

北京高考复习

物理

第10章 电路及其应用

北京八中少儿班

[返回目录](#)

目 录

- » **第1节 电路的基本概念及规律**
 - 要点1 电流的概念及表达式
 - 要点2 欧姆定律和电阻定律的理解及应用
 - 要点3 串联电路和并联电路 电表改装原理
 - 要点4 电功、电功率、电热、热功率
 - » **第2节 闭合电路欧姆定律及其应用**
 - 要点1 闭合电路欧姆定律
 - 要点2 闭合电路的功率及效率问题
 - 要点3 两类U-I图像的比较与应用
 - » **第3节 电学实验基础**
 - 实验11 导体电阻率的测量
 - 实验12 测量电阻的几种方法
 - 实验13 测量电源电动势和内阻
 - 实验14 用多用电表测量电学中的物理量

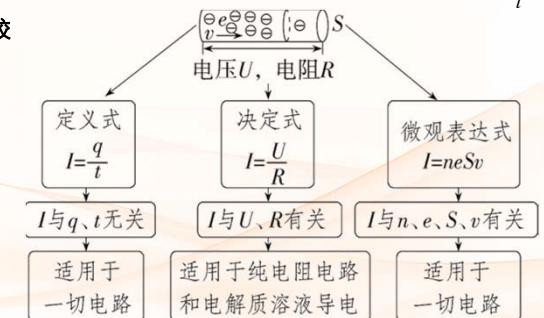
第1节

电路的基本概念及规律

[返回目录](#)

要点1 电流的概念及表达式

- 1.产生**:自由电荷定向移动形成电流。
 - 2.定义**:通过导体横截面的电荷量跟通过这些电荷量所用时间的比值叫电流,即 $I = \frac{q}{t}$ 。
 - 3.电流的三种表达式及其比较**



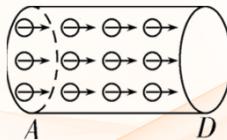
[返回目录](#)

注意 电流的微观表达式的推导

(1) **建立微观模型**: 如图所示,粗细均匀的一段导体,横截面积为 S ,导体单位体积内的自由电子数为 n ,电子的电荷量为 e ,当导体两端加上一定的电压时,导体中的自由电子定向运动的平均速率为 v 。

(2) 在时间 t 内通过横截面的总电荷量 $q=nvtSe$ 。

(3) 电流的表达式: $I=\frac{q}{t}=neSv$ 。


[返回目录](#)
要点2 欧姆定律和电阻定律的理解及应用**1. 欧姆定律**

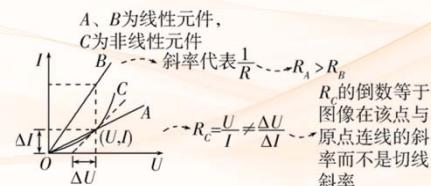
(1) 内容: 导体中的电流跟导体两端的电压成正比,跟导体的电阻成反比。

(2) 表达式: $I=\frac{U}{R}$ 。

2. 电阻定律

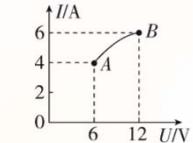
(1) 内容: 同种材料的导体,其电阻 R 与它的长度 l 成正比,与它的横截面积 S 成反比;导体电阻还与构成它的材料有关。

(2) 公式: $R=\rho\frac{l}{S}$ 。 $(\rho$ 是导体的电阻率,在国际单位制中,电阻率的单位是欧米,符号为 $\Omega\cdot m$)

3. 伏安特性曲线
[返回目录](#)

例 (如图所示为某一导体的伏安特性曲线(图中AB段曲线),由图像可知 (B)

- A. 该导体的电阻随电压的升高而减小
- B. 导体两端电压为6 V时,电阻为1.5 Ω
- C. 导体两端电压为12 V时,电阻为6 Ω
- D. 由A到B过程中,导体的电阻因温度的影响改变了9 Ω



解析 $I-U$ 图线上某点与原点连线的斜率表示该点电阻的倒数,由题图可知,该导体的电阻随电压的升高而增大,A错误。导体两端电压为6 V时,电阻为 $R=\frac{U}{I}=1.5 \Omega$,B正确。导体两端电压为12 V时,电阻为 $R=2 \Omega$,C错误。由A到B过程中,导体的电阻因温度的影响改变了 $\Delta R=2 \Omega-1.5 \Omega=0.5 \Omega$,D错误。

[返回目录](#)
关键·规律

电阻的定义式和决定式的比较

定义式: $R=\frac{U}{I}$	决定式: $R=\rho\frac{l}{S}$
提供了一种测电阻的方法——伏安法, R 与 U 、 I 均无关	说明了导体电阻的决定因素, R 由 ρ 、 l 、 S 共同决定
适用于纯电阻电路	适用于粗细均匀的金属导体和浓度均匀的电解质溶液

[返回目录](#)

要点3 串联电路和并联电路 电表改装原理

1.串、并联电路的特点

	串联电路	并联电路
电流	$I=I_1=I_2=\dots=I_n$	$I=I_1+I_2+\dots+I_n$ 其中 $I_1 : I_2 : I_3 : \dots = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} : \dots$
电压	$U=U_1+U_2+\dots+U_n$ 其中 $U_1 : U_2 : U_3 : \dots = R_1 : R_2 : R_3 : \dots$	$U=U_1=U_2=\dots=U_n$
电阻	$R=R_1+R_2+\dots+R_n$	$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\dots+\frac{1}{R_n}$
功率	$P_1 : P_2 : P_3 : \dots = R_1 : R_2 : R_3 : \dots$	$P_1 : P_2 : P_3 : \dots = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3} : \dots$
总功率		$P=P_1+P_2+P_3+\dots+P_n$

[返回目录](#)

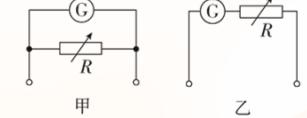
2.电表改装

	改装成电压表	改装成电流表
内部电路		
改装原理	串联大电阻分压	并联小电阻分流
改装后量程、倍数及接入电阻、总电阻	$U=I_g(R_g+R) ; n=1+\frac{R}{R_g} ; R=(n-1)R_g ; R_g=nR_g$	$I=\frac{R+R_g}{R}I_g ; n=1+\frac{R_g}{R} ; R=\frac{R_g}{n-1} ; R_g=\frac{R}{n}$
校准电路		

[返回目录](#)

例 如图所示,甲、乙两个电路都是由一个灵敏电流计G和一个可变电阻R组成,已知灵敏电流计的满偏电流 $I_g=2\text{ mA}$,内电阻 $R_g=300\Omega$ 。下列说法正确的是(**A**)

- A. 甲图为改装成的电流表, R 减小时量程增大
- B. 乙图为改装成的电压表, R 减小时量程增大
- C. 在甲图中,若改装成的电流表量程为 0.6 A ,则 $R=0.5\Omega$
- D. 在乙图中,若改装成的电压表量程为 3 V ,则 $R=1500\Omega$



