

模块一 简单直流电路的分析与制作

情境:本模块通过手电筒电路的制作与测试、可调光手电筒电路的制作与测试、基尔霍夫定律探究及电路板的制作、多量程直流电表电路装调四个项目,讨论直流电路的基本知识。

项目一 手电筒电路的制作与测试

子情境:分析手电筒电路,使学生建立起直流电路、电路模型的概念,掌握电路的基本组成元件及其作用;理解电路基本物理量的特性,学会电路基本物理量的测量方法。

知识目标:掌握电路的基本组成元件及其作用;理解电路基本物理量的特性。

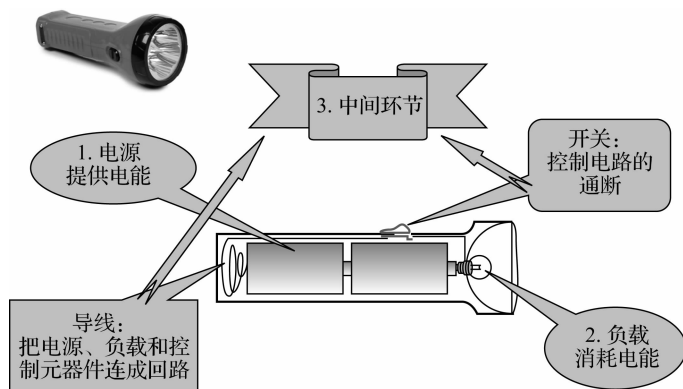
能力目标:学会电路基本物理量的测量方法;会识读基本电气符号和简单的电路图;会连接简单直流电路。



学习过程

任务一 分析手电筒电路的组成

手电筒电路如图 1-1 所示,分析其组成。



图文
手电筒的电路
图

图 1-1 手电筒电路

- 如何画出手电筒电路？
- 实际电压源的电路是怎样的？
- 为什么灯能亮呢？

想一想：

如图 1-2 所示，水轮机为什么会转起来？什么时候会停？怎样持续转动？

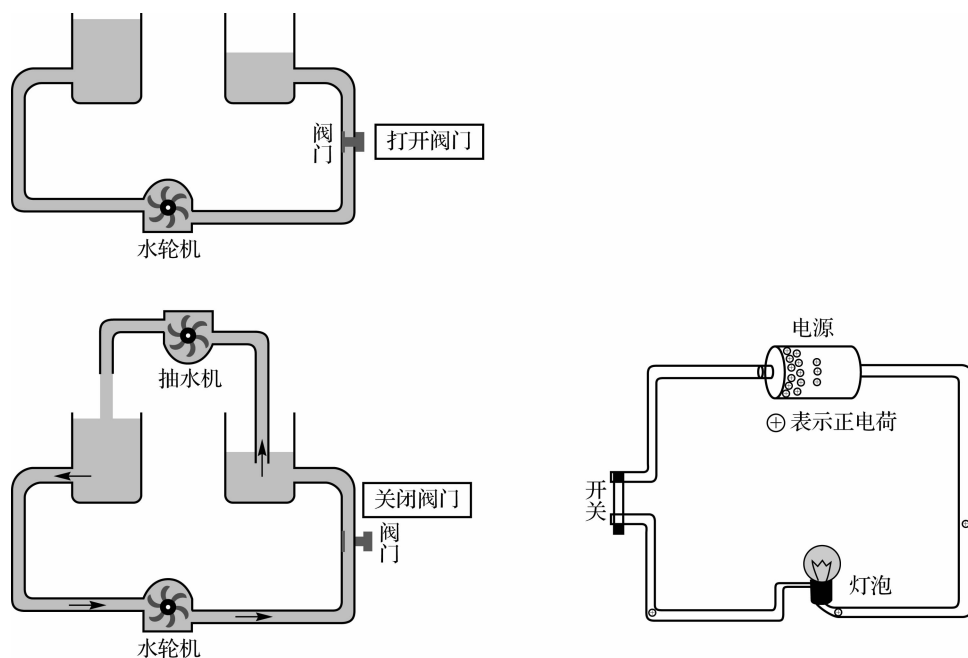
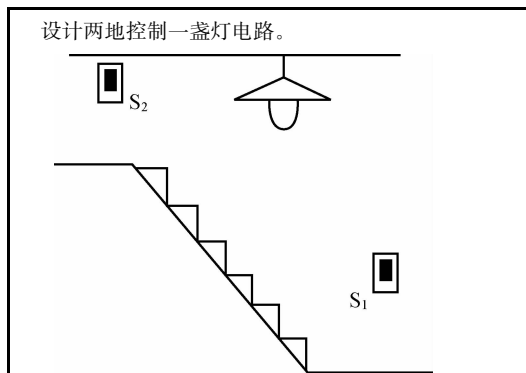


