

第4讲

实验(一) 测定金属的电阻率

实验(二) 描绘小灯泡的伏安特性曲线

KDTY 考点体验

实验 1 测定金属的电阻率

实验目的

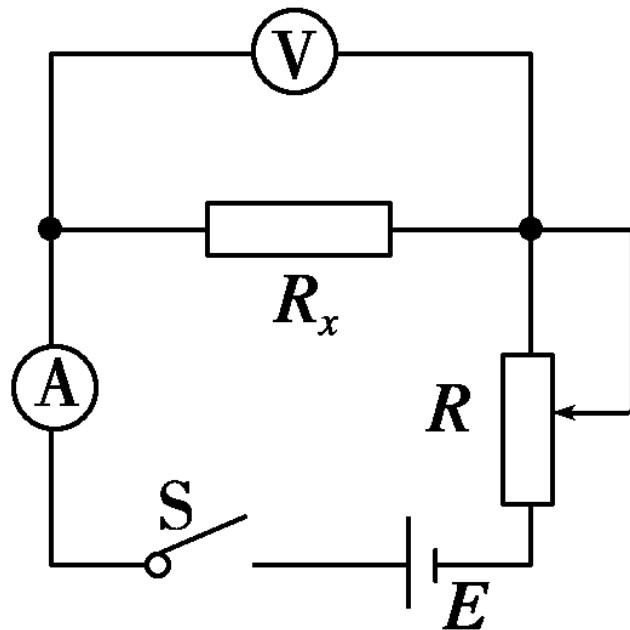
1. 学会使用各种常用电学仪器以及正确读数.
2. 学会使用螺旋测微器以及正确读数.
3. 学会用伏安法测量电阻的阻值, 从而测出金属的电阻率.

实验原理

1. 把金属丝接入电路中, 用伏安法测导线的电阻 R ($R = \frac{U}{I}$). 电路原理如图所示.

2. 用米尺量得接入电路中的金属丝的有效长度 l , 用螺旋测微器量得金属丝的直径, 算出横截面积 S .

3. 利用电阻定律 $R = \rho \frac{l}{S}$, 得出金属丝电阻率的公式 $\rho = \frac{RS}{l}$



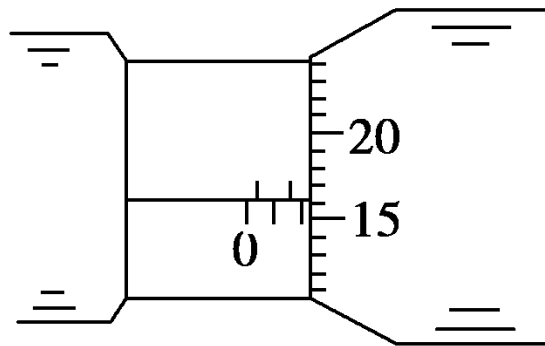
附 螺旋测微器的读数原理

螺旋测微器内部测微螺杆的螺距是 0.5mm ，则圆周上的点转一周，螺杆前进或后退 0.5mm .将大圆周分成50等份，则圆周上的点转过一等份，螺杆前进或后退 0.01mm .固定刻度的最小分度对应螺距，即 0.5mm ，活动刻度的最小分度对应螺距的 $1/50$ ，即 0.01mm .

读数方法

先从固定刻度上读出半毫米整数倍的部分，不足半毫米的部分由可动刻度读出，即看可动刻度上的第几条刻度线与固定刻度线上的横线重合，从而读出可动刻度示数(注意估读)。即有：

测量长度 = 固定刻度示数 + 可动刻度示数 $\times$ 精确度。(注意单位为mm)如图所示，固定刻度示数2.0mm，不足半毫米部分从可动刻度上读的示数为16.1格，最后的读数为： $2.0\text{mm} + 16.1\text{mm} \times 0.01\text{mm} = 2.161\text{mm}$ 。



实验器材

被测金属丝，米尺，螺旋测微器，电压表，电流表，直流电源，电键，滑动变阻器，导线若干。

实验步骤

1. 用螺旋测微器在被测金属导线上三个不同位置各测一次直径，求出其平均值 d ，计算出导线的横截面积 S 。
2. 按上图所示的电路原理图连接好用伏安法测电阻的实验电路。
3. 用毫米刻度尺测量接入电路中的被测金属导线的有效长度，反复测量3次，求出其平均值 l 。

4. 把滑动变阻器的滑片调节到使接入电路中的电阻值最大的位置, 电路经检查确认无误后, 闭合电键S. 改变滑动变阻器滑动片的位置, 分别读出几组相应的电流表、电压表的示数 I 和 U 的值, 记入记录表格内, 断开电键S. 求出导线电阻 R 的平均值.

5. 将测得 R 、 l 、 d 的值, 代入电阻率计算公式 $\rho = \frac{RS}{l}$ 中, 计算出金属导线的电阻率.

6. 拆去实验线路, 整理好实验器材.

注意事项

1. (1)为了准确,应在金属导线连入电路前测导线直径并求平均值,应测量拉直悬空的连入电路的导线的有效长度,且各三次,取平均值.

(2)由于被测导线电阻较小,测量电路应选用电流表外接线路,且测电阻时,电流不宜过大,通电时间不宜太长.

(3)为准确求出 R 平均值,应采用 $U-I$ 图象法求电阻.

(4)对螺旋测微器读数时,毫米的整数部分由固定刻度读出,并且注意半毫米刻度线是否露出.

2. 实验误差的来源与分析

来源：(1)直径测量；(2)长度测量；(3)测量电路中电流表及电压表对电阻测量的影响；(4)通电电流大小，时间长短，若通电时间长致使电阻丝发热，电阻率随之变化。

由于本实验采用电流表外接法，所以 $R_{\text{测}} < R_{\text{真}}$ ，由

$$\rho = \frac{RS}{l}, \text{ 所以 } \rho_{\text{测}} < \rho_{\text{真}}.$$

考点

2

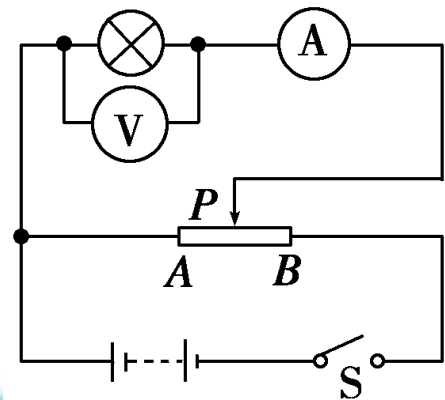
描绘小灯泡的伏安特性曲线

实验目的

1. 理解实验原理，掌握伏安特性曲线的描绘方法.
2. 知道小灯泡的灯丝电阻是随温度的升高而增大的，会根据实验所需器材选择正确的实验电路.
3. 了解小灯泡伏安特性曲线不是直线的原因，并会利用伏安特性曲线求电阻.

