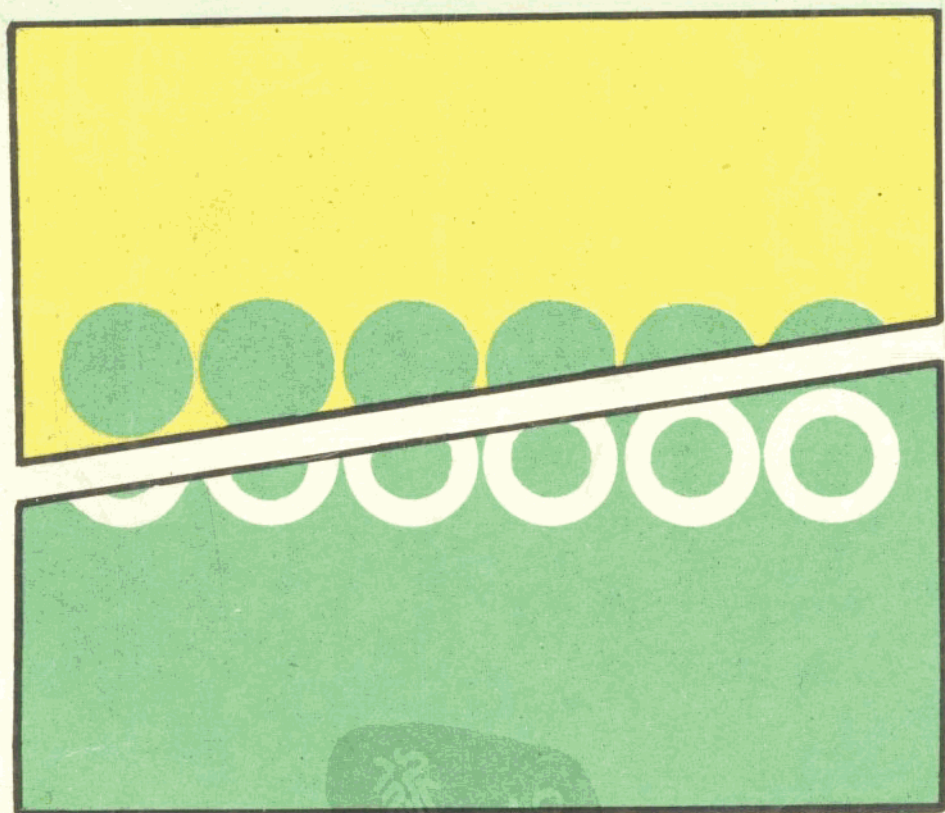


# 新编 大学物理实验

主编 张宇翔 郭 洪



——河南大学出版社——

## 前 言

大学物理实验课是理工科学生必修的一门实验基础课。按照国家教委课程指导小组制订的《物理实验课程教学的基本要求》，该课程教学的主要目的是培养学生科学实验的素养，使学生掌握科学实验的基本方法，提高学生从事科学实验的能力。我们认为上述要求指出了大学物理实验课的教学方向，并据此进行了物理实验课的教学改革。本书是伴随着教学改革进行，经不断扩充和完善编写而成的。

和以往的实验教材相比，本书在多方面进行了有益的探索和创新，增添了部分新实验和许多新内容。这在电磁学类的实验中体现得较为突出，其中约有十余个新实验，另外大部分实验的内容也经过了更新、扩充或提高。本书的创新之处主要反映在下述几个方面：

(1) 本书按照大学物理实验课层次化教学模式的要求编写，因此，本书既适用于原普通教学方式，也适用较先进的层次化教学方式。所谓层次化教学是指将大学物理实验分为基础、提高、设计三个层次，开始的基础实验以基本内容为主，然后逐步增大范围和难度，最后的设计实验由学生独立查找资料、设计方案、选择仪器和自己完成实验，以此构成一个能力培养的完整过程。从教材上讲，除按层次顺序编排外，各层次实验讲义的详略、难度、要求等方面也各不相同，以配合不同层次的教学。

(2) 本书对许多实验中的操作内容进行了更新和提高，大大增加了研究探索式内容的比重，减少了过于简单的或演示性的内容，以便使学生操作时多思考、多探索，达到加深印象、提高效果、培养能力的目的。例如，我们将原来简单的直流电桥实验改成了以分析误差、研究如何使误差最小为主的实验。我们还增加了诸如分析并测量某对象特性、用实验方法确定系统参数、比较不同方案优劣等类型的实验内容。

(3) 本书较注重实验教学的应用性。在实验中尽量加入有关物理理论、实验技术在工程实践中的应用知识，目的是使学生在实验的同时扩展知识面、开扩思路、提高兴趣。为此，我们在多个实验中补充了相关应用的特点及实例；而多数新实验本身就是有关理论的一些具体应用。

(4) 本书力求做到跟上科技发展的步伐，反映与本课程有关的最新方法、技术及仪器。这些内容多数属于传统物理规律与现代电子技术结合的产物，如实验五十二涉及了较新的霍耳磁补偿式电流测量技术，又如实验三十二中将个人计算机用于热电偶辅助测温与校准，使学生了解电脑在测量中应用的一些基本概念。在仪器方面，我们在大多数场合用数字式电表替代了指针式电表，用电子积分器取代了冲击电流计，用电流放大器加普通检流计取代了光点检流计，用一台含单片微机的“智能化”多功能电测仪替代原三台仪表等等。

