

## 第 7.3 节 测定金属的电阻率（同时练习使用螺旋测微器）

{INCLUDEPICTURE"15WL7-59+.TIF"}

### 一、实验目的

1. 掌握电流表、电压表和滑动变阻器的使用方法。
2. 掌握螺旋测微器的使用方法和读数方法。
3. 学会利用伏安法测电阻，进一步测出金属丝的电阻率。

### 二、实验器材

被测金属丝、螺旋测微器、毫米刻度尺、电池组、电流表、电压表、滑动变阻器、开关、导线若干。

#### 1. 螺旋测微器

(1)构造：如图实-7-1 所示，它的测砧  $A$  和固定刻度  $B$  固定在尺架  $C$  上，旋钮  $D$ 、微调旋钮  $D'$  和可动刻度  $E$ 、测微螺杆  $F$  连在一起，通过精密螺纹套在  $B$  上。

{INCLUDEPICTURE"15WL7-53.tif"}

图实-7-1

(2)原理：测微螺杆  $F$  与固定刻度  $B$  之间的精密螺纹的螺距为  $0.5\text{ mm}$ ，即旋钮  $D$  每旋转一周， $F$  前进或后退  $0.5\text{ mm}$ ，而可动刻度  $E$  上的刻度为  $50$  等份，每转动一小格， $F$  前进或后退  $0.01\text{ mm}$ ，即螺旋测微器的精确度为  $0.01\text{ mm}$ 。读数时估读到毫米的千分位上，因此，螺旋测微器又叫千分尺。

(3)读数：测量时被测物体长度的整毫米数由固定刻度读出，小数部分由可动刻度读出。

测量值(mm)=固定刻度数(mm)(注意半毫米刻度线是否露出)+可动刻度数(估读一位) $\times 0.01(\text{mm})$

{INCLUDEPICTURE"15WL7-54.tif"}

图实-7-2

如图实-7-2 所示，固定刻度示数为  $2.0\text{ mm}$ ，不足半毫米而从可动刻度上读的示数为  $15.0$ ，最后的读数为： $2.0\text{ mm} + 15.0 \times 0.01\text{ mm} = 2.150\text{ mm}$ 。

#### 2. 游标卡尺

(1)构造：如图实-7-3 所示，主尺、游标尺(主尺和游标尺上各有一个内外测量爪)、游标尺上还有一个深度尺，尺身上还有一个紧固螺钉。

{INCLUDEPICTURE"15WL7-55.tif"}

图实-7-3

(2)用途：测量厚度、长度、深度、内径、外径。

(3)原理：利用主尺的最小分度与游标尺的最小分度的差值制成。

不管游标尺上有多少个小等分刻度，它的刻度部分的总长度比主尺上的同样多的小等分刻度少  $1\text{ mm}$ 。常见的游标卡尺的游标尺上小等分刻度有  $10$  个的、 $20$  个的、 $50$  个的，见下

表：

刻度格数(分度)	刻度总长度	每小格与 1 mm 的差值	精确度(可准确到)
10	9 mm	0.1 mm	0.1 mm
20	19 mm	0.05 mm	0.05 mm
50	49 mm	0.02 mm	0.02 mm

(4)读数：若用  $x$  表示由主尺上读出的整毫米数， $K$  表示从游标尺上读出与主尺上某一刻线对齐的游标的格数，则记录结果表达为 $(x+K\times\text{精确度})\text{ mm}$ 。

