

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

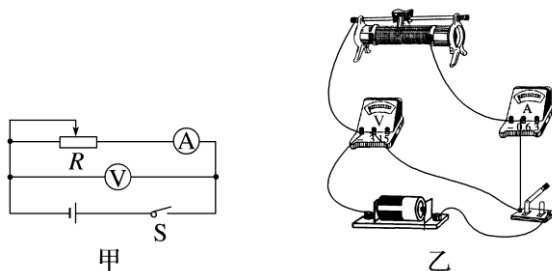
闭合电路欧姆定律.

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.

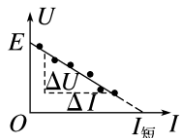
(3)闭合开关, 调节滑动变阻器, 使电流表有明显示数并记录一组数据(I_1 , U_1). 用同样的方法再测量几组 I 、 U 值, 填入表格中.

(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 .

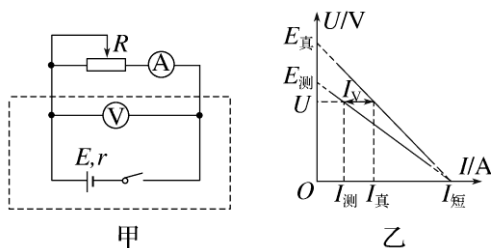
5. 误差分析

(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 $I_{\text{真}}$ 与 $I_{\text{测}}$ 的差越大， $I_V = \frac{U}{R_V}$. 其中 $U-I$ 图像如图乙所示.

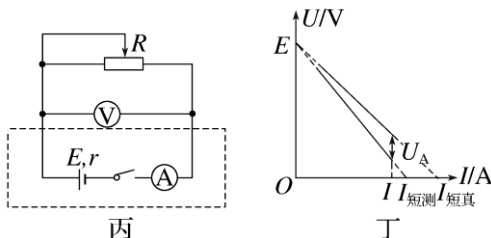


结论： $E_{\text{测}} < E_{\text{真}}$ ， $r_{\text{测}} < r_{\text{真}}$.

方法 b 等效电源法

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

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， $U_A = I \cdot R_A$. 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， $E_{\text{测}} = E_{\text{真}}$ ， $r_{\text{测}} = r + R_A > r_{\text{真}}$.

(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 R_A 内阻已知时选图丙电路，此时 $r = k - R_A$ ，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

$=|\frac{\Delta U}{\Delta I}|$ 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);

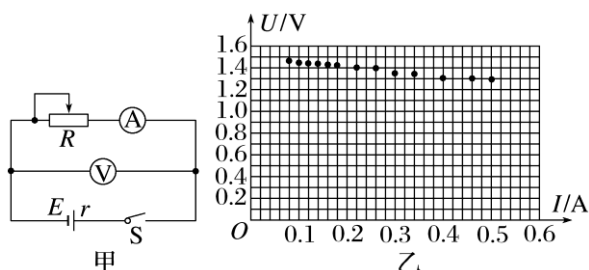
定值电阻 R_1 (阻值 2 Ω);

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

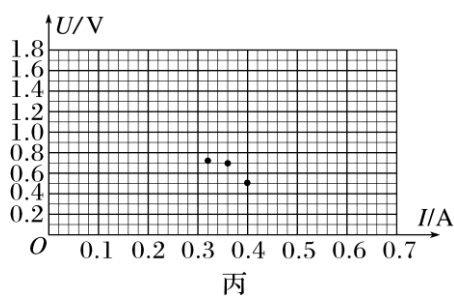


(2)针对电压表示数的变化范围比较小的问题,该小组利用实验室提供的器材改进了实验方案,重新测量得到的数据如下表所示.

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

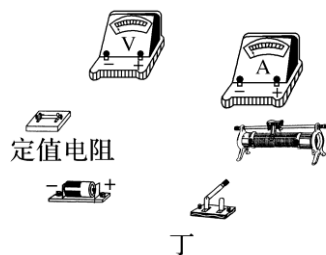
请根据实验数据,回答以下问题:

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.



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.

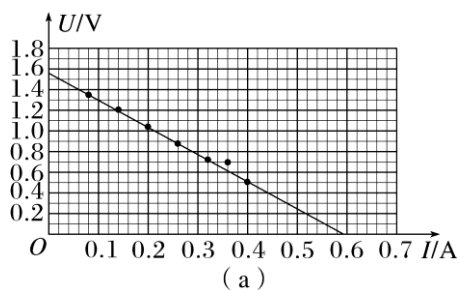


答案 (1)B (2)①见解析图(a) ② R_1

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.



