

第 7.5 节 测定电源的电动势和内阻

{INCLUDEPICTURE"15WL7-89.TIF"}

一、实验目的

- (1)测定电源的电动势和内阻。
- (2)加深对闭合电路欧姆定律的理解。

二、实验器材

电池、电压表、电流表、滑动变阻器、开关、导线、坐标纸和刻度尺。

考点一 实验原理与操作

[典例 1] 利用电流表和电压表测定一节干电池的电动势和内电阻。要求尽量减小实验误差。

{INCLUDEPICTURE"14GKL-86.TIF"}

图实-9-1

- (1)应该选择的实验电路是图实-9-1 中的_____ (选填“甲”或“乙”)。
- (2)现有电流表(0~0.6 A)、开关和导线若干，以及以下器材：
A. 电压表(0~15 V) B. 电压表(0~3 V)
C. 滑动变阻器(0~50 Ω) D. 滑动变阻器(0~500 Ω)

实验中电压表应选用_____；滑动变阻器应选用_____。(选填相应器材前的字母)

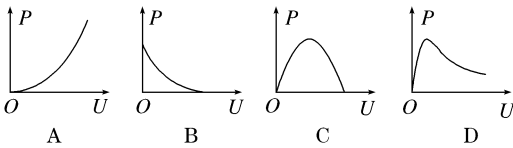
(3)某位同学记录的 6 组数据如下表所示，其中 5 组数据的对应点已经标在图实-9-2 的坐标纸上，请标出余下一组数据的对应点，并画出 $U-I$ 图线。

序号	1	2	3	4	5	6
电压 $U(V)$	1.45	1.40	1.30	1.25	1.20	1.10
电流 $I(A)$	0.060	0.120	0.240	0.260	0.360	0.480

{INCLUDEPICTURE"14GKL-33.TIF"}

图实-9-2

- (4)根据(3)中所画图线可得出干电池的电动势 $E=$ _____V，内电阻 $r=$ _____Ω。
- (5)实验中，随着滑动变阻器滑片的移动，电压表的示数 U 及干电池的输出功率 P 都会发生变化。图实-9-3 的各示意图中正确反映 $P-U$ 关系的是_____。



图实-9-3

[题组突破]

- 1. 某同学要测定一电源的电动势 E 和内电阻 r ，实验器材有：一只 DIS 电流传感器(可

视为理想电流表,测得的电流用 I 表示),一只电阻箱(阻值用 R 表示),一只开关和导线若干。
该同学设计了如图实-9-4 甲所示的电路进行实验和采集数据。

{INCLUDEPICTURE"15WL7-90.TIF"}

图实-9-4

(1)该同学设计实验的原理表达式是 $E = \underline{\hspace{2cm}}$ (用 r 、 I 、 R 表示)。

(2)该同学在闭合开关之前,应先将电阻箱调到 $\underline{\hspace{2cm}}$ (填“最大值”、“最小值”或“任意值”),实验过程中,将电阻箱调至如图乙所示位置,则此时电阻箱接入电路的阻值为 $\underline{\hspace{2cm}} \Omega$ 。

(3)该同学根据实验采集到的数据作出如图丙所示的 $\frac{1}{I} - R$ 图像,则由图像可求得,该电源的电动势 $E = \underline{\hspace{2cm}} \text{V}$,内阻 $r = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ 。(结果均保留两位有效数字)

2. 利用如图实-9-5 所示电路,可以测量电源的电动势和内阻,所用的实验器材有:待测电源,电阻箱 R (最大阻值为 999.9Ω),电阻 R_0 (阻值为 3.0Ω),电阻 R_1 (阻值为 3.0Ω),电流表 \textcircled{A} (量程为 200 mA ,内阻为 $R_A = 6.0 \Omega$),开关 S 。

{INCLUDEPICTURE"GKJXKB1-11.TIF"}

图实-9-5

实验步骤如下:

