

实验目的

- 1) 了解伏安法测电阻内、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) 伏安法测电阻的实验线路的比较与选择

由一段均匀电路的欧姆定律可得 $R = \frac{U}{I}$

1) 当开关 K 与 1 闭合, 为电流表内接法

设电流表内阻 R_A , 电压表读数 U_1 , 电流表读数 I_1

$$R_{x1} = \frac{U_1}{I_1} = \frac{I_1(R_x + R_A)}{I_1} = R_x + R_A \quad R_x = R_{x1} - R_A$$

此方法结果偏大 当 $R_x \gg R_A$ 时, 系统误差可忽略

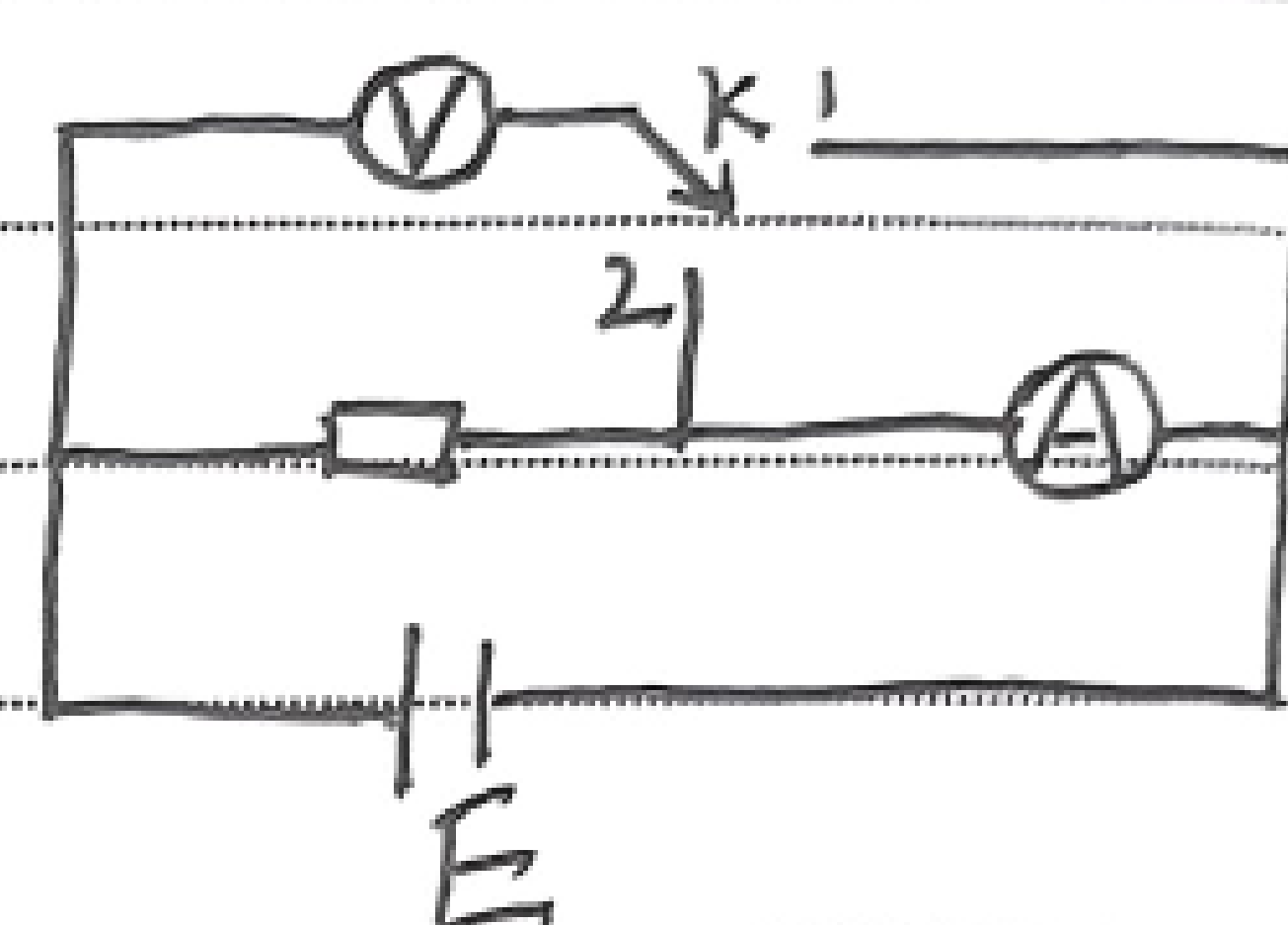
2) 当开关 K 与 2 闭合, 为电流表外接法

设电压表内阻为 R_V , 并测得电压表读数为 U_2 , 电流表读数为 I_2

$$R_{x2} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{U_2}{I_2 + \frac{U_2}{R_V}} = \frac{1}{\frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_V}}$$