实验原理

根据欧姆定律，在纯电阻电路中，当电阻的阻值恒定时，电阻两端的电压和通过电阻的电流成线性关系， $U-I$ 图线是一条直线；如果电阻的阻值是变化的， $U-I$ 图线不再是一条直线。本实验用伏安法测出小灯泡两端电压及电流，描绘出小灯泡的 $U-I$ 图线。实验电路如图所示。对一只灯泡来说，不正常发光和正常发光时灯丝的电阻值可以相差几倍到几十倍，所以，它的伏安特性曲线是一条曲线。



实验器材

小灯泡，直流电源，电压表，电流表，变阻器，开关，坐标纸，铅笔，导线若干.

实验步骤

1. 按如图所示的电路原理图连接电路，在闭合开关前变阻器的滑片靠近图中所示的A端.
2. 闭合开关，移动滑片 P ，读出十几组 U 、 I 值，并记录在表格中.
3. 建立 $U-I$ 坐标系，将所得几组 U 、 I 值在坐标上描出所对应的点.
4. 用平滑的曲线将各点连接起来，即为 $U-I$ 图线.

数据处理

实验中，在调节滑动变阻器的滑片位置改变灯泡两端电压时，尽量使灯泡的电压变换有规律，再对应地读电流值，然后再根据所取的电压、电流的最大值，选取适当的横、纵坐标分度，描点画图，这样可以使所取的点在坐标平面内分布的尽量大而且点子分布疏密程度均匀一些。

注意事项

1. 本实验中被测小灯泡灯丝的电阻值较小，因此测量电路必须采用电流表外接法。
2. 本实验要作出 $U-I$ 图线，要求测出一组包括零在内的电流、电压值，故控制电路必须采用分压接法。
3. 为保护元件不被烧毁，开关闭合前变阻器滑片应位于图中的A端。
4. 加在灯泡两端的电压不要超过灯泡的额定电压。
5. 连图线时曲线要平滑，不在图线上的数据点应均匀分布在图线两侧，一定不要画成折线。

注意事项

本实验所描绘的小灯泡的 $U-I$ 特性曲线本身就包含了一定的定性特征，所以误差分析不是本实验的主要实验目的。

本实验的误差主要来源于测量电路存在系统误差，即未考虑电压表的分流，测得的电流值比真实值大；其次还存在着读数误差和作图时的描点误差。

TXSJ 题型设计

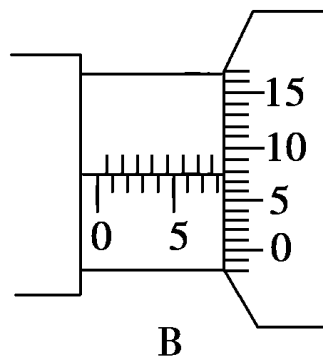
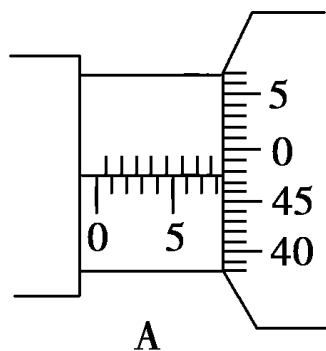
题型

1

螺旋测微器的读数

命题规律 根据所给螺旋测微器上的刻度读出其值.

[考例1] 将下图中螺旋测微器的读数写出来.



[解析] 先读出固定尺上的读数，再读出可动尺上的读数.

A. $(8+47.5\times 0.01)\text{mm}=8.475\text{mm}.$

B. $(8+7.5\times 0.01)\text{mm}=8.075\text{mm}=0.8075\text{cm}.$

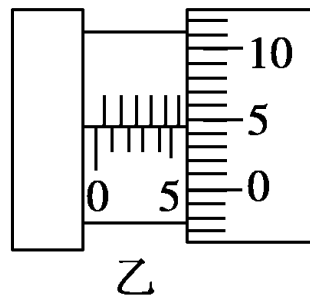
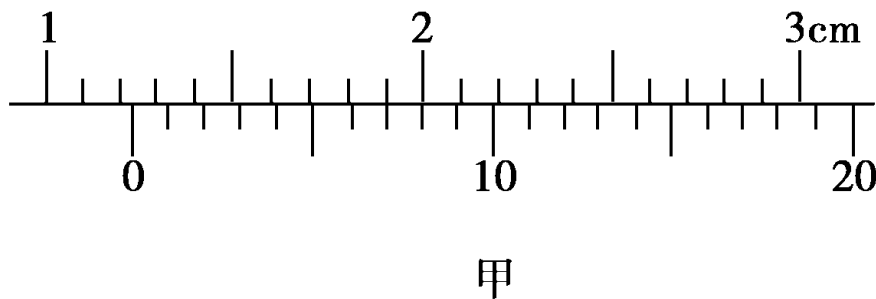
[答案] 8.475mm 0.8075cm

[总结评述] 读数=固定尺读数+可动尺读数×精度.

在读数时一定要注意固定尺上的读数问题，注意是否超过上面刻度，露出了0.5mm刻度线，若露出应加上0.5mm，若不超过上面刻度线，则不能加上0.5mm，读数单位先为mm，最后进行单位换算.

变式训练 1

用游标为20分度的卡尺测量某一物体的宽度情况如图甲所示，其读数为_____mm；用螺旋测微器测某一物体的长度情况如图乙所示，其读数为_____mm.



[解析] 该题考查游标卡尺和螺旋测微器的读数方法.

对游标卡尺, 从主尺上可读出 12mm , 游标尺上20个分度, 所以游标尺上每一分度表示 0.05mm , 游标尺上第7条刻线与主尺上某刻度对齐, 故为 $7 \times 0.05\text{mm} = 0.35\text{mm}$, 所以甲图读数为 $12\text{mm} + 0.35\text{mm} = 12.35\text{mm}$.

对螺旋测微器, 先读出固定刻度为 5.5mm , 再读出可动刻度为 $4.5 \times 0.01\text{mm} = 0.045\text{mm}$ (最末一位是估读的), 千分尺精确到 0.01mm , 读数则到 0.001mm ; 两数相加($5.5\text{mm} + 0.045\text{mm}$)= 5.545mm , 此即为乙图读数.

