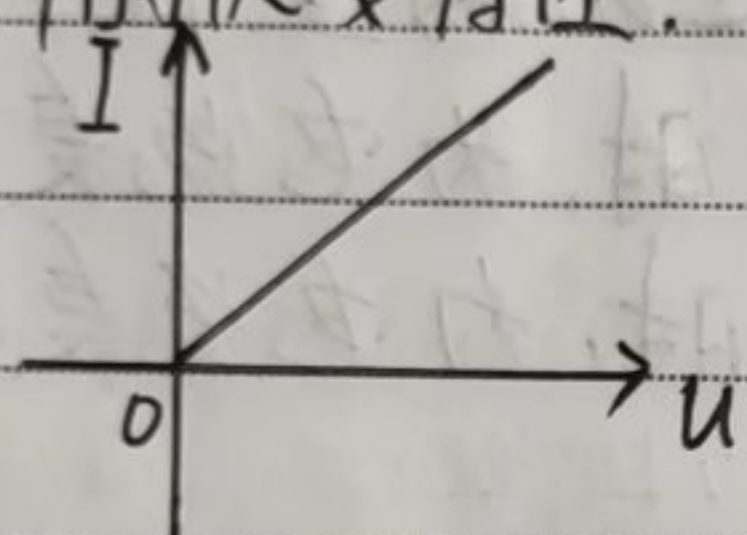


实验目的

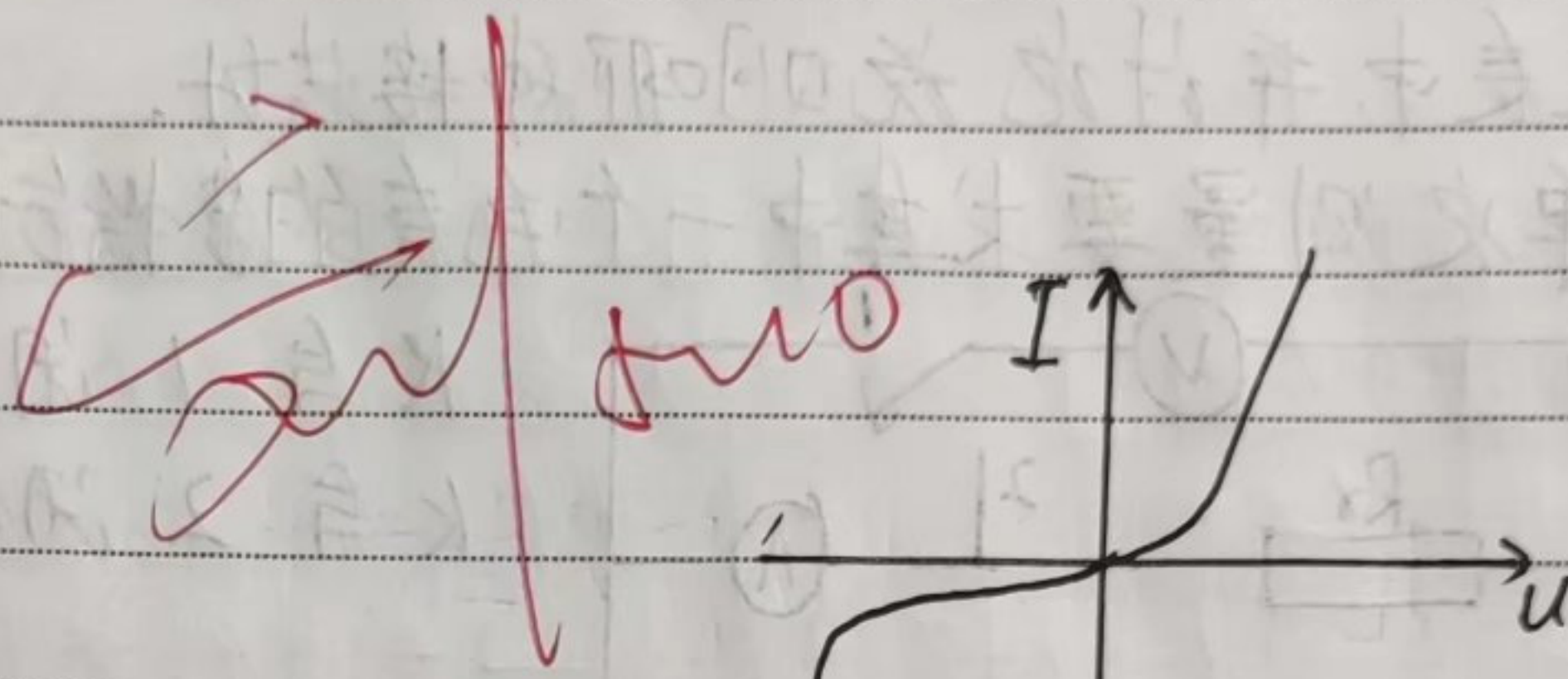
1. 了解伏安法测电阻的内、外接法产生系统误差的原因和修正的方法。
2. 掌握用补偿法测电压的原理。
3. 学会基本电学仪器的使用。

