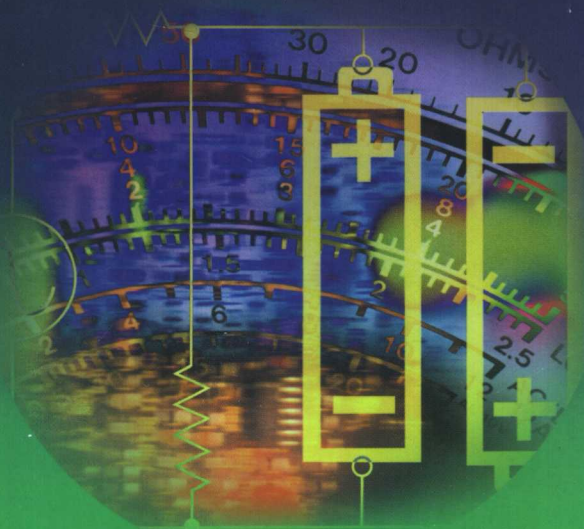


国家职业教育培训规划教材
高等职业院校非电类专业通用教材

电 工 学

DIANGONGXUE

常永坤 张胜来 主编



国家职业教育培训规划教材
高等职业院校非电类专业通用教材

电 工 学

常永坤 张胜来 主 编

山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工学/常永坤,张胜来主编. — 济南:山东大学出版社,2006.8
ISBN 7-5607-3232 -1

I. 电...

II. ①常... ②张...

III. 电工学—专业学校—教材

IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 093119 号

山东大学出版社出版发行

(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码:250100)

山东省新华书店经销

莱芜市圣龙印务有限责任公司印刷

787×1092 毫米 1/16 12 印张 274 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定价:18.00 元

版权所有,盗印必究

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社营销部负责调换

编审指导委员会

主任委员	常永坤	张胜来		
副主任委员	孙式灵	王洪龄	高念文	陈力
	苑显臣	郑开阳		
委员	张伟	胡安水	李宗明	陶晓军
	赵文杰	李全亮	张宗伟	赵大华
	刘希震	霍登云		
主编	常永坤	张胜来		
副主编	孙式灵	王洪龄	陶晓军	赵大华
编者	李敬梅	董传刚	张守全	丁庆云
	苑龙俊	邵长风	王业敏	杨永
	杨敬东	李庆山	蒋安堂	梁峰
	王次年	刘建全		

前 言

随着我国国民经济的迅猛发展,科学技术也发生了日新月异的变化,目前,我国高等职业院校教材却相对滞后,不能跟上时代发展步伐,给教学工作带来了很大困难。为此,在充分考虑各地区高等职业院校对教材的不同要求,体现教学改革的成果,充实新知识,给学生以发展后劲,本着实用、共用、管用的原则,根据高等职业院校培养目标,运用任务驱动法这一先进的教学模式,我们组织编写了这本《电工学》教材。

经审定,本书可作为非电工类高等职业院校教材,也可作为中级技工的培训教材。

本书由常永坤、张胜来主编,孙式灵、王洪龄、陶晓军、赵大为副主编,参加编写工作的还有:李敬梅、董传刚、张守全、丁庆云、苑龙俊、邵长风、王业敏、杨永、杨敬东、李庆山、蒋安堂、梁峰、王次年、刘建全。

限于编者水平所限,加上时间仓促,书中难免有不妥之处,敬请广大读者和有关专家教授不吝批评指正。

21世纪高等教育系列教材编审指导委员会
2006年9月

目 录

模块一 直流电路	(1)
课题一 电路中常用物理量	(1)
课题二 欧姆定律及其应用	(9)
课题三 电阻的串联、并联及其应用	(12)
课题四 电功与电功率	(20)
课题五 基尔霍夫定律	(23)
模块二 磁与电磁	(28)
课题一 磁的基本知识	(28)
课题二 电与磁的相互作用	(36)
课题三 自感与互感	(44)
模块三 正弦交流电路	(53)
课题一 正弦交流电的基本概念	(53)
课题二 正弦交流电的三种表示方法	(57)
课题三 单相正弦交流电路	(60)
课题四 三相正弦交流电路	(70)
课题五 变压器	(78)
模块四 电动机及其基本控制线路	(84)
课题一 三相异步电动机的基本结构和原理	(84)
课题二 三相笼式异步电动机的启动控制线路	(92)
课题三 三相笼式异步电动机的正反转控制线路	(106)
课题四 交流电动机调速	(111)
课题五 交流电动机的制动	(115)
课题六 CA6140 车床电气控制线路图识读	(120)
课题七 电气控制系统在运行中的监视和常见故障	(125)