本书对每个实验的原理都做了简明扼要的叙述，即使是一些设计实验，也很简单地给

出了原理及设计思路,以引导学生从何入手.在有些实验的开头简要地叙述了该实验的意义或提供一些背景知识.有些必要的实验,有专门详细介绍仪器的部分.在每个实验(设计实验除外)中都安排了预习思考题,可帮助学生掌握预习要点,也可做为教师检查学生预习情况的手段.大多数实验后还有课后思考题,以帮助学生进一步理解实验.

本书共有实验题目 61 个,适用于理工科各专业学生,学习时间是两学期(物理学专业可以是三学期).书中的实验不可能全部做完,各专业可根据需要有选择地做.一般可做基础实验 7~10 个,提高实验 8~12 个,设计实验由于用时较多,只能做 3~5 个,可以让学生自己从 21 个设计实验中选择感兴趣的来做.

本书的前言、课前必读第一节及第四节、实验十二、实验四十一~实验四十五、附录由张宇翔编写;实验三十八~实验四十、实验二十二~实验二十四由郭洪编写;实验七~实验十一、实验二十九、实验三十、课前必读第二节及第三节、数据处理基本知识由莫炯编写;实验十四~实验十九、实验三十五~实验三十七、实验五十七~实验六十一由侯秀梅编写;实验一~实验六、实验二十~实验二十一由张欢编写;实验二十七、实验三十一、实验三十三、实验三十四、实验四十六~实验五十七由郭敏编写;实验十二、实验十三、实验二十五、实验二十六、实验三十二由洛阳市职工科技学院王振平编写.由张宇翔规划制定了本书的创新特色及要求,拟定了大部分新实验及新内容的题目,并在实验室进行了编排,验证了书中有关内容的可行性.由郭洪及张宇翔通审全书.

书中的缺点和错误在所难免,诚恳地希望读者及同行批评指正.

编 者  
1997 年 7 月

# 目 录

## 课 前 必 读

第一节 物理实验课的作用及学习方法	(1)
一、物理实验课的目的	(1)
二、如何学好物理实验课	(2)
第二节 电磁学实验预备知识 A	(3)
一、电源	(3)
二、电阻	(3)
三、直流电表	(5)
四、电磁学操作规程	(7)
第三节 电磁学实验预备知识 B	(8)
一、交流电源	(8)
二、交流电表	(9)
第四节 光学实验的一般要求	(10)
一、光学实验知识简介	(10)
二、光学仪器使用的注意事项	(11)
三、光学仪器常见的损坏原因及操作规则	(11)
四、课内外要求	(12)

## 数据处理基本知识

第一节 测量与误差	(13)
一、测量与测量误差	(13)
二、测量结果及其随机误差估计	(16)
三、系统误差的传递	(20)
第二节 有效数字及其运算	(22)
一、有效数字的概念	(22)
二、有效数字的运算规则	(22)
第三节 数据处理的基本方法	(24)
一、列表法	(24)
二、作图法	(24)
三、逐差法	(26)
四、用最小二乘法求经验方程	(26)

## 基础实验

实验一 长度测量 .....	(30)
实验二 物体密度的测定 .....	(35)
实验三 重力加速度的测量 .....	(40)
I 用单摆法测定重力加速度 .....	(40)
II 用光电控制计时法测定重力加速度 .....	(42)
实验四 三线摆测转动惯量 .....	(45)
实验五 用拉伸法测金属丝的杨氏弹性模量 .....	(48)
实验六 液体粘滞系数的测定 .....	(53)
实验七 伏安法测电阻和二极管的伏安特性 .....	(56)
实验八 电表的改装和校准 .....	(60)
实验九 用惠斯通电桥测电阻 .....	(64)
实验十 用电位差计测电动势 .....	(70)
实验十一 模拟法测绘静电场 .....	(74)
实验十二 示波器的原理和使用 .....	(78)
实验十三 密立根油滴实验 .....	(86)
实验十四 薄透镜焦距的测量 .....	(91)
实验十五 调节分光计并用最小偏向角法测定折射率 .....	(98)
实验十六 用掠入射法测定折射率 .....	(106)
I 用掠入射法测定折射率 .....	(106)
II 用阿贝折射计测量折射率 .....	(109)
实验十七 用牛顿环测定透镜的曲率半径 .....	(113)
实验十八 单缝衍射光强分布的测量 .....	(117)
实验十九 用旋光仪测旋光性溶液的旋光率和浓度 .....	(121)

## 提高实验

实验二十 声速的测定 .....	(126)
实验二十一 牛顿第二定律的验证 .....	(129)
实验二十二 气垫导轨上碰撞的研究 .....	(136)
实验二十三 刚体转动实验 .....	(140)
实验二十四 测定冰的溶解热 .....	(144)
实验二十五 低阻值电阻测量及双臂电桥 .....	(149)
实验二十六 霍尔元件及其应用 .....	(155)
实验二十七 非接触法测量交流电流 .....	(162)
实验二十八 RLC 电路的暂态过程研究及应用 .....	(166)
实验二十九 交流电桥 .....	(174)
实验三十 谐振电路 .....	(177)