[答案] 12.35 5.545($5.543 \sim 5.547$)

题型 2 实验仪器及电路的选择与设计

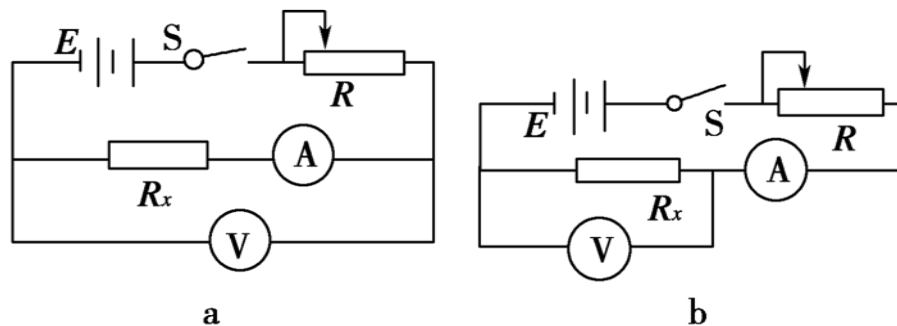
命题规律 根据题目要求和所给器材选择合适器材，设计合理的测量电路。

[考例2] 在“测定金属导体的电阻率”的实验中，待测金属导线的电阻 R_x 约为 5Ω ，实验室备有下列实验器材

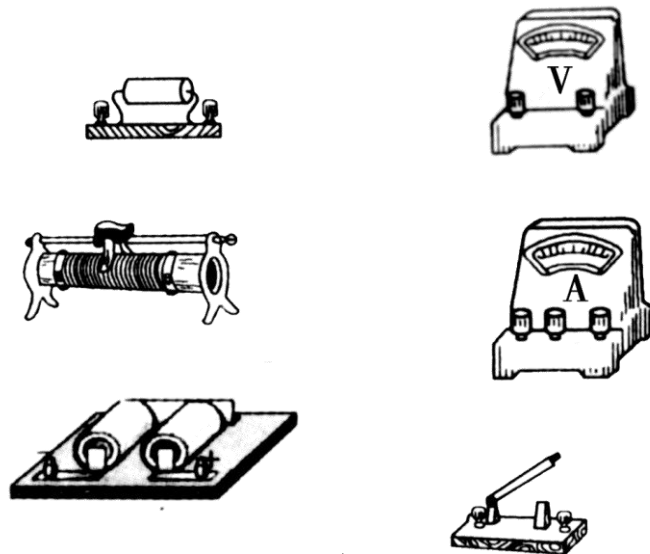
- A. 电压表 V_1 (量程 $0\sim 3V$ ，内阻约为 $15k\Omega$)
- B. 电压表 V_2 (量程 $0\sim 15V$ ，内阻约为 $75k\Omega$)
- C. 电流表 A_1 (量程 $0\sim 3A$ ，内阻约为 0.2Ω)
- D. 电流表 A_2 (量程 $0\sim 600mA$ ，内阻约为 11Ω)
- E. 滑动变阻器 R_1 ($0\sim 100\Omega$ ， $0.6A$)
- F. 滑动变阻器 R_2 ($0\sim 2000\Omega$ ， $0.1A$)
- G. 电池 E (电动势为 $3V$ ，内阻约为 0.3Ω)
- H. 开关 S ，导线若干

(1)为减小实验误差，应选用的实验器材有(填代号)_____.

(2)为减小实验误差，应选用图甲中_____ (填“a”或“b”)为该实验的电路原理图，并按所选择的电路原理图把图乙中的实物图用导线连接起来.

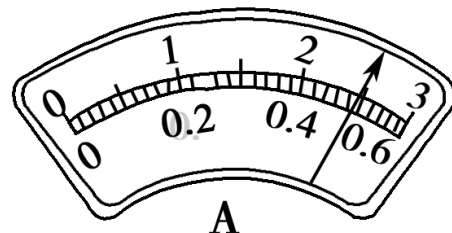
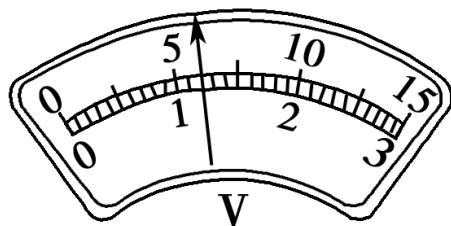
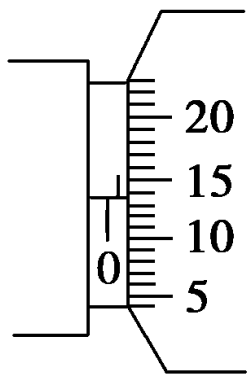


甲

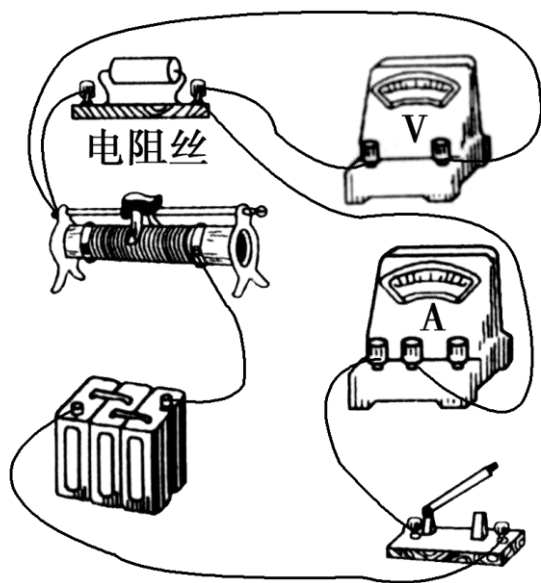


乙

(3)若用刻度尺测得金属丝长度为60.00cm,用螺旋测微器测得导线的直径及两电表的示数如图丙所示,则导线的直径为_____mm,电阻值为_____Ω.



[解析] (1) 由于电源的电动势为3V，所以电压表应选A，被测电阻约为 5Ω ，电路中的最大电流约为 $I = \frac{E}{R} = \frac{3}{5} \text{A} = 0.6 \text{A}$ ，电流表应选D，根据滑动变阻器允许通过的最大电流可知，滑动变阻器应选E，还要选用电池和开关，导线若干。故应选用的实验器材有ADEGH.



(2)由于 $\frac{R_V}{R_x} > \frac{R_x}{R_A}$ ，应采用电流表的外接法，应选b所示电路，实物连接如图所示。

(3)从螺旋测微器可以读出导线的直径为0.635mm；从电压表可以读出电阻两端的电压为1.20V，从电流表可以读出通过电阻的电流为0.50A，被测电阻的阻值为 $R_x =$

$$\frac{U}{I} = \frac{1.20}{0.50} = 2.4\Omega$$

[答案] (1)ADEGH (2)b (3)0.635 2.4

变式训练 2

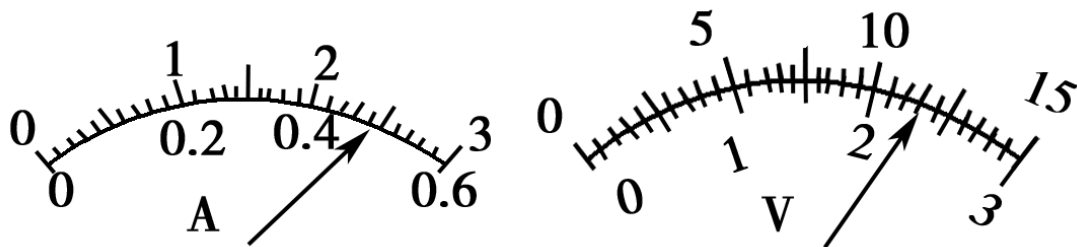
欲用伏安法测定一段阻值约为 5Ω 左右的金属导线的电阻，要求测量结果尽量准确，现备有以下器材：

- A. 电池组(3V，内阻 1Ω)
- B. 电流表($0\sim 3\text{A}$ ，内阻 0.0125Ω)
- C. 电流表($0\sim 0.6\text{A}$ ，内阻 0.125Ω)
- D. 电压表($0\sim 3\text{V}$ ，内阻 $3\text{k}\Omega$)
- E. 电压表($0\sim 15\text{V}$ ，内阻 $15\text{k}\Omega$)
- F. 滑动变阻器($0\sim 20\Omega$ ，额定电流 1A)
- G. 滑动变阻器($0\sim 1750\Omega$ ，额定电流 0.3A)
- H. 电键、导线

(1)上述器材中应选用的是_____ (填写各器材的字母代号).