图 1-2 水轮机

电源相当于 _____
 开关相当于 _____
 灯泡相当于 _____
 电流相当于 _____

能力提升

根据需要设计简单电路并组成实际电路。



验收记录填入表 1-1。

表 1-1 任务一验收记录

电路设计情况	
完成时间	
完成效果	
成绩记录	

知识链接

1. 实际电路

实际电路是由实际电路元件为完成某种预期的目的而组成的电流通路,一般由以下三部分组成。

- (1)电源。提供电能的设备简称电源或激励源,电源把其他形式的能量转换成电能。
- (2)负载。用电设备简称负载,负载把电能转换为其他形式的能量。
- (3)中间环节。中间环节把电源和负载连接起来,通常是一些导线、开关、接触器、保护装置等设备。

电路中产生的电压和电流称为响应。实际电路的作用如下。

- (1)在电力系统中主要进行能量的传输、分配与转换。
- (2)在电子技术中进行信息的传递与处理。

2. 电路模型

用理想电路元件组成的与实际电路相对应的电路称为电路模型。

理想电路元件是实际电路元件的理想化和近似,其电磁特性单一、确切,可定量分析和计算。实际电路元件中的电磁现象按性质可分为消耗电能、供给电能、储存电场能量、储存磁场能量。

每一种性质的电磁现象用一个理想电路元件来表征,一般有如下几种基本的理想电路元件。

- (1)电阻元件。消耗电能的电磁特性可用电阻元件表征,如灯泡、电阻器、电炉等,如图 1-3 所示。



图文
实际电路



图文
电路模型

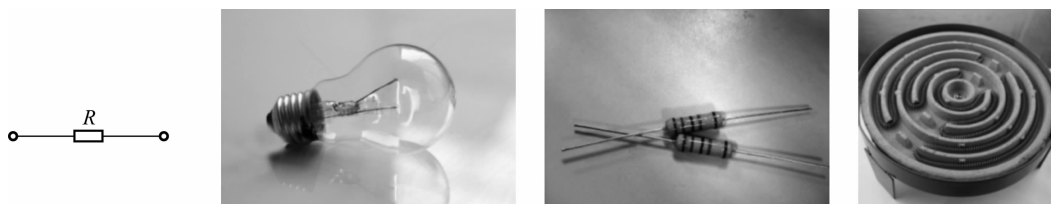


图 1-3 电阻元件

(2)电感元件。储存磁场能量的电磁特性可用电感元件表征,如电感器等,如图 1-4 所示。

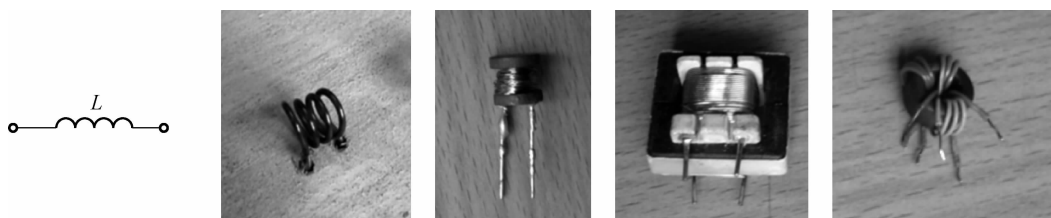


图 1-4 电感元件

(3)电容元件。储存电场能量的电磁特性可用电容元件表征,如电容器等,如图 1-5 所示。

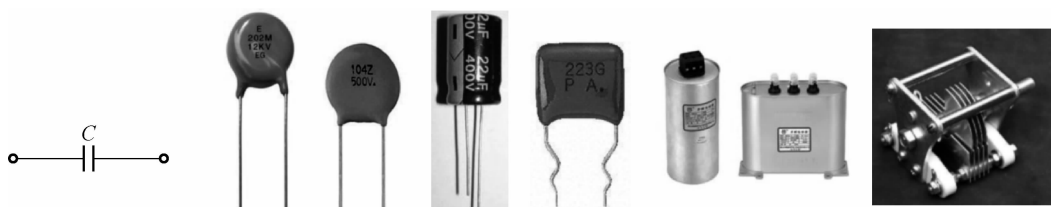


图 1-5 电容元件

(4)电源元件。输出恒定电压的用理想电压源表征,如图 1-6(a)所示。输出恒定电流的用理想电流源表征,如图 1-6(b)所示。

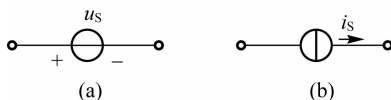


图 1-6 电源元件

任务二 测量电阻的电压和电流