实验原理

1. 电学元件的伏安特性



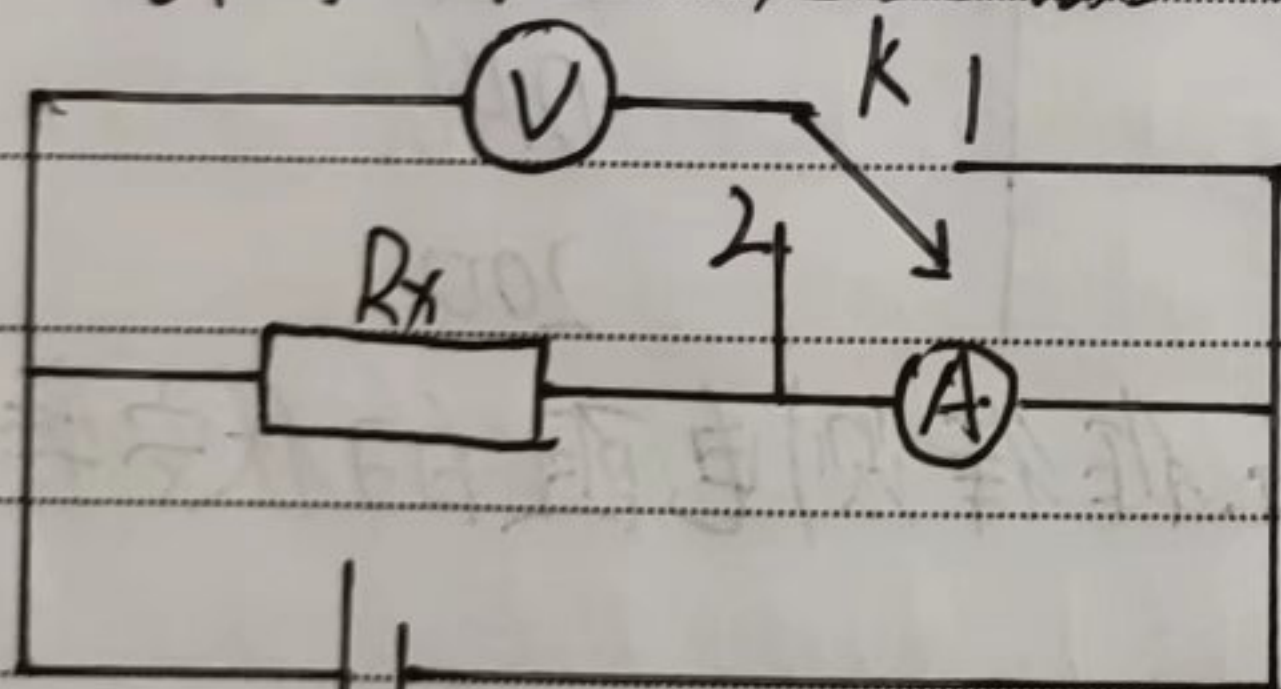
线性元件的伏安特性曲线



非线性元件的伏安特性曲线

在设计测试某一电学元件的伏安特性的线路时,加在元件两端的电压和通过元件的电流均不能超过其额定值,另外也不能超过测量时所用的其它仪器的量程。

2. 伏安法测电阻的实验线路的比较与选择



