



北京市高等教育精品教材立项项目



国家电工电子教学基地系列教材

电路基础实验

Basic Circuit Experiments

◎ 陈同占 吴北玲 养雪琴 张 梅 编著
◎ 杜普选 主审



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



北方交通大学出版社
<http://press.njtu.edu.cn>



北京市高等教育精品教材立项项目

国家电工电子教学基地系列教材

电路基础实验

陈同占 吴北玲 编著
养雪琴 张 梅
杜普选 主审

清华大学出版社
北方交通大学出版社

·北京·

内 容 简 介

本书是国家电工电子教学基地系列教材之一,2002年被列为北京市高等教育精品教材立项项目。书中系统地介绍了电路实验基础知识、实验一般过程、仪器使用、元器件、电子基本测量及电路的设计方法,此外还介绍了电路仿真——虚拟实验的内容。

本书除介绍基本理论和实验方法外,还配置了32个实验。这些实验有的是针对课堂教学,有的则是来源于生活,具有较强的实用性。书中还介绍了12种常见的电子仪器,以满足实验室不同配置的需要。

本书可作为大学电类电路实验教材,也可作为大学高年级学生课程设计及相关专业技术人员的参考书。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础实验/陈同占等编著. —北京:北方交通大学出版社,2003.5

(国家电工电子教学基地系列教材)

北京市高等教育精品教材立项项目

ISBN 7-81082-056-7

I. 电… II. 陈… III. 电路—实验—高等学校—教材 IV. TM13-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第016206号

责任编辑:郭 洁

印刷者:北京东光印刷厂

出版发行:北方交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686045,62237564

清华大学出版社 邮编:100084

经 销:各地新华书店

开 本:787×960 1/16 印张:13.25 字数:300千字

版 次:2003年5月第1版 2003年5月第1次印刷

印 数:5 000册 定价:19.00元

国家电工电子教学基地系列教材

编审委员会成员名单

主 任 谈振辉

副主任 张思东 赵尔沅 孙雨耕

委 员 (以姓氏笔画为序)

王化深 卢先河 刘京南 朱定华 沈嗣昌

严国萍 杜普选 李金平 李哲英 张有根

张传生 陈后金 邹家驷 郑光信 屈 波

侯建军 贾怀义 徐国治 徐佩霞 廖桂生

薛 质 戴瑜兴

总 序

当今信息科学技术日新月异,以通信技术为代表的电子信息类专业知识更新尤为迅猛。培养具有国际竞争能力的高水平的信息技术人才,促进我国信息产业发展和国家信息化水平的提高,都对电子信息类专业创新人才的培养、课程体系的改革、课程内容的更新提出了富有时代特色的要求。近年来,国家电工电子教学基地对电子信息类专业的技术基础课程群进行了改革与实践,探索了各课程的认知规律,确定了科学的教育思想,理顺了课程体系,更新了课程内容,融合了现代教学方法,取得了良好的效果。为总结和推广这些改革成果,在借鉴国内外同类有影响教材的基础上,决定出版一套以电子信息类专业的技术基础课程为基础的“国家电工电子教学基地系列教材”。

本系列教材具有以下特色:

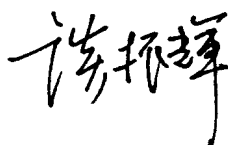
- 在教育思想上,符合学生的认知规律,使教材不仅是教学内容的载体,也是思维方法和认知过程的载体。
- 在体系上,建立了较完整的课程体系,突出了各课程内在联系及课群内各课程的相互关系,体现微观与宏观、局部与整体的辩证统一。
- 在内容上,体现现代与经典、数字与模拟、软件与硬件的辩证关系,反映当今信息科学与技术的新概念和新理论,内容阐述深入浅出,详略得当。增加工程性习题、设计性习题和综合性习题,培养学生分析问题和解决问题的素质与能力。
- 在辅助工具上,注重计算机软件工具的运用,使学生从单纯的习题计算转移到基本概念、基本原理和基本方法的理解和应用,提高了学习效率和效果。

本系列教材包括:

《基础电路分析》、《现代电路分析》、《模拟集成电路基础》、《信号与系统》、《电子测量技术》、《微机原理与接口技术》、《电路基础实验》、《电子电路实验及仿真》、《数字实验一体化教程》、《数字信号处理综合设计实验》、《电路基本理论》、《现代电子线路》(含上、下册)、《电工技术》。

本系列教材的编写和出版得到了教育部高等教育司的指导、北方交通大学教务处及电子与信息工程学院的支持,在教育思想、课程体系、教学内容、教学方法等方面获得了国内同行们的帮助,在此表示衷心的感谢。

北方交通大学
“国家电工电子教学基地系列教材”
编审委员会主任

A stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to Chen Hui, the chief reviewer.

