

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](#)

第1节

电路的基本概念及规律

[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 两表U-I图像的比较与应用

小专题19 电路的动态分析和故障判断

» 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

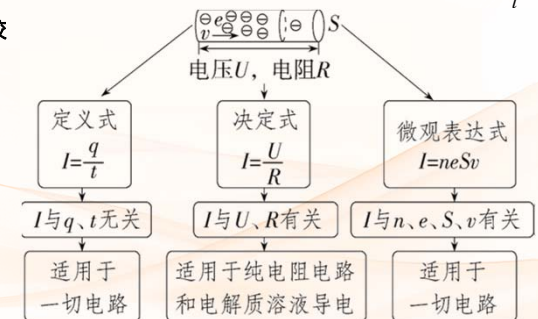
实验14 用多用电表测量电学中的物理量

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



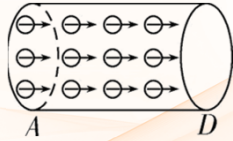
[返回目录](#)

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移动的平均速率为 v 。

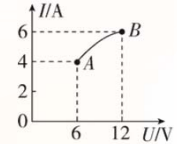
(2) 在时间 t 内通过横截面的总电荷量 $q = nvtSe$ 。

(3) 电流的表达式: $I = \frac{q}{t} = neSv$ 。


[返回目录](#)

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 $1.5\ \Omega$
 C. 导体两端电压为 12 V 时, 电阻为 $6\ \Omega$
 D. 由 A 到 B 过程中, 导体的电阻因温度的影响改变了 $9\ \Omega$



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](#)
要点2 欧姆定律和电阻定律的理解及应用**1. 欧姆定律**

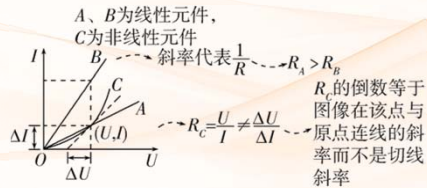
(1) 内容: 导体中的电流跟导体两端的电压成正比, 跟导体的电阻成反比。

(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: $R = \rho \frac{l}{S}$ 。 (ρ 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 $\Omega \cdot \text{m}$)

3. 伏安特性曲线
[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

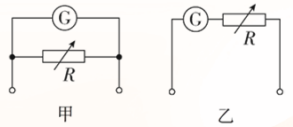
1.串、并联电路的特点

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

[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 $R=1\ 500\ \Omega$



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 $R=\frac{I_g R_g}{I-I_g}=\frac{300}{\frac{0.6}{0.002}-1}\ \Omega$,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 $R=\frac{U}{I_g}-R_g=1\ 200\ \Omega$,D错误。

[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	$U=I_g(R_g+R); n=1+\frac{R}{R_g}; R=(n-1)R_g; R_g=nR_g$	$I=\frac{R+R_g}{R}I_g; n=1+\frac{R_g}{R}; R=\frac{R_g}{n-1}; R_g=\frac{R_g}{n}$
校准电路		

[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	$P_{\text{电}}=P_{\text{热}}=UI=I^2R=\frac{U^2}{R}$	$P_{\text{电}}=UI>P_{\text{热}}$ $P_{\text{热}}=I^2R$

[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

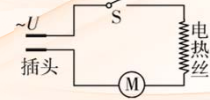


图 2

[返回目录](#)

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,即 $W>Q$
电功的计算	$W=UIt=I^2Rt=\frac{U^2}{R}t$	$W=UIt=E_{\text{其他}}+Q$
电热的计算	$Q=UIt=I^2Rt=\frac{U^2}{R}t$	$Q=I^2Rt$

[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 $P_r=I_M^2r=\frac{U_1^2r}{R^2}$,B错误。电动机消耗的功率 $P_M=U_MI_M=(U-U_1)\frac{U_1}{R}$,C正确。电吹风消耗的功率 $P=UI=UI_R=\frac{UU_1}{R}$,D错误。



图 1

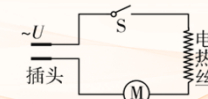


图 2

[返回目录](#)

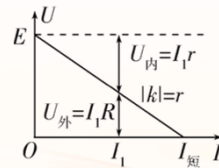
第2节

闭合电路欧姆定律及其应用

[返回目录](#)

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

① $I=\frac{E}{R+r}$ (只适用于纯电阻电路)。

② $E=U_{\text{外}}+U_{\text{内}}$ 或 $E=U_{\text{外}}+Ir$ (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 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](#)