当开关K与1闭合时为电流表内接法

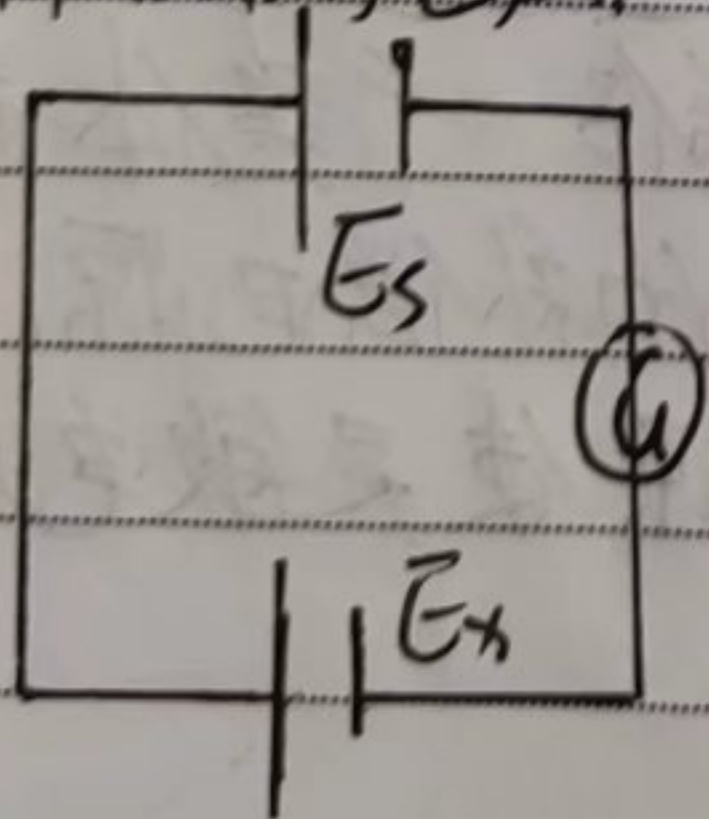
$$R_x = R_{x1} - R_A$$

当开关K与2闭合时为电流表外接法

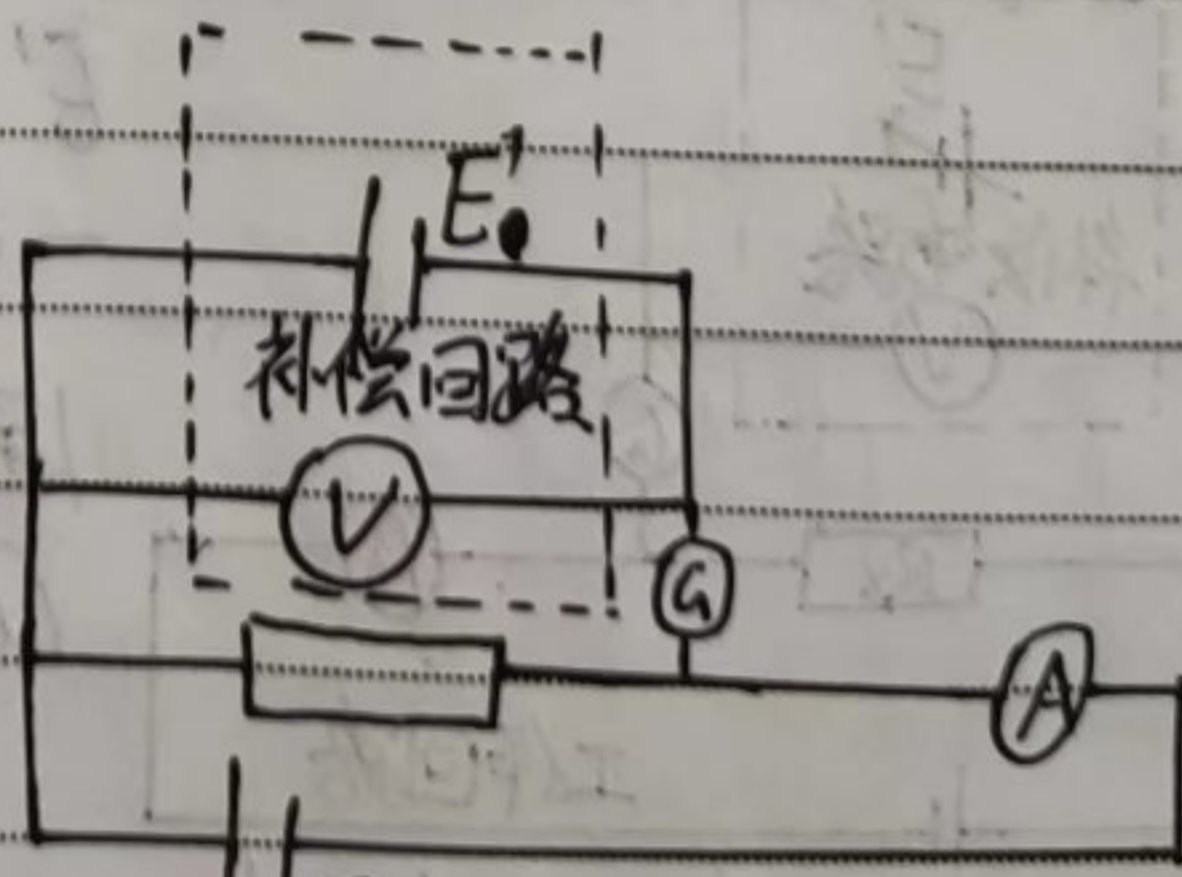
$$R_x = \frac{R_{x2} R_V}{R_V - R_{x2}}$$

