

实验十 测量电源的电动势和内电阻

【目标要求】 1.理解测量电源电动势和内电阻的实验原理——闭合电路欧姆定律.2.掌握用电流表和电压表测定电源的电动势和内电阻的方法.3.掌握实物图连接的技巧.4.会用图像处理实验数据.

考点一 伏安法测电源的电动势和内电阻

■ 基础梳理 夯实必备知识

1. 实验原理

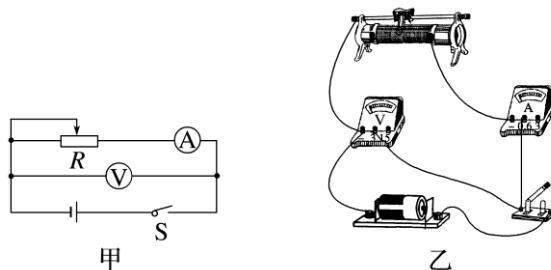
闭合电路欧姆定律.

2. 实验器材

干电池、电压表、电流表、滑动变阻器、开关、导线、坐标纸和刻度尺.

3. 实验步骤

(1)电流表用 0.6 A 的量程, 电压表用 3 V 的量程, 按图连接好电路.



(2)把滑动变阻器的滑片移到接入电路阻值最大的一端.

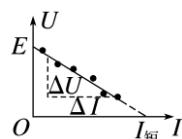
(3)闭合开关, 调节滑动变阻器, 使电流表有明显示数并记录一组数据(I_1 , U_1). 用同样的方法再测量几组 I 、 U 值, 填入表格中.

(4)断开开关, 拆除电路, 整理好器材.

4. 实验数据处理

(1)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)用作图法处理数据, 如图所示.



①图线与纵轴交点为电源电动势 E ;

②图线斜率的绝对值为内阻 r .

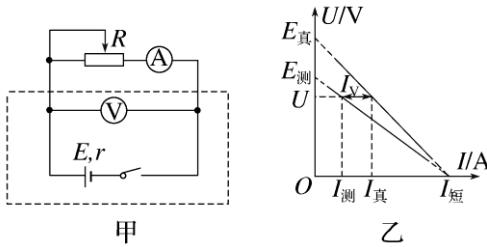
5. 误差分析

(1)偶然误差: 主要来源于电压表和电流表的读数以及作 $U-I$ 图像时描点不准确.

(2)系统误差:

①方法 a 若采用甲图电路, 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 $I_{\text{真}} < I_{\text{测}}$, $I_{\text{V}} = \frac{U}{R_{\text{V}}}$. 其中 $U-I$ 图像如图乙所示.

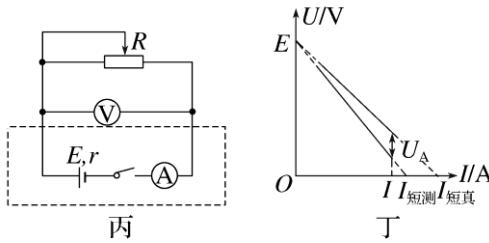


结论: $E_{\text{测}} < E_{\text{真}}, r_{\text{测}} < r_{\text{真}}$.

方法 b 等效电源法

如图甲所示, $E_{\text{测}} = \frac{R_{\text{V}}}{R_{\text{V}} + r} E_{\text{真}} < E_{\text{真}}, r_{\text{测}} = \frac{R_{\text{V}} r}{R_{\text{V}} + r} < r_{\text{真}}$.

②方法 a 若采用丙图电路, 电流表的分压作用造成误差, 电流越大, 电流表分压越多, 对应 $U_{\text{真}}$ 与 $U_{\text{测}}$ 的差越大, $U_{\text{A}} = I \cdot R_{\text{A}}$. 其中 $U-I$ 图像如图丁所示.



结论: $E_{\text{测}} = E_{\text{真}}, r_{\text{测}} > r_{\text{真}}$.

方法 b 等效电源法

如图丙所示, $E_{\text{测}} = E_{\text{真}}, r_{\text{测}} = r + R_{\text{A}} > r_{\text{真}}$.

(3) 电路选择:

①电源内阻一般较小, 选图甲电路误差较小.

②当 A 内阻已知时选图丙电路, 此时 $r = k - R_{\text{A}}$, 没有系统误差.

6. 注意事项

(1)为了使路端电压变化明显, 可使用内阻较大的旧电池.

(2)电流不要过大, 应小于 0.5 A, 读数要快.

(3)要测出不少于 6 组的 (I, U) 数据, 变化范围要大些.