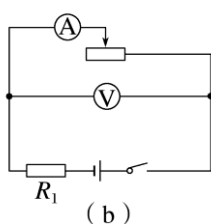
②由图像可知 $E = 1.55 \text{ V}$, $U = 0$ 时 $I = 0.59 \text{ A}$, 故 $r' = \frac{E}{I} \approx 2.63 \Omega$,

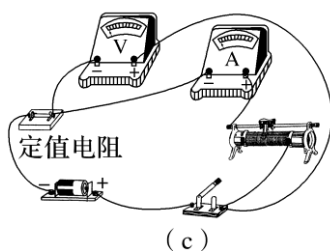
由于 $2 \Omega < r' < 5 \Omega$,

又 $r' = r + R$ (r 为电源内阻, R 为定值电阻),

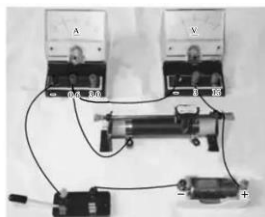
故定值电阻只能是 R_1 .

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).

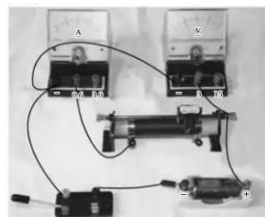




【例 2】 (2020·浙江 7 月选考·18)某同学分别用图甲和图乙的电路测量同一节干电池的电动势和内阻.



甲

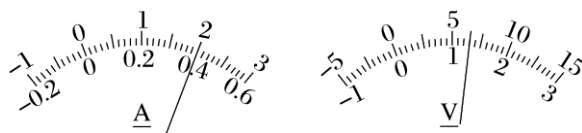


乙

(1)在方框中画出图乙的电路图;

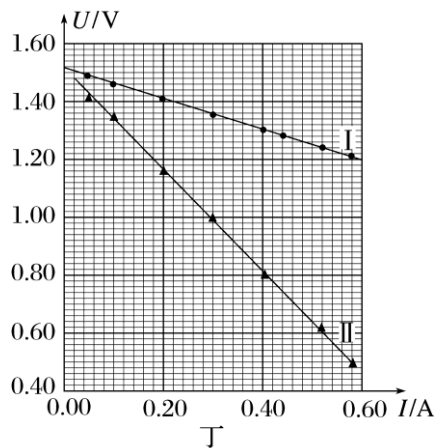


(2)某次测量时电流表和电压表的示数如图丙所示,则电流 $I = \underline{\hspace{2cm}}$ A, 电压 $U = \underline{\hspace{2cm}}$ V;



丙

(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”);

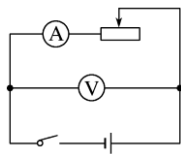


(4)该电池的电动势 $E = \underline{\hspace{2cm}}$ V(保留三位有效数字), 内阻 $r = \underline{\hspace{2cm}}$ Ω (保留两位有效

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 $0 \sim 0.6 \text{ A}$, 电压表量程为 $0 \sim 3.0 \text{ V}$, 则两表示数分别为 0.40 A ($0.39 \text{ A} \sim 0.41 \text{ A}$ 均可)、 1.30 V ($1.29 \text{ V} \sim 1.31 \text{ V}$ 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 $r_{\text{II}} > r_{\text{I}}$.

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, $r_{\text{甲测}} > r$; 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, $r_{\text{乙测}} < r$. 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, $E = 1.52 \text{ V}$ ($1.51 \text{ V} \sim 1.54 \text{ V}$ 均可);

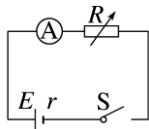
从直线 I 上取两点代入 $E = U + Ir$, 或利用图线的斜率可得电池内阻 $r = 0.53 \Omega$ ($0.52 \Omega \sim 0.54 \Omega$ 均正确).

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) 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 .

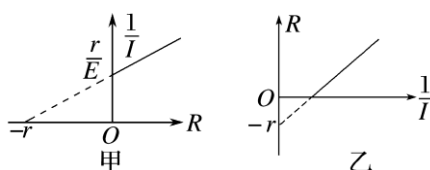
(2) 图像法: 由 $E = I(R + r)$ 可得

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)

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



4. 误差分析

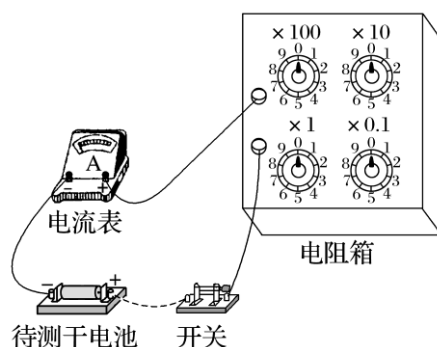
(1) 误差来源: 电流表有电阻, 导致内阻测量不准确;

(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_____;

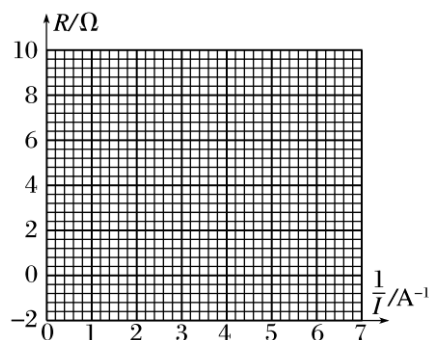
_____.