解析 题图甲为改装成的电流表,量程 $I=I_g + \frac{I_g R_g}{R}$,当 R 减小时量程增大, **A正确**。题图乙为改装成的电压表,量程 $U=I_g(R_g+R)$,可知 R 减小时量程减小, **B错误**。由 $I=I_g + \frac{I_g R_g}{R}$ 可知,在题图甲中若改装成的电流表量程为 0.6 A ,则有 $R=\frac{I_g R_g}{I - I_g}=\frac{300}{299}\Omega$, **C错误**。由 $U=I_g(R_g+R)$ 可知在题图乙中,若改装成的电压表量程为 3 V ,则有 $R=\frac{U}{I_g}-R_g=1200\Omega$, **D错误**。

[返回目录](#)

要点4 电功、电功率、电热、热功率

1.电功与电热、电功率与热功率的比较

	纯电阻电路	非纯电阻电路
实例	白炽灯、电炉、电饭锅、电热毯、电熨斗及转子被卡住的电动机等	正常工作的电动机、电解槽、日光灯等
电功与电热	$W=Q=UIT=I^2Rt=\frac{U^2}{R}t$	$W=UIT=E_{\text{其他}}+Q$ $Q=I^2Rt$
电功率与热功率	$P_{\text{电}}=P_{\text{热}}=UI=I^2R=\frac{U^2}{R}$	$P_{\text{电}}>P_{\text{热}}$ $P_{\text{热}}=I^2R$

[返回目录](#)

2.电动机的三个功率及效率

输入功率	电动机的总功率。由电动机电路中的电流和电压决定,即 $P_{\text{总}}=P_{\text{入}}=UI$
输出功率	电动机做有用功的功率,也叫机械功率
热功率	电动机的线圈有电阻,电流通过线圈时会发热,热功率 $P_{\text{热}}=I^2r$
三者关系	$P_{\text{总}}=P_{\text{出}}+P_{\text{热}}$
效率	$\eta=\frac{P_{\text{出}}}{P_{\text{入}}} \times 100\% = \frac{P_{\text{出}}}{P_{\text{总}}} \times 100\%$
说明	①正常工作的电动机是非纯电阻元件,可等效为一个无电阻的转动元件和电阻串联 ②电动机因故障或其他原因不转动时,相当于一个纯电阻元件

[返回目录](#)

要点 非纯电阻电路的分析思路

处理非纯电阻电路问题时,可从能量转化的角度出发,围绕能量守恒定律,利用“电功=电热+其他能量”分析求解,仅有纯电阻部分适用欧姆定律,故通常从电路中的纯电阻部分进行突破。

例 如图1所示,有一种电吹风由线圈电阻为 r 的小型电动机与电阻为 R 的电热丝串联组成,电路如图2所示,将电吹风接在电路中,闭合开关S,电吹风两端的电压为 U ,电吹风正常工作,此时电热丝两端的电压为 U_1 ,则下列判断正确的是(C)

A. 电热丝中的电流大小为 $\frac{U}{R+r}$

B. 电动机线圈的发热功率为 $\frac{(U-U_1)^2}{r}$

C. 电动机消耗的功率为 $(U-U_1) \frac{U_1}{R}$

D. 电吹风消耗的功率为 $\frac{U^2}{R+r}$



图 1

[返回目录](#)

图 2

3.纯电阻电路和非纯电阻电路的比较

	纯电阻电路	非纯电阻电路
实例	白炽灯、电炉、电饭锅及转子被卡住的电动机等	正常工作的电动机、电解槽、日光灯等
能量转化	电路中消耗的电能全部转化为内能,即 $W=Q$	电路中消耗的电能除转化为内能外,还转化为其他形式的能量,即 $W>Q$
电功的计算	$W=Ult=I^2Rt=\frac{U^2}{R}t$	$W=Ult=E_{\text{其他}}+Q$
电热的计算	$Q=Ult=I^2Rt=\frac{U^2}{R}t$	$Q=I^2Rt$

[返回目录](#)

解析 电热丝中的电流大小 $I_R=\frac{U_1}{R}$, A错误。电动机两端的电压 $U_M=U-U_1$,通过电动机的电流 $I_M=I_R=\frac{U_1}{R}$,电动机线圈的发热功率 $P_r=I_M^2 r=\frac{U_1^2 r}{R^2}$, B错误。电动机消耗的功率 $P_M=U_M I_M=(U-U_1) \frac{U_1}{R}$, C正确。电吹风消耗的功率 $P=UI=U I_R=\frac{UU_1}{R}$, D错误。



图 1

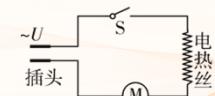


图 2

[返回目录](#)

第2节

闭合电路欧姆定律及其应用

[返回目录](#)

要点1 闭合电路欧姆定律

1. 闭合电路欧姆定律

(1) 内容: 闭合电路的电流跟电源的电动势成正比, 跟内、外电路的电阻之和成反比。

(2) 公式

$$\text{① } I = \frac{E}{R+r} \text{ (只适用于纯电阻电路).}$$

$$\text{② } E = U_{\text{外}} + U_{\text{内}} \text{ 或 } E = U_{\text{外}} + Ir \text{ (适用于任意电路).}$$

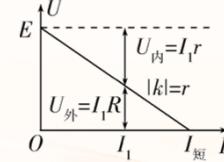
2. 路端电压与负载的关系

一般情况	纯电阻电路: $U = IR = \frac{E}{R+r}R = \frac{E}{1+\frac{r}{R}}R$, R 增大时, I 减小、 U 增大; R 减小时, I 增大、 U 减小
特殊情况	① 当 $R \rightarrow \infty$ (断路) 时, $I=0, U=E$ ② 当 $R=0$ (短路) 时, $I_{\text{短}}=\frac{E}{r}, U=0$

[返回目录](#)

关键知识整合

路端电压跟电流的关系式: $U=E-Ir$ 。在 $U-I$ 图像中, 纵截距为电动势, 横截距为短路电流, 斜率的绝对值为电源的内阻。



[返回目录](#)

要点2 闭合电路的功率及效率问题

1. 电源的功率及效率

电源总功率	任意电路: $P_{\text{总}} = EI = P_{\text{出}} + P_{\text{内}}$ 纯电阻电路: $P_{\text{总}} = I^2(R+r) = \frac{E^2}{R+r}$
电源内部消耗的功率	任意电路: $P_{\text{内}} = I^2r = P_{\text{总}} - P_{\text{出}}$
电源的输出功率	任意电路: $P_{\text{出}} = UI = P_{\text{总}} - P_{\text{内}}$ 纯电阻电路: $P_{\text{出}} = I^2R = \frac{E^2R}{(R+r)^2}$
电源的效率	任意电路: $\eta = \frac{P_{\text{出}}}{P_{\text{总}}} \times 100\% = \frac{U}{E} \times 100\%$ 纯电阻电路: $\eta = \frac{R}{R+r} \times 100\%$