(4)若 $U-I$ 图线纵轴刻度不从零开始, 则图线和横轴的交点不再是短路电流, 内阻应根据 r

$$= \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| \text{确定.}$$

【例 1】 (2020·山东卷·14)实验方案对实验测量的精度有直接的影响, 某学习小组对“测量电源的电动势和内阻”的实验方案进行了探究. 实验室提供的器材有:

干电池一节(电动势约 1.5 V, 内阻小于 1 Ω);

电压表 V(量程 3 V, 内阻约 3 k Ω);

电流表 A(量程 0.6 A, 内阻约 1 Ω);

滑动变阻器 R (最大阻值为 20 Ω);

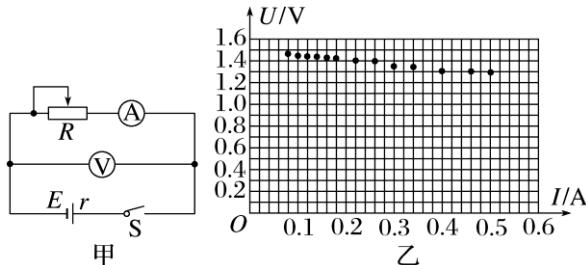
定值电阻 R_1 (阻值 2 Ω);

定值电阻 R_2 (阻值 5 Ω);

开关一个, 导线若干.

(1)该小组按照图甲所示的电路进行实验, 通过调节滑动变阻器阻值使电流表示数逐渐接近满偏, 记录此过程中电压表和电流表的示数, 利用实验数据在 $U-I$ 坐标纸上描点, 如图乙所示, 结果发现电压表示数的变化范围比较小, 出现该现象的主要原因是_____。(单选, 填正确答案标号)

- A. 电压表分流
- B. 干电池内阻较小
- C. 滑动变阻器最大阻值较小
- D. 电流表内阻较小

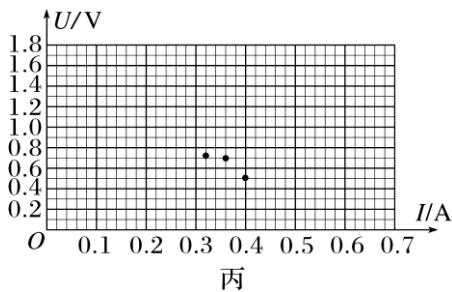


(2)针对电压表示数的变化范围比较小的问题, 该小组利用实验室提供的器材改进了实验方案, 重新测量得到的数据如下表所示.

序号	1	2	3	4	5	6	7
I/A	0.08	0.14	0.20	0.26	0.32	0.36	0.40
U/V	1.35	1.20	1.05	0.88	0.73	0.71	0.52

请根据实验数据, 回答以下问题:

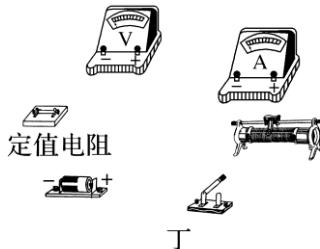
①图丙中已标出后 3 组数据对应的坐标点, 请标出前 4 组数据对应的坐标点并画出 $U-I$ 图像.



丙

②根据实验数据可知, 所选的定值电阻为_____ (填 “ R_1 ” 或 “ R_2 ”).

③用笔画线代替导线, 请按照改进后的方案, 将图丁所示实物图连接成完整电路.



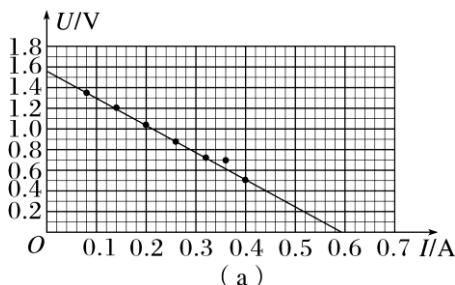
丁

答案 (1)B (2)①见解析图(a) ② R_1

③见解析图(c)

解析 (1)电压表示数的变化范围小, 原因是外电阻的阻值远大于电源内阻, 选项 B 正确.

(2)①根据数据描点并连成一条直线, 如图(a)所示.



(a)

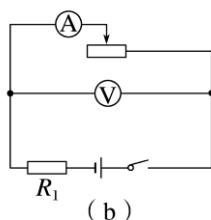
②由图像可知 $E = 1.55 \text{ V}$, $U = 0$ 时 $I = 0.59 \text{ A}$, 故 $r' = \frac{E}{I} \approx 2.63 \Omega$,

由于 $2 \Omega < r' < 5 \Omega$,

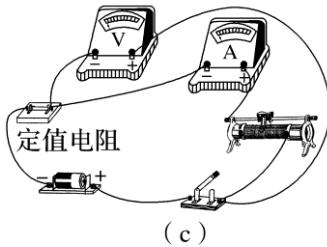
又 $r' = r + R$ (r 为电源内阻, R 为定值电阻),

故定值电阻只能是 R_1 .