2003 年 2 月

前 言

电路基础理论及电子技术发展到今天,已经建立起成熟的理论体系,其分析方法、解题技巧已日趋完备,计算机辅助分析、电路仿真、计算机自动化设计也越来越多地用来处理电路问题。

然而,任何一种理论,都有它的适用范围和限制条件,而且建立一种理论,不仅是为了解释自然现象和客观规律,更重要、更有意义的是利用这种理论去改造世界,造福于人类。

将一门科学技术、一种理论转化为生产力,其间都要有一个过渡过程,过渡手段就是实验(实践)。通过实验,通过理论与实践之间的磨合,就可以不断完善理论,积累实践经验,将理论进一步发展到应用。本书力求将电路理论过渡到具体应用,在理论与实践之间架起一座桥梁。

长期以来,实验都是作为理论课的辅助教学手段而设置的,其目的是为了验证理论,帮助学生加深对概念的理解,增加学习理论课的兴趣。近年来,尽管人们对实验教学环节在观念上、教学目的上有所改变,但是因受传统观念的影响,重理论、轻实验的现象在不同的方面还有所表现,较为突出的是实验体系的改革及实验内容的设置总是摆脱不了理论课的约束。本书的编写,在这方面做了一些大胆的改革与尝试。

例如,以往学生都是在实验中学习仪器、了解器件。这样做会使部分同学因只注重实验结果,忽视了对仪器的正确使用;而对接触过的器件仅能从外观上认识,谈不上实际使用。本书把仪器使用作为实验课的重点内容之一,单开实验,要求人人必须掌握。对元器件的认识,除了要了解一般特征外,还要重点掌握它们的测试方法和如何使用,在种类上也远远超出了过去在实验中出现的有限几种。本书不是从电路中认识器件,而是要求能用器件去组成电路。在实验的设置上,不追求与理论课的内容一一对应,也不在电路形式上做文章,重点在于通过实验,归纳出对电路的探讨方法和测试手段。

在使用本教材时,应注意以下几点:

——注意理论在实验中的指导作用,强调对实验结果能够做出理论分析和正确解释;

——侧重于基本技能、测量方法、实验方法的掌握和实验经验的积累；

——突出能力的培养和技能的训练。

本书是一本电子技术实验入门教材。在编写时,力图打破传统的实验观念,建立新的实验体系;不以验证理论为目标,重在培养大学生实验能力和技能。本书是一本将理论过渡到实践的指导书,适合大学二年级第一学期使用,内容重点放在了实验基础知识、实验基本过程、基本测量方法和电路设计方法上。另外,电路仿真作为新的实验手段引进了本教材。

本书分为8章。第1章讲述实验课的开设意义与学习方法。第2章介绍实验基础知识,包括用电常识、基本测量常识、实验经历过程、常见故障现象及排除方法等。第3章介绍电子仪器的使用,按种类分别介绍其功能、使用方法、注意事项,不涉及仪器的具体型号。第4章电子元器件,介绍了部分常用无源器件和有源器件的功能、用途及使用方法。第5、6章介绍电子测量方法,其中第5章介绍时域测量方法并讨论了元件参数、电路结构对系统的影响,第6章介绍频域测量方法。第7章介绍电路综合和电路设计,是前几章的拓展和实验的最后环节。第8章电路仿真,介绍虚拟实验方法,是本书引进的新的实验手段。另外,附录A介绍了一些常见新、老电子仪器的使用,附录B介绍了电路仿真软件 MultiSim 2001 的使用。

本书在各章均设置了“讨论与思考”,作为读者学完相关内容后的自我检查和知识面的拓展。实验后的思考题,能帮助实验者更好地达到实验目的。

除第1、2章外,其余各章均分为理论和实验两部分。第1、2章及各章理论内容的大部分或全部,要求学生以自学为主,实验部分在计划学时内进行。由于实验内容较多,而且又受学时的限制,所以可根据需要加以取舍,也可采用多种形式进行教学。