实验三十一	单相交流电的基本测量	(181)
实验三十二	热电偶的校准与测温及电脑数据采集	(188)
实验三十三	磁场的测量	(195)
实验三十四	$RLC$ 串联电路的稳态特性	(203)
实验三十五	偏振光的研究	(208)
实验三十六	迈克耳孙干涉仪	(216)
实验三十七	单色仪的标定和测定物质对光的吸收曲线	(222)
实验三十八	由光电效应测定普朗克常数	(228)
实验三十九	光谱的拍摄及波长的测量	(233)
实验四十	全息照相	(238)

### 设计实验

实验四十一	测定盐水的密度	(244)
实验四十二	测定规则物体的转动惯量	(244)
实验四十三	用气垫导轨测加速度	(244)
实验四十四	用圆环摆测转动惯量	(245)
实验四十五	用混合量热法测定块状金属的比热容	(245)
实验四十六	测量三极管的输入与输出特性	(245)
实验四十七	用电位差计校准电表及测电阻	(247)
实验四十八	筛选电阻	(247)
实验四十九	用示波器观测磁滞回线	(248)
实验五十	用积分法测量磁性材料的初始磁化曲线及磁滞回线	(249)
实验五十一	测量电容容量	(250)
实验五十二	利用霍耳效应测量电流的研究	(250)
实验五十三	设计制做 PN 结温度计	(252)
实验五十四	设计和组装简易万用电表	(253)
实验五十五	感应同步器	(258)
实验五十六	热电偶的冷端补偿	(259)
实验五十七	周期信号的傅里叶分解	(261)
实验五十八	自准直法测量平凸透镜的半径和折射率	(263)
实验五十九	在分光计上用望远镜自准直法测定双棱镜的锐角 $A$ 和 $B$ 及其折射率 $n$	(263)
实验六十	劈尖顶角的测量	(264)
实验六十一	光栅常数的测定	(264)
附录		(265)

注:书中带“\*”的内容供有余力、有兴趣的学生选作:

# 课前必读

## 第一节 物理实验课的作用及学习方法

“大学物理实验”课是继物理学理论课之后对理工科学生独立开设的一门课程,它是对学生进行科学实验基本训练的一门基础课。

科学实验在科学技术的发展中一直起着重要的作用,在新的科技领域的开拓与探索中,实验是一种有力的手段,科学规律都应建立在严格的实验事实之上.学生在大学中要接受系统的实验训练,物理实验课是各理工专业都开设的实验基础课,以使获得基本的实验知识、方法和技能方面的训练。

物理实验课不能被简单地理解为仅仅为今后从事科学实验工作而打基础,而应该视为大学中对学生进行能力和素质全面培养的一个方面,视为培养学生成为高素质科学工作者的一个步骤。

### 一、物理实验课的目的

(1) 学习常见物理量的基本测量方法,学习常用仪器的原理与使用方法,这些基本测量及有关仪器在科学实验或日常工作中会经常遇到。

(2) 学习正确分析实验误差,正确处理实验数据,学习提高精度和减小误差的常用方法与技巧.例如:哪些误差是主要的,哪些可以减小或忽略,在满足精度要求的前提下,什么方案最简便、最经济等。

(3) 通过实验锻炼,增强理论联系实际的能力,增强分析及处理实际问题的能力.例如:解决问题时要考虑到推导公式的理想情况与实际情况的差别,逐渐习惯采用工程估算,培养工程思维方式,建立起常见问题的数量级概念等。

(4) 在实验过程中,了解理论知识的有关应用,包括最新应用.这可以反过来增加理论课学习的主动性及兴趣,同时可以拓展知识面,开拓思路,增加应用经验。

(5) 培养学生实事求是的科学态度,严谨认真的工作作风,勇于探索与钻研的精神。

(6) 实验中可再现一些物理现象,验证一些公式,这有利于加深理论课学习印象,加深对有关物理规律的理解。

从以上几条可以看出,实验的目的就是为了提高实验者的能力和素质。



## 二、如何学好物理实验课

达到上述实验效果,并不是件容易的事.学生应对实验教学的各环节认真对待、钻研,才能取得较好的收获.

(1) 预习:在每次上实验课前都应反复研读实验教材及有关理论课教材,搞懂原理、方法,进一步完善实验步骤,整理出实验要点及关键所在,尽量搞懂仪器操作方法.对一些疑问要列出来,等到实验室后依据实物解决或向教师提问解决.在预习中要认真回答预习思考题,切记注意事项及安全操作规程.对设计实验,还要在课前参考有关资料,设计实验方案.由于实验室上课时间有限,因此,课前预习的好坏是能否完成实验,能否取得好效果的第一前提.