2 电 工 学

课题八 可编程序控制器(PLC)简介	(127)
模块五 照明电路	(133)
课题一 电力系统基本知识	(133)
课题二 照明电路的安装与维修	(136)
课题三 安全用电基本常识	(149)
模块六 电子技术基础知识	(158)
课题一 直流稳压电源	(158)
课题二 共发射极放大电路	(168)
课题三 集成运算放大器简介	(178)
附 录	(182)
附录 1 常用物理量及其计量单位	(182)
附录 2 部分单位词头说明	(183)
附录 3 几种常见电阻器的外形	(183)
附录 4 半导体器件型号命名方法	(184)

模块一 直流电路

课题一 电路中常用物理量

【知识点】 电路的组成,有关基本物理量的意义、单位、符号。

【技能点】 基本物理量的测量。

任务一 电路与电路图认识

一、任务描述

把一个灯泡通过开关、导线和干电池连接起来,如图 1-1(a)所示,当合上开关,我们发现灯泡就亮起来了。请思考为什么?

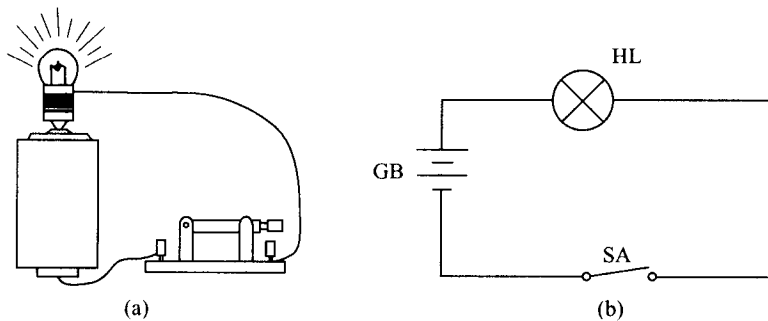


图 1-1 电路和电路图

二、任务分析

灯泡亮起来,是因为开关闭合,电池与灯泡通过导线接通,构成一个照明电路,有电流流过灯泡。那么什么是电路,如何表示电路呢?

三、任务实施

所谓电路就是电流的通路,为了某种需要由某些电工设备或元件按一定方式组合起来的。电路可以由电路图来表示,图中的设备或元件用国家统一规定的符号表示。图 1-1(b)就是图 1-1(a)的电路图。

由图 1-1 可见,电路是由电源、负载、开关和连接导线四个基本部分组成。电源是把

非电能转换成电能的装置,如发电机、干电池等。负载是把电能转换成其他形式能量的装置,如电灯、电炉、电烙铁、扬声器、电动机等一切用电设备。开关是接通或断开电路的控制元件。连接导线把电源、负载及开关连接起来,组成一个闭合回路,起传输和分配电能的作用。

四、课堂训练与测评

1. 电路由几部分组成?
2. 电路通常有几种状态?

任务二 电路中常用物理量及其测量

一、任务描述

在定性或定量分析电路的工作状态时,经常要用到电流、电压及电阻等物理量,下面介绍电路中常用的几个物理量及其测量。

二、任务实施

1. 电流及其测量

(1) 电流

电荷的定向移动称为电流,在导体中,电流是电子在外电场作用下有规则地运动形成的,在某些液体或气体中是正离子或负离子粒子在电场作用下作有规则的运动形成的。习惯上规定以正电荷运动的方向为电流的方向。

在分析电路时,常常要知道电流的方向,但有时对某段电路中电流的方向往往难以判断,此时可先任意假定电流的参考方向(也称正方向),然后列方程求解。当解出的电流为正值时,就认为电流的实际方向与参考方向一致,见图 1-2(a);反之,解出电流为负值时,就认为电流的方向与参考方向相反,见图 1-2(b)。

