



中等职业技术学校教材

电工基础学习 辅导与练习

江苏省教育委员会 编 周绍敏 主编



高等教育出版社

中等职业技术学校教材

电工基础学习辅导与练习

江苏省教育委员会 编

周绍敏 主编

高等教育出版社

(京) 112号

内 容 提 要

本书是与中等职业技术学校电子电器、电工类专业教材《电工基础》配套的学习辅导与练习。

本书紧密结合教材,每单元包括:内容提要、解题示例、习题和单元测验四部分。内容提要简述全单元的基本内容及重点、难点知识,并作出一些分析和讨论,解题示例着重分析解题方法,阐明解题思路,以帮助学生提高分析解决问题的能力;习题题型一般分为选择题、填充题、实验题、问答和计算题等,通过习题和练习,帮助学生加深对所学基本概念和基本规律的理解,以巩固所学知识。单元测验供学生检查学习效果。最后附有习题答案供查阅。

本书可作为职业高中、技工学校电子电器和电工专业的教学参考书,也可作为成人中等职业教育的培训用书。

中等职业技术学校教材

电工基础学习辅导与练习

江苏省教育委员会 编

周绍敏 主编

*

高等教育出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

中国科学院印刷厂印装

*

开本787×1092 1/32 印张 7.25 字数 160 000

1994年4月第1版 1994年9月第2次印刷

印数 40 036—51 043

ISBN7-04-004810-8/TM·237

定价 3.25 元

前 言

本书是为了帮助学生学习的电工基础课程，理解并掌握基本概念和基本规律，培养分析问题和解决问题的能力，按照职业高中(电子、电工类)所用电工基础教材的体系和教学要求而编写的。本书内容紧密结合教材，力求对教材的重点、难点和学生容易混淆的一些概念，进行系统的分析和归纳，并配备一定数量的练习题。

本书基本按照教材的章节次序进行编写，每单元均包括：内容提要、解题示例、习题和单元测验四部分。内容提要简述全单元的基本内容及重点、难点、并作出一些分析和讨论，介绍编者的教学体会和学习方法。解题示例着重分析解题方法，阐明解题的思路，并对部分题目所得结果进行一些讨论，以帮助学生提高分析问题解决问题的能力。习题类型一般分为选择题、填充题、实验题、问答和计算题等，通过习题的练习，帮助学生加深对所学基本概念和基本规律的理解，以巩固所学知识。单元测验供学生检查学习效果。最后附有习题答案供查阅。标题前标有*号的为选学内容。

本书由北京市职教中心刘志平老师审阅，提出了很多宝贵意见和修改建议，在此深表谢忱。

由于编者水平和教学经验所限，对每单元教学要求的理解和例题、习题的选择一定存在许多不妥之处，望广大读者多多提出宝贵意见，深表谢意。

编者

92.7

解题注意事项

正确解题是学好电工基础课的重要环节。解题可以复习、巩固所学的知识，加深对基本概念和基本规律的理解，培养分析问题和解决问题的能力。所以要学好电工这门课，必须解决如何解好电工习题的问题。

一、解题的要求

1. 先复习，后解题。

解题前必须首先复习好书中的有关内容，搞清基本概念，记熟基本公式。有些学生为应付当天的作业，不太注意知识的复习而忙于演算习题，他们错误地认为检查知识掌握与否的标准是能否顺利解答当堂留下的作业。这一认识是很片面的，其实学生在课堂上学到的不仅是知识，更重要的是能力（即学会思考问题的方法和表达思想的能力），而每节课后所布置的作业却难以对这些能力作全面的巩固和检查，因而不重视复习而忙于去完成作业是不行的。

2. 解题规范，书写整洁。

解题书写要规范，一般分已知、求、解和答。解题字迹要清楚、端正。作图要用圆规、直尺等绘图工具，图中的符号、单位要仔细标明，不能遗漏。

3. 一题多解，开阔解题思路。

如果在用一种方法解题之后，认真考虑能否采用其它解法，这对于开阔解题思路，认识解题方法的多样性大为有益。对于认识各种规律的内在联系，提高分析问题解决问题的能力是有很有效的。一题多解虽非一件容易的事，但贵在坚

持，只有这样才能由难到易，学好学活知识。

4. 一题多议，提高思维能力。

解题之后，除了看能不能一题多解以外，还应该再想一想：习题的结论是否合理？结论的物理意义是什么？结论能说明一些什么问题？如果习题的某些条件变化，结果将怎样变化？等等。这样想过之后，可以加深对知识的理解和对各部分知识之间联系的认识，提高逻辑思维能力和自学能力。

