺，内容简明扼要。实验报告一律用专用的物理实验报告单书写。

第五节 遵守实验规则

为了保证实验正常进行,以及培养学生严肃认真的工作作风和好的实验工作习惯,特制定学生实验守则,望同学们遵守执行。

① 实验室是开发学生智力、培养独立工作能力的重要场所。学生要以严格、严谨、严肃的态度和作风,遵守实验室的各项规章制度,认真上好实验课。

② 遵守纪律,尊重师长,讲文明,衣着整洁,保持实验场所清洁、安静,禁止打闹、说笑、吸烟、吃零食、随地吐痰、乱扔杂物等。

③ 实验前,学生应按实验教材(或指导书)规定的内容做好预习,仔细阅读教材,明确实验原理、目的、内容和方法步骤,做好实验前的准备工作。

④ 听从教师的指导和安排,不得自行其是。实验中要严格遵守操作规程,正确使用仪器设备,细心观察,认真记录,不擅离岗位,不抄袭别人的数据,独立完成实验报告。实验中若有创见,实施前应请示指导教师,经同意后方能进行。

⑤ 爱护国家财产,不得动用与实验室无关的设备。仪器设备发生故障或异常时,应立即关闭电源停止实验,并向指导教师报告。实验中要注意实验材料的节约,减少浪费。因擅自动用或违反操作规程造成仪器设备、器材损坏时,按规定予以赔偿。

⑥ 实验结束后,必须对仪器、设备、工具、材料进行整理,并轮流值日打扫卫生,关闭电源、水源,经指导教师检查合格后方可离开。

第二章

误差分析和数据处理方法

第一节 测量与误差

一、测量

物理实验不仅要定性观察各种物理现象，更重要的是要找出有关物理量之间的定量关系，为此就需要进行测量。测量指的是将待测的物理量与一个选来作为标准的同类量进行比较的过程。通过比较得出它们的倍数关系，进而认识待测量的一些未知属性。可以认为，测量就是一种研究方法，选作标准的同类量称为单位，倍数称为测量数值。由此可见，一个物理量的测量值等于测量值与单位的乘积。一个物理量的大小是客观存在的，选择不同的单位，相应的测量数值就有所不同。单位越大，测量数值愈小，反之亦然。

测量可分为两类。一类是直接测量，如用尺量长度，以表计时间，天平称质量，温度计量温度等。另一类是间接测量，是根据直接测量所得的数据，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 和周期 T ，应用公式 $g = 4\pi l/T^2$ ，求出重力加速度 g 。在物理测量中，绝大部分是间接测量，但直接测量是一切间接测量的基础。不论直接测量或间接测量，都需要满足一定的实验条件，并严格按照一定的方法和