此方法结果总偏小, 若已知 R_V 大小, 可修正 $R_x = \frac{R_{x2} R_V}{R_V - R_{x2}}$

当 $R_V \gg R_x$ 时, 系统误差可忽略不计



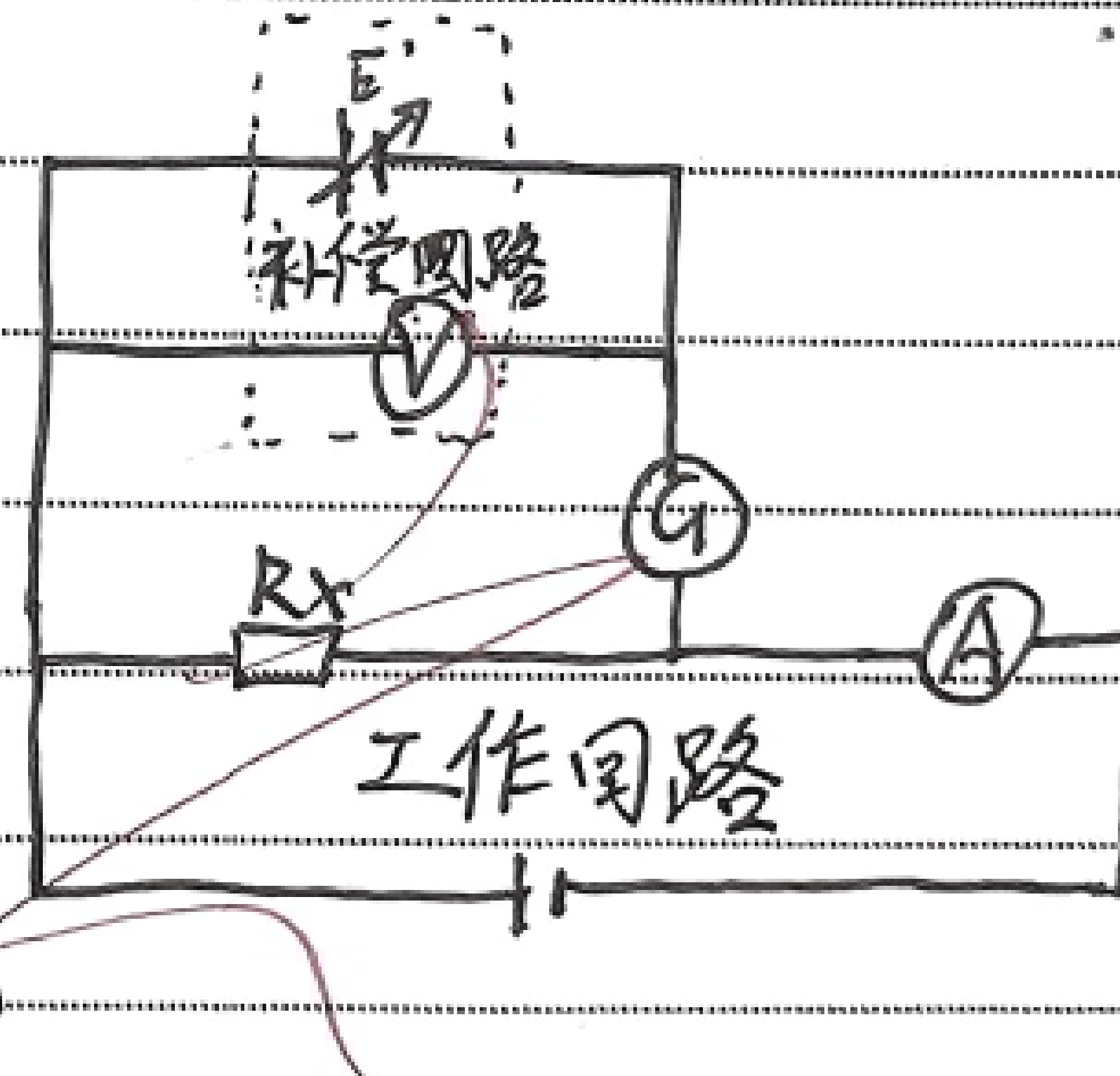
2. 补偿法测电压

原理: E_x 为待测电源, E_s 为补偿电源, G 为灵敏电流计, 通过调节 E_s