(2) 实验室操作:学生进入实验室后,要遵守实验室规则,有时还要进一步了解实验室给出的有关仪器操作规程(教材中没有写出)和安全操作事项,不能随心所欲.要注意观察实验中的现象,对各种细节应详细记录.这是一种良好习惯,因为人们需要经常反复思考参看,在实验时还没有意识到的某个实验细节.对实验中出现的或意料之外的现象,应认真分析,尽量解释.不要把实验当作一个被动的任务来完成,不要总是希望实验一帆风顺,测出几个数据就可向老师交差,应该自觉地把重点放在自己实验能力的培养上.对待测出的实验数据,要避免两种倾向,一是不管实验仪器设备的误差或实验的具体条件,一味追求和理论的一致,认为符合了理论值就算做好了这个实验.事实上这种“符合”带有偶然性,毫无意义;二是若实验数据和预期值不符时,不首先分析原因,检查自己的操作,而统统归咎于仪器不好.为了评价所得的实验结果,要做误差分析,必要时运用理论知识对实验结果加以解释.盲目的实验,即使做得再多,也不会有多大的收获.只有多想、多分析、多实践,才能学好实验课.记录实验数据时,要整齐、清楚,除数值外,其它必要的信息(测的是什么量、单位、条件等)也要记下.数据多时要列出表格,不得乱涂乱画.实验完成时,应请教师到自己的实验台前,检查自己的实验,应把实验数据记录单交给教师审阅,经得起教师检查及一些必要的提问.在教师确认实验过程正确、数据无误并在数据记录单上签字(盖章)给出操作成绩之后,学生应整理还原仪器,方可离开实验室.注意:教师签章并记载成绩的实验数据单,必须随实验报告一同上交.

(3) 写实验报告:这是完成实验的最后程序.因为实验报告是实验工作的总结,要予以重视.报告要写得字迹清楚,条理清晰,不要把报告当作仅仅是给实验教师看的,而应看作是一种科学记录及一篇让他人能看懂的学术交流文献.实验报告应包括下面几部分:

- ① 实验名称;
- ② 本次实验的目的;
- ③ 实验原理.给出实验所依据的定律、公式、线路、光路或其它依据,以及有关实验条件等;
- ④ 实验方法或步骤.用什么方法、仪器、步骤等完成实验所需的环节和包括的内容,必要时可论证其可行性.本项目也可包含在实验原理中;
- ⑤ 数据记录及其说明;



- ⑥ 数据处理及实验结果. 可能含有计算、曲线、表格、误差分析、最终结果等内容;
- ⑦ 回答课后思考题, 每一个课后问题都要认真正确回答;
- ⑧ 实验讨论. 实验讨论内容不限, 可以是对实验中现象的分析讨论, 对结果的评价, 也可以提出更好的实验方案, 换用你所知道的更好的仪器以及实验的体会等内容.

## 第二节 电磁学实验预备知识 A

### 一、电源

直流稳压电源虽型号各不相同, 但在结构上都是大同小异, 都是将 220V 交流电经整流、滤波和稳压后变为直流输出. 它的特点是稳定性好、内阻小、功率大、输出连续可调. 但使用时要注意不能超过它的最大允许输出电压和电流. 如 WYJ-30 型电源, 最大输出电压是 30V, 最大输出电流为 3A.

干电池是很方便的直流电源, 但它的功率较小, 稳定度不高. 每节干电池的电动势为 1.5V. 在使用过程中, 干电池的电动势不断下降, 内阻不断增大, 最后因内阻过大而报废.

### 二、电阻

电阻可分为固定电阻和可变电阻两大类. 无论使用哪一类电阻, 使用时除了注意其阻值的大小外, 还要注意其额定功率. 若额定功率为  $P$ , 电阻的阻值为  $R$ , 则允许通过的电流  $I = \sqrt{P/R}$ . 下面简单介绍两种可变电阻的结构及用法.

#### 1. 电阻箱

ZX-21 型旋转式电阻箱的内部电路示意图和面板图如图 A-1. 在箱面上有六个旋钮和四个接线柱. 使用时, 转动旋钮使旋钮边缘的数字对准旋钮下面的倍率, 该数字与倍率的乘积就是该旋钮上的电阻值. 电阻箱上总的接入电阻与接入哪两个接线柱有关, 总的接入电阻等于两接线柱之间各旋钮上的电阻之和.

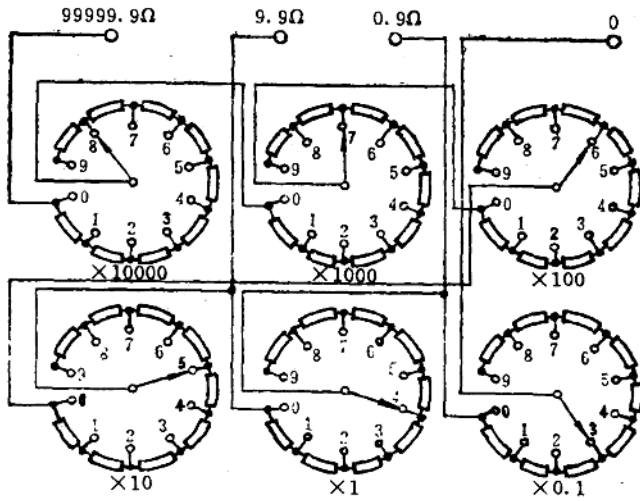
电阻箱的规格用如下参数表述:

(1) 电阻箱的额定功率. 是指电阻箱内每个电阻的额定功率. 一般电阻箱的额定功率为 0.25W, 可以由它算出各档电阻允许通过的最大电流, 见表 A-1.