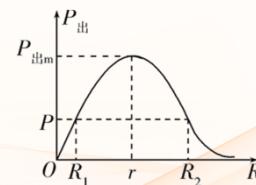
[返回目录](#)

2.电源的输出功率

$P_{\text{出}}=IU=\frac{E^2}{(R+r)^2}R=\frac{E^2R}{(R-r)^2+4Rr}=\frac{E^2}{\frac{R}{(R-r)^2}+4r}$, 当 $R=r$ 时, 输出功率最大, $P_{\text{出m}}=\frac{E^2}{4r}$, $P_{\text{出}}$ 随外电阻 R 的变化关系如图所示。

在 R 接近 r 的过程中, $P_{\text{出}}$ 增大; 反之, 则 $P_{\text{出}}$ 减小。

当 $P_{\text{出}} < P_{\text{出m}}$ 时, 每个输出功率对应两个可能的外电阻阻值 R_1 和 R_2 , 且 $R_1R_2=r^2$ 。



[返回目录](#)

要点3 两类U-I图像的比较与应用

	电源U-I图像	定值电阻U-I图像
图像		
表达式	$U=E-Ir$	$U=IR$
图线与坐标轴交点	与纵轴交点的纵坐标表示电源电动势 E , 与横轴交点的横坐标表示电源的短路电流 $\frac{E}{r}$	过坐标轴原点, 表示没有电压时电流为零
线上点坐标的乘积 UI	表示电源的输出功率	表示电阻消耗的功率
线上点坐标对应的 U 与 I 的比值	表示外电阻的大小, 不同点对应外电阻大小不同	每一点对应的比值均等大, 表示此电阻的大小
图线斜率的绝对值	内阻 r	电阻大小

[返回目录](#)

关键规律

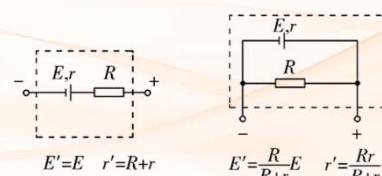
“等效电源”与“等效内阻”

本题中将 r_0 当作电源的一部分, 用到了等效电源的方法。所谓等效电源, 是把含有电源、电阻的部分电路等效为新的“电源”, 其“电动势”和“内阻”如下。

(1) 两点间断路时的电压为等效电动势 E' 。

(2) 两点短路时的电流为等效短路电流 $I_{\text{短}}$, 等效内阻 $r'=\frac{E'}{I_{\text{短}}}$ 。

常见电路等效电源如下。

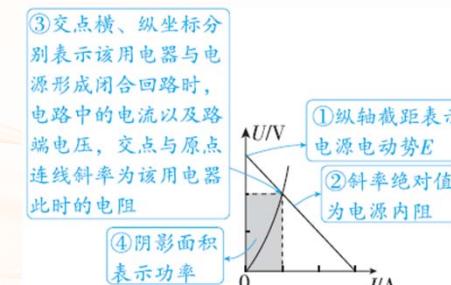


[返回目录](#)

关键规律

两种图线的综合应用

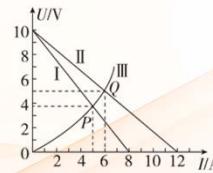
分析电源 $U-I$ 图像时, 要注意两坐标轴的坐标原点是否都是从零开始, 若纵坐标上的取值不是从零开始, 则横轴截距不表示短路电流, 但斜率的绝对值仍然等于电源内阻。



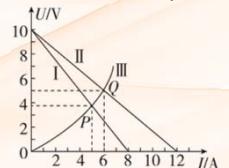
[返回目录](#)

例 (多选)如图所示,直线 I、II 分别是电源1与电源2的路端电压随输出电流变化的图线,曲线III是一个小灯泡的U-I图线。曲线III与直线 I、II 交点的坐标分别为P(5A,3.75V)、Q(6A,5V)。如果把该小灯泡分别与电源1、电源2单独连接,则下列说法正确的是

- (A)电源1与电源2的内阻之比是3:2
- (B)电源1与电源2的电动势之比是1:1
- (C)在这两种连接状态下,小灯泡的电阻之比是5:6
- (D)在这两种连接状态下,小灯泡消耗的功率之比是9:10


[返回目录](#)

解析 在电源的U-I图像中,图线斜率的绝对值表示电源的内阻,由题图可知,电源1、电源2的内阻分别为 $r_1=\frac{5}{4}\Omega$, $r_2=\frac{5}{6}\Omega$ 。电源1与电源2的内阻之比是3:2,A正确。电源的U-I图像纵轴截距表示电源电动势, $E_1=E_2=10V$,则电源1与电源2的电动势之比是1:1,B正确。小灯泡的U-I图线与电源的U-I图线的交点横、纵坐标对应小灯泡与该电源连接时的工作参数,则连接电源1时,小灯泡两端电压 $U_1=3.75V$,流过小灯泡的电流 $I_1=5A$,小灯泡消耗的功率 $P_1=U_1I_1=18.75W$,小灯泡的电阻 $R_1=\frac{U_1}{I_1}=0.75\Omega$;连接电源2时,小灯泡两端电压 $U_2=5V$,流过小灯泡的电流 $I_2=6A$,小灯泡消耗的功率 $P_2=U_2I_2=30W$,小灯泡的电阻 $R_2=\frac{U_2}{I_2}=\frac{5}{6}\Omega$,则 $R_1:R_2=9:10$, $P_1:P_2=5:8$,C、D错误。


[返回目录](#)

小专题 19

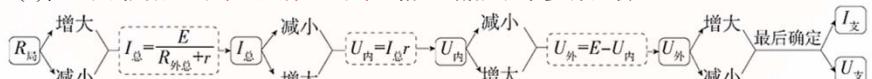
电路的动态分析和故障判断

[返回目录](#)

题型1 电路的动态分析

1. 电路动态分析的几种方法

(1)程序法:根据“局部—整体—局部”的思路,按以下步骤分析。



(2)结论法:“串反并同”,适用条件为电源内阻不为零。

①所谓“串反”,即某一电阻的阻值增大时,与它串联或间接串联的电阻中的电流、两端电压、电功率都将减小,反之则增大。

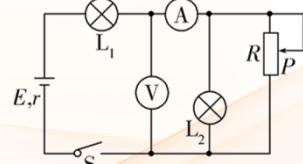
②所谓“并同”,即某一电阻的阻值增大时,与它并联或间接并联的电阻中的电流、两端电压、电功率都将增大,反之则减小。