本书第1~6章、第8章为基本教学内容,计划24学时。附录B可根据需要作为实验内容放在第4章后进行(2学时)。第7章的实验,可作为前面相应章节的选做内容,或在课外进行,或采用其他教学方式来完成。

本书第1、2、7章由陈同占编写,第3、4章由吴北玲编写,第5、6、8章及附录B由养雪琴编写,附录A由张梅编写。全书由陈同占主编,杜普选主审。

本书在编写过程中得到许多老师的关心和帮助,杜普选、高岩等对书稿提出了宝贵的建设性意见,闻跃为第8章、附录B的编写提供了大量资料,在此诚意致谢。

由于时间仓促、作者水平有限,书中必然会存在错误及不足之处,望读者批评指正,提出宝贵意见。

作 者

2003年5月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 电路基础实验课的开设意义及目的	1
1.2 本课程的学习方法及要求	2
1.2.1 实验要求	2
1.2.2 本课程与其他相关课程的联系和区别	4
1.2.3 实验课的学习方法	6
1.3 预习报告及实验报告的要求及编写	7
1.3.1 预习报告的编写与要求	7
1.3.2 实验报告的编写与要求	8
讨论与思考	9
第2章 实验基础知识	10
2.1 实验室供电系统及安全用电	10
2.1.1 实验室供电系统	10
2.1.2 零线与保护地线的区别	11
2.1.3 电子仪器的动力电引入及其信号输入输出线的连接	12
2.1.4 安全用电	13
2.2 基本测量	13
2.2.1 电子基本测量的意义	14
2.2.2 电子基本测量的范围	14
2.2.3 基本测量中的几个问题	14
2.3 器件的安装固定与连接	16
2.3.1 器件安装固定与连接的发展过程	17
2.3.2 黑白图的制作方法	18
2.3.3 面包板和通用板	18
2.4 测量结果的处理	20
2.4.1 列表法	20
2.4.2 曲线法	21
2.5 故障检查与排除的一般方法	22
2.5.1 常见故障	22

2.5.2 排除故障的一般方法	23
讨论与思考	25
第3章 基本电子仪器原理与使用	26
3.1 概述	26
3.2 稳压电源及信号源	26
3.2.1 直流稳压电源	27
3.2.2 信号源	28
3.3 测量仪器仪表	30
3.3.1 万用表	30
3.3.2 晶体管毫伏表	34
3.3.3 频率计数器	36
3.3.4 示波器	37
讨论与思考	48
实验 3.1 函数发生器、直流稳压电源及毫伏表的正确使用	48
实验 3.2 示波器的正确使用	49
实验 3.3 仪器性能研究	50
第4章 电子元器件的认知与应用	52
4.1 无源器件	52
4.1.1 电阻器	53
4.1.2 电位器	57
4.1.3 特殊电阻器	58
4.1.4 开关	59
4.1.5 电容器	60
4.1.6 电感器及互感器	65
4.1.7 继电器	68
4.1.8 二极管	69
4.1.9 数码管	72
4.2 有源器件	73
4.2.1 双极型三极管	73
4.2.2 场效应管	76
4.2.3 晶闸管	76
4.2.4 运算放大器	78
4.3 表面安装元件	79
讨论与思考	79
实验 4.1 器件识别与检测	80
实验 4.2 器件特性研究	80
实验 4.3 器件的应用	82

第 5 章 电路的时域测量	83
5.1 电路的响应	83
5.1.1 零输入响应	83
5.1.2 零状态响应	84
5.1.3 完全响应	84
5.1.4 暂态响应及暂态响应波形的观测方法	85
5.2 一阶 RC 电路研究	86
5.2.1 一阶 RC 时间常数的测量	86
5.2.2 一阶 RC 积分电路	89
5.2.3 一阶 RC 微分电路	90
5.3 二阶 RLC 电路的时域特性	90
5.3.1 二阶 RLC 串联电路的响应	91
5.3.2 二阶 RLC 串联电路的状态轨迹	93
讨论与思考	94
实验 5.1 一阶 RC 电路的研究	95
实验 5.2 二阶 RLC 电路的响应与状态轨迹	96
第 6 章 电路的频域测量	99
6.1 网络函数	99
6.2 策动点阻抗的测量	100
6.3 传输电压比的测量	101
6.3.1 逐点描绘测量法	101
6.3.2 频率特性测试仪测量法	102
6.4 电平的概念	102
6.5 频率特性曲线的绘制	104
6.6 RLC 串联谐振电路的测量	104
6.6.1 串联谐振电路谐振频率和品质因数的测量	104
6.6.2 谐振曲线和通频带的测量	105
讨论与思考	106
实验 6.1 策动点阻抗的测量	106
实验 6.2 一阶 RC 电路频率特性的研究	107
实验 6.3 二阶 RLC 电路频率特性的研究	109
第 7 章 实验综合与电路设计	111
7.1 概述	111
7.2 实验综合	111
7.2.1 实验综合的意义	111
7.2.2 实验综合任务	112