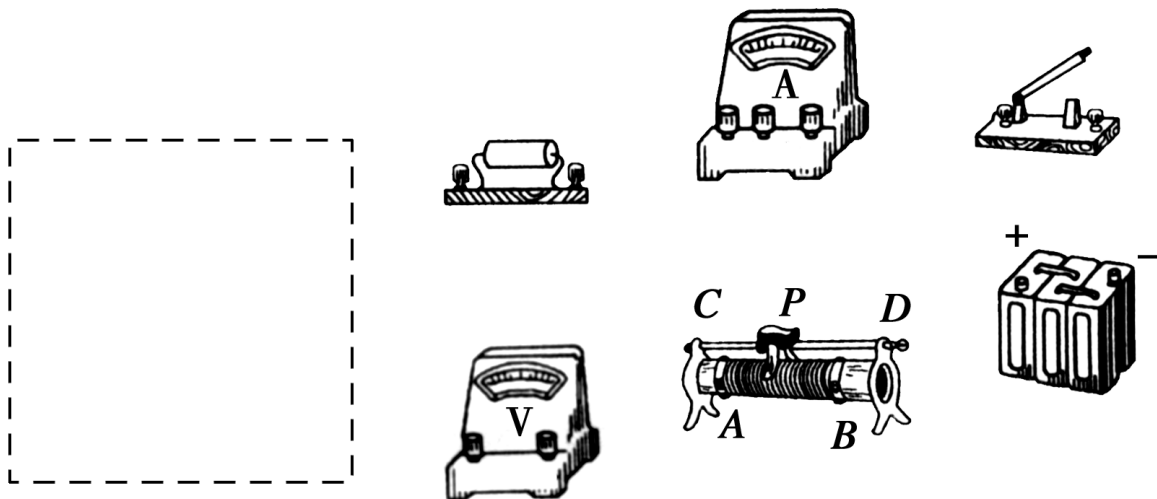
(2)实验电路应采用电流表_____接法(填“内”或“外”).

(3)设实验中, 电流表、电压表的某组示数如图甲所示, 图示中 $I=$ _____A, $U=$ _____V.



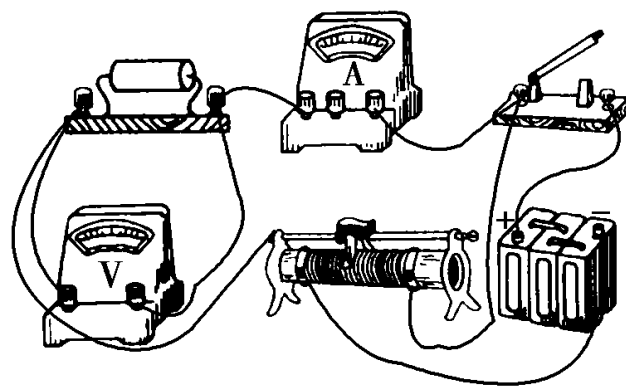
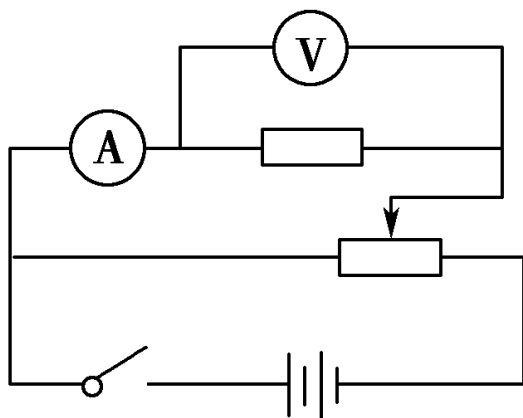
甲

(4)为使通过待测金属导线的电流强度能在 $0\sim 0.5\text{A}$ 范围内改变,请按要求在方框内画出测量待测金属导线的电阻 R_x 的原理电路图,然后根据你设计的原理电路将图中给定的器材连成实验电路.



[答案] (1)ACDFH (2)外 (3)0.48 2.30

(4)如图所示.



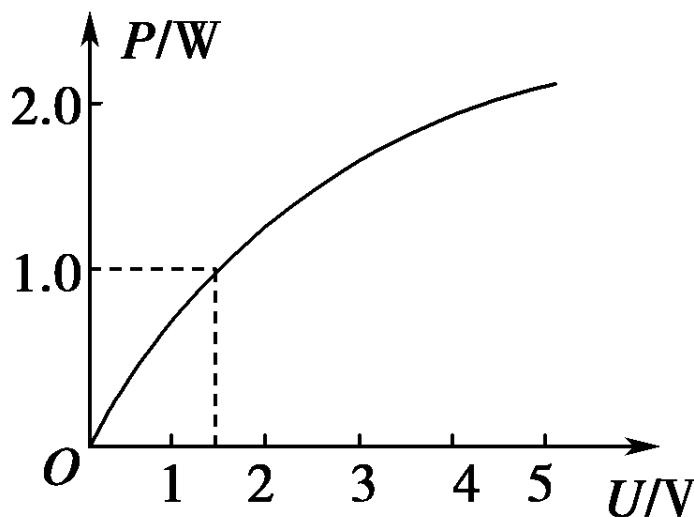
[考例3] 某同学测绘标有“4.8V,0.3A”小灯泡的电功率随电压变化的图象,要使小灯泡两端电压从0到4.8V连续变化,为了使测量尽可能地准确,除了导线和开关外,可供选择的仪器还有 ()

- A. 电流表: 量程0~0.6A, 内阻约为 1Ω
- B. 电流表: 量程0~3A, 内阻约为 0.2Ω
- C. 电压表: 量程0~6V, 内阻约为 $2k\Omega$
- D. 电压表: 量程0~15V, 内阻约为 $4.5k\Omega$
- E. 滑动变阻器: 阻值范围0~ 20Ω , 额定电流2A
- F. 滑动变阻器: 阻值范围0~ $2k\Omega$, 额定电流0.5A
- G. 电池组: 电动势6V, 内阻约为 1Ω