正确使用电流表和电压表测量图 1-7 中 $100\ \Omega$ 和 $51\ \Omega$ 电阻的电压和电流(绘制接线图)。

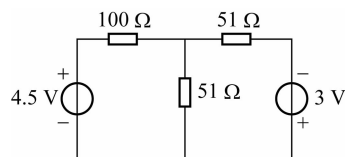


图 1-7 任务二电路

绘制接线图。

任务要求如下。

- (1)按照图 1-7 正确连接电流表和电压表。
- (2)将测量结果填入表 1-2 中。

表 1-2 任务二测量结果

电阻元件	电压的大小	电压的表达式	电流的大小	电流的表达式
100 Ω 电阻				
51 Ω 电阻				

- 使用电压表的注意事项。

调：

连：

选：

读：

- 电流表与电压表使用注意事项的比较(见表 1-3)。

表 1-3 电流表与电压表使用注意事项的比较

电表类型	电流表	电压表
不同点		
相同点		

- 电压表读数练习(见图 1-8)。

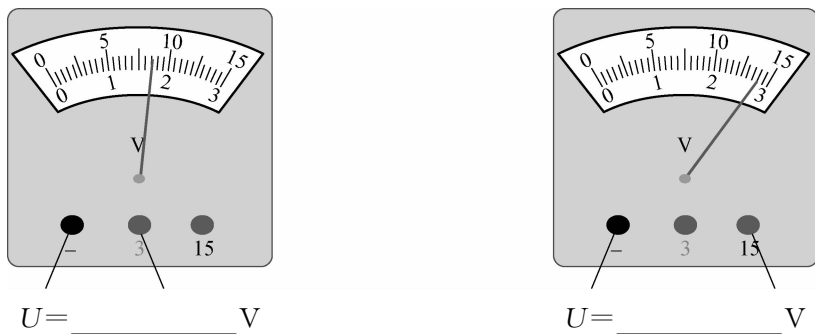


图 1-8 电压表读数练习

- 为什么电流表和电压表会出现反偏现象？

将测量中遇到的问题及解决方法填入表 1-4 中。

表 1-4 任务二问题汇总

遇到的问题	解决方法

知识链接

1. 电流

(1) 电流的定义: 带电粒子的有秩序定向运动形成电流。电流也称电流强度。

(2) 电流的大小: 单位时间内通过导体横截面的电荷量。

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

(3) 单位: 电流的国际单位是安培(A), 常用单位是千安(kA)、毫安(mA)、微安(μA)。

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

(4) 电流的实际方向: 正电荷运动的方向。

(5) 电流的参考方向: 任意假定的电流方向。

(6) 电流参考方向的表示。

① 用箭头表示: 箭头的指向为电流的参考方向, 如图 1-9(a) 所示。

② 用双下标表示: 如 i_{AB} , 电流的参考方向由 A 指向 B, 如图 1-9(b) 所示。



视频
电流

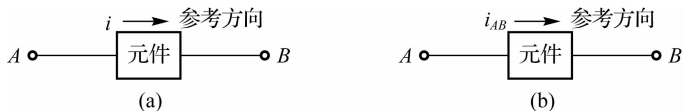


图 1-9 电流参考方向的表示

(7) 参考方向和实际方向的关系。在图 1-10(a) 中, 电流的实际方向和参考方向相同, i 为正值; 在图 1-10(b) 中, 电流的实际方向和参考方向相反, i 为负值。