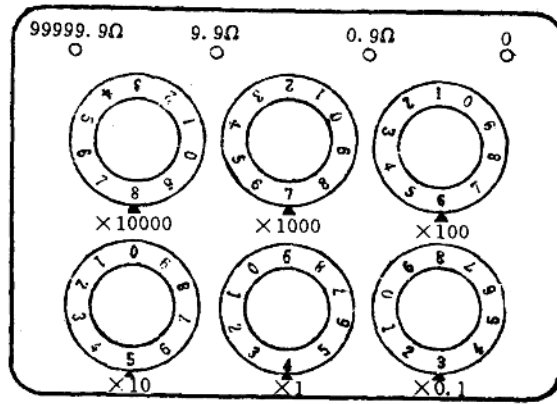
表 A-1 电阻箱各档的最大允许电流

电阻档	×0.1	×1	×10	×100	×1000	×10000
最大允许电流	1.5	0.5	0.15	0.05	0.015	0.005

(2) 总电阻. 即最大可调电阻. ZX-21 型电阻箱的总电阻为 99 999.9.



(a) 内部线路示意图



(b) 面板图

图 A-1

(3) 电阻箱的等级. 电阻箱根据其误差的大小分为七个等级, 分别为 0, 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5 和 1.0 级. 级别表示电阻箱相对误差的百分数. 如 ZX-21 型电阻箱为 0.1 级, 当阻值为  $662\Omega$  时, 则阻值误差为  $662 \times 0.1\% \approx 0.7\Omega$ . 另外电阻箱每个旋钮上存在有接触电阻, 0.1 级电阻箱每个旋钮上接触电阻为  $0.002\Omega$ . 当电阻较大时, 接触电阻与之相比微不足道, 但当阻值较小时, 接触电阻却能引起很大的误差, 因此, 需要  $0.1 \sim 0.9\Omega$  (或  $9.9\Omega$ ) 的阻值时, 应使用 0 和  $0.9\Omega$  (或  $9.9\Omega$ ) 两接线柱, 以减小相对误差.

标明在级别中的误差与接触误差之和就是电阻箱的总误差.

## 2. 滑线变阻器

滑线变阻器的外形构造与等效电路如图 A-2 所示. 涂有绝缘层的电阻线绕在长直瓷

管上,电阻丝的两端固定在接线柱  $A$  和  $B$  上,瓷管上方有一滑动触头与接线柱  $C$  相连.

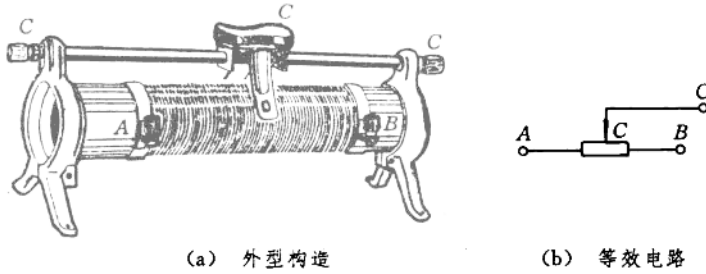


图 A-2

滑线变阻器的用途是控制电路中的电压和电流,它不像电阻箱那样能确切地读出电阻值.它在电路中有两种接法:

(1) 限流电路.限流电路接法如图 A-3,当滑动  $C$  时,改变了  $A$  和  $C$  之间的电阻  $R_{AC}$ ,也就改变了回路的总电阻,从而改变了回路中电流的大小,因而称为限流电路.

为了安全起见,在实验开始时, $C$  应滑到  $B$  端,使得  $R_{AC}$  最大,回路中电流最小,然后逐渐增大回路中的电流,但应注意不要超过滑线变阻器的额定电流.

为了能有效地调节回路中的电流,应使滑线变阻器的总电阻  $R > R_L$ .需要精细调节电流时,还可采用二级限流,即将两个滑线变阻器  $R_1$  和  $R_2$  按限流的方式串联起来,阻值的选取应使得  $R_1$  是  $R_2$  的 10 倍以上, $R_1$  作粗调, $R_2$  作细调.

(2) 分压电路.分压电路接法如图 A-4.  $A$  和  $B$  两端分别与电源的两极相连,再由  $A$  端和  $C$  端向负载  $R_L$  提供电压  $U_{AC}$ .