7.2.3 实验综合方法	112
7.3 电路设计	113
7.3.1 电路设计的一般步骤	114
7.3.2 选题立项	114
7.3.3 制订方案	114
7.3.4 电路设计	115
7.3.5 搭接实验电路	119
7.3.6 测试调整	120
7.4 设计实例	120
7.4.1 直流稳压电源设计	120
7.4.2 加法器设计	123
讨论与思考	124
实验 7.1 仪器内阻对测量的影响	124
实验 7.2 特殊(幅度、频率)信号的测量	125
实验 7.3 0~60 dB 衰减器的设计与实现	126
实验 7.4 可变电阻网络设计与实现	126
实验 7.5 整流电路研究	127
实验 7.6 数码管的测试与应用	127
实验 7.7 继电器的测试与应用	128
实验 7.8 整流与滤波电路的研究与设计	129
实验 7.9 0~180°移相器的设计实现	129
实验 7.10 音频分路电路的设计与实现	130
实验 7.11 接收机接收电路设计	130
实验 7.12 波形转换电路的设计与实现	131
实验 7.13 555 芯片输出波形的观测及振荡频率的确定	132
实验 7.14 基本运算单元电路的设计与实现	132
实验 7.15 反相器与比较器电路的设计与实现	133
实验 7.16 波形产生及波形转换电路的设计	133
实验 7.17 四路直流稳压电源的设计与实现	134
实验 7.18 3 位半数字电压、电流表的设计与实现	134
第 8 章 电路仿真	135
8.1 用虚拟工作台方式仿真电路	135
8.2 直流工作点分析	137
8.3 交流分析	138
8.4 瞬态分析	139
8.5 参数扫描分析	140

8.6 直流小信号传递函数分析	141
8.7 零极点分析	142
实验 8.1 直流电路分析	143
实验 8.2 电路的时域分析	145
实验 8.3 电路的频率特性	147
附录 A 常见仪器的使用说明	150
A 1 MF30 型万用表	150
A 1.1 功能简介	150
A 1.2 技术指标	150
A 1.3 面板图及说明	150
A 1.4 使用方法及注意事项	151
A 2 DT930FD 型万用表	152
A 2.1 功能简介	152
A 2.2 技术指标	153
A 2.3 面板图及说明	153
A 2.4 使用方法及注意事项	153
A 3 ZX21a 型旋转式电阻箱	156
A 3.1 技术指标	156
A 3.2 面板图及说明	156
A 3.3 使用注意事项	157
A 4 YB1631 型功率函数发生器	157
A 4.1 功能简介	157
A 4.2 技术指标	157
A 4.3 面板图及说明	157
A 4.4 使用方法及注意事项	159
A 5 YB1639 型函数发生器	159
A 5.1 功能简介	159
A 5.2 技术指标	159
A 5.3 面板图及说明	160
A 6 YB1610 函数信号发生器	161
A 6.1 功能简介	161
A 6.2 技术指标	161
A 6.3 面板图及说明	162
A 6.4 使用方法	163
A 7 XD 22 型低频信号发生器	164
A 7.1 功能简介	164
A 7.2 技术指标	164