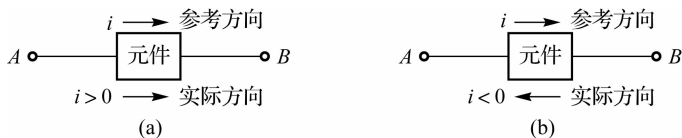


图 1-10 电流的参考方向与实际方向的关系

需要注意的是:

① 电流的参考方向可以任意指定。

② 指定参考方向后电流就是一个代数量。在指定的电流参考方向下, 电流值的正和负就可以反映出电流的实际方向。

2. 电压

1) 电压、电位和电动势

电场力推动单位正电荷从 A 点移动到 B 点所做的功称为 A 点到 B 点的电压。即

$$U_{AB} = \frac{dW_{AB}}{dq} \quad (1-2)$$

电压的国际单位为伏特(V),常用单位为千伏(kV)、毫伏(mV)。

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

若任取一点 O 为参考点,则由 A 点到参考点 O 的电压 U_{AO} 称为 A 点的电位 V_A ,即

$$V_A = U_{AO} \quad (1-3)$$

在一个连通的系统中只能选择一个参考点。由定义可知:参考点电位为零。当 V_A 大于零时, A 点为正电位;当 V_A 小于零时, A 点为负电位。

如图 1-11 所示,若电路中有任意两点 A 、 B ,则由定义得

$$V_A = U_{AO} = \frac{W_{AO}}{Q} = \frac{W_{AB} + W_{BO}}{Q} = \frac{W_{AB}}{Q} + \frac{W_{BO}}{Q} = U_{AB} + V_B$$

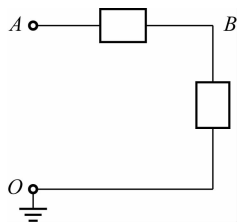


图 1-11 电压、电位和电动势



图文
电压表注意
事项

即

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-4)$$

式(1-4)说明:电路中任意两点的电压等于这两点的电位差。当 A 点电位大于 B 点电位时, U_{AB} 为正值,反之, U_{AB} 为负值。所以电压的实际方向是从高电位指向低电位。

需要注意的是:

- (1) 电路中电位参考点可任意选择。
- (2) 参考点一经选定,电路中各点的电位值就是唯一的。
- (3) 当选择不同的电位参考点时,电路中各点电位值将改变,但任意两点间电压保持不变。

在电场力作用下,正电荷一般总是从高电位向低电位运动。为了形成连续的电流,在电源中正电荷必须从低电位移动到高电位,这就要求作用在电荷上,使之逆电场力方向运动。

电源力克服电场力把单位正电荷从电源的负极移动到正极所做的功称为该电源的电动势,符号为 E 。

$$E = \frac{dW_s}{dq} \quad (1-5)$$

电动势的实际方向与电压实际方向相反,由电源负极指向正极。

2) 电压的参考方向

任意选取的电压方向称为电压的参考方向。

电压参考方向有以下三种表示方法。

(1)用箭头表示。箭头的指向为电压的参考方向,如图 1-12 所示。

(2)用双下标表示。如 U_{AB} ,表示电压参考方向由 A 指向 B,如图 1-13 所示。

(3)用正负极性表示。表示电压参考方向由“+”指向“-”,如图 1-14 所示。

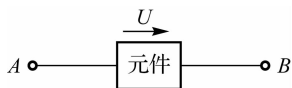


图 1-12 用箭头表示

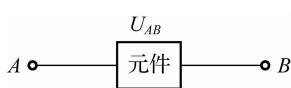


图 1-13 用双下标表示

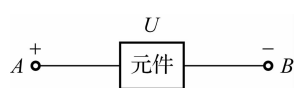


图 1-14 用正负极性表示

电压的参考方向与实际方向的关系:在图 1-15(a)中,电压的实际方向和参考方向相同, U 为正值;在图 1-15(b)中,电压的实际方向和参考方向相反, U 为负值。