二、解 题 步 骤

1. 审明题意，找出已知量和未知量。

2. 迅速判断出要应用的定理、定律、概念和公式，将已知量和未知量联系起来。

3. 根据已考虑好的解法，写出公式，建立方程或方程组。

4. 将已知量代入公式进行计算，求得结果。

5. 验证答案的正确性：

(1) 检查所用公式及公式的适用条件是否正确；

(2) 检查公式中各物理量的单位是否符合公式的要求；

(3) 检查结果是否正确，是否符合实际，单位是否正确；

(4) 如问题中有正负号时，要检查符号是否正确，有无遗漏；

(5) 如问题中要求作图（电路图、相量图等）时，要检查图是否正确，符号、刻度、单位有无遗漏。

目 录

解题注意事项	(1)
一、解题的要求	(1)
二、解题步骤	(2)
第一单元 简单直流电路	(1)
一、内容提要	(1)
二、解题示例	(10)
三、习题	(16)
四、单元测验	(29)
第二单元 复杂直流电路	(34)
一、内容提要	(34)
二、解题示例	(42)
三、习题	(51)
四、单元测验	(59)
第三单元 电容	(65)
一、内容提要	(65)
二、解题示例	(70)
三、习题	(77)
四、单元测验	(87)
第四单元 磁场和电磁感应	(92)
一、内容提要	(93)
二、解题示例	(103)
三、习题	(109)
四、单元测验	(120)
第五单元 正弦交流电路	(126)
一、内容提要	(126)

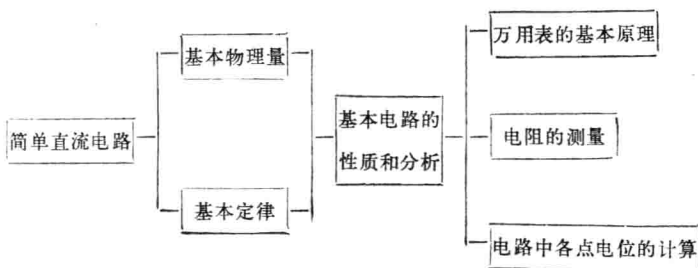
二、解题示例	(136)
三、习题	(144)
四、单元测验	(158)
第六单元 三相正弦交流电路	(162)
一、内容提要	(162)
二、解题示例	(165)
三、习题	(169)
四、单元测验	(176)
第七单元 变压器和交流电动机	(181)
一、内容提要	(181)
二、解题示例	(188)
三、习题	(194)
四、单元测验	(204)
附录 习题答案	(209)

第一单元 简单直流电路

简单直流电路把物理学和本课程联系起来，起到承前启后的作用，并为学习本课程打好基础。

本单元从电流、电压、电阻、电动势、电功和电功率这些基本物理量出发，以欧姆定律、电阻定律、焦耳定律为核心，研究了一些基本电路的性质以及伏特表、安培表和万用表等基本仪表的原理和使用方法。有些内容虽已在物理课中学过，但本单元在讲解这些内容时与物理课的侧重有所不同，它不是简单的重复，而应该达到温故知新的目的。

本单元的知识体系如下表所示：



一、内容提要

1. 电路

任何复杂的纯电阻电路可以归结为由四部分组成：电源、用电器、开关和导线。电路各部分的作用是：电源将其它形式的能转变为电能；用电器将电能转变为其它形式的

能；开关将电路接通或断开；导线将上述各部分连接起来。

2. 电流和电流强度

(1) 电荷的定向移动叫做电流。电流的方向 为正 电荷定向移动的方向。

形成电流必须具备两个条件：①要有能够自由移动的电荷——自由电荷。在金属导体中的自由电荷是自由电子；在电解液中的自由电荷是正、负离子。②导体两端必须保持一定的电位差（即电压）。

(2) 电流强度：描述电流强弱的物理量。

①定义式
$$I = \frac{q}{t}$$

式中若电量 q 的单位用库仑（C），时间 t 的单位用秒（s），则电流强度 I 的单位用安培（A）。

②电流强度是标量。电流强度的大小可用安培表直接测量。

3. 电阻和电阻定律

(1) 电阻是表示导体对电流阻碍作用的物理量。

(2) 金属导体电阻的大小是由它的长短、粗细及材料的性质等因素决定的。电阻定律则揭示了导体电阻与这些因素间的定量关系：在温度不变时，导体的电阻和它的长度成正比，而和它的横截面积成反比。即

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中 ρ 是一个反映材料导电性能的物理量，称为电阻率，单位为欧姆·米（ Ωm ）。式中其它各物理量的单位为：电阻 R 的单位用欧姆（ Ω ），长度 l 的单位用米（m），横截面