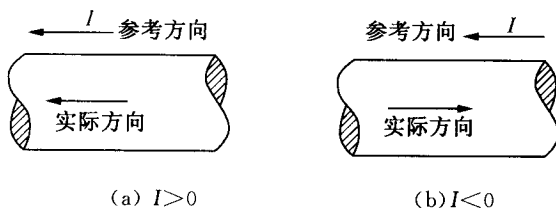


图 1-2 电流的正负

电流的大小取决于在一定时间内通过导体横截面电荷量的多少,如在 t 秒内通过导体横截面的电量为 Q 库仑,则电流 I 就可用下式表示:

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

如果在 1 秒(s)内通过导体横截面的电量为 1 库仑(C),则导体中的电流就是 1 安培,简称安,以符号 A 表示,除安培外,常用的电流单位还有千安(kA)、毫安(mA)和微安(μ A)。换算关系如下:

$$1\text{kA} = 10^3 \text{ A}$$

$$1\text{mA} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1\mu\text{A} = 10^{-3} \text{ mA} = 10^{-6} \text{ A}$$

(2) 电流的测量

电路中的电流大小,可用电流表(安培表)进行测量,如图 1-3 所示。测量时应注意以下几点:

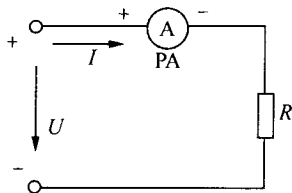


图 1-3 直流电流的测量

- ① 对交、直流电流应分别使用交流电流表和直流电流表。
- ② 合理选择电流表的量程。如果量程选用不当,例如,用电流表小量程去测量大电流,就会烧坏电流表;若用大量程电流表去测量小电流,会影响测量的准确度。在进行电流测量时,一般要先估计被测电流的大小,再选择电流表的量程。若无法估计,可先用电流表的最大量程挡测量,当指针偏转不到 1/3 刻度时,再改用较低挡去测量,以减小测量误差。

③ 电流表必须串接到被测量的电路中。

④ 直流电流表表壳接线柱上标明的“+”、“-”记号,应和电路的极性相一致,不能接错,否则指针要反转,既影响正常测量,也容易损坏电流表。

2. 电压及其测量

(1) 电压

电压又称电位差,是衡量电场力做功本领大小的物理量。如图 1-4 所示,在电场中若电场力将点电荷 Q 从 A 点移动到 B 点,所做的功为 W_{AB} ,则功 W_{AB} 与电荷 Q 的比值就称为该两点之间的电压,用符号 U_{AB} 表示,其数学表达式为:

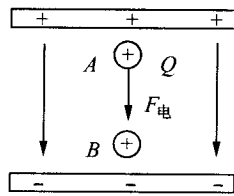


图 1-4 电场力做功

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} \tag{1-2}$$

若电场力将 1 库仑(C)的电荷从 A 点移动到 B 点,所做的功是 1 焦耳(J),则 AB 两点之间的电压大小就是 1 伏特,简称伏,用符号 V 表示。除伏特以外,常用的电压单位还有千伏(kV)、毫伏(mV)和微伏(μV)。

$$1\text{kV} = 10^3 \text{ V}$$

$$1\text{mV} = 10^{-3} \text{ V}$$

$$1\mu\text{V} = 10^{-3} \text{ mV} = 10^{-6} \text{ V}$$

电压和电流一样,不仅有大小,而且有方向,即有正负。对于负载来说,规定电流流进端为电压的正端,电流流出端为电压的负端。电压的方向由正指向负。

电压的方向在电路图中有两种表示方法:一种用箭头表示,如图 1-5(a)所示;另一种用极性符号表示,如图 1-5(b)所示。

在分析电路时往往难以确定电压的实际方向,此时可先任意假设电压的参考方向,再根据计算所得值的正、负来确定电压的实际方向。

对于电阻负载来说,没有电流就没有电压,有电压就一定有电流。电阻两端的电压被称为电压降。

(2) 电压的测量

电路中任意两点之间的电压大小,可用电压表(伏特表)进行测量,如图 1-6 所示。测量时应注意以下几点:

- ① 对交、直流电压应分别采用交流电压表和直流电压表。
- ② 合理选择电压表的量程,其方法和电流表相同。
- ③ 电压表必须并联在被测电路的两端。
- ④ 直流电压表表壳接线柱上标明的“+”“-”记号,应和被测两点的电位相一致,即“+”端接高电位,“-”端接低电位,不能接错,否则指针要反转,并会损坏电流表。