- ①将电阻箱阻值调到最大,闭合开关 S ;
- ②多次调节电阻箱,记下电流表的示数 I 和电阻箱相应的阻值 R ;
- ③以 $\frac{1}{I}$ 为纵坐标, R 为横坐标,作 $\frac{1}{I} - R$ 图线(用直线拟合);
- ④求出直线的斜率 k 和在纵轴上的截距 b 。

回答下列问题:

(1)分别用 E 和 r 表示电源的电动势和内阻,则 $\frac{1}{I}$ 与 R 的关系式为 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(2)实验得到的部分数据如下表所示,其中电阻 $R = 3.0 \Omega$ 时电流表的示数如图实-9-6 所示,读出数据,完成下表。答: ① $\underline{\hspace{2cm}}$; ② $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

R/Ω	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0
I/A	0.143	0.125	①	0.100	0.091	0.084	0.077
$\frac{1}{I}/\text{A}^{-1}$	6.99	8.00	②	10.0	11.0	11.9	13.0

{INCLUDEPICTURE"GKJXKB1-12.TIF"}

图实-9-6

{INCLUDEPICTURE"GKJXKB1-12A.TIF"}

图实-9-7

(3)在图实-9-7 的坐标纸上将所缺数据点补充完整并作图,根据图线求得斜率 $k = \underline{\hspace{2cm}} \text{A}^{-1} \cdot \Omega^{-1}$,截距 $b = \underline{\hspace{2cm}} \text{A}^{-1}$ 。

(4)根据图线求得电源电动势 $E=$ _____ V, 内阻 $r=$ _____ Ω 。

考点二 数据处理与误差分析

[典例 2] 用图实-9-8 所示电路,测定一节干电池的电动势和内阻。电池的内阻较小,为了防止在调节滑动变阻器时造成短路,电路中用一个定值电阻 R_0 起保护作用。除电池、开关和导线外,可供使用的实验器材还有:

{INCLUDEPICTURE"15WL7-91.TIF"}

图实-9-8

- A. 电流表(量程 0.6 A、3 A);
- B. 电压表(量程 3 V、15 V);
- C. 定值电阻(阻值 1 Ω 、额定功率 5 W);
- D. 定值电阻(阻值 10 Ω 、额定功率 10 W);
- E. 滑动变阻器(阻值范围 0~10 Ω 、额定电流 2 A);
- F. 滑动变阻器(阻值范围 0~100 Ω 、额定电流 1 A)。

那么:

(1)要正确完成实验,电压表的量程应选择 _____ V, 电流表的量程应选择 _____ A;
 R_0 应选择 _____ Ω 的定值电阻, R 应选择阻值范围是 _____ Ω 的滑动变阻器。

(2)引起该实验系统误差的主要原因是 _____

。

[题组突破]

3. 现要测量某电源的电动势和内阻。可利用的器材有: 电流表 { eq \o\ac (\bigcirc, A) }, 内阻为 1.00 Ω ; 电压表 { eq \o\ac (\bigcirc, V) }; 阻值未知的定值电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 ; 开关 S; 一端连有鳄鱼夹 P 的导线 1, 其他导线若干。某同学设计的测量电路如图实-9-9 所示。

{INCLUDEPICTURE"14DG-7.TIF"}

图实-9-9

(1)按图实-9-9 在实物图实-9-10 中画出连线, 并标出导线 1 和其 P 端。

{INCLUDEPICTURE"14DG-8.TIF"}

图实-9-10

(2)测量时, 改变鳄鱼夹 P 所夹的位置, 使 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 依次串入电路, 记录对应的电压表的示数 U 和电流表的示数 I 。数据如下表所示。根据表中数据, 在图实-9-11 中的坐标纸上将所缺数据点补充完整, 并画出 $U-I$ 图线。

$I(\text{mA})$	193	153	111	69	30
$U(\text{V})$	2.51	2.59	2.68	2.76	2.84

{INCLUDEPICTURE"14DG-9.TIF"}

图实-9-11

(3)根据 $U-I$ 图线求出电源的电动势 $E=$ _____ V, 内阻 $r=$ _____ Ω 。(保留 2 位小数)