伏安法测 R_x 电路图

3. 补偿法测电压——外接法的电路修正



电压补偿原理图



实际应用电路

补偿电源: (1) 可调 (2) 可精确读数

实验仪器

UTP8303 双路直流稳压电源

C311-V 型电压表

C21 μ A-1 型电流表

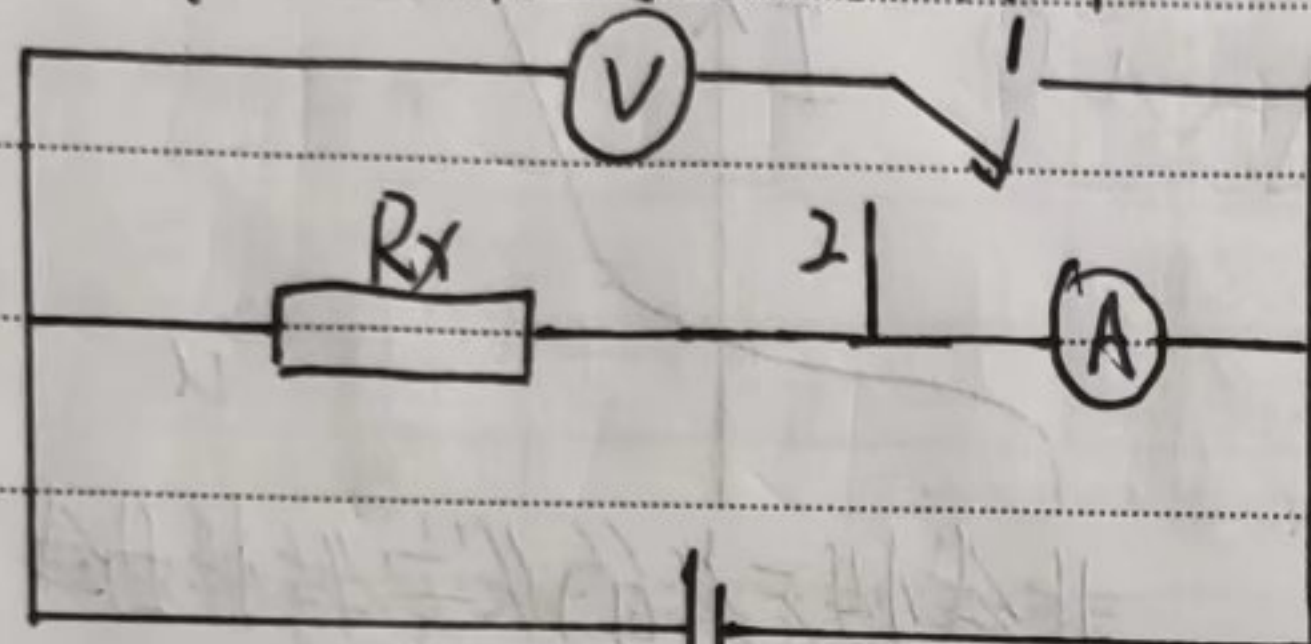
JO409 灵敏电流计

ZX21 型 直流多值电阻器

实验步骤与数据记录

1. 按伏安法测 R_x 的电路图接线路, 作两种线路的对比研究, 数据记录在表中, 并讨论说明哪种接法好.