3. 伏安法测电阻

(1)电流表的内接法和外接法的比较

	内接法	外接法
电路图	{INCLUDEPICTURE"15WL7-56.tif"} }	{INCLUDEPICTURE"15WL7-57.tif"} }
误差原因	电流表分压 $U_{\text{测}}=U_x+U_A$	电压表分流 $I_{\text{测}}=I_x+I_V$
电阻 测量值	$R_{\text{测}}=\{\text{eq}\ \backslash f(U_{\text{测}},I_{\text{测}})\}=R_x+R_A>R_x$ 测量值大于真实值	$R_{\text{测}}=\{\text{eq}\ \backslash f(U_{\text{测}},I_{\text{测}})\}=\{\text{eq}\ \backslash f(R_xR_V,R_x+R_V)\}<R_x$ 测量值小于真实值
适用条件	$R_A\ll R_x$	$R_V\gg R_x$
适用于测量	大阻值电阻	小阻值电阻

(2)两种电路的选择

①阻值比较法：先将待测电阻的估计值与电压表、电流表内阻进行比较，若  $R_x$  较小，宜采用电流表外接法；若  $R_x$  较大，宜采用电流表内接法。简单概括为“大内偏大，小外偏小”。

②临界值计算法：

$R_x<\{\text{eq}\ \backslash r(R_VR_A)\}$ 时，用电流表外接法；

$R_x>\{\text{eq}\ \backslash r(R_VR_A)\}$ 时，用电流表内接法。

③实验试探法：按图实-7-4 所示接好电路，让电压表一根接线柱  $P$  先后与  $a$ 、 $b$  处接触一下，如果电压表的示数有较大的变化，而电流表的示数变化不大，则可采用电流表外接法；如果电流表的示数有较大的变化，而电压表的示数变化不大，则可采用电流表内接法。

{INCLUDEPICTURE"15WL7-58.TIF"}

图实-7-4

## 考点一 测量仪器、仪表的读数

[典例 1] (1)如图实-7-5 所示的两把游标卡尺, 它们的游标尺从左至右分别为 9 mm 长 10 等分、19 mm 长 20 等分, 它们的读数依次为\_\_\_\_\_ mm, \_\_\_\_\_ mm。

{INCLUDEPICTURE"15wl7-60.TIF"}

图实-7-5

(2)使用螺旋测微器测量两个金属丝的直径, 示数如图实-7-6 所示, 则图(a)、(b)金属丝的直径分别为\_\_\_\_\_ mm, \_\_\_\_\_ mm。

{INCLUDEPICTURE"15WL7-61.TIF"}

图实-7-6

(3)①图实-7-7 甲用 0.6 A 量程时, 对应刻度盘上每一小格代表\_\_\_\_\_ A, 表针的示数是\_\_\_\_\_ A; 当使用 3 A 量程时, 对应刻度盘上每一小格代表\_\_\_\_\_ A, 图中表针示数为\_\_\_\_\_ A。

{INCLUDEPICTURE"15wl7-62.TIF"}

图实-7-7

②图实-7-7 乙使用较小量程时, 每小格表示\_\_\_\_\_ V, 图中指针的示数为\_\_\_\_\_ V, 若使用的是较大量程, 则这时表盘刻度每小格表示\_\_\_\_\_ V, 图中表针指示的是\_\_\_\_\_ V。

## [题组突破]

## 1. 完成下列读数

(1)电流表量程一般有两种——0~0.6 A, 0~3 A; 电压表量程一般有两种——0~3 V, 0~15 V。如图实-7-8 所示:

{INCLUDEPICTURE"15WL7-63.TIF"}

图实-7-8

①接 0~3 V 量程时读数为\_\_\_\_\_ V。

②接 0~15 V 量程时读数为\_\_\_\_\_ V。

③接 0~3 A 量程时读数为\_\_\_\_\_ A。

④接 0~0.6 A 量程时读数为\_\_\_\_\_ A。

(2)

{INCLUDEPICTURE"15WL7-64.TIF"}

图实-7-9

a. \_\_\_\_\_ mm b. \_\_\_\_\_ mm c. \_\_\_\_\_ mm

d. \_\_\_\_\_ mm e. \_\_\_\_\_ mm

2. (1)某同学测定一金属杆的长度和直径, 示数如图实-7-10 甲、乙所示, 则该金属杆的长度和直径分别为\_\_\_\_\_ cm 和\_\_\_\_\_ mm。