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

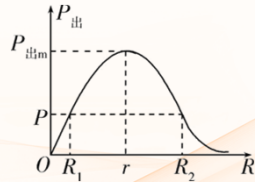
$$P_{\text{出}} = IU = I^2 R = \frac{E^2}{(R+r)^2} R = \frac{E^2 R}{(R-r)^2 + 4Rr} = \frac{E^2}{\frac{(R-r)^2}{R} + 4r}, \text{ 当 } R=r \text{ 时, 输出功率最大, } P_{\text{出m}} = \frac{E^2}{4r}, P_{\text{出}} \text{ 随}$$

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

的外电阻阻值 R_1 和 R_2 , 且 $R_1 R_2 = r^2$ 。



[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, 不同点对应的外电阻大小不同	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

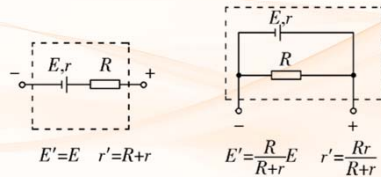
“等效电源”与“等效内阻”

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。

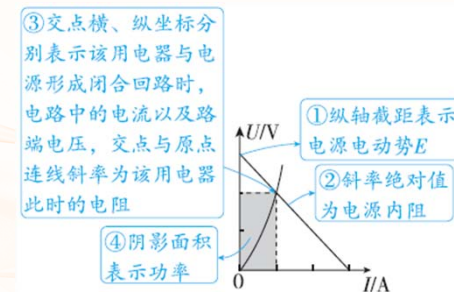


[返回目录](#)

关键规律

两种图线的综合应用

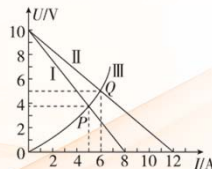
分析电源 $U-I$ 图像时, 要注意两坐标轴的坐标原点是否都是从零开始, 若纵坐标上的取值不是从零开始, 则横轴截距不表示短路电流, 但斜率的绝对值仍然等于电源内阻。



[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 $P(5\text{A}, 3.75\text{V})$ 、 $Q(6\text{A}, 5\text{V})$ 。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 **AB**

- (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



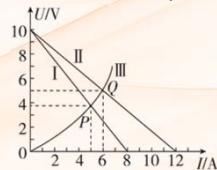
[返回目录](#)

小专题 19

电路的动态分析和故障判断

[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, $E_1 = E_2 = 10\text{V}$, 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 $U_1 = 3.75\text{V}$, 流过小灯泡的电流 $I_1 = 5\text{A}$, 小灯泡消耗的功率 $P_1 = U_1 I_1 = 18.75\text{W}$, 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 $U_2 = 5\text{V}$, 流过小灯泡的电流 $I_2 = 6\text{A}$, 小灯泡消耗的功率 $P_2 = U_2 I_2 = 30\text{W}$, 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**。

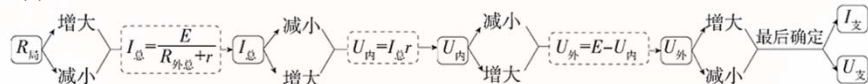


[返回目录](#)

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。

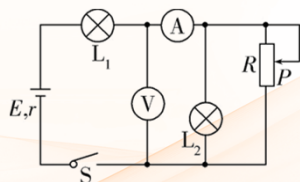
② 所谓“并同”,即某一电阻的阻值增大时,与它并联或间接并联的电阻中的电流、两端电压、电功率都将增大,反之则减小。

(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 L_1 变亮,灯 L_2 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, L_1 两端电压增大,灯 L_1 变亮, $U_{外}$ 减小, $U_{外}$ 等于两灯泡的两端电压之和,故 L_2 两端电压必然减小,灯 L_2 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 L_1 变亮,灯 L_2 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](#)

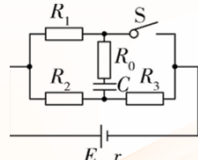
2.含电容器电路的分析

- (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,其作用只相当于一根导线,此时电容器相当于断路,电容器上的电压等于与之并联电阻两端的电压,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 $\Delta Q = C\Delta U$ 。

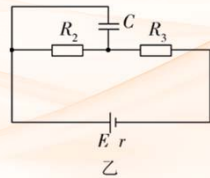
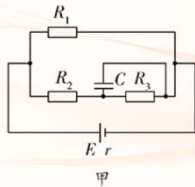
[返回目录](#)

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 3 V
 C. 将开关 S 断开,稳定后电容器极板所带的电荷量是 $3.6\times 10^{-6}\text{ C}$
 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 $9.6\times 10^{-6}\text{ C}$



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 $Q_1=CU_3=3.6\times 10^{-6}\text{ C}$,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 $Q_2=CU_2=6\times 10^{-6}\text{ C}$,且上极板带正电,下极板带负电,故通过 R_0 的电荷量 $Q=Q_1+Q_2=9.6\times 10^{-6}\text{ C}$,**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。