(3)极限法:即因滑动变阻器滑片滑动引起的电路变化问题,可将滑动变阻器的滑片分别滑至两个极端去讨论;元件的阻值增大(减小)时,可将其阻值增大到无穷大(减小到零)讨论。

[返回目录](#)

例 (多选)在如图所示的电路中,当闭合开关S后,若将滑动变阻器的滑片P向下调节,不考虑灯泡电阻的变化,电流表和电压表均为理想电表,电流表、电压表示数变化量分别为 ΔI 、 ΔU ,则下列说法正确的是 (BC)

- A. 电流表示数变小
- B. $\frac{\Delta U}{\Delta I}$ 不变
- C. 灯L₁变亮,灯L₂变暗
- D. 电源效率减小,电源输出功率变大



[返回目录](#)

关键知识整合

对 $\frac{\Delta U}{\Delta I}$ 的理解

(1)若 $\frac{\Delta U}{\Delta I}$ 内的U对应的电阻是定值电阻,I对应的是流经该定值电阻的电流,则 $\frac{\Delta U}{\Delta I}$ 的绝对值表示的是该定值电阻的阻值;

(2)若 $\frac{\Delta U}{\Delta I}$ 内的U对应的电阻是会改变阻值的电阻,I对应的是流经该变化电阻的电流,则 $\frac{\Delta U}{\Delta I}$ 的绝对值表示的是除该变化电阻以外的其他部分的总电阻。

[返回目录](#)

解析 运用程序法,滑片P向下调节,滑动变阻器接入电路的阻值减小,电路总电阻减小,干路中电流增大,故电流表示数增大, $U_{内}$ 增大,L₁两端电压增大,灯L₁变亮, $U_{外}$ 减小, $U_{外}$ 等于两灯泡的两端电压之和,故L₂两端电压必然减小,灯L₂变暗(点拨:由“串反并同”可知,电流表示数增大,电压表示数减小,灯L₁变亮,灯L₂变暗),A错误,C正确。电源效率 $\eta=\frac{U_{外}I}{EI}\times 100\%=\frac{U_{外}}{E}\times 100\%$,则电源效率减小,因不知道内、外电阻大小关系,故不能确定电源输出功率的变化,D错误。由闭合电路欧姆定律可得并联部分电压 $U=E-I(r+R_{L1})$,则 $\frac{\Delta U}{\Delta I}=-(r+R_{L1})$,则 $\frac{\Delta U}{\Delta I}$ 不变,B正确。

[返回目录](#)

2.含电容器电路的分析

(1)在分析电路结构时,可以先把电容器拆去,明确电路结构后再把电容器接上。

(2)在电路稳定的情况下,含电容器的支路上无电流,该支路中其他电阻两端不存在电势差,其作用只相当于一段导线,此时电容器相当于断路,电容器上的电压等于与之并联电容两端的电压,从而可以应用 $Q=CU$ 计算稳定状态时电容器所带的电荷量。

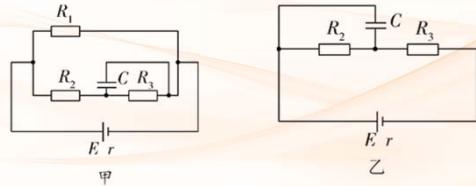
(3)电路结构发生改变时,引起电压变化,使电容器所带电荷量变化,电路中形成充、放电电流。此过程要特别注意电压是升高还是降低,电荷量是增加还是减少,极板电性是否变化,并由此推断出电路中的电流方向,同时计算出两稳定态时电容器电荷量的变化量 $\Delta Q=C\Delta U$ 。

[返回目录](#)

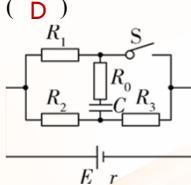
例 如图所示,电源电动势 $E=6\text{ V}$,内阻 $r=1\Omega$, $R_0=3\Omega$, $R_1=7.5\Omega$, $R_2=3\Omega$, $R_3=2\Omega$,电容器的电容 $C=2\mu\text{F}$ 。开始时开关S处于闭合状态,则下列说法正确的是 (D)

- A.开关S闭合时,电容器上极板带正电
- B.开关S闭合时,电容器两极板间电势差是3V
- C.将开关S断开,稳定后电容器极板所带的电荷量是 $3.6\times10^{-6}\text{ C}$
- D.将开关S断开至电路稳定的过程中通过 R_0 的电荷量是 $9.6\times10^{-6}\text{ C}$

提示: 开关S闭合时的等效电路图如图甲,开关S断开时的等效电路图如图乙。



[返回目录](#)



关键·方法 计算电容器所带电荷量及其改变量的一般思路

- (1)利用 $Q=CU$ 计算电容器初、末状态所带的电荷量 Q_1 和 Q_2 。
- (2)如果变化前后极板所带电荷的电性相同,通过所连导线的电荷量为 $|Q_1-Q_2|$ 。
- (3)如果变化前后极板所带电荷的电性相反,通过所连导线的电荷量为 Q_1+Q_2 。

[返回目录](#)

解析 开关S闭合时,等效电路中电容器与 R_3 并联,电容器两端电压等于 R_3 两端电压 U_3 ,已知电路总电阻 $R=\frac{(R_2+R_3)R_1}{R_2+R_3+R_1}+r=4\Omega$,由闭合电路欧姆定律可知干路电流 $I=\frac{E}{R}=1.5\text{ A}$,路端电压 $U=E-Ir=4.5\text{ V}$,则 $U_3=\frac{R_3}{R_2+R_3}U=1.8\text{ V}$,此时电容器所带电荷量 $Q_1=CU_3=3.6\times10^{-6}\text{ C}$,且上极板带负电,下极板带正电,A、B错误。开关S断开时,稳定后电容器两端电压等于 R_2 两端电压 U_2 ,此时 $U_2=\frac{E}{R_2+R_3+r}R_2=3\text{ V}$,电容器所带电荷量 $Q_2=CU_2=6\times10^{-6}\text{ C}$,且上极板带正电,下极板带负电,故通过 R_0 的电荷量 $Q=Q_1+Q_2=9.6\times10^{-6}\text{ C}$,C错误,D正确。

[返回目录](#)

题型2 电路的故障判断

1. 电路故障一般是短路或断路,其特点如下

- (1)断路特点:电路中发生断路,表现为电压不为零而电流为零。
- (2)短路特点:电路中发生短路,表现为有电流通过电路而电压为零。

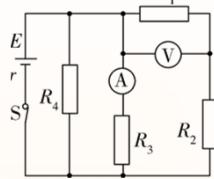
2. 利用电流表、电压表判断电路故障的方法

常见情况	故障解读	可能的故障原因分析
<input checked="" type="radio"/> 正常 <input type="radio"/> 无示数	“电流表示数正常”表明电流表所在电路为通路, “电压表无示数”表明无电流通过电压表	(1)电压表损坏 (2)电压表接触不良 (3)与电压表并联的部分短路
<input type="radio"/> 正常 <input checked="" type="radio"/> 无示数	“电压表有示数”表明电压表有电流通过, “电流表无示数”说明没有或几乎没有电流流过电流表	(1)电流表短路 (2)和电压表并联的部分断路
<input checked="" type="radio"/> <input checked="" type="radio"/> 均无示数	“两表均无示数”表明无电流通过两表	除了两表同时被短路外,可能是干路断路导致无电流