4. 根据闭合电路欧姆定律, 用图实-9-12 所示电路可以测定电池的电动势和内电阻。图中 R_0 是定值电阻, 通过改变 R 的阻值, 测出 R_0 两端的对应电压 U_{12} , 对所得的实验数据进行处理, 就可以实现测量目的。根据实验数据在 $\{eq \lf(1,U_{12})\}$ - R 坐标系中描出坐标点, 如图实-9-13 所示。已知 $R_0=150\ \Omega$, 请完成以下数据分析和处理。

{INCLUDEPICTURE"15WL7-92.TIF"}

图实-9-12

{INCLUDEPICTURE"15WL7-93.TIF"}

图实-9-13

(1)图实-9-13 中电阻为 _____ Ω 的数据点应剔除;

(2)在坐标纸上画出 $\{eq \lf(1,U_{12})\}$ - R 关系图线;

(3)图线的斜率是 _____ ($V^{-1}\cdot\Omega^{-1}$), 由此可得电池电动势 $E_x=$ _____ V。

5. 老师要求同学们测出一待测电源的电动势及内阻, 所给的实验器材有: 待测电源 E , 定值电阻 R_1 (阻值未知), 电压表 V (量程为 3.0 V, 内阻很大), 电阻箱 R (0~99.99 Ω), 单刀单掷开关 S_1 , 单刀双掷开关 S_2 , 导线若干。

{INCLUDEPICTURE"15WL7-95.TIF"}

图实-9-14

某同学连接了一个如图实-9-14 所示的电路, 他接下来的操作是:

a. 拨动电阻箱旋钮, 使各旋钮盘的刻度处于如图实-9-15 甲所示的位置后, 将 S_2 接到 A , 闭合 S_1 , 记录下对应的电压表示数为 2.20 V, 然后断开 S_1 ;

b. 保持电阻箱示数不变, 将 S_2 切换到 B , 闭合 S_1 , 记录此时电压表的读数(电压表的示数如图乙所示), 然后断开 S_1 。

(1)请你解答下列问题:

图实-9-15 甲所示电阻箱的读数为 _____ Ω , 图乙所示的电压表读数为 _____ V。

由此可算出定值电阻 R_1 的阻值为 _____ Ω 。(计算结果取 3 位有效数字)

{INCLUDEPICTURE"15WL7-96.TIF"}

图实-9-15

(2)在完成上述操作后, 该同学继续以下的操作:

将 S_2 切换到 A , 多次调节电阻箱, 闭合 S_1 , 读出多组电阻箱的示数 R 和对应的电压表示数 U , 由测得的数据, 绘出了如图丙所示的 $\{eq \lf(1,U)\}$ - $\{eq \lf(1,R)\}$ 图像。由此可求得该电池组的电动势 E 及内阻 r , 其中 $E=$ _____ V, 电源内阻 $r=$ _____ Ω 。(计算结果保留 3 位有效数字)

考点三 实验的改进与创新

[典例 3] 某研究性学习小组利用伏安法测定某一电池组的电动势和内阻, 实验原理如

图实-10-16 甲所示，其中，虚线框内为用灵敏电流计 $\{\text{eq } \text{\o} \text{\ac}(\bigcirc, \text{G})\}$ 改装的电流表 $\{\text{eq } \text{\o} \text{\ac}(\bigcirc, \text{A})\}$ ， $\{\text{eq } \text{\o} \text{\ac}(\bigcirc, \text{V})\}$ 为标准电压表， E 为待测电池组， S 为开关， R 为滑动变阻器， R_0 是标称值为 $4.0\ \Omega$ 的定值电阻。

(1)已知灵敏电流计 $\{\text{eq } \text{\o} \text{\ac}(\bigcirc, \text{G})\}$ 的满偏电流 $I_g = 100\ \mu\text{A}$ 、内阻 $r_g = 2.0\ \text{k}\Omega$ ，若要改装后的电流表满偏电流为 $200\ \text{mA}$ ，应并联一只 $\underline{\hspace{1cm}}\ \Omega$ (保留一位小数)的定值电阻 R_1 。