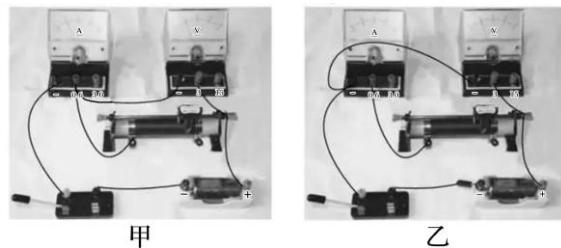
③先画出原理图, 如图(b), 然后依据原理图将各仪器依次连接起来, 如图(c).



(b)



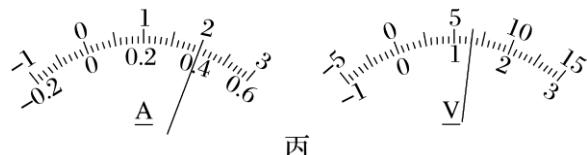
【例 2】(2020·浙江 7 月选考·18)某同学分别用图甲和图乙的电路测量同一节干电池的电动势和内阻.



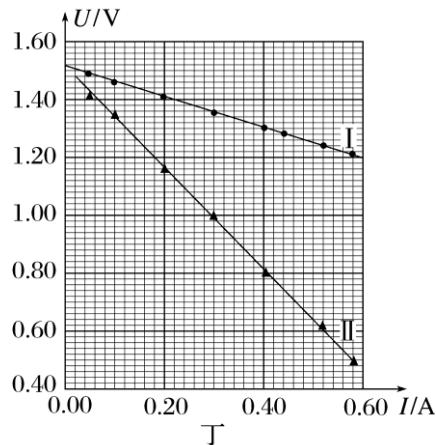
(1)在方框中画出图乙的电路图;



(2)某次测量时电流表和电压表的示数如图丙所示, 则电流 $I=$ _____ A, 电压 $U=$ _____ V;



(3)实验得到如图丁所示的两条直线, 图中直线 I 对应电路是图_____ (选填“甲”或“乙”);

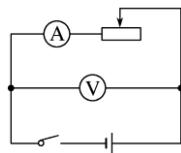


(4)该电池的电动势 $E=$ _____ V(保留三位有效数字), 内阻 $r=$ _____ Ω (保留两位有效

数字).

答案 (1)见解析图 (2)0.40(0.39~0.41 均可) 1.30(1.29~1.31 均可) (3)乙 (4)1.52(1.51~1.54 均可) 0.53(0.52~0.54 均可)

解析 (1)如图所示



(2)测电池的电动势和内阻所用电流表量程为 $0 \sim 0.6 A$, 电压表量程为 $0 \sim 3.0 V$, 则两表示数分别为 $0.40 A(0.39 A \sim 0.41 A$ 均可)、 $1.30 V(1.29 V \sim 1.31 V$ 均可).

(3)由 $E = U + Ir$, 得 $U = E - Ir$, 即 I、II 两图线的斜率绝对值表示电源内阻, 且 $r_{II} > r_I$.

题图甲中由于电流表的分压作用, 所测电阻为电源内阻与电流表电阻的和, $r_{甲测} > r$; 题图乙中由于电压表的分流作用, 所测电阻为电源内阻与电压表电阻的并联值, $r_{乙测} < r$. 故直线 I 对应乙电路, 直线 II 对应甲电路.

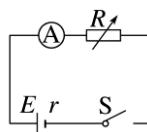
(4)由图像可知, 电源内阻较小, 测一节干电池的电动势与电阻应采用乙电路, 将直线 I 延长, 与纵轴的截距表示电池的电动势, $E = 1.52 V(1.51 V \sim 1.54 V$ 均可); 从直线 I 上取两点代入 $E = U + Ir$, 或利用图线的斜率可得电池内阻 $r = 0.53 \Omega(0.52 \Omega \sim 0.54 \Omega$ 均正确).

考点二 安阻法测电动势和内电阻

■ 基础梳理 夯实必备知识

1. 实验原理

闭合电路的欧姆定律 $E = IR + Ir$, 电路图如图所示.



2. 实验器材

电池、电流表、电阻箱、开关、导线、坐标纸和刻度尺.

3. 数据处理

$$(1) \text{计算法: 由} \begin{cases} E=I_1R_1+I_1r \\ E=I_2R_2+I_2r \end{cases}$$

解方程组求得 E, r .

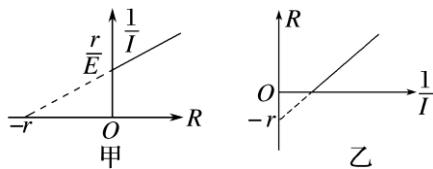
(2)图像法: 由 $E=I(R+r)$ 可得

$$\textcircled{1} \frac{1}{I} = \frac{1}{E}R + \frac{r}{E}, \text{ 可作} \frac{1}{I} - R \text{ 图像(如图甲)}$$

$$\frac{1}{I} - R \text{ 图像的斜率 } k = \frac{1}{E}, \text{ 纵轴截距为} \frac{r}{E}$$

$$\textcircled{2} R = E \cdot \frac{1}{I} - r, \text{ 可作} R - \frac{1}{I} \text{ 图像(如图乙)}$$