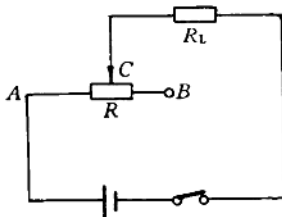


图 A-3

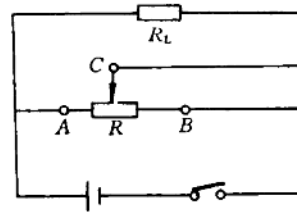


图 A-4

改变  $C$  点在  $A$  和  $B$  之间的位置,即可改变输出电压  $U_{AC}$ ,因此称为分压电路.当  $C$  与  $A$  重合时,输出电压为 0;当  $C$  与  $B$  重合时,输出电压等于电源电压.实验开始时,应使  $C$  与  $A$  重合,输出电压为 0,以后逐渐增加,并且注意不要使变阻器上的电流超过额定值.

### 三、直流电表

#### 1. 电流计

电流计是最基本的直流电流表,也称表头.直流电流表是磁电系仪表,它由永久磁铁、转动线圈、游丝和指针构成,其基本原理是:处在磁场中的线圈通电时,受到一力矩的作用

而转动,从而带动指针的转动,直到与游丝的反扭力矩平衡.它的特点是:指针偏角的大小与通过线圈的电流成正比,电流方向不同时,指针偏转的方向也不同.电流计能直接测量的电流在几十  $\mu\text{A}$  到几十  $\text{mA}$  之间,如果要用它测较大的电流,则需要加分流电阻.

## 2. 检流计

专门用来检验电路中是否有电流通过的电流计称为检流计.检流计只要求有高的灵敏度(单位电流引起指针偏转的格数),而不要求很高的精度.检流计有按钮式和光点反射式两种.按钮式检流计的特点是零点位于刻度盘中央,检流计上装有锁钮,不用时,应将其锁住,使检流计处于断开状态.使用时,应先打开锁钮,使指针能自由摆动,直到指针停止在零点位置上,即可使用了.若指针偏离了零点,则应先利用检流计上的调零旋钮调零,然后方可使用.这种指针式检流计常用来检测电路中的小电流和小电压.

## 3. 电流表(安培表、毫安表、微安表)

在表头上并联一个小电阻,就构成了一个电流表.由于小电阻的分流作用,使电流表的量程扩大了.并联不同阻值的电阻就可以分别得到不同量程的电流表.

使用电流表时,应将它串联到待测电流的电路中,并注意正负端的接法,使电流从正端流入,从负端流出.

## 4. 电压表(伏特计)

在表头上串联一个高电阻,就构成了一个电压表.由于高电阻限流分压的作用,使电压表的量程扩大了.串联不同阻值的电阻就可以得到不同量程的电压表.

使用电压表时,应将它并联在待测电压电路的两端,电压表的正端与高电位端相连,负端与低电位端相连.

## 5. 使用电表时应注意的事项

各类电器仪表的面板上注有各种符号,以表明其用途、构造、准确度等.常用电器仪表符号见表 A-2.在使用电表时,应首先观察其面板上的标记符号,了解电表的规格及使用方法.

(1) 电表的量程,即指针指满刻度时的电压值或电流值.有的电表是单量程的,有的电表是多量程的,如伏特计上有  $1.5\text{V}$ ,  $3\text{V}$ ,  $7.5\text{V}$  三个量程.如使用  $1.5\text{V}$  量程时,指针指满刻度时测量电压为  $1.5\text{V}$ ,如使用  $3\text{V}$ (或  $7.5\text{V}$ ) 量程时,指针指满刻度时测为  $3\text{V}$ (或  $7.5\text{V}$ ).

测量时应根据待测量的大小,选择合适的量程.如选择量程过小,待测量的值已超过了量程,则容易将电表烧坏;如果量程选择过大,指针的偏转就会很小,读到的数据就不准确.通常要使得指针偏转在满刻度的  $2/3$  以上.对选择好的量程,测量值  $A$  按下式计算:

$$A = na/N.$$

式中,  $a$  是该量程可测的最大值,  $N$  为该量程对应的标度尺的总分度数,  $n$  为电表指针指示的读数(分度数).











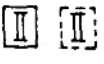
(2) 电表的等级. 电表的准确度等级分为七级, 分别为 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.5 和 5.0. 利用等级为  $K$  的电表测得的数据可能包含的最大误差(绝对误差)

$$\Delta_m = \pm A_m K \%$$

式中,  $A_m$  为所使用量程可测的最大值, 如一个 0.5 级量程为  $100\mu\text{A}$  的微安表, 用它测得的任一数值的最大可能误差都是  $\pm 100\mu\text{A} \times 0.5\% = \pm 0.5\mu\text{A}$ .

(3) 电表的放置. 标有“ $\square$ ”标志的电表使用时只能水平放置, 不得垂直放置. 标有“ $\perp$ ”标志的电表使用时只能垂直放置, 不能水平放置.

表 A-2 常见电气仪表面板上的标记

名 称	符 号	名 称	符 号
指示测量仪表的一般符号		磁电系仪表	
检流计		静电系仪表	
安培表	A	直 流	—
毫安表	mA	交流(单相)	~
微安表	$\mu\text{A}$	直流和交流	$\approx$
伏特表	V	以标度尺量限百分数表示的准确度等级, 例如 1.5 级	1.5
毫伏表	mV	以指标值的百分数表示的准确度等级, 例如 1.5 级	
千伏表	kV	标度尺位置为垂直的	
欧姆表	$\Omega$	标度尺位置为水平的	
兆欧表	M $\Omega$	绝缘强度试验电压为 2kV	
负端钮	—	接地用的端钮	
正端钮	+	调零器	
公共端钮	*	I 级防外磁场及电场	

#### 四、电磁学实验操作规程

(1) 了解各仪器的规格, 使用方法.