{INCLUDEPICTURE"14LZfJ8.TIF"}

图实-7-10

## 考点二 实验原理与操作

[典例 2] 小明对 2B 铅笔芯的导电性能感兴趣，于是用伏安法测量其电阻值。

(1)图实-7-11 甲是部分连接好的实物电路图，请用电流表外接法完成接线并在图甲中画出。

(2)小明用电流表内接法和外接法分别测量了一段 2B 铅笔芯的伏安特性，并将得到的电流、电压数据描到  $U-I$  图上，如图乙所示。在图中，由电流表外接法得到的数据点是用 \_\_\_\_\_ (填“○”或“×”)表示的。

(3)请你选择一组数据点，在图乙上用作图法作图，并求出这段铅笔芯的电阻为 \_\_\_\_\_  $\Omega$ 。

{INCLUDEPICTURE"14LZZJ9.TIF"}

图实-7-11

## [题组突破]

3. (1)在测定一根粗细均匀合金丝电阻率的实验中，利用螺旋测微器测定合金丝直径的过程如图实-7-12 所示，校零时的读数为 \_\_\_\_\_ mm，合金丝的直径为 \_\_\_\_\_ mm。

{INCLUDEPICTURE"15W17-152.tif"}

图实-7-12

(2)为了精确测量合金丝的电阻  $R_x$ ，设计出如图实-7-13 甲所示的实验电路图，按照该电路图完成图乙中的实物电路连接。

{INCLUDEPICTURE"15W17-153.tif"}

图实-7-13

4. 某同学测量阻值约为  $25\text{ k}\Omega$  的电阻  $R_x$ ，现备有下列器材：

- A. 电流表(量程  $100\text{ }\mu\text{A}$ ，内阻约  $2\text{ k}\Omega$ )；
- B. 电流表(量程  $500\text{ }\mu\text{A}$ ，内阻约  $300\text{ }\Omega$ )；
- C. 电压表(量程  $15\text{ V}$ ，内阻约  $100\text{ k}\Omega$ )；
- D. 电压表(量程  $50\text{ V}$ ，内阻约  $500\text{ k}\Omega$ )；
- E. 直流电源( $20\text{ V}$ ，允许最大电流  $1\text{ A}$ )；
- F. 滑动变阻器(最大阻值  $1\text{ k}\Omega$ ，额定功率  $1\text{ W}$ )；
- G. 开关和导线若干。

电流表应选\_\_\_\_\_，电压表应选\_\_\_\_\_。(填字母代号)

该同学正确选择仪器后连接了以下电路，为保证实验顺利进行，并使测量误差尽量减小，实验前请你检查该电路，指出电路在接线上存在的问题：

{INCLUDEPICTURE"15W17-155.tif"}

图实-7-14

- ①\_\_\_\_\_；
- ②\_\_\_\_\_。

### 考点三 数据处理与误差分析

[典例 3] 在“测定金属的电阻率”实验中，所用测量仪器均已校准。待测金属丝接入电路部分的长度约为  $50\text{ cm}$ 。

(1)用螺旋测微器测量金属丝的直径，其中某一次测量结果如图实-7-15 所示，其读数应为\_\_\_\_\_mm(该值接近多次测量的平均值)。

{INCLUDEPICTURE"15W17-156.tif"}

图实-7-15

(2)用伏安法测金属丝的电阻  $R_x$ 。实验所用器材为：电池组(电动势  $3\text{ V}$ ，内阻约  $1\text{ }\Omega$ )、电流表(内阻约  $0.1\text{ }\Omega$ )、电压表(内阻约  $3\text{ k}\Omega$ )、滑动变阻器  $R$ ( $0\sim 20\text{ }\Omega$ ，额定电流  $2\text{ A}$ )、开关、导线若干。某小组同学利用以上器材正确连接好电路，进行实验测量，记录数据如下：