A 7.3 面板图及说明	165
A 7.4 使用方法及注意事项	166
A 8 YB1731 型直流稳压电源	166
A 8.1 功能简介	166
A 8.2 技术指标	167
A 8.3 面板图及说明	167
A 8.4 使用方法	168
A 9 DA-16FS 双路晶体管毫伏表	168
A 9.1 功能简介	168
A 9.2 技术指标	169
A 9.3 面板图及说明	169
A 9.4 使用方法及注意事项	169
A 10 YB2173 交流毫伏表	170
A 10.1 功能简介	170
A 10.2 技术指标	170
A 10.3 面板图及说明	170
A 10.4 使用方法及注意事项	171
A 11 YB4320 双踪示波器	172
A 11.1 功能简介	172
A 11.2 技术指标	173
A 11.3 面板图及说明	174
A 11.4 使用方法及注意事项	176
A 12 GOS-620 20MHz 双踪示波器	177
A 12.1 功能简介	177
A 12.2 技术指标	177
A 12.3 面板图及说明	179
A 12.4 使用方法	181
附录 B 电路仿真软件 MultiSim 2001 使用简介	182
B 1 软件界面	182
B 1.1 Electronics Workbench 和 MultiSim 2001 简介	182
B 1.2 MultiSim 2001 主窗口	182
B 1.3 菜单栏	183
B 1.4 设计工具栏	186
B 1.5 元件工具栏和仪表工具栏	186
B 2 软件基本操作	188
B 2.1 创建电路	188
B 2.2 常用元件参数设置	190
B 2.3 虚拟仪器	193
参考文献	198

第1章 绪 论

提要 本章简要介绍了开设实验课的意义、任务、特点及学习方法,明确了预习、实验、总结三个阶段的任务并提出了要求,这些内容对本书的学习有指导意义。

1.1 电路基础实验课的开设意义及目的

电路基础实验是进入技术基础课学习阶段后的第一门实验课。它以应用理论为基础、专业技术为指导,是一门操作性很强的课程,并侧重于理论指导下的实践、技能的培训及综合能力的提高,旨在将所学理论过渡到应用,为后续实验课、技术基础课、专业课的学习及今后的工作打下一个良好的基础。

从中学到大学,同学们已习惯了课上听老师讲,课下消化、完成作业的学习方法,并逐渐学到了理论课教师的思维方式和处理问题的方法,具有了理论知识的求知欲和接受知识的主动性、自觉性。但在学习理论和完成作业的同时,可能会有这样的疑问:现在所学的知识究竟用在哪里?可以解决哪些实际问题?电路基础实验课的开设,其目的就是为大家提供一把打开这些疑问之门的钥匙,同时为改造自然、开拓未来的事业打下坚实的基础。

由于本课与理论课关系密切及历史原因,在传统观念的影响下,该课的开设意义及其重要性容易被人们忽视。但社会用人单位反馈的信息告诉我们,只重视理论而轻视实验、放松能力的培养,往往与社会的需求不相适应。因此,这一问题逐渐被高等学校所重视,并采取了相应措施及教学改革,不断改进和加强实践教学环节,使学生的动手能力得到更好的培养。

进入 21 世纪,人们已生活在市场经济体制社会中。在市场经济体制下,一个人的综合能力、创新能力的强弱显得更为突出。同学们将来要在社会上找到自己的位置,取得施展抱负、获得成功的一席之地,单凭扎实的理论基础还不够,还必须具有一定的实践经验和动手能力,而这些能力在进入社会之前就应打下一定基础。实验课就是围绕着能力的培养而设置的,为的是当同学们走上社会时赢得主动,尽快适应新环境,进入新角色,使自己多年的抱负变为现实。

电路基础实验是实际能力及技能培养教学环节的入门课程,它的开设有别于中学及大学物

理中的实验,已不再只是为了巩固理论知识、验证某个定理,或者观察几个电路的功能是否与理论一致,而是侧重于在实验室这个模拟现场的环境里,逐步学会运用从书本中学到的理论知识,去培养分析、解决实际问题的能力,了解将理论转化为生产力的各个环节和过程。

电路基础实验既然是入门课程,那么同学们在本课学习中就不要期望有什么惊人的事情发生,自己的努力也未必能取得令人振奋的成果;相反,大家接触到的多为一些简单的、基本的、甚至有点枯燥、教条的内容。但这是未来工程师所必须具备的,对开始涉足工程问题的初学者来说,这些都是最基础的、非常重要的,也是最容易出错的问题。本课中遇到的、要解决的就是这些表面上看似很简单、很教条的问题,但它们却是今后工作道路上的铺路石,是通往成功之路的先决条件。

本课要讨论并要求掌握的内容有以下几个方面:

- (1) 实验室基本常识;
- (2) 电子仪器的正确使用;
- (3) 常见电子器件的识别与应用;
- (4) 基本电子测量方法;
- (5) 实验结果的分析与数据处理;
- (6) 实验报告的撰写;
- (7) 严谨的科学实验态度及良好的操作习惯;
- (8) 善于发现问题、分析问题、解决实际问题的能力。

通过以上诸方面的学习,使同学们对实验的意义有一个正确认识,在实验方法、技巧及综合动手能力方面得到锻炼,并初步掌握如何运用所学理论知识去指导具体操作,了解进行实验要经历哪些步骤,对理论与实践的关系建立起一定的感性认识,掌握实验报告的撰写方式等,以便为后续实验课的学习及今后的工作奠定良好的基础。

1.2 本课程的学习方法及要求

实验课的学习有别于理论课。为了学好本课,掌握一个好的学习方法、养成良好的学习习惯是必要的,同时按照一定的要求去做也是必须的。

1.2.1 实验要求

实验课与其他理论课相比,具有自己的特殊性。一是受环境的限制。该环境是由实验室空间、室内设备及实验秩序构成,实验环境的好坏,直接影响着实验课的开设及教学效果。二是操作性强。实验课除了面对课堂和书本外,还要面对各种各样的仪器。要想完成学习任务、达到实验目的,首先需要了解这些仪器的功能、特点,熟悉它们的操作规程,掌握正确的使用方法。要做到这点,同学们必须多接触仪器,通过实际操作,不断地积累经验,以掌握正确的使用(测量)方法和技巧。

由于上述这些特点,同学们在学习本课时要做到:

- (1) 不得缺勤、迟到;
- (2) 自觉地维护实验室秩序,保持一个好的实验环境;
- (3) 要做到脑勤、手勤,既动手又动脑,要先想到、后手到,避免盲目操作;
- (4) 实验中要胆大心细,不断积累实践经验;
- (5) 认真对待实验课的各个教学环节,养成良好习惯;
- (6) 要遵守实验室制订的一切规章制度。

实验中对胆大心细的要求是为了防止两种倾向:一是当对仪器的使用还不熟练时,面对着各种仪器和仪器上的各种旋钮、开关、按键,感到无从下手,具有害怕心理,怕万一操作不当会损坏仪器;或者是调出了一个结果,虽不理想,但不敢进一步做调整,怕把这个不理想的结果丢掉。这些都是对仪器还不熟悉、操作不熟练的表现,此时就需要大胆地按照操作规程及基本要求去进行操作、调整,以便尽快地熟悉并掌握仪器;如有困难,可在指导教师的帮助下进行。二是要心细,就是要求在仪器的调整及实验的操作过程中不要盲动,对每一步操作要有目的,对每项测量要做到心中有数,以免造成不良后果。

另外,在学习过程中还要摆正并处理好以下几个关系。

1. 获取数据与仪器的正确使用

在实验中,获取正确的实验数据是大家都比较关心的,但掌握仪器的正确使用更为重要。如果仪器能够正确使用,就不难得到正确的实验数据;相反,如果仪器的使用没有真正掌握,虽本次实验可能获得正确数据,但下次不一定也能获得,现在获得了,将来并不一定能获得。

2. 实验结果与实验方法

在对待实验结果与实验方法的关系中,应侧重实验方法的掌握。要看到所做的每个实验都是教学手段,掌握实验的方法、得出某种结论和规律才是目的。每次实验取得成功固然重要,但更重要的是掌握成功的方法,不要认为得到了实验结果就算完成了实验任务。

3. 个体表现与普遍规律

在学习仪器使用时,不可能将所有种类、所有型号的仪器一一讲述,学习器件、考察电路及研究电路特性时也是如此。因此,要善于从个体表现中总结出普遍规律,举一反三,只有这样,才能在有限的学时内掌握更多的学习内容。

4. 一般方法与特殊情况

实验课上介绍的多为一般方法,具有普遍性和指导性。涉及具体问题时,可能会遇到特殊情况。此时如果能对所学方法灵活运用,具体问题具体分析,就会取得事半功倍的效果。

5. 成功与失败

实验时,有时会很顺利,有时却不然。可能会走弯路或碰到这样那样的问题,甚至经过一切努力,最后发现结果却是错误的。此时应认识到:目前的成功与失败并不重要,重要的是关注成功与失败的经验。实验失败了,只要认真总结经验,找出失败原因,就可以避免以