(注: 单次测量要求其中一个电表的指针达到满量程)

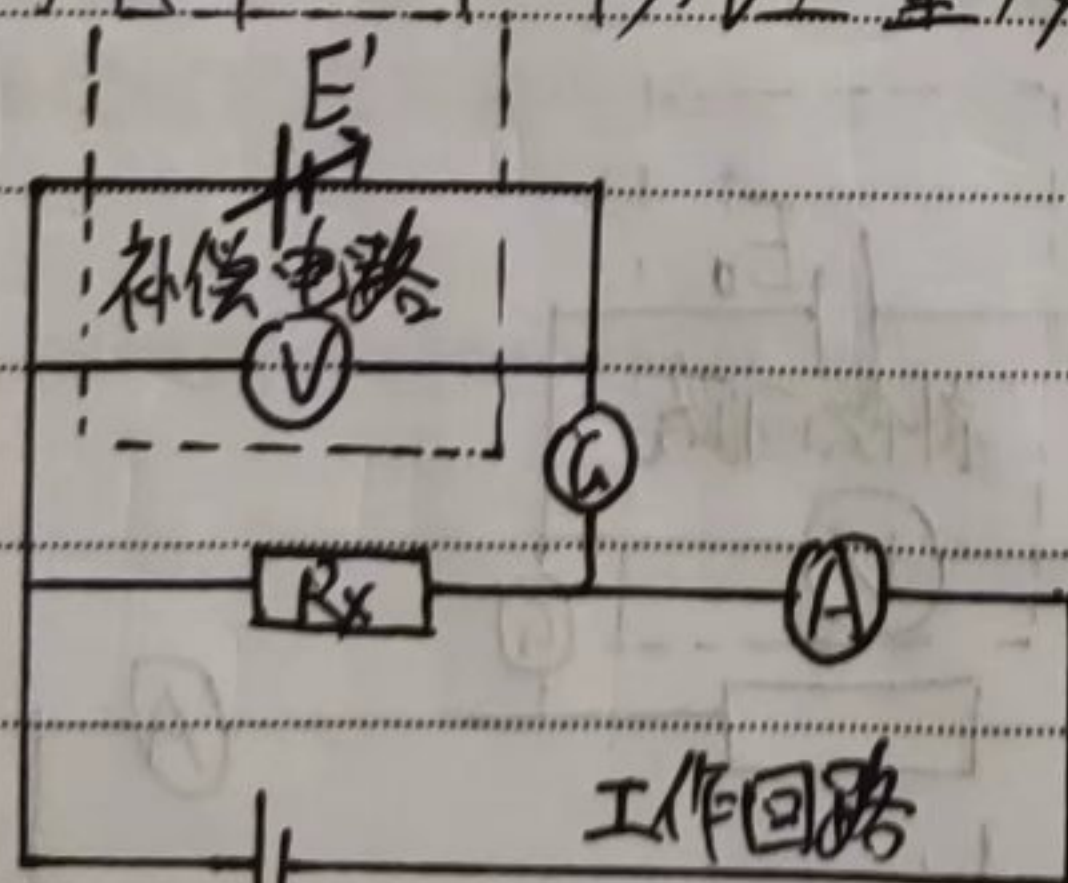


K 与 1 闭合时, 为电流表内接法
K 与 2 闭合时, 为电流表外接法

记录	待测电阻	$R_{x0} = 14000 \Omega$	
	内接法	U/V	3
		$I/\mu A$	174
	外接法	U/V	0.46
		$I/\mu A$	200

2. 按图补偿法测电压的电路图连接电路, 作待测电阻的伏安特性曲线 ($U-I$) 图, 计算 R_x .