次数	1	2	3	4	5	6	7
$U/\text{V}$	0.10	0.30	0.70	1.00	1.50	1.70	2.30
$I/\text{A}$	0.020	0.060	0.160	0.220	0.340	0.460	0.520

由以上实验数据可知，他们测量  $R_x$  是采用图实-7-16 中的\_\_\_\_\_图(选填“甲”或“乙”)。

{INCLUDEPICTURE"15W17-157.tif"}

图实-7-16

(3)图实-7-17 是测量  $R_x$  的实验器材实物图，图中已连接了部分导线，滑动变阻器的滑片  $P$  置于变阻器的一端。请根据(2)所选的电路图，补充完成图实-7-17 中实物间的连线，并使

闭合开关的瞬间，电压表或电流表不至于被烧坏。

{INCLUDEPICTURE"15W17-158.tif"}

图实-7-17

(4)这个小组的同学在坐标纸上建立  $U$ 、 $I$  坐标系，如图实-7-18 所示，图中已标出了与测量数据对应的 4 个坐标点。请在图中标出第 2、4、6 次测量数据的坐标点，并描绘出  $U$ - $I$  图线。由图线得到金属丝的阻值  $R_x = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$  (保留两位有效数字)。

{INCLUDEPICTURE"15WL7-159.TIF"}

图实-7-18

(5)根据以上数据可以估算出金属丝电阻率约为  $\underline{\hspace{2cm}}$  (填选项前的符号)。

A.  $1 \times 10^{-2} \Omega \cdot m$  B.  $1 \times 10^{-3} \Omega \cdot m$

C.  $1 \times 10^{-6} \Omega \cdot m$  D.  $1 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$

(6)任何实验测量都存在误差。本实验所用测量仪器均已校准。下列关于误差的说法中正确的选项是  $\underline{\hspace{2cm}}$  (有多个正确选项)。

A. 用螺旋测微器测量金属丝直径时，由于读数引起的误差属于系统误差

B. 由于电流表和电压表内阻引起的误差属于偶然误差

C. 若将电流表和电压表的内阻计算在内，可以消除由测量仪表引起的系统误差

D. 用  $U$ - $I$  图像处理数据求金属丝电阻可以减小偶然误差

### [题组突破]

5. 在伏安法测电阻的实验中，待测电阻  $R_x$  约为  $200 \Omega$ ，电压表 { eq \o\ac{(\bigcirc,V)} } 的内阻约为  $2 \text{ k}\Omega$ ，电流表 { eq \o\ac{(\bigcirc,A)} } 的内阻约为  $10 \Omega$ ，测量电路中电流表的连接方式如图实-7-19(a)或(b)所示，结果由公式  $R_x = \{eq \lf{U,I}\}$  计算得出，式中  $U$  与  $I$  分别为电压表和电流表的示数。若将图(a)和图(b)中电路测得的电阻值分别记为  $R_{x1}$  和  $R_{x2}$ ，则  $\underline{\hspace{2cm}}$  (填“ $R_{x1}$ ”或“ $R_{x2}$ ”)更接近待测电阻的真实值，且测量值  $R_{x1}$   $\underline{\hspace{2cm}}$  (填“大于”、“等于”或“小于”)真实值，测量值  $R_{x2}$   $\underline{\hspace{2cm}}$  (填“大于”、“等于”或“小于”)真实值。

{INCLUDEPICTURE"14gK1-8a.TIF"}

图实-7-19

6. 同学通过实验测量一种合金的电阻率。

(1)用螺旋测微器测量合金丝的直径。为防止读数时测微螺杆发生转动，读数前应先旋紧如图实-7-20 甲所示的部件  $\underline{\hspace{2cm}}$  (选填“A”、“B”、“C”或“D”)。从图甲中的示数可读出合金丝的直径为  $\underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}$ 。