[返回目录](#)

例 (多选)如图,电源内阻不能忽略,电流表和电压表均为理想电表。 $R_1=R_2<R_3<R_4$,下列说法中正确的是 (BC)

- A.若 R_2 短路,电流表示数变小,电压表示数变小
- B.若 R_2 断路,电流表示数变大,电压表示数为零
- C.若 R_3 短路,电流表示数变小,电压表示数为零
- D.若 R_4 断路,电流表示数变小,电压表示数变大



[返回目录](#)

第3节

电学实验基础

[返回目录](#)

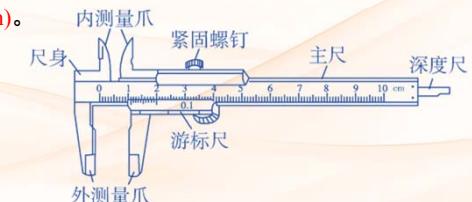
解析 R_2 短路,并联电阻变小,总电阻变小,总电流变大,内电压变大,路端电压变小,流过 R_1 的电流变小,电流表示数变小,流过 R_1 的电流变大, R_1 两端电压变大,电压表示数变大,A错误。 R_2 断路,并联电阻变大,总电阻变大,总电流变小,内电压变小,路端电压变大,流过 R_1 的电流变大,电流表示数变大,流过 R_1 的电流减小为零,电压表示数为零,B正确。 R_1 短路,总电阻变小,总电流变大,内电压变大,路端电压变小,流过 R_3 的电流变小,电流表示数变小, R_1 两端电压为零,电压表示数为零,C正确。 R_4 断路,总电阻变大,总电流变小,内电压变小,路端电压变大,电流表示数变大,电压表示数变大,D错误。

[返回目录](#)

一、常用仪器的使用及读数

1. 游标卡尺的使用和读数

- (1) 原理:利用主尺的单位刻度(1 mm)与游标尺的单位刻度之间固定的微量差值制成。不管游标尺上有多少个小等分刻度,它的总长度比主尺上同样多数目的小等分刻度的总长度小1 mm。
- (2) 精度:10分度对应0.1 mm,20分度对应0.05 mm,50分度对应0.02 mm。
- (3) 读数:若用 x 表示由主尺上读出的整毫米数, K 表示游标尺上与主尺上某一刻度线对齐的格数,则记录结果为 $(x+K \times \text{精度})(\text{mm})$ 。

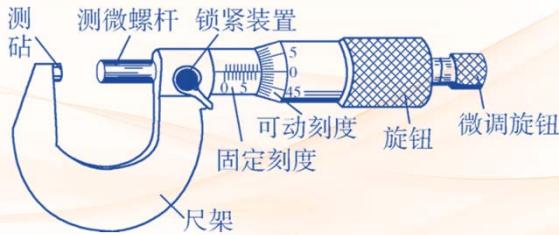


[返回目录](#)

2.螺旋测微器的使用和读数

(1)原理:固定刻度的螺距为0.5 mm,即旋钮每旋转一周,测微螺杆前进或后退0.5 mm,而可动刻度上有50个等分刻度,每转动一小格,测微螺杆前进或后退0.01 mm。读数时估读到毫米的千分位上,因此螺旋测微器又称为千分尺。

(2)读数:测量值(mm)=固定刻度数(mm)(注意判断半毫米刻度线是否露出)+可动刻度数(估读一位) $\times 0.01$ (mm)。



[返回目录](#)

3.电流表、电压表的读数

(1)量程为0~3 V的电压表和量程为0~3 A的电流表读数方法相同,此量程下的精度分别是0.1 V和0.1 A,需估读,看清楚指针的实际位置,读到小数点后面两位。

(2)对于0~15 V量程的电压表,精度是0.5 V,在读数时只要求读到小数点后面一位。

(3)对于0~0.6 A量程的电流表,精度是0.02 A,在读数时只要求读到小数点后面两位。

[返回目录](#)

二、测量电路和控制电路的选择

1.电流表的内接法和外接法

电路图	电流表内接法	电流表外接法
电阻测量值	$R_{\text{测}} = \frac{U_{\text{测}}}{I_{\text{测}}} = R_x + R_A > R_x$ 测量值大于真实值	$R_{\text{测}} = \frac{U_{\text{测}}}{I_{\text{测}}} = \frac{R_x R_v}{R_x + R_v} < R_x$ 测量值小于真实值
误差原因	电流表分压 $U_{\text{测}} = U_x + U_A$	电压表分流 $I_{\text{测}} = I_x + I_v$
方法总结	“大内偏大”:测大电阻用内接法,测量值比真实值偏大	“小外偏小”:测小电阻用外接法,测量值比真实值偏小

[返回目录](#)

2.滑动变阻器的两种接法

电路图	限流式接法	分压式接法
理解	R_0 连入电路的部分与 R_x 串联	R_0 全部连入电路中, R_x 与 R_0 的aP部分并联
滑动变阻器接法	“一上一下”接法,滑片初始位置置于连入电路阻值最大处	“一上两下”接法,滑片初始位置置于R _x 支路短路处(即a端)
R_x 两端电压调节范围(忽略电源内阻)	$\frac{R_x}{R_x + R_{0\max}} E \leq U_x \leq E$	$0 \leq U_x \leq E$
R_x 中电流调节范围(忽略电源内阻)	$\frac{E}{R_x + R_{0\max}} \leq I_x \leq \frac{E}{R_x}$	$0 \leq I_x \leq \frac{E}{R_x}$
特点	电路能耗小,接线简单	调压范围大,能从0开始

[返回目录](#)

3.滑动变阻器两种接法的选择

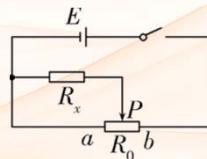
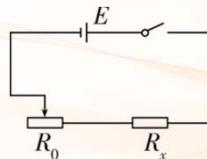
(1)采用限流式接法,电路结构简单、耗能少,优先使用限流式。

(2)滑动变阻器必须采用分压式接法的几种情况:

①要求电压表能从零开始读数,或要求电压(电流)测量范围尽可能大时;

②当待测电阻 $R_x \gg R_{0\max}$ 时(限流式接法滑动变阻器几乎不起作用);

③采用限流式接法,电路中的最小电流仍超过电路中电表、电阻允许的最大电流时。



[返回目录](#)

实验11

导体电阻率的测量

[返回目录](#)