- (2) 正确理解和连接电路。
- (3) 检查电路及各仪器的初始状态。
- (4) 通电、观察。
- (5) 记录完数据后,打开开关,经教师检查数据后,再拆线路,并整理好仪器。

### 第三节 电磁学实验预备知识 B

交流电的电压和电流的方向和大小都是随时间作周期变化的,表示一个交流电压的参数有频率、波形和电压的峰值.交流电有各种波形,如正弦波、方波、锯齿波等.交流电压和电流可以用多种类型的电表测量,交流电的频率可用频率计测量,交流电的波形可用示波器观察,交流电的频率和电压峰值也可用示波器测量。

#### 一、交流电源

实验室所用的交流电是频率为 50Hz 的正弦波单相交流电,也称市电.它有一根“火线”与一根“零线”,两线间电压为 220V(有效值),其峰值为  $\sqrt{2} \times 220\text{V}$ 。

实验室常用调压变压器来控制交流电压,以获得所需的电压值.图 B-1 中所示的是自耦调压变压器,在输出端加上 220V 市电,输出端即可获得 0~250V 连续可调电压。

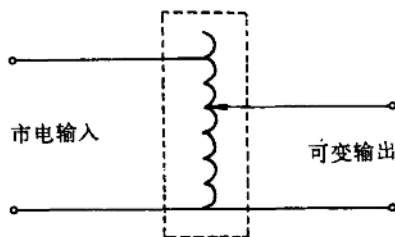


图 B-1

由于市电是 50Hz 的正弦波,如果需要其他频率或其他波形的交流电时,可以用专门的信号发生器,如正弦波信号发生器,方波信号发生器等,它们都是由电子管或晶体管、电阻、电容等元件按一定电路装配而成的。

XFD-6 低频信号发生器就是实验室常用的一种正弦波信号发生器,它的主要规格为:

- (1) 频率范围:20Hz~200kHz.
- (2) 输出电压范围:高阻抗输出 0~20V;低阻抗输出 0~1V.
- (3) 输出阻抗:低阻抗输出时,输出阻抗为 600Ω.

使用方法如下.

- (1) 接通 220V 50Hz 电源.
- (2) 根据所需信号大小,将“输出衰减”置于合适档,再调出“输出调节”使电压表指到所需电压位置,即可得到所需电压值.
- (3) 将“频率范围”放在所需范围档,转动刻度盘旋钮,使所需频率对准指针,即可得到所需频率.

## 二、交流电表

交流电表按其功能可分为电流表、电压表、功率表等,按结构可分为整流式、热电式、电子管式、电动式、数字式等.下面我们简单介绍几种常用交流电表的结构、特点和使用方法.

### 1. 整流式电表

这类电表用半导体二极管作为整流元件,将交流电整流成单向脉动电流后,送入磁电式电表进行测量,交流电表通常都按有效值刻度.

整流式电表可以做成各种量程的电流表和电压表.适用频率为 $50\sim 2000\text{Hz}$ ,其准确度一般只能达到1.5级.一般的万用电表交流档就是这种结构,准确度只有2.5和5级.

### 2. 电动式电表

这类电表有一个固定线圈和一个活动线圈,当两线圈通以电流时,两线圈相互作用,引起活动线圈偏转,并在游丝的恢复力矩下达到平衡.

电动式电表的两个线圈按不同的方式联接,能用作电流表、电压表、功率表.

电动式电表是交直流两用的,准确度可达到0.1级,一般电动式电表为0.5级,频率适用范围在 $20\sim 100\text{Hz}$ .

### 3. 晶体管、电子管式电表

这类电表是将被测信号经电子电路放大、检波后变为直流,再用磁电式仪表测量.

这类电表的特点是灵敏度高,可测小电流或电压,频率适用范围宽,但准确度较低,一般为2.5级.

这类电表与其它电表不同的一点是在面板上都有“零点调整”旋钮,这是因为电子管具有起始电流,从而使得输入电压为零时,表头指针并不指零,因此设一补偿电路产生一反向电流来抵消电子管的起始电流.“零点调整”旋钮就是调节此电流大小的,因此,用此类表测量之前,必须先做零点调整.

GB-9B型真空管毫伏表的主要规格为:

- (1) 测量电压范围: $1\text{mV}\sim 300\text{V}$ ,分十档.
- (2) 频率适合范围: $25\text{Hz}\sim 200\text{kHz}$ .
- (3) 输出阻抗: $>5\text{k}\Omega$ .

使用方法是:

- (1) 将量程选择置于最大档,接通电源预热 $15\text{min}$ (未到 $15\text{min}$ 也可使用,但尚不稳定).
- (2) 将输入端短路,使量程选择置于最小档,调节零点调整旋钮,使指针指零.
- (3) 选择合适的量程,将被测电压接入.接入时,先接地端,再接另端.