(2)如图乙所示是测量合金丝电阻的电路，相关器材的规格已在图中标出。合上开关，将滑动变阻器的滑片移到最左端的过程中，发现电压表和电流表的指针只在图示位置发生很小的变化。由此可以推断：电路中  $\underline{\hspace{2cm}}$  (选填图中表示接线柱的数字)之间出现了

\_\_\_\_\_ (选填“短路”或“断路”)。

{INCLUDEPICTURE"14GW-9.TIF"}

图实-7-20

(3)在电路故障被排除后,调节滑动变阻器,读出电压表和电流表的示数分别为 2.23 V 和 38 mA,由此,该同学算出接入电路部分的合金丝的阻值为  $58.7\ \Omega$ 。为了更准确地测出合金丝的阻值,在不更换实验器材的条件下,对实验应作怎样的改进?请写出两条建议。

#### 考点四 实验的改进与创新

[典例 4] 实验室购买了一捆标称长度为 100 m 的铜导线,某同学想通过实验测定其实际长度。该同学首先测得导线横截面积为  $1.0\ \text{mm}^2$ ,查得铜的电阻率为  $1.7 \times 10^{-8}\ \Omega \cdot \text{m}$ ,再利用图实-7-21 甲所示电路测出铜导线的电阻  $R_x$ ,从而确定导线的实际长度。可供使用的器材有:

{INCLUDEPICTURE"14GS-16.TIF"}

图实-7-21

电流表:量程 0.6 A,内阻约  $0.2\ \Omega$ ;

电压表:量程 3 V,内阻约  $9\ \text{k}\Omega$ ;

滑动变阻器  $R_1$ :最大阻值  $5\ \Omega$ ;

滑动变阻器  $R_2$ :最大阻值  $20\ \Omega$ ;

定值电阻:  $R_0 = 3\ \Omega$ ;

电源:电动势 6 V,内阻可不计;

开关、导线若干。

回答下列问题:

(1)实验中滑动变阻器应选\_\_\_\_\_ (填“ $R_1$ ”或“ $R_2$ ”),闭合开关 S 前应将滑片移至\_\_\_\_\_ 端(填“a”或“b”)。

(2)在实物图实-7-22 中,已正确连接了部分导线,请根据图甲电路完成剩余部分的连接。

{INCLUDEPICTURE"14GS-17.TIF"}

图实-7-22

(3)调节滑动变阻器,当电流表的读数为 0.50 A 时,电压表示数如图乙所示,读数为\_\_\_\_\_ V。

(4)导线实际长度为\_\_\_\_\_ m(保留 2 位有效数字)。

#### [题组突破]

7. 图实-7-23(a)是测量电阻  $R_x$  的原理图。学生电源输出电压可调,电流表量程选 0.6 A(内阻不计),标有长度刻度的均匀电阻丝  $ab$  的总长为 30.0 cm。

{INCLUDEPICTURE"15WL7-65.tif"}

{INCLUDEPICTURE"15WL7-66.tif"}

图实-7-23

(1)根据原理图连接图(b)的实物图。

(2)断开  $S_2$ ，合上  $S_1$ ；调节电源输出电压为  $3.0\text{ V}$  时，单位长度电阻丝的电压  $u =$  \_\_\_\_\_  $\text{V/cm}$ 。记录此时电流表  $A_1$  的示数。

(3)保持  $S_1$  闭合，合上  $S_2$ ；滑动  $c$  点改变  $ac$  的长度  $L$ ，同时调节电源输出电压，使电流表  $A_1$  的示数与步骤(2)记录的值相同，记录长度  $L$  和  $A_2$  的示数  $I$ 。测量 6 组  $L$  和  $I$  值，测量数据已在图(c)中标出，写出  $R_x$  与  $L$ 、 $I$ 、 $u$  的关系式  $R_x =$  \_\_\_\_\_；根据图(c)用作图法算出  $R_x =$  \_\_\_\_\_  $\Omega$ 。