(2)根据图甲，用笔画线代替导线将图乙连接成完整电路。

{INCLUDEPICTURE"14LZPJ9.TIF"}

图实-9-16

(3)某次实验的数据如下表所示：

测量次数	1	2	3	4	5	6	7	8
电压表 $\{\text{eq } \text{\o} \text{\ac}(\bigcirc, \text{V})\}$ 读数 U/V	5.26	5.16	5.04	4.94	4.83	4.71	4.59	4.46
改装表 $\{\text{eq } \text{\o} \text{\ac}(\bigcirc, \text{A})\}$ 读数 I/mA	20	40	60	80	100	120	140	160

该小组借鉴“研究匀变速直线运动”实验中计算加速度的方法(逐差法)，计算出电池组的内阻 $r = \underline{\hspace{1cm}}\ \Omega$ (保留两位小数)；为减小偶然误差，逐差法在数据处理方面体现出的主要优点是 $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

(4)该小组在前面实验的基础上，为探究图甲电路中各元器件的实际阻值对测量结果的影响，用一已知电动势和内阻的标准电池组，通过上述方法多次测量后发现：电动势的测量值与已知值几乎相同，但内阻的测量值总是偏大。若测量过程无误，则内阻测量值总是偏大的原因是 $\underline{\hspace{1cm}}$ 。(填选项前的字母)

- A. 电压表内阻的影响
- B. 滑动变阻器的最大阻值偏小
- C. R_1 的实际阻值比计算值偏小
- D. R_0 的实际阻值比标称值偏大

[题组突破]

6. 为了测定电源电动势 E 、内电阻 r 的大小并同时描绘出小灯泡的伏安特性曲线，某同学设计了如图实-9-17 甲所示的电路。闭合开关，调节电阻箱的阻值，同时记录电阻箱的阻值 R ，电压表 V_1 的示数 U_1 ，电压表 V_2 的示数 U_2 。根据记录数据计算出流过电阻箱的电流 I ，分别描绘了 a 、 b 两条 $U-I$ 图线，如图乙所示。请回答下列问题：

{INCLUDEPICTURE"15WL7-100.TIF"}

图实-9-17

- (1) 写出流过电阻箱的电流 I 的表达式：_____；
- (2) 小灯泡两端电压随电流变化的图像是_____ (选填“a”或“b”)；
- (3) 根据图乙可以求得电源的电动势 $E = \underline{\hspace{2cm}}$ V，内电阻 $r = \underline{\hspace{2cm}}$ Ω ，该电路中小灯泡消耗的最大功率为_____ W。

7. 某研究性学习小组欲测定一块电池的电动势 E 。

- (1) 先直接用多用电表测定该电池电动势。在操作无误的情况下，多用电表表盘示数如图实-9-18，其示数为_____ V。

{INCLUDEPICTURE"15WL7-101.TIF"}

图实-9-18

- (2) 然后，用电压表 V、电阻箱 R 、定值电阻 R_0 、开关 S、若干导线和该电池组成电路，测定该电池电动势。

(i) 根据电路图，用笔画线代替导线，将实物图连接成完整电路。

- (ii) 闭合开关 S，调整电阻箱阻值 R ，读出电压表 V 相应示数 U 。该学习小组测出大量数据，分析筛选出下表所示的 R 、 U 数据，并计算出相应的 $\frac{1}{R}$ 与 $\frac{1}{U}$ 的值。请用表中数据在坐标纸上描点，并作出 $\frac{1}{U}$ - $\frac{1}{R}$ 图线。

{INCLUDEPICTURE"15WL7-102.TIF"}

图实-9-19

$R(\Omega)$	166.7	71.4	50.0	33.3	25.0	20.0
$U(V)$	8.3	5.9	4.8	4.2	3.2	2.9
$\frac{1}{R}$						
$(\times 10^{-2} \Omega^{-1})$	0.60	1.40	2.00	3.00	4.00	5.00
$\frac{1}{U}(V^{-1})$	0.12	0.17	0.21	0.24	0.31	0.35

{INCLUDEPICTURE"15WL7-103.TIF"}

图实-9-20

- (iii) 从图线中可求得 $E = \underline{\hspace{2cm}}$ V。