三、电学实验设计及仪器选择的“三原则”

1.安全性:确保电源、电阻和电表都不会过载,例如电流表或电压表量程一定要大于被测电流或电压的最大值。

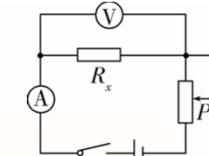
2.精确性:判断选用多大量程的电表时,应考虑尽可能减小测量误差,对于电压表或电流表,
应使指针偏转到满刻度的 $\frac{1}{3}$ 到 $\frac{2}{3}$ 范围内,多用电表选用电阻挡时,应尽可能使指针指
在中间刻度附近。

3.可调性:选用滑动变阻器时,应考虑对外供电电压的变化范围既能满足实验要求,又能
实现调节时电表的示数变化明显。

[返回目录](#)

一、实验原理

电路图如图所示。由 $R=\rho \frac{l}{S}$ 得 $\rho=\frac{RS}{l}$,只要测出
金属丝长度 l 、横截面积 S 和电阻 R 即可
求得 ρ 。



二、操作要领及注意事项

1.测金属丝直径和长度:测量直径时应用螺旋测微器在不同位置测量三次,取平均值;
测金属丝长度时应将金属丝拉直,多次测量金属丝接入电路中的有效长度,求平均值。

2.如何连接电路:按电路图连接;金属丝电阻小,用电流表外接法;闭合开关前,将滑动变阻器的滑片调到接入电路的阻值最大处。

3.如何测量电压、电流:改变滑动变阻器接入电路的阻值,测得多组 U 、 I 数据。

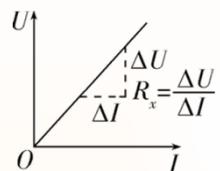
[返回目录](#)

三、数据处理

1.计算 R_x 的两种方法

(1)平均值法:用 $R_x = \frac{U}{I}$ 分别算出各次的阻值,再取平均值。

(2)图像法:作出 $U-I$ 图像,利用斜率求出 R_x ,如图所示。



注意 用图像法求电阻时,要尽量使所描相邻点间的距离大一些,连线要尽可能地通过较多的点,不在直线上的点均匀分布在直线两侧,个别明显偏离较远的点应舍去。

2.计算电阻率:将记录的数据 l 、 d 及 R_x 的值代入电阻率计算式,得 $\rho = \frac{R_x S}{l} = \frac{\pi R_x d^2}{4l}$ 。

[返回目录](#)

实验12

测量电阻的几种方法

[返回目录](#)

四、误差分析

1.金属丝直径和长度的测量、读数等人为因素带来误差。

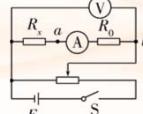
2.测量电路中电流表与电压表对电阻测量的影响。因为**电流表外接,所以 $R_{测} < R_{真}$** ,由 $R = \rho \frac{l}{S}$,知 **$\rho_{测} < \rho_{真}$** 。

3.通电电流过大,时间过长,使金属丝发热,电阻率随之变化带来误差。读完电表示数后要快速断开电源,调好滑片位置再闭合开关。

五、改进方案

如图所示,将电路图进行更改,这样消去了电流表对电阻测量的影响,消除了系统误差。

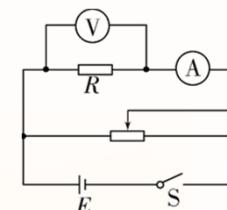
根据 $\frac{U_1}{I_1} = R_x + R_A + R_0$,将电压表改接在 a 、 b 两端有 $\frac{U_2}{I_2} = R_A + R_0$,得出 $R_x = \frac{U_1}{I_1} - \frac{U_2}{I_2}$ 。


[返回目录](#)

一、伏安法测电阻

1.实验原理

根据 $R = \frac{U}{I}$,用如图所示的电路测出电压 U 与电流 I ,即可得出电阻的阻值 R 。



2.操作要领及注意事项

(1)如何连接电路:确定电流表、电压表的量程,多采用电流表外接法,滑动变阻器多采用分压式接法,同时把滑动变阻器的滑片调节到最左端(电路参考实验原理),使闭合开关后 R 两端电压最小,接线经检查无误后,闭合开关S。

(2)如何测量与记录数据:移动滑动变阻器的滑片,测出12组左右不同的电压值 U 和对应电流值 I ,并将测量数据填入表格中。

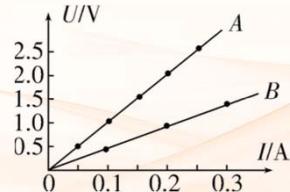
[返回目录](#)

3. 数据处理

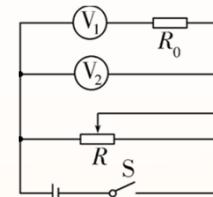
建立 U - I 坐标系, 描点, 用平滑的曲线连接起来, 如图所示, 就得到电阻的伏安特性曲线。
(坐标系纵轴和横轴的标度要适中, 以使所描图线充分占据整个坐标纸为宜)

4. 误差分析

由于电压表、电流表不是理想电表, 电表内阻对电路的影响会带来系统误差。


[返回目录](#)

2. 电压表差值法(如图所示)



(1) 基本原理: 定值电阻 R_0 (阻值较大) 两端的电压 $U_0 = U_2 - U_1$, 流过电压表 V_1 的电流 $I_1 = \frac{U_2 - U_1}{R_0}$ 。本质是将其中一个电压表当作或改作电流表使用。

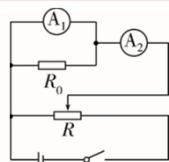
(2) 可测物理量

若已知 R_0 , 可求得电压表 V_1 的内阻 $r_1 = \frac{U_1}{U_2 - U_1} R_0$; 若已知 r_1 , 可求得 $R_0 = \frac{U_2 - U_1}{U_1} r_1$ 。

[返回目录](#)

二、差值法测电阻

1. 电流表差值法(如图所示)



(1) 基本原理: 通过定值电阻 R_0 的电流 $I_0 = I_2 - I_1$, 电流表 A_1 两端的电压 $U_1 = I_0 R_0$ 。本质是将其中一个电流表当作或者改作电压表进行使用。

(2) 可测物理量

若已知 R_0 , 可求得电流表 A_1 的内阻 $r_1 = \frac{(I_2 - I_1) R_0}{I_1}$; 若已知 r_1 , 可求得 $R_0 = \frac{I_1 r_1}{I_2 - I_1}$ 。

[返回目录](#)

三、半偏法测电表内阻

1. 电流半偏法测电流表内阻

(1) 实验电路图

(2) 实验步骤

① 按如图所示的电路图连接实物电路。

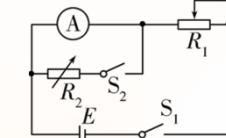
② 断开 S_2 , 闭合 S_1 , 调节 R_1 接入电路的阻值, 使电流表满偏。