(注: 应以电压为自变量作等间距测量, 要求用倒测法, 即最大一组数据中的其中一个物理量必须达到相应电表的满量程值.)



E' 和 V (虚线部分) 可看作一个整体, 即为一个可调且可精确读数的补偿电源.

通过配合调节两个电源, 使灵敏电流计 G 读数为 0.

补偿法	U/V	2.68	2.28	1.88	1.48	1.08	0.68
	$I/\mu A$	200	170	136	112	80	54
	R_x/Ω	13671.8					

实验数据处理

计算	内接法	R_{x1} / Ω	17046
		$R_x = R_{x1} - R_A / \Omega$	13846
		$\Delta R_x = R_{x1} - R_{x0} / \Omega$	3046
		$\Delta R_x / R_{x0} / \%$	21.75%
	外接法	R_{x2} / Ω	2400
		$R_x = 1 / (1/R_{x2} - 1/R_V)$	13920
		$\Delta R_x = R_{x2} - R_{x0} / \Omega$	11600
		$\Delta R_x / R_{x0} / \%$	82.85%

已知: $R_V = 2900 \Omega$ $R_A = 3200 \Omega$ $R_{x0} = 14000 \Omega$

内接: $R_x = R_{x1} - R_A = 17046 - 3200 = 13846 \Omega$

$\Delta R_x = R_{x1} - R_{x0} = 17046 - 14000 = 3046 \Omega$

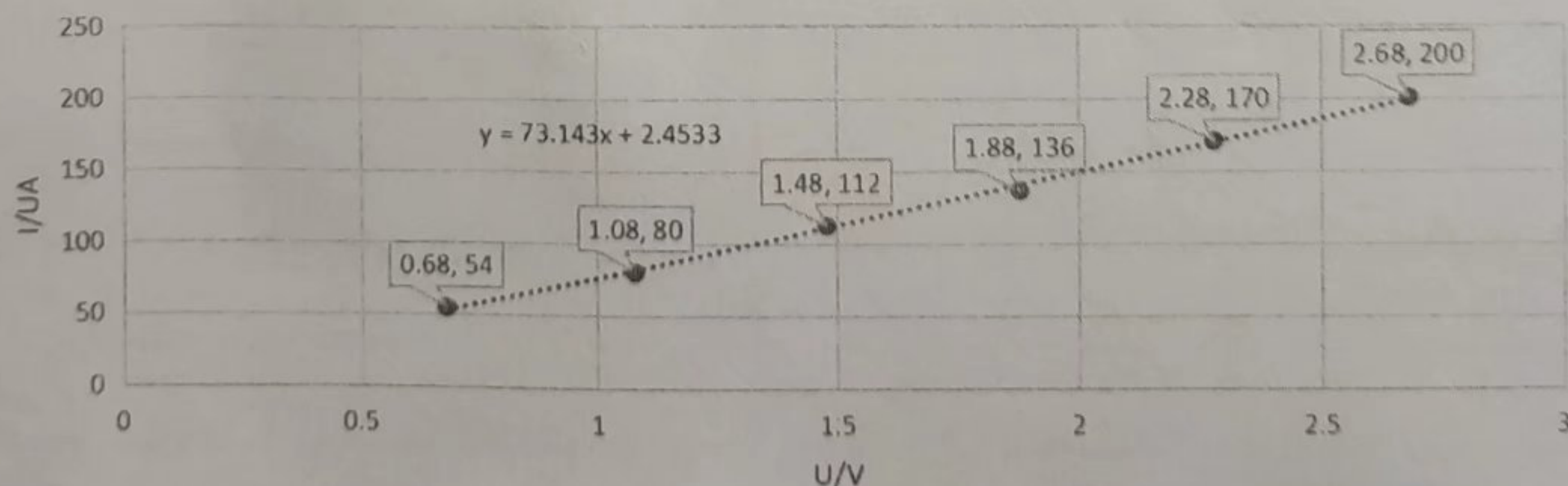
$\Delta R_x / R_{x0} / \% = 3046 / 14000 / \% = 21.75\%$