(1)选用的器材代号为_____;

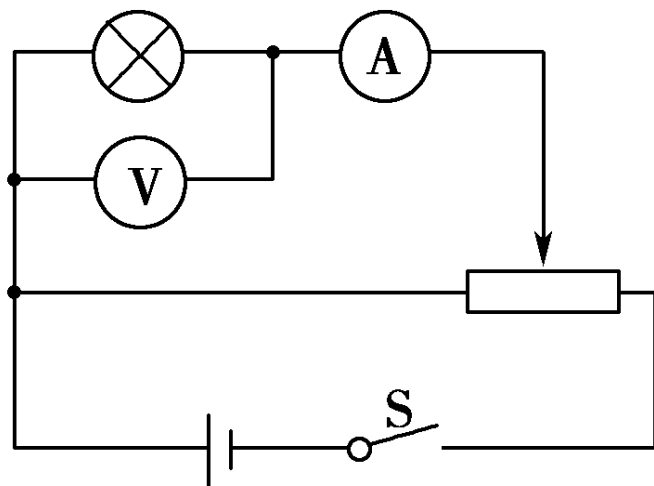
(2)画出电路图;

(3)根据实验测量的数据描出 $P-U$ 图线, 如图所示, 则小灯泡在1.5V电压下的电阻值 $R=$ _____ Ω .



[解析] (1)根据小灯泡的额定电压为4.8V, 额定电流为0.3A, 电流表选择A, 电压表选择C.由于使小灯泡两端电压由0至4.8V连续变化, 应采用分压电路, 滑动变阻器阻值不宜太大, 应选E.

(2)小灯泡正常发光时的电阻 $R = \frac{U}{I} = \frac{4.8}{0.3} \Omega$ $R \ll R_V$, 因此选用安培表外接电路, 电路如图所示.



(3)由图象可得小灯泡在1.5V电压时功率为1.0W, 故此时小灯泡的电阻为 $R = \frac{U^2}{P} = 2.25\Omega$.

[答案] (1)ACEG (2)如图所示 (3)2.25

变式训练 3

(2009·北京海淀模拟)现在要测量一只额定电压为 $U=3\text{V}$ 的小灯泡 L 的额定功率 P (约为 0.3W)。实验室备有如下器材:

电流表 $\textcircled{A_1}$ (量程 200mA , 内阻 $r_1=10\Omega$)

电流表 $\textcircled{A_2}$ (量程 300mA , 内阻约为几欧姆)

定值电阻 $R(10\Omega)$

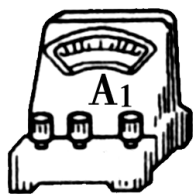
滑动变阻器 $R_1(0\sim 100\Omega, 0.5\text{A})$

电源 $E(E=5\text{V}, r\approx 1\Omega)$

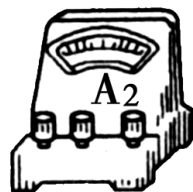
单刀开关一个、导线若干

(1)设计实验电路(画在方框中).





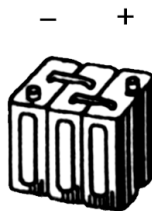
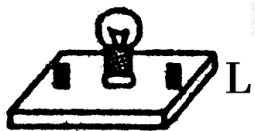
- +



- +



R_1



E



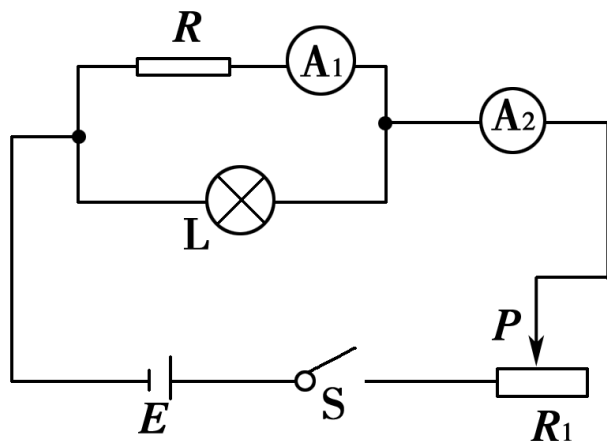
S

- (2)按(1)中设计的电路图把图中仪器连接起来;
(3)写出主要的操作步骤:

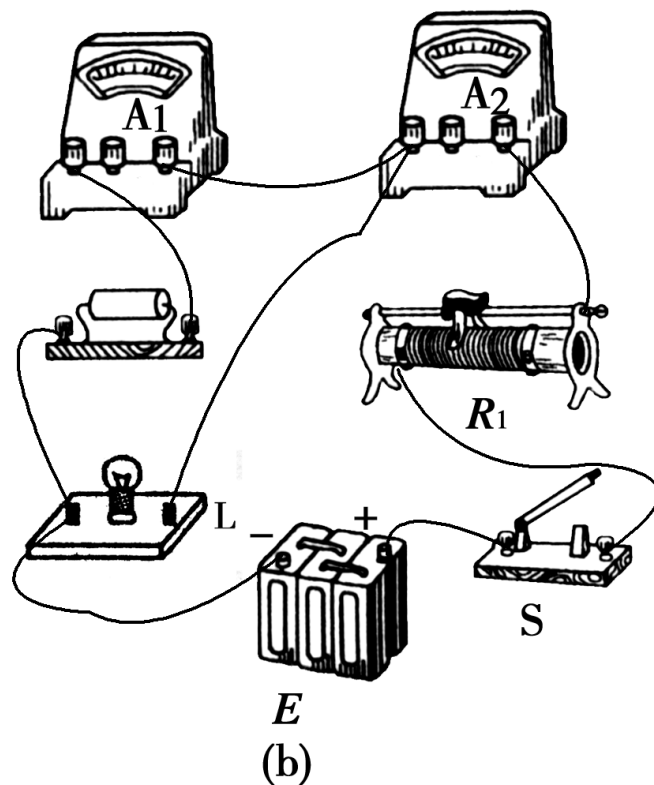
- (4)实验中计算灯泡额定功率的表达式为: _____.

(必须用题中给定的符号及你在(3)中设计的记录符号来表示)

[答案] (1)如图(a)所示 (2)如图(b)所示



(a)



(b)

(3)①按设计好的电路图连接好电路, 开关S闭合前, 滑动变阻器的滑片 P 应移至阻值最大的位置.

②闭合开关S, 移动滑片 P , 电流表的示数 $I_1 = \frac{U}{R+r_1} = \frac{3}{10+10} \text{ A} = 150 \text{ mA}$, 使小灯泡正常发光, 同时记下此时电流表的示数 I_2 .

③断开开关S, 拆除电路、整理仪器.