③ 保持 R_1 接入电路的阻值不变, 闭合 S_2 , 调节 R_2 , 使电流表半偏, 然后读出 R_2 的阻值。

(3) 实验条件: $R_1 \gg R_A$ 。

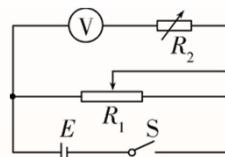
(4) 测量结果: $R_{A\text{测}} = R_2 < R_A$ 。

(5) 误差分析: 当闭合 S_2 时, 总电阻减小, 总电流增大(大于电流表满偏值), 此时电流表半偏, 所以流经 R_2 的电流比电流表所在支路的电流大, $R_2 < R_A$, 故 $R_{A\text{测}} < R_A$ 。


[返回目录](#)

2. 电压半偏法测电压表内阻

(1) 实验电路图



(2) 实验步骤

① 按如图所示的电路图连接实物电路。

② 将 R_2 的阻值调为 0, 闭合 S , 调节 R_1 滑片位置, 使电压表满偏。

③ 保持 R_1 滑片位置不变, 调节 R_2 , 使电压表半偏, 然后读出 R_2 的阻值。

(3) 实验条件: $R_1 \ll R_v$ 。

(4) 测量结果: $R_{v\text{测}} = R_2 > R_v$ 。

(5) 误差分析: 当 R_2 的阻值由 0 逐渐增大时, R_2 与电压表两端的电压也将增大, 当电压表半偏时, R_2 两端电压大于电压表两端电压, $R_2 > R_v$, 故 $R_{v\text{测}} > R_v$ 。

[返回目录](#)

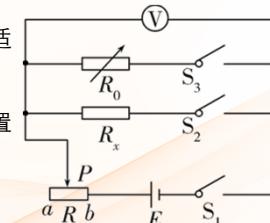
2. 电压的“等效替代”

(1) 按如图所示的电路图连好电路, 并将电阻箱 R_0 的阻值调至最大, 滑动变阻器的滑片 P 置于 a 端。

(2) 闭合开关 S_1 、 S_2 , 调节滑片 P 的位置, 使电压表指针指在适当的位置, 记下此时电压表的示数 U 。

(3) 断开开关 S_2 , 再闭合开关 S_3 , 保持滑动变阻器滑片 P 的位置不变, 调节电阻箱, 使电压表的示数仍为 U 。

(4) 此时电阻箱连入电路的阻值 R_0 与 R_x 相等。

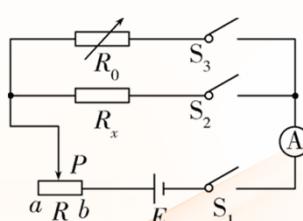


[返回目录](#)

四、等效替代法测电阻

1. 电流的“等效替代”

(1) 按如图所示的电路图连接好电路, 并将电阻箱 R_0 的阻值调至最大, 滑动变阻器的滑片 P 置于 a 端。



(2) 闭合开关 S_1 、 S_2 , 调节滑片 P 的位置, 使电流表指针指在适当的位置, 记下此时电流表的示数 I 。

(3) 断开开关 S_2 , 再闭合开关 S_3 , 保持滑动变阻器滑片 P 的位置不变, 调节电阻箱, 使电流表的示数仍为 I 。

(4) 此时电阻箱连入电路的阻值 R_0 与 R_x 相等。

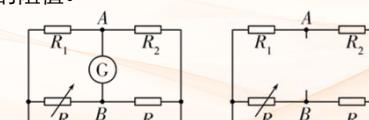
[返回目录](#)

五、电桥法测电阻

1. 操作: 如图甲所示, 实验中调节电阻箱 R_3 , 使灵敏电流计 G 的示数为 0。

2. 原理: 当 $I_G=0$ 时, 有 $U_{AB}=0$, 则 $U_{R1}=U_{R3}$, $U_{R2}=U_{Rx}$; 电路可以等效为图乙所示电路。根据欧姆

定律有 $\frac{U_{R1}}{R_1} = \frac{U_{R2}}{R_2}$, $\frac{U_{R1}}{R_3} = \frac{U_{R2}}{R_x}$, 由以上两式解得 $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_x}$, 这就是电桥平衡的条件, 由该平衡条件可求出被测电阻 R_x 的阻值。



[返回目录](#)

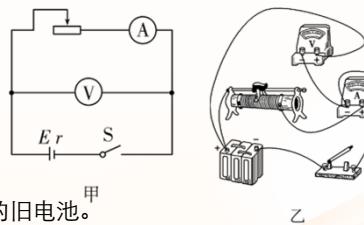
实验13

测量电源电动势和内阻

[返回目录](#)

一、实验原理及装置图

改变滑动变阻器接入电路的阻值,测多组 U 、 I 值,根据闭合电路欧姆定律 $E=U+Ir$ 计算 E 、 r 。



二、操作要点及注意事项

1. **选电池:**为使路端电压变化明显,应选内阻较大的旧电池。
2. **连电路:**按原理图连接电路,注意电流表、电压表的接线柱的正负及量程。
3. **测量前滑动变阻器滑片位置:**闭合开关前,滑动变阻器滑片位于连入电路阻值最大的位置。
4. **测数据:**调节滑动变阻器的滑片,电流不要过大,读数要快;要测出不少于6组(I , U)数据,变化范围要大些。

[返回目录](#)

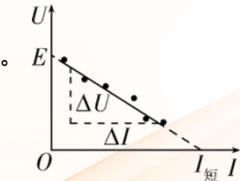
三、数据处理

1. 计算法:测出路端电压和干路电流,列方程组 $\begin{cases} E = U_1 + I_1 r \\ E = U_2 + I_2 r \end{cases}$,解出 E 、 r ,并多次测量求平均值。

2. 作图法:由测出的多组 I 、 U 值,描点作图处理数据,如图所示。

(1) 图线与纵轴交点的纵坐标为电源电动势 E 。

(2) 图线斜率的绝对值为内阻 r 。



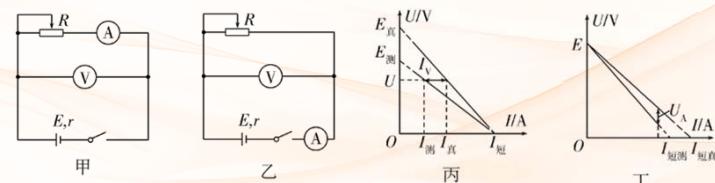
[返回目录](#)

四、误差分析及改进措施

1. 若采用**图甲电路**,由于电压表的分流作用造成误差,电压值越大,电压表的分流越多,对应的 $I_{真}$ 与 $I_{测}$ 的差值越大,其 $U-I$ 图像如图丙所示。结论: $E_{测} < E_{真}$, $r_{测} < r_{真}$ 。