$$R - \frac{1}{I} \text{ 图像的斜率 } k = E, \text{ 纵轴截距为} -r.$$



4. 误差分析

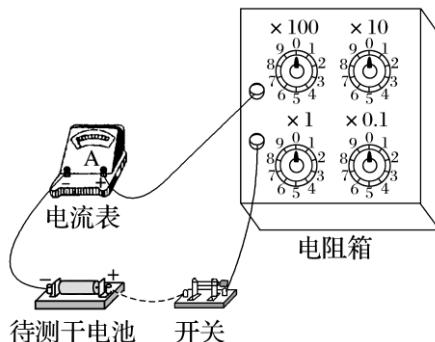
(1) 误差来源: 电流表有电阻, 导致内阻测量不准确;

(2) 结论: $E_{\text{测}} = E_{\text{真}}, r_{\text{测}} > r_{\text{真}} (r_{\text{测}} = r_{\text{真}} + r_A)$.

【例 3】 (2018·江苏卷·10)一同学测量某干电池的电动势和内阻.

(1) 如图所示是该同学正准备接入最后一根导线(图中虚线所示)时的实验电路. 请指出图中在器材操作上存在的两个不妥之处_____;

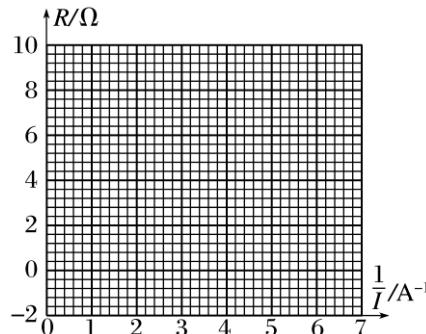
_____.



(2) 实验测得的电阻箱阻值 R 和电流表示数 I , 以及计算的 $\frac{1}{I}$ 数据见下表:

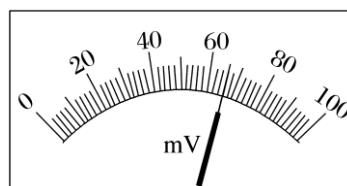
R/Ω	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0
I/A	0.15	0.17	0.19	0.22	0.26
$\frac{1}{I}/A^{-1}$	6.7	5.9	5.3	4.5	3.8

根据表中数据，在方格纸上作出 $R - \frac{1}{I}$ 关系图像.



由图像可计算出该干电池的电动势为_____V；内阻为_____Ω.

(3)为了得到更准确的测量结果，在测出上述数据后，该同学将一只量程为 100 mV 的电压表并联在电流表的两端. 调节电阻箱，当电流表的示数为 0.33 A 时，电压表的指针位置如图所示，则该干电池的电动势应为_____V，内阻应为_____Ω.



答案 (1)开关未断开 电阻箱阻值为零

(2)见解析图 1.34(1.30~1.44 都算对) 1.2(1.0~1.4 都算对) (3)1.34[结果与(2)问第一个空格一致] 1.0[结果比(2)问第二个空格小 0.2]

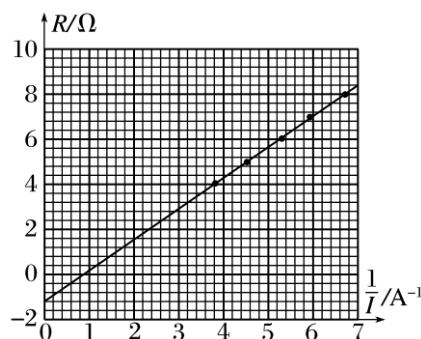
解析 (1)在电学实验中，连接电路时应将开关断开，电阻箱的阻值调为最大，确保实验仪器、仪表的安全.

(2)根据闭合电路欧姆定律，得 $E = I(R + r)$

$$\text{即 } R = \frac{E}{I} - r = E \cdot \frac{1}{I} - r,$$

即 $R - \frac{1}{I}$ 图像为直线.

描点连线后图像如图所示.



根据图像可知 $r = 1.2 \Omega$.

图像的斜率为电动势 E ,

在 $R - \frac{1}{I}$ 图像上取两点(2, 1.59)、(5, 5.61)

$$\text{则 } E = \frac{5.61 - 1.59}{5 - 2} \text{ V} = 1.34 \text{ V.}$$

(3)根据欧姆定律, 得电流表的内阻

$$r_A = \frac{U}{I} = \frac{66 \times 10^{-3}}{0.33} \Omega = 0.2 \Omega,$$

该干电池的内阻应为 $r' = r - r_A = 1.0 \Omega$

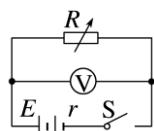
$R - \frac{1}{I}$ 图像的斜率仍为电动势 E , 即 $E = 1.34 \text{ V.}$

考点三 伏阻法测电动势和内电阻

■ 基础梳理 夯实必备知识

1. 实验原理

闭合电路欧姆定律 $E = U + \frac{U}{R}r$, 电路图如图所示.