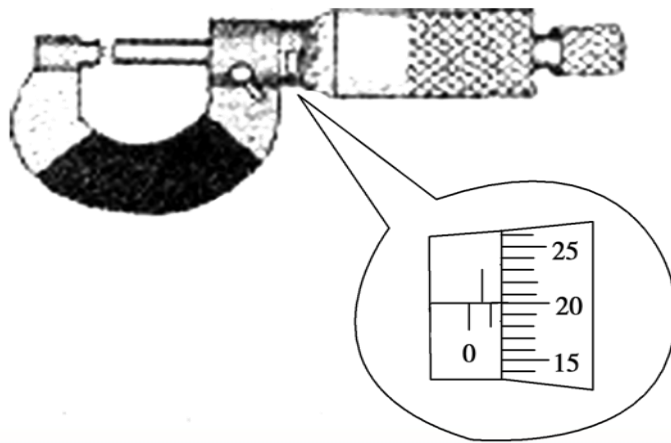
$$(4) P = U(I_2 - I_1)$$

题型 3 实验原理及数据处理

命题规律 根据实验的要求及条件，确定实验原理、步骤、数据处理。

[考例4] (2008·江苏模拟)某同学想要了解导线在质量相同时，电阻与截面积的关系，选取了材料相同、质量相等的5卷导线，进行了如下实验：

(1)用螺旋测微器测量某一导线的直径如下图所示。读得直径 $d=$ _____mm.



(2)该同学经实验测量及相关计算得到如下数据:

电阻 $R(\Omega)$	121.0	50.0	23.9	10.0	3.1
导线直径 $d(\text{mm})$	0.801	0.999	1.201	1.494	1.998
导线截面积 $S(\text{mm}^2)$	0.504	0.784	1.133	1.753	3.135

请你根据以上数据判断, 该种导线的电阻 R 与截面积 S 是否满足反比关系? 若满足反比关系, 请说明理由; 若不满足, 请写出 R 与 S 应满足的关系.

(3)若导线的电阻率 $\rho = 5.1 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$, 则表中阻值为 3.1Ω 的导线长度 $l =$ _____m(结果保留两位有效数字).

[解析] (1)固定刻度读数为1mm, 可动刻度读数为0.200mm, 所以读数为1.200mm.

(2)由表中数据, 分析发现 $RS^2=$ 常量, 所以 R 与 S 不足反比关系.

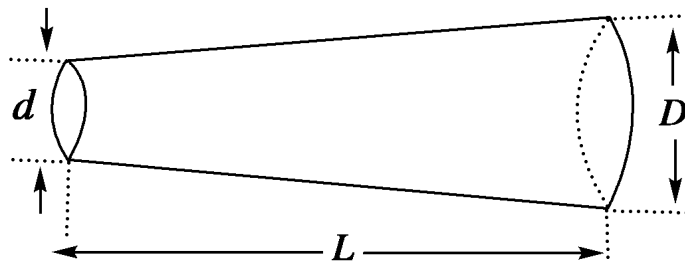
(3)根据电阻公式 $R=\frac{\rho l}{S}$ 得 $l=\frac{RS}{\rho}$, 代入数据得 $l\approx 19\text{m}$.

[答案] (1)1.200 (2)不满足, R 与 S^2 成反比(或 $RS^2=$ 常量) (3)19

[总结评述] 本题考查螺旋测微器读数及考查学生分析数据, 处理实际问题的能力. (2)问中是在质量一定时 R 与 S 的关系, (3)问中的公式 $R = \frac{\rho l}{S}$ 是物理上得到的公式, 不要受第(2)问影响.

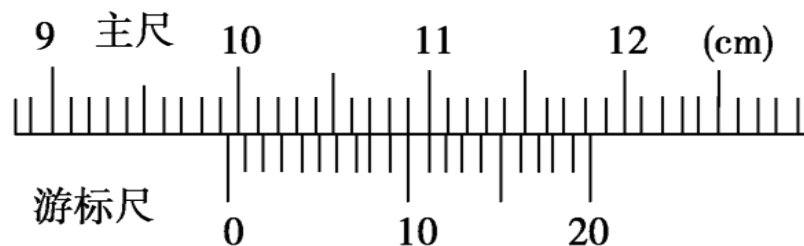
变式训练 4

(2009·江苏)有一根圆台状匀质合金棒如图甲所示,某同学猜测其电阻的大小与该合金棒的电阻率 ρ 、长度 L 和两底面直径 d 、 D 有关.他进行了如下实验:

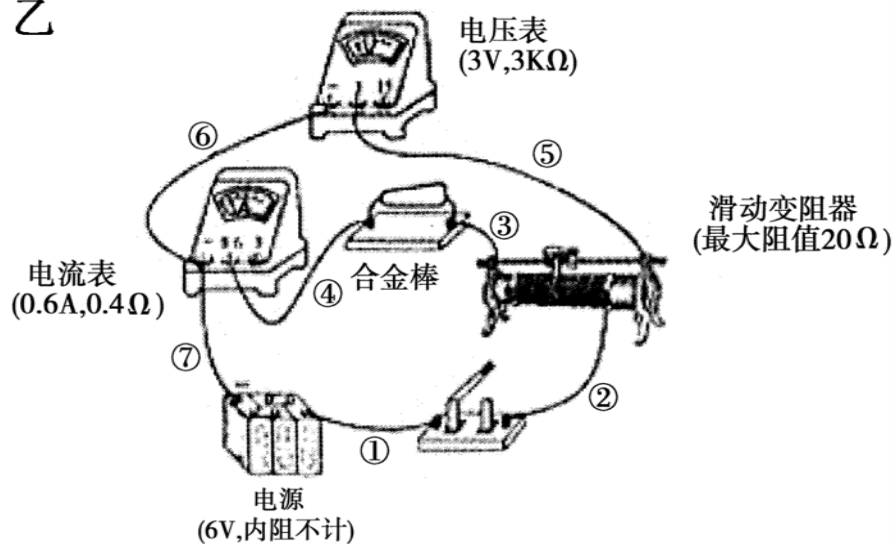


甲

(1)用游标卡尺测量合金棒的两底面直径 d 、 D 和长度 L 图乙中游标卡尺(游标尺上有20个等分刻度)的读数 $L=$ _____cm.



乙



丙

(2)测量该合金棒电阻的实物电路如图丙所示(相关器材的参数已在图中标出). 该合金棒的电阻约为几个欧姆. 图中有一处连接不当的导线是_____. (用标注在导线旁的数字表示).

(3)改正电路后, 通过实验测得合金棒的电阻 $R = 6.72\Omega$. 根据电阻定律计算电阻率为 ρ 、长为 L 、直径分别为 d 和 D 的圆柱状合金棒的电阻分别为 $R_d = 13.3\Omega$ 、 $R_D = 3.38\Omega$. 他发现: 在误差允许范围内, 电阻 R 满足 $R^2 = R_d \cdot R_D$. 由此推断该圆台状合金棒的电阻 $R = \underline{\hspace{2cm}}$. (用 ρ 、 L 、 d 、 D 表示)

[解析] (1) $l = \left(99 + \frac{8}{20}\right)\text{mm} = 99.40\text{mm}.$

(2)本实验为测定一个几欧姆的电阻的阻值. 在用伏安法测量其两端的电压和电流时, 因安培表内阻较小, 为了减小误差, 应用安培表外接法, ⑥线的连接使用的是安培表内接法.