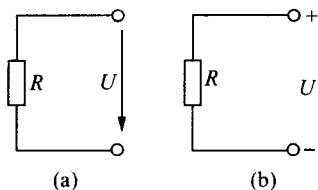


图 1-5 电压的方向

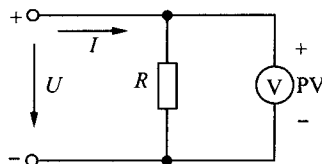


图 1-6 直流电压的测量

3. 电阻及其测量

(1) 电阻

导体对电流的阻碍作用称为电阻,用符号 R 表示。其单位为欧姆,简称欧,用符号 Ω 表示。若导体两端所加的电压为 1V ,通过的电流是 1A ,那么该导体的电阻就是 1Ω 。

除欧姆外,常用的电阻单位还有千欧($\text{k}\Omega$)、兆欧($\text{M}\Omega$),它们之间的换算关系如下:

$$1 \text{ k}\Omega = 10^3 \Omega$$

$$1 \text{ M}\Omega = 10^3 \text{ k}\Omega = 10^6 \Omega$$

导体的电阻是客观存在的,即使没有外加电压,导体仍然有电阻。金属导体的电阻大小与其几何尺寸及材料性质有关,可按下式计算:

$$R = \frac{\rho L}{S} \quad (1-3)$$

式中: L ——导体的长度,单位为米(m);

S ——导体的横截面积,单位为平方毫米(mm^2);

ρ ——与材料性质有关的物理量,称电阻率(或电阻系数)。

电阻率的定义是长度为 1m 、截面为 1mm^2 的导体,在一定温度下的电阻值,电阻率的单位是欧米($\Omega \cdot \text{m}$)。

表 1-1 列出了几种材料在 20°C 时的电阻率及主要用途。

由表 1-1 可知,纯金属的电阻率很小,绝缘体的电阻率很大。银是最好的导体,但因价格昂贵一般很少使用,目前电器设备中常用导电性能良好的铜、铝做导线。

实践证明,导体的电阻还与温度有关。一般金属的电阻随温度的升高而增大。如 220V , 40W 的白炽灯,不通电时,灯丝电阻为 100Ω ;正常发光时,灯丝电阻高达 1210Ω 。

表 1-1 几种材料在 20℃ 时的电阻率

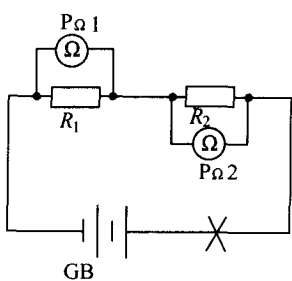
材 料		电阻率/ $\Omega \cdot m$	主要用途
纯金属	银	1.6×10^{-8}	导线镀银
	铜	1.7×10^{-8}	各种导线
	铝	2.9×10^{-8}	各种导线
	钨	5.3×10^{-8}	电灯灯丝、电器触头
	铁	1.0×10^{-7}	电工材料
合金	锰铜(85%铜、12%锰、3%镍)	4.4×10^{-7}	标准电阻、滑线电阻
	康铜(54%铜、46%镍)	5.0×10^{-7}	标准电阻、滑线电阻
	铝铬铁电阻丝	1.2×10^{-7}	电炉丝
半导体	硒、锗、硅等	$10^{-1} \sim 10^{-7}$	制造各种晶体管、晶闸管
绝缘体	赛璐珞	10^8	电器绝缘
	电木、塑料	$10^{10} \sim 10^{14}$	电器外壳、绝缘支架
	橡胶	1.6×10^{16}	绝缘手套、鞋、垫

利用导体的电阻可以制成各种用途不同、阻值不同、形状不同的电阻器。常见电阻器的外形见附录 3。

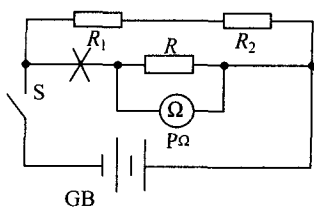
(2) 电阻的测量

导体电阻的大小可用电阻计(欧姆表)进行测量。测量时要注意:

- ① 切断电路上的电源, 见图 1-7(a)。
- ② 使被测电阻的一端断开, 见图 1-7(b)。
- ③ 如未把人体的电阻量入, 见图 1-8。



(a)



(b)

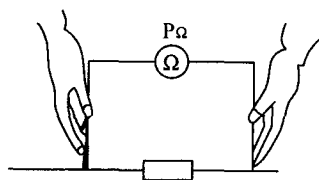


图 1-7 用欧姆表测量电阻

图 1-8 测量电阻时量入了人体电阻

【例 1-1】 绕制 10Ω 的电阻, 问需要直径为 1mm 的康铜丝多少米?

解:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \times (1 \times 10^{-3})^2}{4} = 7.85 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

查表 1-1, 20°C 时康铜的电阻率 $\rho = 5 \times 10^{-7} \text{ m}^2$

$$\text{由 } R = \frac{\rho L}{S}$$

$$\text{得 } L = \frac{RS}{\rho} = \frac{10 \times 7.85 \times 10^{-7}}{5 \times 10^{-7}} = 15.7 \text{ m}$$

4. 电容及其测量

(1) 电容器与电容量

电容器是由两个金属电极中间夹一层绝缘体(又称电介质)所构成。当两个电极间加上电压时,电容器上就会存储电荷,所以电容器是一种能存储和释放电能的元件。

实践证明,对于结构一定的电容器,其中任意一个极板所存储的电量与两极间电压的比值是一个常数,我们把这个比值叫做电容器的电容量,简称电容,用字母 C 表示。即:

$$C = \frac{Q}{U} \quad (1-4)$$

式中: Q ——任一极板上的电量(C);

U ——两极板间的电压(V);

C ——电容器的电容量(F)。

电容的单位是法拉,简称法,用字母 F 表示。在实际工作中常用较小单位为微法(μF)和皮法(pF),其换算关系如下:

$$1 \mu F = 10^{-6} F$$

$$1 pF = 10^{-6} \mu F = 10^{-12} F$$

应该注意的是,虽然电容器和电容量通常都被称为电容,但两者的意义不同,电容器是存储电荷的容器,而电容量则是衡量电容器在一定电压下存储电荷能力大小的物理量。

电容器的种类很多,可按电介质、结构的不同分为不同的种类。如附录 4 所示。

通常在电容器的外壳上,标有电容器的电容量、额定工作电压等标称值。作为选择使用电容器的依据。

电容器的具有阻止直流通过,允许交流通过的特点。常用于“隔直通交”,例如耦合、滤波等电路。

(2) 电容器的测量

电容器的常见故障有短路、断路、漏电和失效等,在使用时需进行检测,对固定电容器的好坏与质量的高低可以用万用表的适当电阻挡进行检测。

将万用表的表笔接触电容器的两极,表头指针应先向正方向偏摆,然后逐渐向反方向复原,即退至 $R = \infty$ 处。如不能复原,则稳定后的读数表示电容器漏电阻值。其值一般为几百到几千兆欧,阻值越大,绝缘性越好。如在测试过程中,表头指针无偏摆现象,说明电容器内部已断路;如指针正偏后无返回现象,且电阻值很小或为零,说明内部已短路,不能使用。对容量较小的电容器,指针偏转很小。

电容器的测量也可以选用电容表或数字万用表。

四、知识链接

1. 电动势

电动势是衡量电源将非电能转换成电能本领的物理量。电动势的定义为:在电源内部外力将单位正电荷从电源的负极移动到电源正极所做的功,如图 1-9 所示。电动势用

符号 E 表示,其数学表达式为:

$$E = \frac{W_{\text{外}}}{Q} \quad (1-5)$$

电动势的单位与电压相同,也是伏特(V)。电动势的方向规定是:在电源内部由负极指向正极。

图 1-10(a),(b)分别表示直流电动势的两种图形符号。

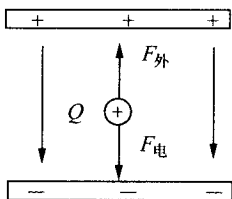


图 1-9 外力克服电场力做功

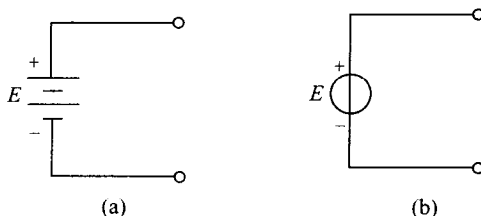


图 1-10 直流电动势的两种图形符号

对于一个电源来说,既有电动势,又有端电压。电动势只存在于电源内部;而端电压则是电源加在外电路两端的电压,其方向由正极指向负极。一般情况下,电源的端电压总是低于电源内部的电动势,只有当电源开路时,电源的端电压才与电源的电动势相等。