外接 $R_x = 1 / (1/R_{x2} - 1/R_V) = 1 / (1/2400 - 1/2900)$
 $= 13920 \Omega$

$\Delta R_x = |R_{x2} - R_{x0}| = |2400 - 13920| = +11600 \Omega$

$\Delta R_x / R_{x0} / \% = 11600 / 14000 / \% = 82.85\%$

伏安特性曲线



$$y = 73.143x + 2.4533$$

$$K = \frac{1}{R} = 73.143$$

$$\Rightarrow R = \frac{1}{73.143} \times 10^6 \approx 13671.8 \Omega$$

实验结论

- (1) 相对于未知电阻 R_x , 当电压表电阻 R_V 很大, 或电流表内阻 R_A 很小时, 可分别选择内接法或外接法电路来进行电阻的测量。
- (2) 用电压补偿法测电阻减少了因电流表内接而导致所测电压增大, 因电流表外接而导致所测电流增大的系统误差。

实验讨论

存在的问题: 伏安法测电阻是建立在欧姆定律的基础之上, 但由于通常所用电表内阻不理想, 造成伏安法不严格满足欧姆定律, 实验结果出现偏差。

解决方法: 1. 数据修正法——在进行实验数据处理时进行修正

2. 电路修正法

{	外接法: 电压补偿
	内接法: 电流补偿

注意事项:

- ① 接线过程中注意直流电源的正负极性, 严格按回路接线法联接电路。
- ② 在开启电源前, 电压调节旋钮必须旋至最小, 直到线路全部接好无误后再打开电源, 实验结束后再将输出电压逆时针旋至最小。
- ③ 使用电路要严防短路, 否则会因电流太大, 烧毁电路, 损坏电源。
- ④ 接线前应估计电路中的电流和电压的大小, 判断电表和其它实验元件的规格是否匹配, 在没有充分把握, 先用大量程, 后根据实验具体情况改用合适的量程。
- ⑤ 要使测量的准确度高, 线路参数的选择应使电表读数尽可能满量程, 以减小电表估读误差对实验结果的影响。
- ⑥ 使用电阻器时, 先将各旋钮来回旋转数次, 以使接触稳定可靠。
- ⑦ 电阻器使用过程中, 功率不能超过 0.2W , 否则会导致电阻阻值变化。

思考题

1) 若在同一坐标中用内、外接法及补偿法作 $U-I$ 曲线, 其分布规律如何? 有何相对关系?

由实验可知, 用补偿法测电阻为误差最小, 所以其 $U-I$ 曲线最接近真实曲线, 而电流表内接会使所得的电阻偏大, 所以其 $U-I$ 曲线斜率较大, 略偏补偿法曲线上端, 电流表外接其测量偏往往小于真实值, 所以其 $U-I$ 曲线斜率较小, 略偏补偿法曲线下端。

2) 为了提高测量精度, 选择内、外接法的原则是什么?

外接法测的电压准, 电压表分流所以电流测量值偏大, 内接法电流准, 电流表分压所以测量电压偏小, 若电阻较大, 采用外接法电压表分流大, 不适用, 若测量电阻较小, 用内接法, 电流表分压大故不适用, 因此, 测量大电阻时采用内接法, 测量小电阻时, 用外接法。

3) 为什么说伏安法测电阻的两种方法都不严格满足欧姆定律?

因为电压表和电流表都不是理想电表, 电流表自身有内阻, 给电路中带来了阻值, 不能视为短路, 电压表阻值也不是无穷大, 不能视为断路, 这两种方法不是不严格满足欧姆定律, 是不能严格验证欧姆定律是由于存在误差。

原始记录

伏安法测电阻

$$R_x = 14000 \Omega$$

记录

待测电阻

内接法

U/V

3.0

$I/\mu A$

174

外接法

U/V

0.46

$I/\mu A$

200

用补偿法绘制伏安特性曲线

补偿法

U/V

2.68

2.28

1.88

1.48

1.08

0.68

$I/\mu A$

200

170

136

112

80

54

R_x/Ω

ϕ