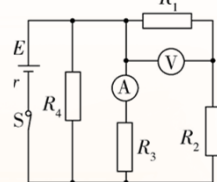
2. 利用电流表、电压表判断电路故障的方法

常见情况	故障解读	可能的故障原因分析
<div>Ⓐ 正常</div> <div>Ⓥ 无示数</div>	“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
<div>Ⓥ 正常</div> <div>Ⓐ 无示数</div>	“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
<div>Ⓐ Ⓥ 均无示数</div>	“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_1 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_3 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_3 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](#)

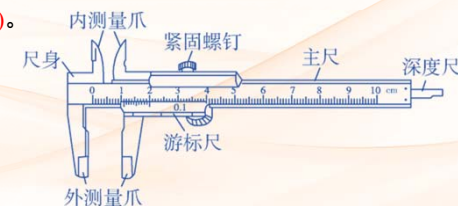
一、常用仪器的使用及读数

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 $(x + K \times \text{精度})(\text{mm})$ 。

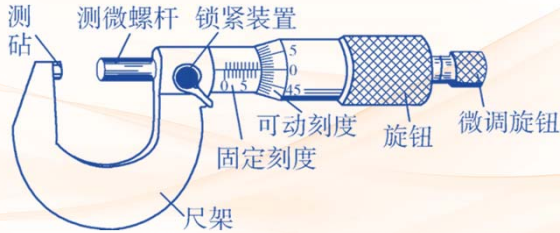


[返回目录](#)

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)×0.01(mm)。



[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

	电流表内接法	电流表外接法
电路图		
电阻测量值	$R_{测} = \frac{U_{测}}{I_{测}} = R_x + R_A > R_x$ 测量值大于真实值	$R_{测} = \frac{U_{测}}{I_{测}} = \frac{R_x R_V}{R_x + R_V} < R_x$ 测量值小于真实值
误差原因	电流表分压 $U_{测} = U_x + U_A$	电压表分流 $I_{测} = I_x + I_V$
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](#)

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](#)

2.滑动变阻器的两种接法

	限流式接法	分压式接法
电路图		
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)	$\frac{R_x}{R_x + R_{0max}} E \leq U_x \leq E$	$0 \leq U_x \leq E$
R_x 中电流调节范围(忽略电源内阻)	$\frac{E}{R_x + R_{0max}} \leq I_x \leq \frac{E}{R_x}$	$0 \leq I_x \leq \frac{E}{R_x}$
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](#)

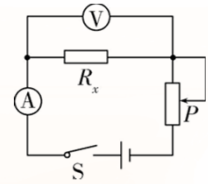
三、电学实验设计及仪器选择的“三原则”

- 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。

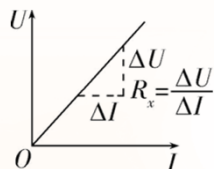
[返回目录](#)

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 $R_{测} < R_{真}$ 。

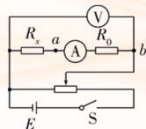
由 $R = \rho \frac{l}{S}$, 知 $\rho_{测} < \rho_{真}$ 。

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

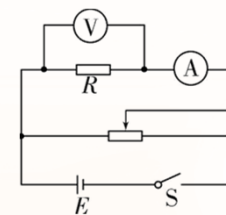
根据 $R = \frac{U}{I}$, 用如图所示的电路测出电压 U 与电流 I ,

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。



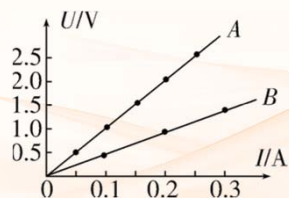
[返回目录](#)

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)

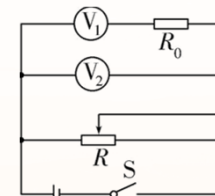
4.误差分析

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。

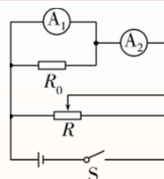
(2)可测物理量

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。

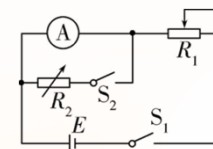
②断开 S_2 , 闭合 S_1 , 调节 R_1 接入电路的阻值, 使电流表满偏。

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: $R_{A测} = R_2 < R_A$ 。

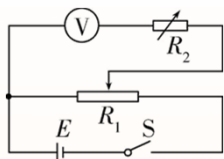
(5)误差分析: 当闭合 S_2 时, 总电阻减小, 总电流增大(大于电流表满偏值), 此时电流表半偏, 所以流经 R_2 的电流比电流表所在支路的电流大, $R_2 < R_A$, 故 $R_{A测} < R_A$ 。



[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](#)