2. 实验器材

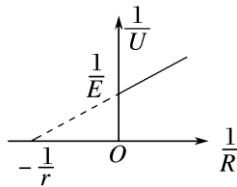
电池、电压表、电阻箱、开关、导线、坐标纸和刻度尺.

3. 数据处理

$$(1) \text{计算法: 由} \begin{cases} E = U_1 + \frac{U_1}{R_1}r \\ E = U_2 + \frac{U_2}{R_2}r \end{cases}$$

解方程组可求得 E 和 r .

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

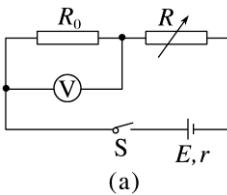


4. 误差分析

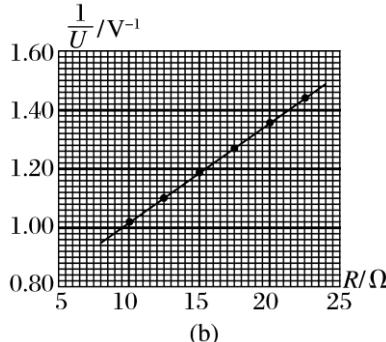
(1) 误差来源: 电压表有内阻, 干路电流表达式不准确, 导致电动势测量不准确;

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

【例 4】 (2021·全国乙卷·23) 一实验小组利用图(a)所示的电路测量一电池的电动势 E (约 1.5 V) 和内阻 r (小于 2 Ω). 图中电压表量程为 1 V, 内阻 $R_V=380.0 \Omega$; 定值电阻 $R_0=20.0 \Omega$; 电阻箱 R 最大阻值为 999.9 Ω ; S 为开关. 按电路图连接电路. 完成下列填空:



(a)



(b)

(1) 为保护电压表, 闭合开关前, 电阻箱接入电路的电阻值可以选 Ω (填“5.0”或“15.0”);

(2) 闭合开关, 多次调节电阻箱, 记录下阻值 R 和电压表的相应读数 U ;

(3) 根据图(a)所示电路, 用 R 、 R_0 、 R_V 、 E 和 r 表示 $\frac{1}{U}$, 得 $\frac{1}{U} = \frac{1}{U} = \frac{1}{U}$;

(4) 利用测量数据, 作 $\frac{1}{U}$ — R 图线, 如图(b)所示:

(5) 通过图(b)可得 $E = \frac{1}{U}$ V(保留 2 位小数), $r = \frac{1}{U}$ Ω (保留 1 位小数);

(6) 若将图(a)中的电压表当成理想电表, 得到的电源电动势为 E' , 由此产生的误差为

$$\left| \frac{E' - E}{E} \right| \times 100\% = \frac{E' - E}{E} \times 100\%.$$

答案 (1)15.0

$$(3) \frac{R_0 + R_V}{ER_V R_0} \cdot R + \frac{1}{E} + \frac{(R_V + R_0)r}{ER_V R_0}$$

$$(5) 1.55 \quad 1.0 \quad (6) 5$$

解析 (1)为了避免电压表被烧坏, 接通电路时电压表两端的电压不能比电压表满偏电压大,

当电压表满偏时有

$$\frac{\frac{U_m}{R_V R_0}}{R_V + R_0} = \frac{E - U_m}{R + r}$$

代入数据解得 $R + r = 9.5 \Omega$, 故 $R > 7.5 \Omega$

因此电阻箱接入电路的电阻值选 15.0Ω .

(3)由闭合回路的欧姆定律可得

$$E = U + \frac{\frac{U}{R_V R_0}}{R_V + R_0} (R + r)$$

化简可得 $\frac{1}{U} = \frac{R_0 + R_V}{ER_V R_0} \cdot R + \frac{1}{E} + \frac{R_V + R_0}{ER_V R_0} r$

(5)由上面公式可得 $\frac{R_0 + R_V}{ER_V R_0} = k = \frac{1}{19E}$,

$$\frac{1}{E} + \frac{R_V + R_0}{ER_V R_0} r = b = \frac{1}{E} + \frac{r}{19E}$$

由 $\frac{1}{U} - R$ 图像计算可得 $k \approx 0.034 \text{ V}^{-1} \cdot \Omega$

延长图线, 得到图线与纵轴的交点为 0.85 V^{-1} , 则有 $0.85 \text{ V}^{-1} = \frac{1}{E} + \frac{r}{19E} + \frac{5}{19E} (\text{V}^{-1})$

代入可得 $E \approx 1.55 \text{ V}$, $r \approx 1.0 \Omega$.