2. 电位

在分析电路时,有时需要引入电位的概念。电位是指电路中某点与参考点之间的电压。通常把参考点的电位规定为零,又称零电位。电位的文字符号用带单下标的字母 U (或 P) 表示,如 U_A ,即表示 A 点的电位,电位的单位也是伏特(V)。

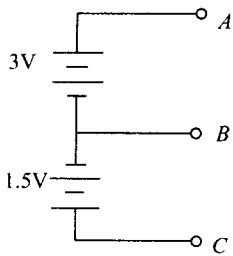
一般选大地为参考点,即视为大地电位为零电位。在电子仪器和设备中又常把金属外壳或电路的公共接点的电位规定为零电位。零电位的符号有两种:“ \perp ”表示接大地,“ ll ”或“ ll ”表示接机壳或公共接点。

电路中任意两点(如 A 和 B 两点)之间的电位差(电压)与这两点电位的表达式为:

$$U_{AB} = U_A - U_B \quad (1-6)$$

由图 1-11 可知,电位具有相对性,即电路中某点的电位值随参考点位置的改变而改变;而电位差具有绝对性,即任意两点之间的电位差值与电路中参考点的位置选取无关。

由等式 $U_{AB} = U_A - U_B$ 可知, $U_{AB} = -U_{BA}$ 。如果 $U_{AB} > 0$,则 $U_A > U_B$,说明 A 点电位高于 B 点电位;反之,当 $U_{AB} < 0$ 时,当某点的电位大于参考点电位(零电位)时,称其为正电位,反之称为负电位。



(a)

	U_A	U_B	U_C	U_{AB}	U_{AC}
A点	0V	-3V	-1.5V	3V	1.5V
B点	3V	0V	1.5V	3V	1.5V
C点	1.5V	-1.5V	0V	3V	1.5V

(b)

图 1-11 电位与电位差

3. 万用表的使用

(1) 万用表的使用前要先机械调零。按照万用表的使用要求,垂直或水平放好万用表(表头上:“ \perp ”符号表示垂直放置;“-”符号表示水平放置)。查看表针是否指在电压刻度的零点上,如果表针不指零,则调节机械调零螺钉,使指针指零。

(2) 万用表的下方有两个表棒插孔,标有“+”“-”标志。使用时,红表棒插入“+”插孔;黑表棒插入“-”插孔。

(3) 使用指针式仪表测量时,被测量的大小一般应大于指针满刻度值的 $2/3$ 。

(4) 读取被测量数值时,操作者的视线应与仪表的刻度盘平面及指针垂直。

4. 万用表测电阻的步骤

(1) 将万用表量程转换开关置于“ Ω ”挡,并根据被测电阻的大小,选用合适的电阻测量挡($R \times 1, R \times 10, R \times 100$ 等)。

(2) 选将两表棒短接,调节表头下的“ Ω ”旋钮,将指针调整到电阻值刻度的零点(以后测量电阻时,每转换一次电阻测量挡,都要先电阻调零)。

(3) 右手握持两表笔,左手拿住电阻的一端,将表笔跨接在被测电阻的两端。

(4) 将指针在刻度线上的读数与所在电阻挡位对应量程的倍率相乘,即得被测电阻的示值(注意:电阻挡的刻度线是从右到左,由小值到大值的方向排列)。

五、课堂训练与测评

1. 选择一只电流表,测量图 1-1 中流过灯泡的电流。 $I =$ _____ 安。

2. 选择一只电压表,测量图 1-1 中灯泡两端的电压。 $U =$ _____ 伏。

3. 已知 $U_A = 10V, U_B = -10V, U_C = 5V$, 求 U_{AB} 和 U_{BC} 各为多少?