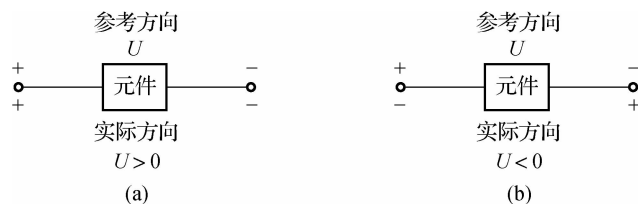


图 1-15 电压的参考方向与实际方向的关系

需要注意的是:

(1)电压的参考方向可以任意指定。

(2)指定参考方向后电压就是一个代数量。在指定的电压参考方向下,电压值的正和负就可以反映出电压的实际方向。

如果电压和电流采用相同的参考方向,称为关联参考方向,如图 1-16(a)所示;当两者不一致时,称为非关联参考方向,如图 1-16(b)所示。

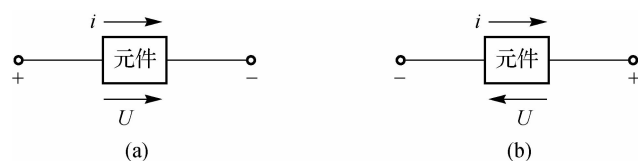


图 1-16 电压的关联参考方向与非关联参考方向

需要注意的是:

(1)分析电路前必须选定电压和电流的参考方向。

(2)参考方向一经选定,必须在图中相应位置标注(包括方向和符号),在计算过程中不得任意改变。

(3)参考方向不同时,其表达式相差一个负号,但实际方向不变。

例 1-1 如图 1-17 所示,5 C 正电荷由 a 点均匀移动至 b 点,电场力做功 10 J,由 b 点移动至 c 点,电场力做功为 15 J。

(1)若以 b 点为参考点,求 a 、 b 、 c 点的电位和电压 U_{ab} 、 U_{bc} 。

(2)若以 c 点为参考点,再求以上各值。

解 (1)以 b 点为电位参考点。

$$V_b = 0$$

$$V_c = \frac{W_{cb}}{q} = \frac{-W_{bc}}{q} = -\frac{15}{5} = -3 \text{ V}$$

$$V_a = \frac{W_{ab}}{q} = \frac{10}{5} = 2 \text{ V}$$

$$U_{ab} = V_a - V_b = 2 - 0 = 2 \text{ V}$$

$$U_{bc} = V_b - V_c = 0 - (-3) = 3 \text{ V}$$

(2)以 c 点为电位参考点,如图 1-18 所示。

$$V_c = 0$$

$$V_a = \frac{W_{ac}}{q} = \frac{W_{ab} + W_{bc}}{q} = \frac{10 + 15}{5} = 5 \text{ V}$$