(6)如果电压表为理想电压表, 则有

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{E} + \frac{r}{ER_0} + \frac{1}{ER_0} R$$

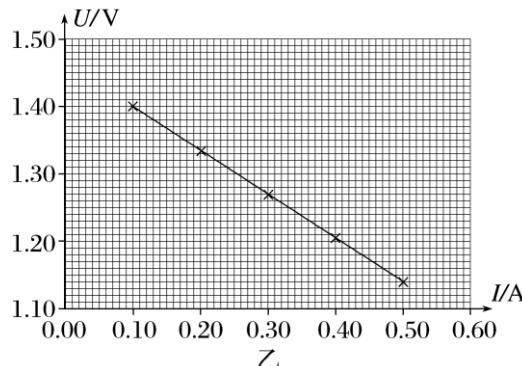
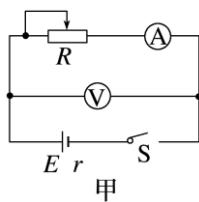
$$\text{则此时 } E' = \frac{1}{20k}$$

$$\text{因此误差为 } \left| \frac{\frac{1}{20k} - \frac{1}{19k}}{\frac{1}{19k}} \right| \times 100\% = 5\%.$$

课时精练

1. (2021·浙江1月选考·18(1))在“测定电池的电动势和内阻”实验中,

(1)用如图甲所示的电路图测量,得到的一条实验数据拟合线如图乙所示,则该电池的电动势 $E=$ _____ V(保留 3 位有效数字); 内阻 $r=$ _____ Ω (保留 2 位有效数字);



(2)现有如图丙所示的实验器材,照片中电阻箱阻值可调范围为 $0\sim 9999\Omega$,滑动变阻器阻值变化范围为 $0\sim 10\Omega$,电流表 G 的量程为 $0\sim 3\text{ mA}$ 、内阻为 200Ω ,电压表的量程有 $0\sim 3\text{ V}$ 和 $0\sim 15\text{ V}$. 请在图丙中选择合适的器材,在方框中画出两种测定一节干电池的电动势和内阻的电路图.

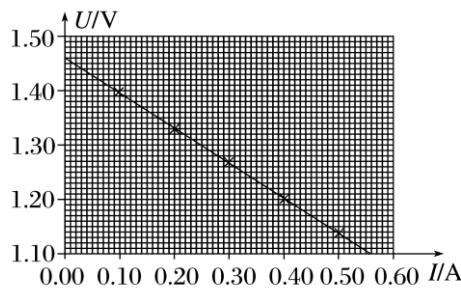


答案 (1)1.46(1.45~1.47 均可) 0.64(0.63~0.67 均可) (2)见解析图

解析 (1)根据闭合电路欧姆定律 $E = U + Ir$ 可得

$$U = E - Ir,$$

将题图乙的图线延长与横纵轴分别相交, 如图



可知图线与纵轴交点即为电动势, 即 $E = 1.46 \text{ V}$, 图线斜率的绝对值为电源内阻,

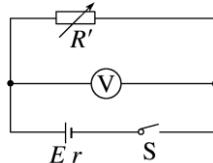
$$\text{即 } r = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{1.46 - 1.10}{0.56} \Omega \approx 0.64 \Omega$$

(2) 第一种方案: 一节干电池的电动势约为 1.5 V , 选用量程为 $0 \sim 3 \text{ V}$ 的电压表和电阻箱测量,

$$\text{根据闭合电路欧姆定律 } E = U + \frac{U}{R'} r,$$

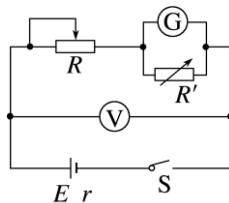
$$\text{变形得 } \frac{1}{U} = \frac{r}{E} \frac{1}{R'} + \frac{1}{E}$$

根据 $\frac{1}{U} - \frac{1}{R'}$ 图像即可求出干电池的电动势和内阻, 电路图如图所示.

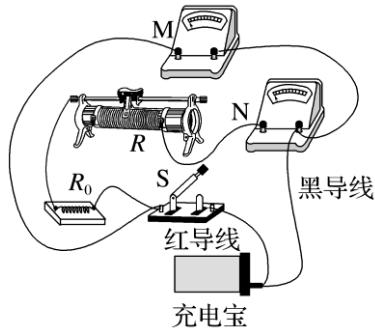


第二种方案: 选用量程为 $0 \sim 3 \text{ V}$ 的电压表、电流表 G、电阻箱、滑动变阻器测量, 其中将电

流表 G 与电阻箱并联, 改装成大量程的电流表, 电路图如图所示.