(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:

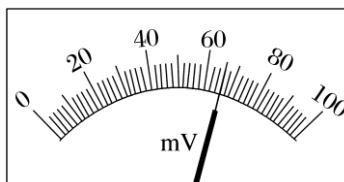
R/Ω	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0
I/A	0.15	0.17	0.19	0.22	0.26
$\frac{1}{I}/\text{A}^{-1}$	6.7	5.9	5.3	4.5	3.8

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]

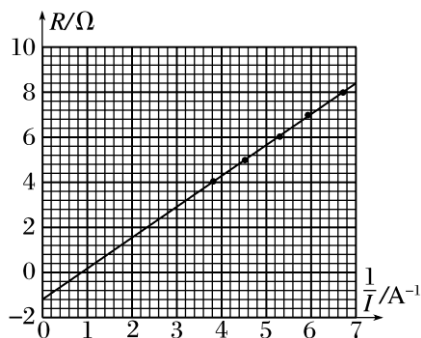
解析 (1)在电学实验中，连接电路时应将开关断开，电阻箱的阻值调为最大，确保实验仪器、仪表的安全。

(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 $r' = r - r_A = 1.0 \Omega$

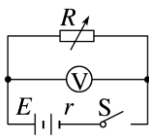
$R - \frac{1}{I}$ 图像的斜率仍为电动势 E , 即 $E = 1.34 \text{ V}$.

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

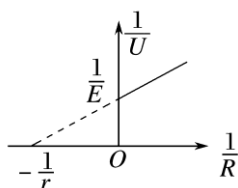
电池、电压表、电阻箱、开关、导线、坐标纸和刻度尺.

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.

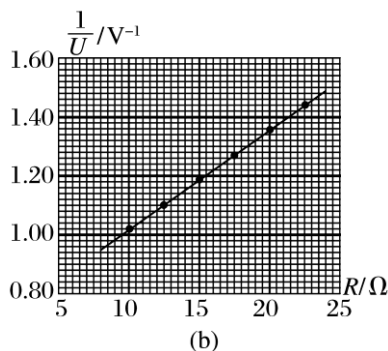
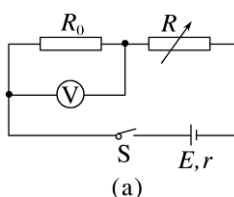


4. 误差分析

(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 $2\ \Omega$)。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：



(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 $\frac{1}{U} =$ _____；

(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 $E =$ _____ V (保留 2 位小数)， $r =$ _____ 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

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

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 1.0 (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

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

$$R_V + R_0$$

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

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

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

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

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

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

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{E} + \frac{r}{E R_0} + \frac{1}{E R_0} R$$

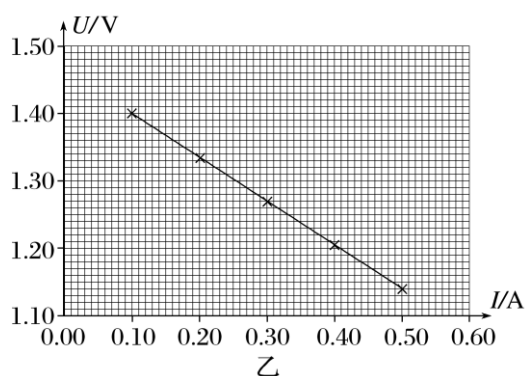
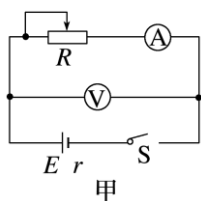
$$\text{则此时 } E' = \frac{1}{20k}$$

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

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 $E = \underline{\hspace{1cm}}$ V(保留 3 位有效数字)；内阻 $r = \underline{\hspace{1cm}}$ 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 $0 \sim 9\,999\,\Omega$ ，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 $200\,\Omega$ ，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。



丙

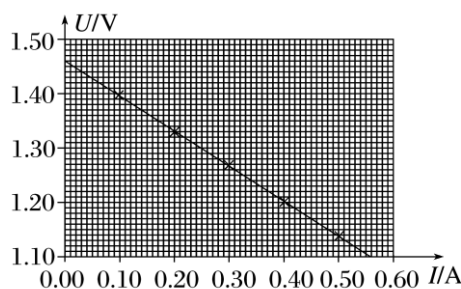


答案 (1)1.46(1.45~1.47 均可) 0.64(0.63~0.67 均可) (2)见解析图

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，

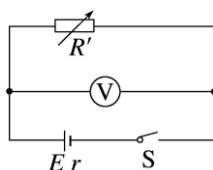
$$\text{即 } r = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{1.46 - 1.10}{0.56} \Omega \approx 0.64 \Omega$$