的输出电压, 使 G 表读数为 0, 此时两电源输出电压相等, $E_s = E_x$. 优点在于测量时测电压无须从电路中分流, 从而消除了由电流流经电压表的系统误差.

2.1 补偿法测电压的应用电路

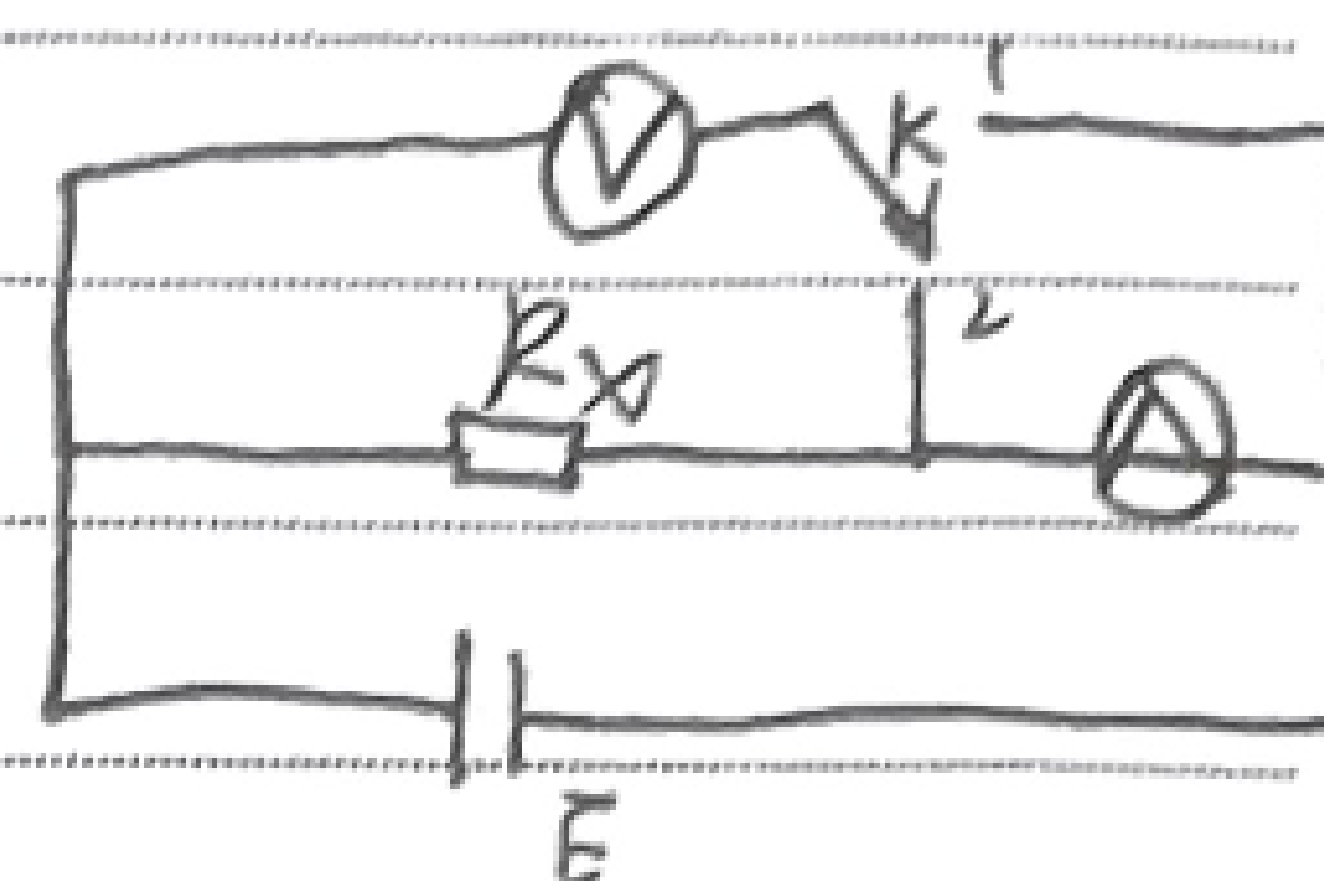
实验中, 通过配合调节两个电源, 使灵敏电流计 G 读数为零, 根据补偿法测电压的原理, 电压表 V 上的读数即为 R_x 的两端电压, 同时电流表 A 上的读数只是通过 R_x 的电流, 此时用欧姆定律计算出的电阻值将最为精确