#### 4. 热电式电表

在这类电表中,被测电流流过发热元件,测温元件测出发热元件的温升.根据有效值的含义,易知这类仪表能直接测得有效值,而与波形及频率无关.它的特点是适用频率宽,达几 MHz 以上,变换电路集成于一个芯片,使用这种方法的准确度可以很容易地达到 1% 以内.

#### 5. 数字式电表

近年来电子技术快速发展,出现了许多新技术、新元件.它们也促进了交流电表的发展与更新.如普通数字万用表,其价格已与普通指针式电表相当.其中的交流测量档采用有效值变换电路或精密整流电路,因此准确度有较大提高.缺点是使用频率有所降低.又如较高档的数字电表,其采用交流—有效值变换专用集成电路,准确度可以达到 0.1 级以上.各类新式电表一般有多功能、使用方便、精度高等优点,因此应用越来越广.例如用于电力测量的多功能数字电表同时具有测量电压、电流、功率、功率因数、频率、电能(即电度表)等功能,并配有通讯接口,便于实现自动测量,它已广泛用于电力控制与管理,以及电机、家电等制造业的生产或产品检测线上.

## 第四节 光学实验的一般要求

### 一、光学实验知识简介

光学是物理学中一门古老的经典学科,最近二三十年以来又有了突飞猛进的发展,内容十分丰富.但是近代光学并不是否定了过去,相反地,它的基本概念和实验不仅是建立在经典光学的基础上,而且又大大前进了一步.作为一门普通物理的实验课,应把主要精力放在基本实验技能和实验方法的训练上,放在研究一些最基本的光学实验现象上.当然也可初步接触一些新的概念和实验技术.因此,本书的光学实验题目包括了几何光学、波动光学以及光谱学等经典光学的主要方面,同时也安排了全息照相这个反映近代光学发展的新实验.希望通过本课程的学习有助于学生在今后的学习和工作中灵活而适当地选用各种仪器.

学生在开始做光学实验前,至少已做过了力学、热学和电学实验,已经受到了一些基本实验的训练,这是做好光学实验的重要基础.但是光学实验又有它自己的特点.光学实验中遇到的两个最突出的问题,一个是精密仪器的调节和使用,另一个是理论和实验更紧密的结合.光学仪器的精密度较高,这些仪器在投入使用前,首先要进行调整和检验.各光学元件的共轴调节、分光计的调节、迈克尔孙干涉仪的调节等都是光学实验中有代表性的基本训练.仪器的调节不是一个纯粹的技艺问题,判断仪器是否处于正常的工作状态,选

择最有效、最准确的方法,都要求调节者有明确的物理图像。

理论联系实际的问题往往在光学中显得特别突出。如果不掌握基本理论,特别像偏振、干涉等物理光学实验几乎无从做起,更不用说对实验结果进行详细的理论分析了。为了收到好的效果,在实验前,要求学生做好理论上的准备;在实验过程中要尊重客观实际,详尽地观察各种条件下得到的现象,记录有关数据,认真思考,对实验结果作出理论上的分析和解释。这样不仅丰富了实验内容,提高了做实验的兴趣,而且反过来必然有助于巩固理论知识,加深对一些基本原理的理解。

实验课没有系统讲授的环节,各实验基本上由学生独立完成,教师则在课堂上作必要的讲解和指导。实验课能否收到良好的效果与同学的自觉性关系很大。因此,希望学生们做到课前准备充分;课上三勤——手勤(操作、试验、记录),眼勤(观察、比较),脑勤(思考、分析、提问题);课后加以反思,自觉提高科学实验工作的素质,培养动手能力,理论联系实际能力,提出问题和解决问题的能力。

## 二、光学仪器使用的注意事项

当初次接触原来没有使用过的仪器时,必须首先了解它的工作性能,像如何使用,应当注意什么问题等,然后在教师的指导下,才能开始工作,否则,容易造成不应有的损坏,以致影响教学工作的正常进行。

光学仪器是比较精密的仪器,因此比较“娇嫩”,如果使用维护不当,它的光学元件及机械部分都容易被损坏。

## 三、光学仪器常见的损坏原因及操作规则

### 1. 物理和机械的原因

跌落、震动以及挤压造成的损坏,往往使部分或全部元件无法使用;磨损的危害性也很大,当光学元件表面附有不清洁的物质(如尘埃等)时,用手或其它粗糙的东西去擦,致使光学表面留下划痕,轻者使成像模糊,重者根本不能成像。

### 2. 化学的原因

污损(由于手上的油污,汗渍或不洁液体的沉淀物等)、发霉以及酸、碱对光学表面的腐蚀。

### 3. 操作规则

根据以上情况,在使用光学仪器时,必须注意遵守下列规则:

(1) 轻拿、轻放,勿使仪器受震,更要避免跌落到地面。光学元件使用完毕,不得随意乱放,应物归原处。

(2) 在任何时候都不得用手触及光学表面(光线在此表面折射或反射),只能接触磨