2. (2021·天津卷·10) 随着智能手机的广泛应用, 充电宝成为手机及时充电的一种重要选择. 充电宝可以视为与电池一样的直流电源. 一充电宝的电动势约为 5 V , 内阻很小, 最大放电电流为 2 A , 某实验小组测定它的电动势和内阻. 他们剥开充电宝连接线的外绝缘层, 里面有四根导线, 红导线为充电宝的正极, 黑导线为充电宝的负极, 其余两根导线空置不用, 另有滑动变阻器 R 用于改变电路中的电流, 定值电阻 $R_0 = 3 \Omega$, 两只数字多用电表 M、N, 两表均为理想电表, 并与开关 S 连成如图所示电路.



(1)图中测量电流的电表是_____，测量电压的电表是_____。(均填写字母“M”或“N”)

(2)调节滑动变阻器，测得多组 I 、 U 数据，记录如下表，其中只有一个数据记录有误，审视记录的数据，可以发现表中第_____次的记录数据有误。(填测量次数的序号)

次数	1	2	3	4	5	6	7
电流 I/A	0.299	0.477	0.684	0.877	1.065	1.281	1.516
电压 U/V	4.970	4.952	4.932	4.942	4.894	4.872	4.848

(3)电路中接入 R_0 可以达到下列哪个效果_____。(填选项前的字母)

- A. 使测电流的电表读数变化明显
- B. 为了更准确地测量充电宝内阻
- C. 避免使充电宝的放电电流过大
- D. 减小测量电压的电表分流作用

答案 (1)N (2)4 (3)C

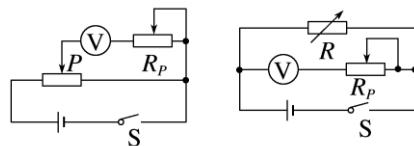
解析 (1)电表 N 串联在电路中，测量干路电流，所以 N 为电流表；电表 M 一端接在开关上，另一端接在充电宝的负极，闭合开关后相当于并联在电源两端，所以 M 为电压表，测量路端电压；

(2)题中表格中的电流 I 不断增大，根据闭合电路欧姆定律 $E = U + Ir$ 可知路端电压 U 不断减小，电压表的示数不断减小，所以第 4 次的记录数据有误；

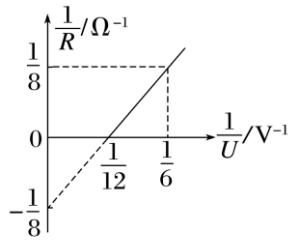
(3)因为充电宝的内阻很小，所以电阻 R_0 串联在电路中，起保护电路的作用，避免使充电宝的放电电流过大损坏电路中的器件。故选 C.

3. 某兴趣小组为了测量电动车上电池的电动势 E (约为 36 V)和内阻 r (约为 10Ω)，需要将一个量程为 15 V 的电压表(内阻 R_g 约为 $10 k\Omega$)改装成量程为 45 V 的电压表，然后再测量电池

的电动势和内阻. 以下是该实验的操作过程.



甲 乙



丙

(1)由于不知道该电压表内阻的确切值, 该小组将一个最大阻值为 $50 \text{ k}\Omega$ 的电位器 R_P (可视为可变电阻)与电压表串联后, 利用如图甲所示的电路进行改装, 请完成③的填空.

- ①将总阻值较小的滑动变阻器的滑片 P 移至最右端, 同时将电位器的阻值调为零;
- ②闭合开关 S , 将滑动变阻器的滑片 P 调到适当位置, 使电压表的示数为 9 V ;
- ③保持滑动变阻器滑片 P 的位置不变, 调节电位器, 使电压表的示数为 _____ V ;
- ④不再改变电位器的阻值, 保持电压表和电位器串联, 撤去其他电路, 即可得到量程为 45 V 的电压表.

(2)该小组利用一个电阻箱 R (阻值范围 $0 \sim 999.9 \Omega$)和改装后的电压表(电压表的表盘没有改变, 读数记为 U)连接成如图乙所示的测量电路来测量该电池的电动势和内阻. 该小组首先得

出了 $\frac{1}{R}$ 与 $\frac{1}{U}$ 的关系式为 $\frac{1}{R} = \dots$ (用 E 、 r 和 U 表示), 然后根据测得的电阻值 R 和电压表的

读数 U 作出 $\frac{1}{R} - \frac{1}{U}$ 图像如图丙所示, 则该电池的电动势 $E = \dots \text{ V}$ 、内阻 $r = \dots \Omega$;

(3)不考虑电压表改装时的误差. 利用图乙所示电路测得的电动势 $E_{\text{测}}$ 和内阻 $r_{\text{测}}$ 与真实值 $E_{\text{真}}$ 和 $r_{\text{真}}$ 相比, $E_{\text{测}} \dots E_{\text{真}}$, $r_{\text{测}} \dots r_{\text{真}}$ (填“大于”“等于”或“小于”).