(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，

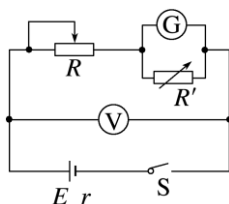
根据闭合电路欧姆定律 $E = U + \frac{U}{R'} r$ ，

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

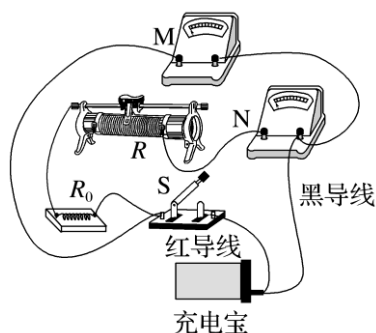
根据 $\frac{1}{U} - \frac{1}{R'}$ 图像即可求出干电池的电动势和内阻，电路图如图所示。



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 M (2)4 (3)C

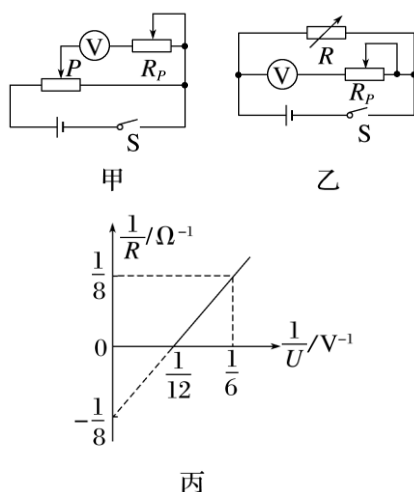
解析 (1)电表 N 串联在电路中，测量干路电流，所以 N 为电流表；电表 M 一端接在开关上，另一端接在充电宝的负极，闭合开关后相当于并联在电源两端，所以 M 为电压表，测量路端电压；

(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 $10\ \Omega$)，需要将一个量程为 15 V 的电压表(内阻 R_g 约为 $10\ \text{k}\Omega$)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.



(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 $0\sim 999.9\text{ }\Omega$)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 $\frac{1}{R} = \frac{E}{3U} - \frac{1}{r}$ (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 $E = 36\text{ V}$ 、内阻 $r = 8\text{ }\Omega$;

(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, $E_{\text{测}}$ _____ $E_{\text{真}}$, $r_{\text{测}}$ _____ $r_{\text{真}}$ (填“大于”“等于”或“小于”).

答案 (1)3 (2) $\frac{E}{3U} - \frac{1}{r}$ 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 $\frac{1}{R} = \frac{E}{3U} - \frac{1}{r}$

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

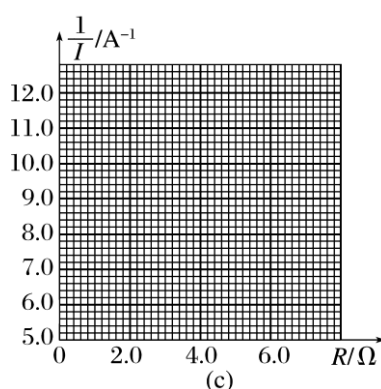
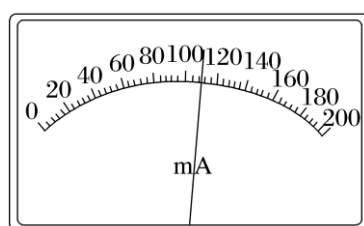
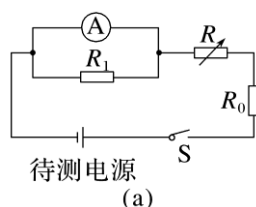
整理得 $\frac{1}{R} = \frac{E_{\text{真}}}{3r_{\text{真}}} \cdot \frac{1}{U} - (\frac{1}{R'} + \frac{1}{r_{\text{真}}})$

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 .



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
$\frac{1}{I}/\text{A}^{-1}$	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 $k=$ _____ $\text{A}^{-1}\cdot\Omega^{-1}$, 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)

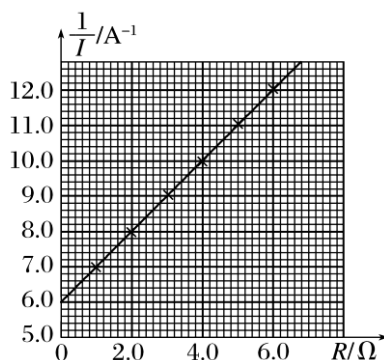
解析 (1)根据闭合电路欧姆定律有

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

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

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

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



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