$$V_b = \frac{W_{bc}}{q} = \frac{15}{5} = 3 \text{ V}$$

$$U_{ab} = V_a - V_b = 5 - 3 = 2 \text{ V}$$

$$U_{bc} = V_b - V_c = 3 - 0 = 3 \text{ V}$$

3. 电功率

电场力在单位时间内所做的功称为电功率,简称功率。电功率 p 和电功 W 的关系为

$$p = \frac{dW}{dt} \quad (1-6)$$

电功率的国际单位为瓦特(W),常用单位为毫瓦(mW)、千瓦(kW)。

根据电压和电流的定义式

$$u = \frac{dW}{dq}, i = \frac{dq}{dt}$$

得

$$p = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = ui \quad (1-7)$$

即在任意时刻,电路中的电功率等于该时刻电压和电流的乘积。

电路吸收或发出功率的判断与电压和电流的参考方向有关。

当 u 、 i 取关联参考方向时,如图 1-19 所示。

$$p = ui$$

$p > 0$, 吸收功率

$p < 0$, 发出功率

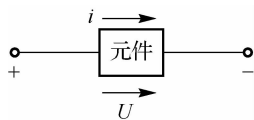


图 1-19 关联参考方向功率计算

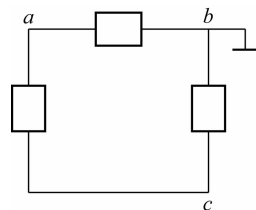


图 1-17 例 1-1 图 1

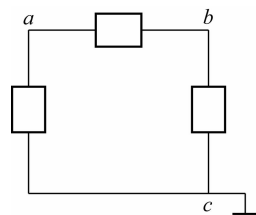


图 1-18 例 1-1 图 2



视频
电功率

当 u, i 取非关联参考方向时,如图 1-20 所示。

$$p = -ui$$

$p > 0$, 吸收功率

$p < 0$, 发出功率

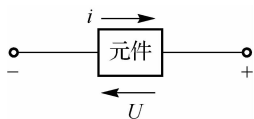


图 1-20 非关联参考方向功率计算

需要注意的是:对一完整的电路,发出的功率=吸收的功率,即满足功率平衡。

4. 电能

一段时间内电路所消耗或产生的能量称为电能。

$$W = \int_{t_0}^t p \cdot dt$$

电能的国际单位为焦耳(J),1 kWh(1 kWh 称为 1 度)=3.6 MJ。

例 1-2 试判断图 1-21 中元件是吸收功率还是发出功率。



视频
电能

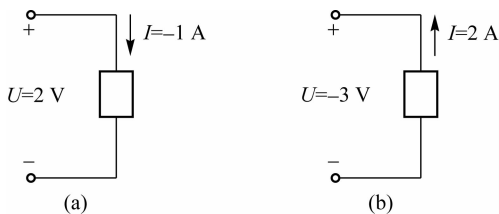


图 1-21 例 1-2 图

解 (a)元件电流和电压为关联参考方向。

$P = UI = 2 \times (-1) = -2 \text{ W}$, 是发出功率。

(b)元件电流和电压为非关联参考方向。

$P = -UI = -(-3) \times 2 = 6 \text{ W}$, 是吸收功率。

知识应用

如何判断图 1-22 所示电路中元件 a 是电源还是负载? 若元件 b 发出 10 W 功率,求 U_2 的值。

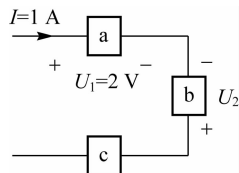


图 1-22 电源与负载的判断



学习活动评价

- (1) 成果展示: 学生展示其所画的电路接线图。(通过投影机展示)
- (2) 小组评价与分析: 小组互评。
- (3) 教师评价与分析: 教师对学生任务实施的过程及结果做出点评, 最后填写学习任务考核评价表(见表 1-5)。

表 1-5 学习任务考核评价表

班级:	学号:	学生姓名:		
项目一: 手电筒电路的制作与测试	自我评价	小组评价	教师评价	得分小计
	10 分	30 分	60 分	
协作精神(10%)				
纪律观念(10%)				
表达能力(10%)				
工作态度(10%)				
总体表现(60%)				
总得分				
总体评价	指导教师签名: _____ 年 月 日			

习 题

1. 填空题

- (1) 一个实际的电源可以用_____来表示, 也可用_____来表示。
- (2) 电感元件不消耗能量, 它是储存_____能量的元件。
- (3) 电容元件不消耗能量, 它是储存_____能量的元件。
- (4) _____是衡量非电场力做功能力的物理量。
- (5) 电压和电流的参考方向一致, 称为_____方向。
- (6) 电压和电流的参考方向相反, 称为_____方向。
- (7) 如图 1-23 所示电路所标的参考方向, 则灯泡 EL 电流的实际方向是从_____端流向_____端。
- (8) 如图 1-24 所示的某段电路, 测得电流为 1 A, 若选择电流参考方向由 $a \rightarrow b$, 则 $I =$ _____ A。
- (9) 如图 1-25 所示的某段电路, 测得电压为 2 V, 若选择电流参考方向由 $a \rightarrow b$, $I = -1$ A, 则 $U_{ab} =$ _____ V, 该元件的作用是_____电能。