积 S 的单位用米² (m²)。

(3) 金属导体的电阻还与温度有关。如果在温度为 t_1 时, 导体的电阻为 R_1 , 在温度为 t_2 时, 导体的电阻为 R_2 , 则

$$R_2 = R_1[1 + \alpha(t_2 - t_1)]$$

式中 α 称为电阻的温度系数。

4. 欧姆定律

(1) 部分电路欧姆定律

$$I = \frac{U}{R}$$

式中电压 U 的单位用伏特(V), 电流强度 I 的单位用安(A), 电阻 R 的单位用欧(Ω)。

在理解和运用该定律时要注意以下几点:

① R 、 U 、 I 必须属于同一段电路。

② 不可把三个量间的因果关系与数量上的联系混为一谈。

从电流形成条件的角度来分析: 导体两端存在电压是因, 而导体中形成电流是果。欧姆定律则揭示了由导体两端电压决定导体中电流强度的规律性。 U 、 I 之间的这种联系是因果关系。

在运用欧姆定律解决具体问题时, 已知三个量中任意两个量, 即可求出第三个量。这仅仅是利用了三个量之间数量上的联系。

③ 运用欧姆定律计算电阻时, 即 $R = \frac{U}{I}$ 。这仅仅意味着

利用加在电阻两端的电压和通过电阻的电流强度来量度电阻的大小, 而绝不意味着电阻是由电压和电流强度决定的。无

论加在电阻 R 两端的电压取何值，电压 U 和相应的电流强度 I 的比值总是不变的。

④适用条件：适用于金属或电解液导电。

(2) 闭合电路欧姆定律

电流形式表达式：
$$I = \frac{E}{R + r}$$

电压形式表达式：
$$E = IR + Ir = U + U'$$

在理解和运用该定律时要注意以下几点：

①闭合电路中形成电流的条件是必须含有电源电动势。

闭合电路的欧姆定律揭示了由电源电动势和电路结构决定闭合电路中电流强度的规律。

②电动势 E 是反映电源内非静电力搬运电荷作功能力的物理量，其定义式为
$$E = \frac{W}{q}。$$

电动势 E 和内电阻 r 均是由电源决定的参数。

③外电路电阻 R 是由外电路的结构（外电路中用电器间的连接关系）决定的。外电路结构发生变化时，外电路电阻 R 随之发生变化，与之相应的电路中的电流强度、电压分配关系以及功率消耗等都要发生变化。所以在运用闭合电路欧姆定律解决具体问题时，一定要注意对电路结构的分析。

④路端电压随外电路电阻变化的规律是：电路处于导通工作状态时，路端电压随外电路电阻的增大而增大，随外电路电阻的减小而减小；电路处于断路状态（即外电路电阻增至无穷大）时，电路中电流强度 $I = 0$ ，电源内电路的电压降 $U' = 0$ ，这时路端电压最大，数值等于电源电动势，即 $U_{\text{端}} = E$ ；电路处于短路状态（即外电路电阻减为零）时，电路中电流强度
$$I = \frac{E}{r}，$$
 电源内电路的电压降 $U' = E$ ，这

时路端电压最小，数值等于零，即 $U_{\text{端}} = 0$ 。

⑤适用条件：外电路为纯电阻电路。

5. 电路中的能量转换

(1) 电流通过用电器做功时，将电能转化为其它能。

电流做功的计算： $W = UIt$

电功率的计算： $P = UI$

焦耳定律：电流热效应的规律。

电热： $Q = I^2 Rt$

热功率： $P_{\text{热}} = I^2 R$

以上公式中，电功 W 的单位用焦耳 (J)，电功率 P 和热功率 $P_{\text{热}}$ 的单位用瓦特 (W)，电热 Q 的单位用焦耳， U 、 I 、 R 、 t 的单位分别用伏特、安培、欧姆和秒。

(2) 电功和电热的关系

在只有电阻的电路中，通过电流做功的过程将电能全部转化为电路的内能。这时电功和电热的数值是相等的，即

$$W = Q = UIt = I^2 Rt = \frac{U^2}{R}t$$

$$P = P_{\text{热}} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

在非纯电阻电路（如接有电动机、电解槽等用电器的电路）中，通过电流做功的过程将电能的一部分转化为电路的内能，而电能的另一部分转化为其它形式的能（如机械能、化学能等）。这时电功和电热的数值是不等的，即

$$W = UIt \quad Q = I^2 Rt$$

$$P = IU \quad P_{\text{热}} = I^2 R$$

且 $W > Q$

$$P > P_{\text{热}}$$

(3) 电源的功率和电源输出功率

电源内通过非静电力搬运电荷做功将其它形式的能转化为电能，其转化功率称为电源的功率。即

$$P = EI = \frac{E^2}{R+r}$$

电源的功率在内外电路上的分配：

①分配给内电路的功率称为电源内阻消耗的功率。即

$$P_{\text{内}} = I^2 r = \frac{E^2 r}{(R+r)^2}$$

②分配给外电路的功率称为电源输出功率。即

$$P_{\text{出}} = UI = \frac{E^2 R}{(R+r)^2}$$

③电源输出功率随外电路电阻变化的规律是：当外电路电阻小于电源内电阻时，电源输出功率随外电路电阻的增大而增大；当外电路电阻大于电源内电阻时，电源输出功率随外电路电阻的增大而减小；当外电路电阻等于电源内电阻时，电源输出功率最大，其值为 $P_{\text{最大}} = \frac{E^2}{4r}$ 。