4. 万用表(MF-30)1 只、被测电阻(电位器) $R_p(0 \sim 300k\Omega)$ 1 只。调节被测电阻 R_p , 分别测量四种不同阻值的电阻,并记录在下表。

序 号	1	2	3	4
电阻值/ Ω				

课题小结

1. 电流流经的路径叫做电路。一般电路由电源、负载、开关和连接导线组成。电路有三种状态:通路、开路和短路。

2. 电路的几个物理量中,电流、电压和电动势是有大小和方向的。电流的方向规定为正电荷的移动方向,由高电位流向低电位;电压的方向由高电位指向低电位;电动势的方向,在电源内部由低电位指向高电位。电流密度仅反映大小,不同截面的导线,电流密度的大小有所不同。

3. 电路中某点的电位是该点对参考点的电压,电位的数值随参考点而变,是相对值;而电路中任意两点间的电压是绝对值,与参考点位置的选择无关。

4. 电阻是表示物体对电流阻碍作用大小的物理量,是客观存在的,其大小与导体的几何尺寸和材料及温度有关。在温度一定时, $R=\rho L/S$ 。温度升高,金属的电阻值增大。

5. 电容器是一种能存储和释放电能的元件。具有“隔直通交”的特点。

课题二 欧姆定律及其应用

【知识点】 部分电路欧姆定律、全电路欧姆定律。

【技能点】 部分电路欧姆定律及全电路欧姆定律的运用。

任务一 部分电路欧姆定律的学习与运用

一、任务描述

在图 1-1 中,当合上开关,灯泡两端加上电压,就有电流流过,灯泡就亮起来了,那么灯泡中流过的电流 I 与灯泡的电阻 R 及其两端的电压 U 存在什么关系?

二、任务分析

德国物理学家欧姆通过实验证明,在部分电路中,流过的电流 I 与部分电路的电阻 R 及其两端的电压 U 具有确定的关系,得出了欧姆定律。

三、任务实施

部分电路欧姆定律的内容是:在不包含电源的电路(图 1-12)中,流过导体的电流与这段导体两端的电压成正比,与导体的电阻成反比。即:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-7)$$

式中: I ——导体中的电流(A);

U ——导体两端的电压(V);

R ——导体的电阻(Ω)。

欧姆定律揭示了电路中电流、电压、电阻三者之间的联系,是电路分析的基本定律之一,实际应用非常广泛。

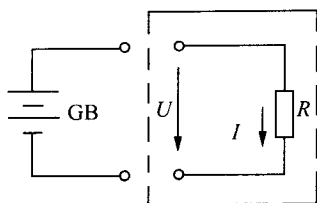


图 1-12 部分电路

【例 1-2】 已知某 100W 的白炽灯在电压 220V 时正常发光,此时通过的电流是 0.455A,试求该灯泡工作时的电阻。

解:
$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.455} \approx 484\Omega$$

【例 1-3】 有一个量程为 300V(即测量范围是 0~300V)的电压表,它的内阻 R_0 为 40k Ω 。用它测量电压时,允许流过的最大电流是多少?

解:根据题意,可画出电路的分析简图,如图 1-13 所示。由于电压表的内阻是一个定值,测量的电压越高,通过电压表的电流就越大。因此,当被测电压为 330V 时,该电压表中允许流过的最大电流为:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{300}{40 \times 10^3} = 0.0075\text{A} = 7.5\text{mA}$$

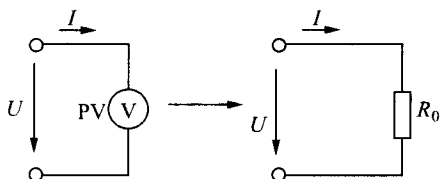


图 1-13

任务二 全电路欧姆定律的学习与运用

一、任务描述

如图 1-14 所示。全电路是由内电路(电源的内部电路,图中的虚线框表示。电源内部一般都是有电阻的,这个电阻称为内电阻,简称内阻,用符号 r 或者 R_0 表示)和外电路(电源外部的电路)组成的闭合电路的整体。那么,在全电路中欧姆定律的表达形式是怎样的?

二、任务实施

全电路欧姆定律的内容是:在全电路中电流强度与电源的电动势成正比,与整个电路的内、外电阻之和成反比。其数学表达式为:

$$I = \frac{E}{R+r} \quad (1-8)$$

式中: E ——电源的电动势(V);

R ——外电路(负载)电阻(Ω);

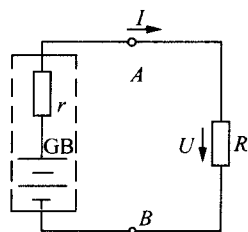


图 1-14 全电路