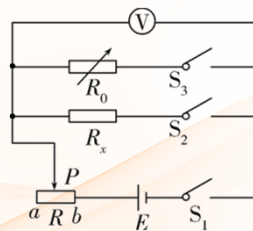
2.电压的“等效替代”

(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

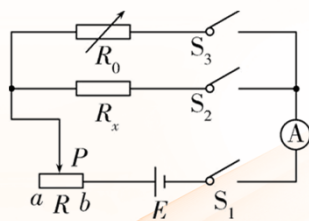
1.电流的“等效替代”

(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。

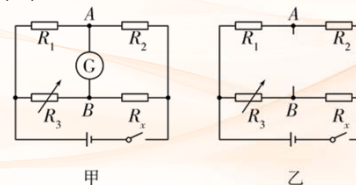


[返回目录](#)

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 $\frac{U_{R1}}{R_1} = \frac{U_{R2}}{R_2}$, $\frac{U_{R3}}{R_3} = \frac{U_{Rx}}{R_x}$,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](#)

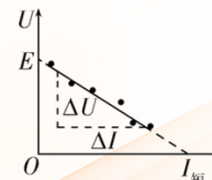
三、数据处理

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 。

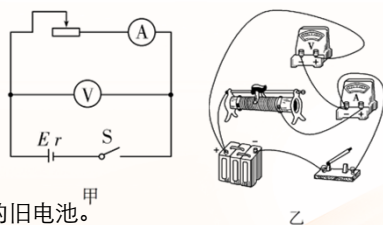

[返回目录](#)

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

- 选电池:** 为使路端电压变化明显, 应选内阻较大的旧电池。
- 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。
- 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。
- 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。

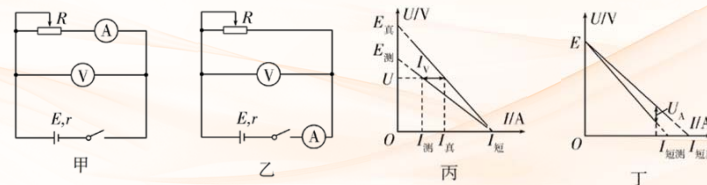

[返回目录](#)

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 $\begin{cases} E=I_1R_1+I_1r \\ E=I_2R_2+I_2r \end{cases}$ 解方程组求得 E 、 r 。

(2)图像法:由 $E=I(R+r)$ 可得

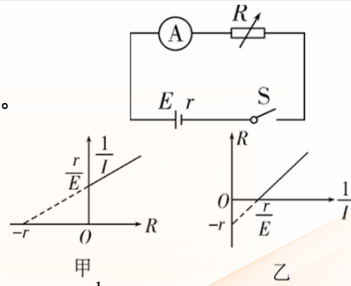
① $\frac{1}{I}=\frac{1}{E}R+\frac{r}{E}$, 可作 $\frac{1}{I}-R$ 图像(如图甲), $\frac{1}{I}-R$ 图像的图线斜率 $k=\frac{r}{E}$, 纵轴截距为 $\frac{1}{E}$ 。

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 。

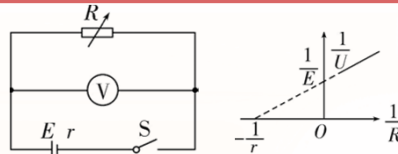
(2)图像法:由 $E=U+\frac{U}{R}r$ 得 $\frac{1}{U}=\frac{1}{E}+\frac{r}{E}\cdot\frac{1}{R}$, $\frac{1}{U}-\frac{1}{R}$ 图像的图线斜率 $k=\frac{r}{E}$, 纵轴截距为 $\frac{1}{E}$, 如图。

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](#)

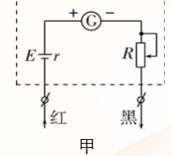


一、实验原理

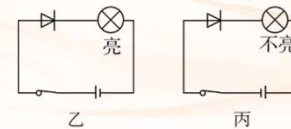
1.多用电表的工作原理:闭合电路欧姆定律、电路的串联与并联。如图甲为电阻挡电路。

(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。



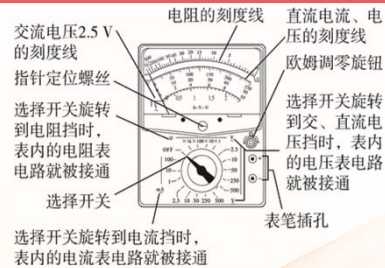
[返回目录](#)

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

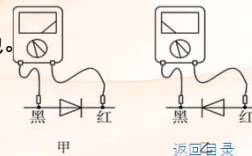
(1)测量电阻时待测电阻要与其他元件和电源断开,根据被测电阻的估计阻值,选择合适的挡位,把两表笔短接,进行欧姆调零。

(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。



[返回目录](#)