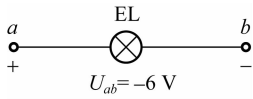


图 1-23 填空题(7)图

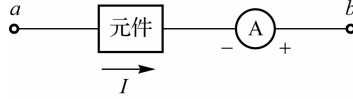


图 1-24 填空题(8)图

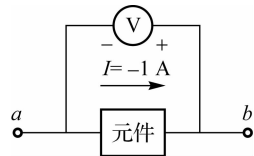


图 1-25 填空题(9)图

(10)电压的方向规定为由_____端指向_____端,是_____力移动电荷做功,通过负载把电能转换成其他形式的能。

2. 选择题

- (1)当实际电流源开路时,该电流源内部()。
- A. 有电流,有功率损耗
 - B. 无电流,无功率损耗
 - C. 有电流,无功率损耗
 - D. 无电流,有功率损耗

- (2)通常电路中的耗能元件是指()。
- A. 电阻元件
 - B. 电感元件
 - C. 电容元件
 - D. 电源元件

- (3)普遍适用的电功率的计算公式是()。
- A. $P=UI$
 - B. $P=I^2R$
 - C. $P=U^2/R$
 - D. $P=U^2R$

- (4)电压表极性如图 1-26 所示。若电压表指针由左向右正偏,则()。

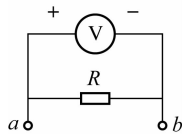


图 1-26 选择题(4)图

- A. $U_{ab} > 0$
- B. $U_{ab} < 0$
- C. $U_{ab} = 0$
- D. U_{ab} 的正负性不能确定

- (5)若把电路中原来电位为 3 V 的一点改选为参考点,则电路中各点电位比原来()。
- A. 升高
 - B. 降低
 - C. 不变
 - D. 不能确定

- (6)用电多少通常用“度”做单位,它表示的物理量是()。
- A. 温度
 - B. 电压
 - C. 功率
 - D. 电能

- (7)当电路中电流的参考方向与电流的真实方向相反时,该电流()。
- A. 一定为零
 - B. 不能肯定是正值还是负值
 - C. 为正值
 - D. 为负值

(8) 已知空间有 a 、 b 两点, 电压 $U_{ab} = 10 \text{ V}$, a 点电位为 $V_a = 4 \text{ V}$, 则 b 点电位 V_b 为()V。

- A. 6
B. -6
C. 14
D. -14

(9) 一个输出电压几乎不变的设备有载运行, 当负载增大时, 是指()。

- A. 负载电阻增大
B. 负载电阻减小
C. 电源输出的电流增大
D. 电源输出的电流减小

(10) 当电路参考点改变后, 能够改变的物理量是()。

- A. 电流
B. 电压
C. 电位
D. 电阻

3. 判断题

- (1) 理想电流源输出恒定的电流, 其输出端电压由内电阻决定。 ()
- (2) 电阻、电流和电压都是电路中的基本物理量。 ()
- (3) 蓄电池在电路中必是电源, 总是把化学能转换成电能。 ()
- (4) 发电机是将机械能转换成电能的设备。 ()
- (5) 如果电路中某两点的电位都很高, 则该两点间的电压也很大。 ()
- (6) 使用直流电压表时, 必须把电压表和被测电路并联, 正接线柱(表的“+”端)接在高电位处, 负接线柱接在低电位处。 ()
- (7) 使用直流电流表时, 必须把电流表串联在被测电路中, 正接线柱(表的“+”端)接电流流出端, 负接线柱接电流流入端。 ()
- (8) 电流、电压的参考方向可以任意设定, 不会影响电流和电压的大小。 ()
- (9) 电路图上标出的电压、电流方向是实际方向。 ()
- (10) 理想电压源(恒压源)的外特性是一条平行于横坐标的直线。电子稳压电源可近似看作恒压源。 ()

4. 设计与计算题

(1) 电路如图 1-27 所示, 已知 $V_a > V_b$, 则电压的实际方向如何? 电流是大于零还是小于零?

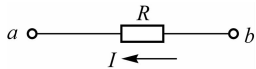


图 1-27 设计与计算题(1)图