(3)根据电阻定律计算电阻率为 ρ 、长为 L ，直径分别为 d 和 D 的圆柱状合金棒的电阻分别为 $R_d=13.3\Omega$ ， $R_D=$

$$3.38\Omega, \text{ 即 } R_d = \rho \frac{1}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2} \quad R_D = \rho \frac{1}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2} \text{ 而电阻 } R \text{ 满足 } R^2 =$$

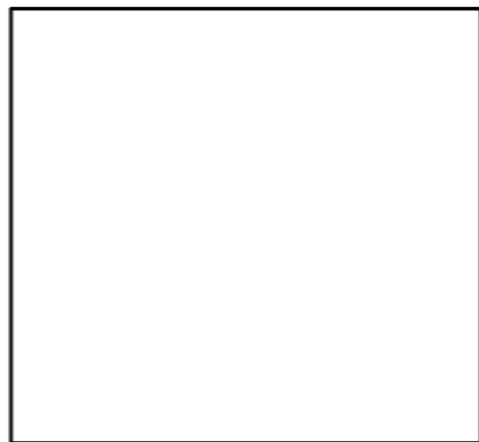
$$R_d \cdot R_D, \text{ 将 } R_d、R_D \text{ 代入得 } R = \frac{4\rho L}{\pi dD}.$$

[答案] (1)9.940 (2)⑥ (3) $\frac{4\rho L}{\pi dD}$

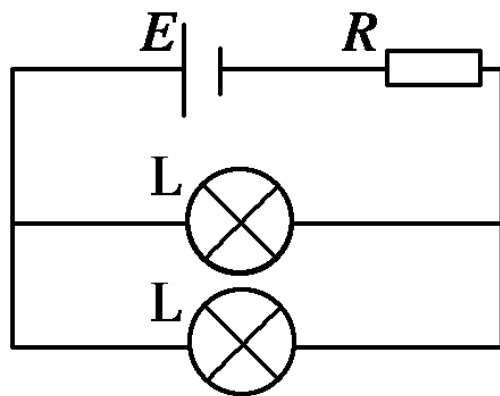
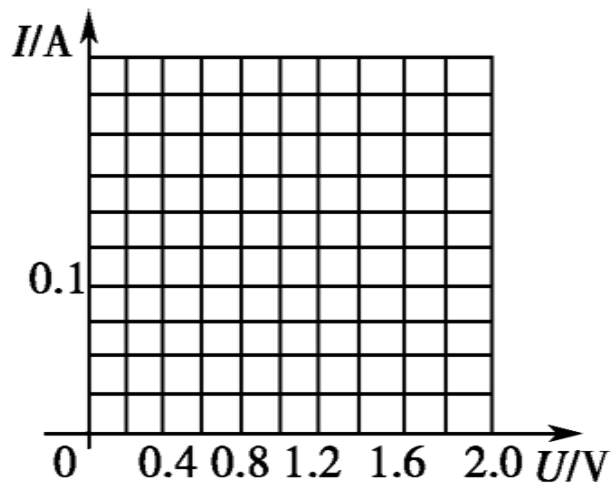
[考例5] (2009·江苏模拟)小电珠灯丝的电阻会随温度的升高而增大,某同学为研究这一现象,利用下列实验器材:电压表、电流表、滑动变阻器(变化范围 $0\sim 10\Omega$)、电源、小电珠、开关、导线若干来设计实验,并通过实验得到如下数据(I 和 U 分别表示小电珠上的电流和电压).

I/A	0	0.12	0.21	0.29	0.34	0.38
U/V	0	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00

I/A	0.42	0.45	0.47	0.49	0.50
U/V	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00



图甲



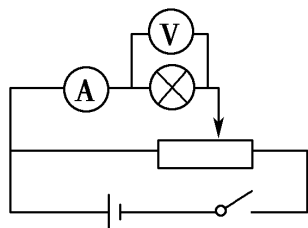
图乙

(1)请在上面的方框图中画出实验电路图.

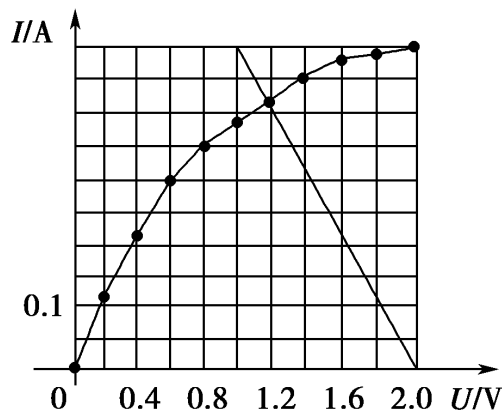
(2)在图甲坐标系中画出小电珠的 $I-U$ 曲线.

(3)把本题中的两个相同的小电珠 L 并联接到如图乙所示电路中, 若电源电动势 $E=2.0\text{V}$, 内阻不计, 定值电阻 $R=1\Omega$, 则此时每个小电珠的功率是_____W.

[解析] (1)实验电路图如图a所示



图a



图b

(2)小电珠的 $I-U$ 曲线如图b所示.

(3)设小电珠的电压为 U , 电流为 I , 由闭合电路欧姆定律得: $U=E-2IR$, 代入数据得: $U=2-2I$, 作出 $U-I$ 图象, 与小电珠的特征曲线的交点坐标为小电珠工作时的电压和电流, 两者之积为 0.47W , 即每个小电珠的功率为 0.47W .

[答案] (1)实验电路图如图a所示.

(2)小电珠的 $I-U$ 曲线如图b所示.

(3) 0.47

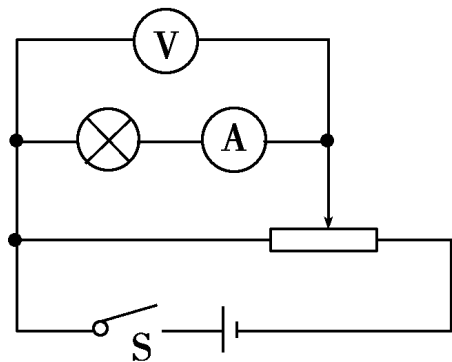
[总结评述] 描绘小电珠的伏安特性曲线实验中，由于小电珠的电阻较小，在电路连接时应使电流表外接，这样测量的误差较小，为了能较大范围地测量通过小电珠的电流和小电珠两端的电压，滑动变阻器应用分压接法。