6. 串、并联电路

(1) 串联电路的特点：

①通过各个电阻的电流强度相同，即

$$I_1 = I_2 = I_3 = \dots\dots = I$$

②串联电路两端的总电压等于各个电阻两端电压之和，即

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots\dots U_n$$

而且各个电阻两端的电压与其阻值成正比，即

$$U_1 : U_2 : U_3 : \dots\dots U_n = R_1 : R_2 : R_3 : \dots\dots : R_n$$

若只有两个电阻串联，则

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U \quad U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$$

③串联电路的总电阻等于各电阻之和，即

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

④串联电路消耗的总电功率等于各个电阻消耗的电功率之和，即

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$

而且各个电阻消耗的功率与其阻值成正比，即

$$P_1 : P_2 : P_3 : \dots : P_n = R_1 : R_2 : R_3 : \dots : R_n$$

(2) 伏特表的改装

运用串联电路的分压作用可完成伏特表的改装，即将电流表与一个分压电阻相串联，便把电流表改装成了伏特表。

分压电阻的大小可根据伏特表所需的量程由串联电路电压分配规律计算出。若将满偏电流为 I_g 、内阻为 R_g 的电流表，改装成量程为 U 的伏特表，这时需串联一个阻值 $R =$

$$\frac{U}{I_g} - R_g \text{ 的分压电阻。}$$

(3) 并联电路的特点

①各个电阻两端的电压相同，即

$$U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n = U$$

②通过并联电路的总电流强度等于各支路电流强度之和，即

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

而且通过各支路的电流强度与支路电阻成反比，即

$$I_1 : I_2 : I_3 : \dots : I_n = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} : \dots : \frac{1}{R_n}$$

若只有两个电阻并联，则

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$$

③ 并联电路总电阻的倒数等于各个电阻倒数之和，即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

若只有两个电阻并联，则

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

④ 并联电路消耗的总电功率等于各个电阻消耗电功率之和。即

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$$

而且各个电阻消耗的功率与其阻值成反比。即

$$P_1 : P_2 : P_3 : \dots : P_n = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} : \dots : \frac{1}{R_n}$$

(4) 安培表的改装

运用并联电路的分流作用可完成安培表的改装，即将电流表与一个分流电阻相并联，便把电流表改装成了安培表。

分流电阻的大小可根据安培表的量程由并联电路电流分配规律算出。若将满偏电流为 I_g 、内阻为 R_g 的电流表改装成量程为 I 的安培表，这时需并联一个阻值 $R = \frac{I_g}{I - I_g} R_g$ 的分流电阻。

7. 电池组

(1) n 个相同的电池串联成电池组时

$$E_{\text{串}} = nE \quad r_{\text{串}} = nr$$

(2) n 个相同的电池并联成电池组时

$$E_{\text{并}} = E \quad r_{\text{并}} = \frac{r}{n}$$

8. 电阻的测量

(1) 伏安法

伏安法是根据欧姆定律测量电阻的方法。由于考虑到伏特表和安培表的内阻对测量结果的影响，测量电路可采用两种接法——外接法和内接法。在进行电阻测量时，可根据具体测量条件在两种电路接法中作选择：当被测电阻 $R \gg$ 安培表内阻 R_A 时，采用安培表内接法；当被测电阻 $R \ll$ 伏特表内阻 R_V 时，采用安培表外接法，以达到减小由测量仪表引起的测量误差的目的。

(2) 电桥法

电桥法是利用电桥平衡条件测量电阻的方法。图1-1所示为惠斯通电桥电路。桥臂 R_1 、 R_2 为固定电阻，桥臂 R_3 为可变电阻，桥臂 $R_4 = R_x$ 为被测电阻。用惠斯通电桥测量电阻时，通过调节可变电阻 R_3 ，直至按下电键 S 时电流表 G 指针不发生偏转，这时说明电桥处于平衡。根据电桥平衡条件可得

$$\frac{1}{R_2} = \frac{R_3}{R_x}$$

即

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1}$$

若采用滑线式电桥（如图1-2）测量电阻，则电桥平衡时

$$R_x = \frac{L_2}{L_1} R$$

9. 电路中电位的计算