(2) 若采用**图乙电路**,由于电流表的分压作用造成误差,电流值越大,电流表的分压越多,对应的 $U_{真}$ 与 $U_{测}$ 的差值越大,其 $U-I$ 图像如图丁所示。结论: $E_{测} = E_{真}$, $r_{测} > r_{真}$ 。

(3) 因为图乙所测电源内阻误差太大,所以为了减小系统误差,我们实验时用**图甲电路**,电压表内阻越大,分流越小,其系统误差也越小,所以选用内阻较大的电压表。



[返回目录](#)

五、拓展方案

方案一 安阻法测电动势和内阻

1. 实验原理及装置图 原理 $E=IR+Ir$, 电路图如图。

2. 数据处理

(1) 计算法: 由 $\begin{cases} E = I_1 R_1 + I_1 r \\ E = I_2 R_2 + I_2 r \end{cases}$ 解方程组求得 E 、 r 。

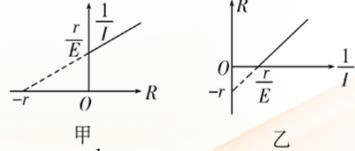
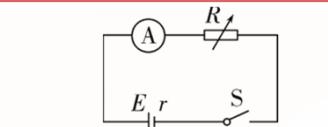
(2) 图像法: 由 $E=I(R+r)$ 可得

① $\frac{1}{I} = \frac{1}{E}R + \frac{r}{E}$, 可作 $\frac{1}{I}$ - R 图像(如图甲), $\frac{1}{I}$ - R 图像的图线斜率 $k = \frac{1}{E}$, 纵轴截距为 $\frac{r}{E}$ 。

② $R = E \cdot \frac{1}{I} - r$, 可作 R - $\frac{1}{I}$ 图像(如图乙), R - $\frac{1}{I}$ 图像的图线斜率 $k = E$, 纵轴截距为 $-r$ 。

3. 误差分析

(1) 来源: 电流表有内阻, 导致电源内阻测量不准确。 (2) 结论: $E_{\text{测}} = E_{\text{真}}, r_{\text{测}} > r_{\text{真}}$ ($r_{\text{测}} = r_{\text{真}} + r_A$)。



[返回目录](#)

实验14

用多用电表测量电学中的物理量

[返回目录](#)

方案二 伏阻法测电动势和内阻

1. 实验原理及装置图: 原理 $E=U+\frac{U}{R}r$, 电路图如图。

2. 数据处理

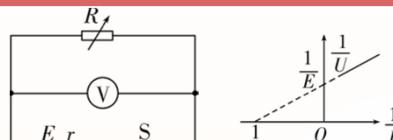
(1) 计算法: 由 $\begin{cases} E = U_1 + \frac{U_1}{R_1}r \\ E = U_2 + \frac{U_2}{R_2}r \end{cases}$ 解方程组求得 E 和 r 。

(2) 图像法: 由 $E=U+\frac{U}{R}r$ 得 $\frac{1}{U} = \frac{1}{E} + \frac{r}{E} \cdot \frac{1}{R}$, $\frac{1}{U}$ - $\frac{1}{R}$ 图像的图线斜率 $k = \frac{1}{E}$, 纵轴截距为 $\frac{1}{E}$, 如图。

3. 误差分析

(1) 来源: 电压表内阻不是无限大, 干路电流表达式不准确, 导致电动势、内阻测量不准确。

(2) 结论: $E_{\text{测}} < E_{\text{真}}, r_{\text{测}} < r_{\text{真}}$ 。



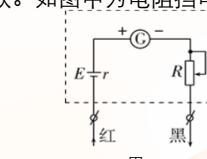
[返回目录](#)

一、实验原理

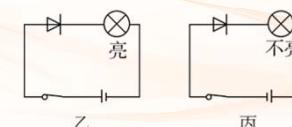
1. 多用电表的工作原理: 闭合电路欧姆定律、电路的串联与并联。如图甲为电阻挡电路。

(1) 当红、黑表笔短接时, $I_g = \frac{E}{R_g + R + r}$ 。

(2) 当被测电阻 R_x 接在红、黑表笔之间时, $I = \frac{E}{R_g + R + r + R_x}$ 。



2. 二极管具有单向导电性: 当给二极管加正向电压时, 它的电阻很小, 电路导通, 如图乙, 灯亮; 当给二极管加反向电压时, 它的电阻很大, 电路断路, 如图丙, 灯不亮。



[返回目录](#)

二、操作要领及注意事项

1.认识多用电表外观:多用电表的上半部分为表盘,下半部分是选择开关,开关周围标有测量功能的区域及量程,如图所示。



2.进行机械调零:检查多用电表的指针是否停在表盘刻度左端的零位置。若不指零,则可调节指针定位螺丝进行机械调零。

3.如何测量小灯泡的电压和电流:将红、黑表笔分别插入“+”“-”插孔,保证电流总是“红进黑出”。测电压时,多用电表应与被测元件并联;测电流时,多用电表应与被测元件串联。

[返回目录](#)

三、数据处理

1.测电阻时电阻值等于指针的示数与倍率的乘积。

2.测电压和电流时,如果所读表盘的最小刻度为1、0.1、0.01等,读数时需往后估读一位;若表盘的最小刻度为0.2、0.02、0.5、0.05等,读数时估读到本位。

四、误差分析及改进措施

1.多用电表内部电池用旧后,电动势会减小,内阻会变大,使电阻测量值偏大,要及时更换新电池。

2.电阻挡表盘的刻度线不均匀,估读时易带来误差,要注意其左密右疏的特点,表头指针偏转过大或过小都会使误差增大,因此要选用恰当挡位,使指针落在表盘的中间区域。

3.读数时的观测易产生偶然误差,视线要垂直表盘正对指针读数。

[返回目录](#)

4.测量定值电阻

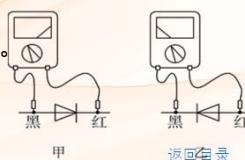
(1)测量电阻时待测电阻要与其他元件和电源断开,根据被测电阻的估计阻值,选择合适的挡位,把两表笔短接,进行欧姆调零。

(2)将被测电阻接在两表笔之间,待指针稳定后看指针是否指在中值附近,否则换挡,每换一次挡必须重新欧姆调零。

(3)读出指针在刻度盘上所指的数值,用读数乘所选挡位的倍率,即得测量结果。

5.测二极管的正、反向电阻:将多用电表电阻挡欧姆调零后,将二极管接在两表笔之间,若指针偏角很大(读数很小),则黑表笔接触的是二极管的正极,红表笔接触的是二极管的负极(如图甲);若指针偏角很小(读数很大),则黑表笔接触的是二极管的负极,红表笔接触的是二极管的正极(如图乙)。

6.使用完毕后:选择开关应置于“OFF”挡,长期不用应取出电池。



甲 [返回目录](#)