变式训练 5

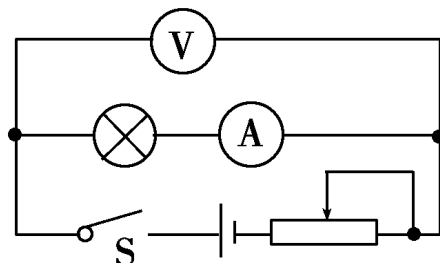
表格中所列数据是测量小灯泡 $U-I$ 关系的实验数据

U/V	0.0	0.2	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
I/A	0.000	0.050	0.100	0.150	0.180	0.195	0.205	0.215

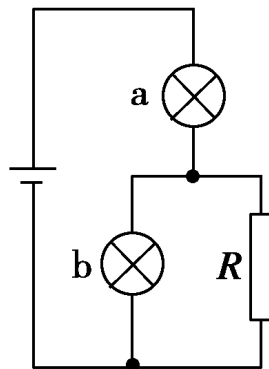
(1)分析上表内实验数据可知, 应选用的实验电路图是图中的_____ (填“甲”或“乙”);



甲

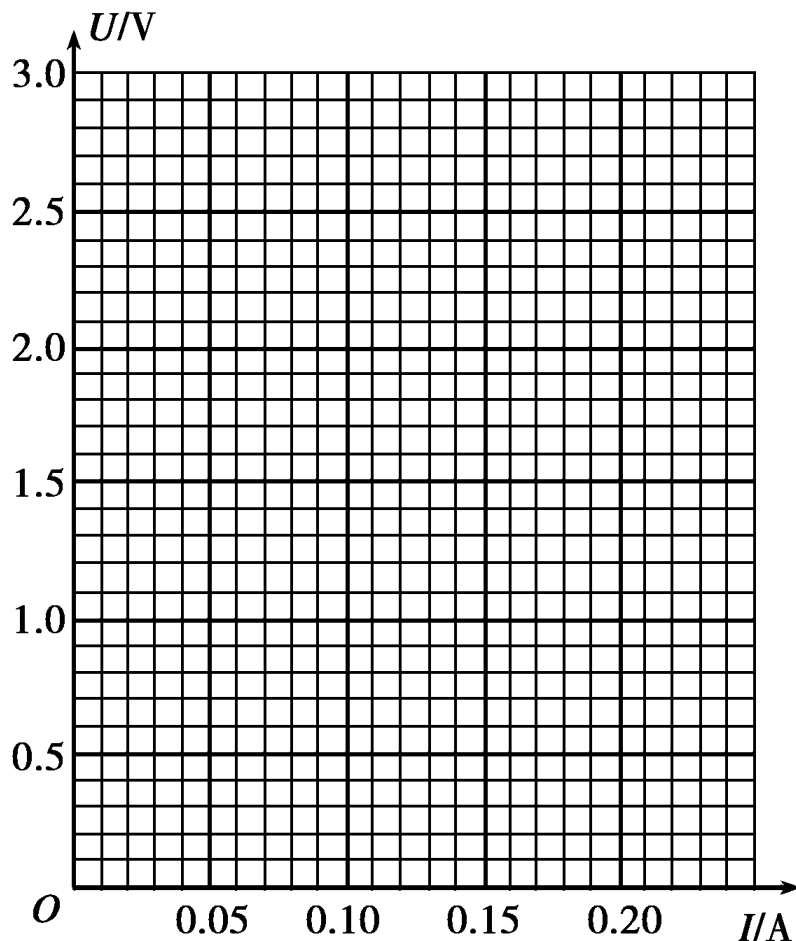


乙



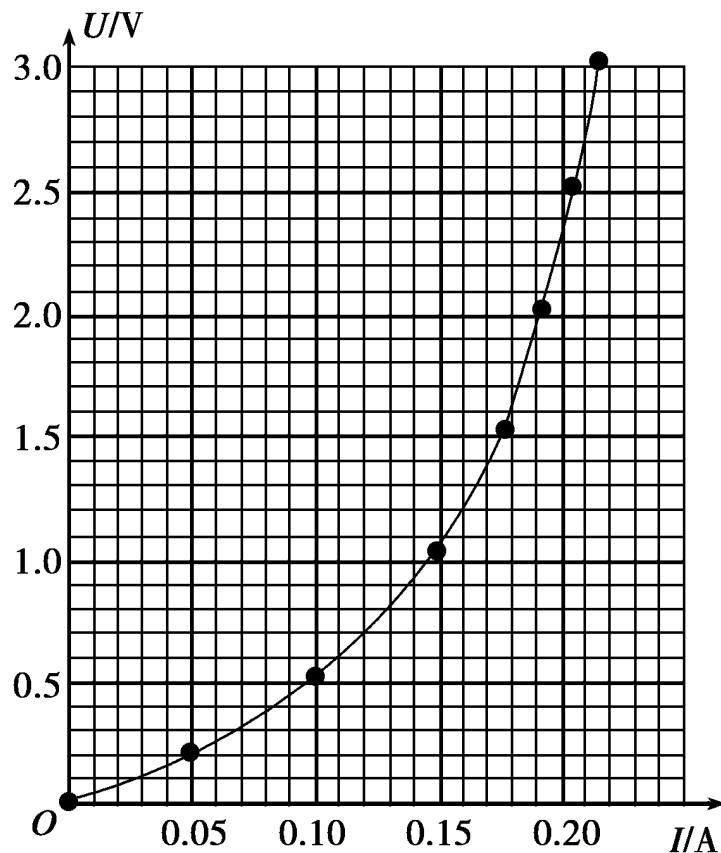
丙

(2)在方格纸内画出小灯泡的 $U-I$ 曲线(见图). 分析曲线可知小灯泡的电阻随 I 变大而_____ (填“变大”“变小”或“不变”);



(3)如图丙所示, 用一个定值电阻 R 和两个上述小灯泡组成串并联电路, 连接到内阻不计、电动势为 3V 的电源上. 已知流过电阻 R 的电流是流过灯泡 b 电流的两倍, 则流过灯泡 b 的电流约为_____A.

[解析] 由表格中给出 U 、 I 数据可以发现小灯泡的实验电压由0逐渐增加到3.0V，故控制电路应选用分压式接法，图甲所示电路符合要求. 由绘出的 $U-I$ 图线(见图)可知 U/I 的值随电压或电流的增大而增大，故小灯泡的电阻随 I 变大而变大.



图丙所示电路中流过电阻 R 的电流是流过灯泡 b 电流的两倍, 令灯泡的电阻为 R_0 , 则 $R = \frac{1}{2} R_0$, 灯泡 b 与电阻 R 的并联电阻 $R_{\text{并}} = \frac{1}{3} R_0$, 故灯泡 a 所占电源电压的 $\frac{3}{4}$ 即 $U_a = 3 \times \frac{3}{4} \text{ V} = 2.25 \text{ V}$, 在 $U-I$ 图中查得 $U = 2.25 \text{ V}$, I 约为 0.20 A , 则流过灯泡 b 的电流 $I_b = I \times \frac{1}{3} \approx 0.07 \text{ A}$.

[答案] (1)甲 (2)变大 (3)0.07

KHQHZY 课后强化作业