答案 (1)3 (2) $\frac{E}{3r} \cdot \frac{1}{U} - \frac{1}{r}$ 36 8 (3) 小于 小于

解析 (1)由于电压表的内阻不确定, 所以不能采用教材提供的方法进行改装. 但由于电压表的量程为 15 V , 所以要想将电压表改装成量程为 45 V 的电压表, 电位器承担的电压应该是电压表电压的两倍, 由于二者之间是串联关系, 所以电位器的阻值应调节为电压表内阻的两倍, 因此, 当电压表的示数为 9 V 时, 只需调节电位器, 使电压表的示数变为 3 V 即可;

(2)由闭合电路欧姆定律可知 $3U = E - \frac{3U}{R} \cdot r$, 整理可得 $\frac{1}{R} = \frac{E}{3r} \cdot \frac{1}{U} - \frac{1}{r}$

故由图像可得 $\frac{1}{r} = \frac{1}{8}$, $\frac{E}{3r} = \frac{3}{2}$

解得 $E = 36 \text{ V}$, $r = 8 \Omega$

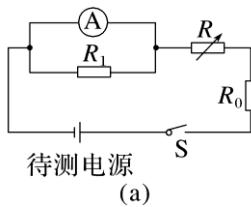
(3) 设电压表和电位器的总阻值为 R' , 则由闭合电路欧姆定律可得 $3U = E_{\text{真}} - (\frac{3U}{R} + \frac{3U}{R'}) \cdot r_{\text{真}}$,

整理得 $\frac{1}{R} = \frac{E_{\text{真}}}{3r_{\text{真}}} \cdot \frac{1}{U} - (\frac{1}{R'} + \frac{1}{r_{\text{真}}})$

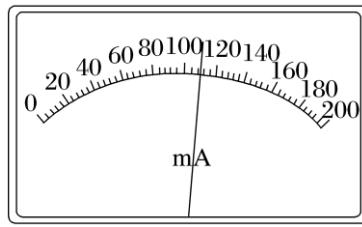
而 $\frac{1}{R} = \frac{E_{\text{测}}}{3r_{\text{测}}} \cdot \frac{1}{U} - \frac{1}{r_{\text{测}}}$, 故有 $E_{\text{测}} < E_{\text{真}}$, $r_{\text{测}} < r_{\text{真}}$.

4. 利用如图(a)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:

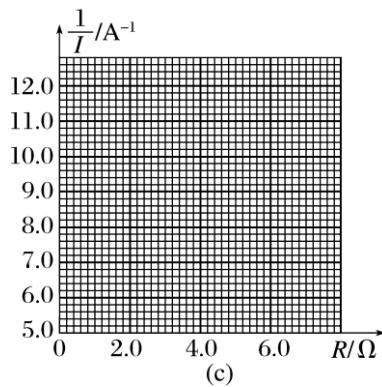
待测电源, 电阻箱 R (最大阻值 999.9Ω), 电阻 R_0 (阻值为 3.0Ω), 电阻 R_1 (阻值为 3.0Ω), 电流表 \textcircled{A} (量程为 200 mA , 内阻为 $R_A = 6.0 \Omega$), 开关 S .



(a)



(b)



(c)

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 _____.

(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(b)所示，读出数据，完成下表。答：①_____，②_____。

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

(3) 在图(c)的坐标纸上描点并作图，根据图线求得斜率 $k=$ _____ $A^{-1}\cdot\Omega^{-1}$ ，截距 $b=$ _____ A^{-1} 。

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

答案 (1) $\frac{1}{I} = \frac{3}{E}R + \frac{15+3r}{E}$ (2) 0.110 9.09 (3) 见解析图 1.0(0.96~1.04 均可) 6.0(5.9~6.1 均可) (4) 3.0(2.7~3.3 均可) 1.0(0.6~1.4 均可)

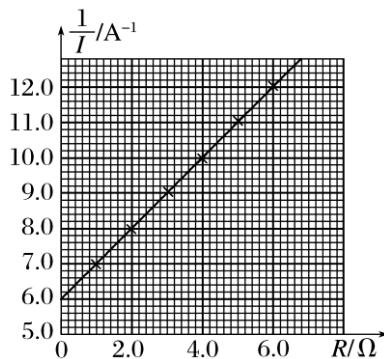
解析 (1) 根据闭合电路欧姆定律有

$$E = \left(\frac{IR_A}{R_1} + I\right)(R + R_0 + r) + IR_A,$$

$$\text{代入数据，化简得 } \frac{1}{I} = \frac{3}{E}R + \frac{15+3r}{E}.$$

(2) 电流表每小格表示 4 mA，因此电流表读数 $I=0.110 A$ ， $\frac{1}{I} \approx 9.09 A^{-1}$ 。

(3) 在坐标纸上描点，画出一条直线，得出斜率 $k=1.0 A^{-1}\cdot\Omega^{-1}$ ，截距 $b=6.0 A^{-1}$ 。



(4) 斜率 $k = \frac{3}{E}$ ，因此 $E = 3.0 V$ ，纵截距 $b = \frac{15+3r}{E}$ ，因此 $r = 1.0 \Omega$ 。