实验仪器 双路直流稳压电源, 电压表 ($R_V = 2.9\text{k}\Omega$), 电流表 ($R_A = 3.2\Omega$), 灵敏电流计 ($100\Omega/2.5\text{k}\Omega$, 本实验使用 $R_G = 100\Omega$), 可调电阻箱 (待测电阻)

实验步骤与数据记录

按图连接线路, 作两种线路的比较研究, 并记录在下表, 并讨论哪种接法好 (单次测量, 一表满偏)

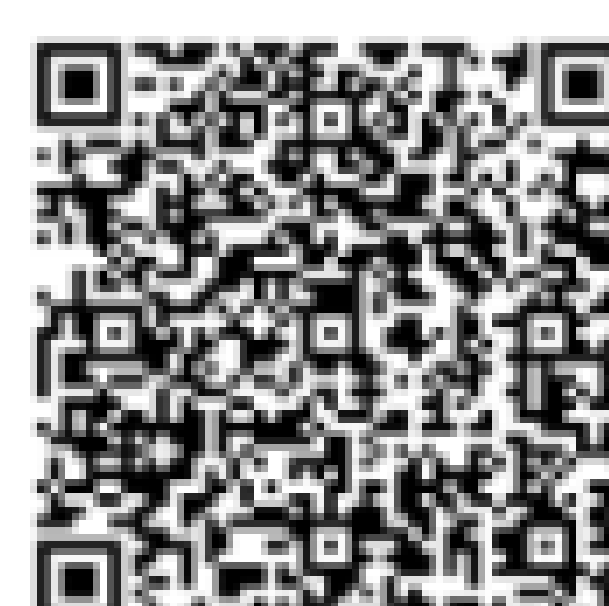
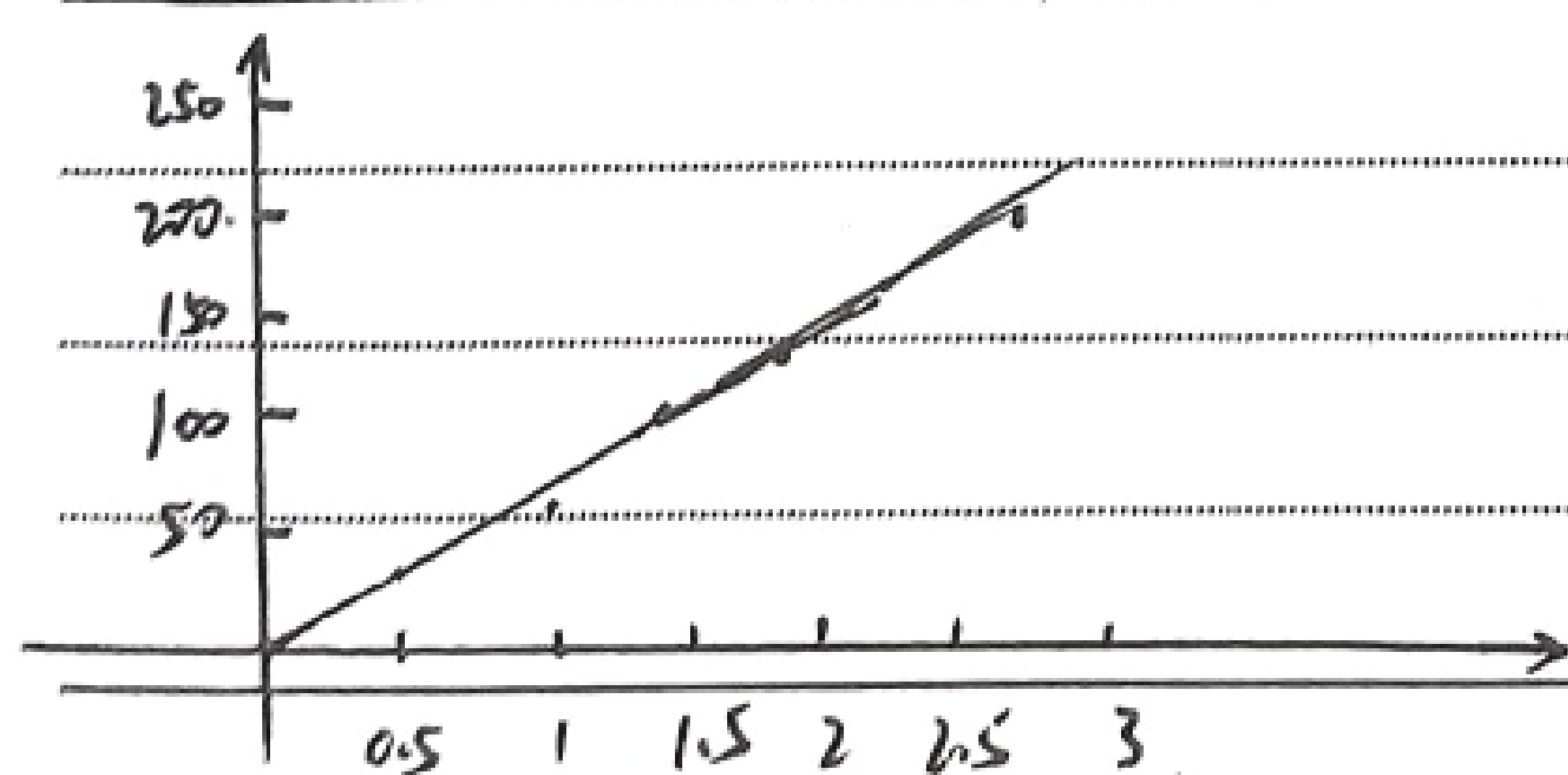


伏安法测电阻

	待测电阻	$R_{x0} = 14.000\Omega$	
记录	内接法	U/V	3.000
		$I/\mu A$	173.0
	外接法	U/V	0.480
		$I/\mu A$	200.0
计算	内接法	R_{x1}/Ω	17340
		$R_x = R_{x1} - R_A/\Omega$	14140
		$\Delta R_x = R_{x1} - R_{x0}/\Omega$	3340
		$\Delta R_x/R_{x0}/\%$	23.86%
	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
		$\Delta R_x/R_{x0}/\%$	82.86%

作待测电阻的伏安特性曲线 ($U-I$), 并计算 R_x (以电压为自变量, 要求用倒测法)

补偿法	U/V	2.700	2.200	1.800	1.490	1.000	0.500	
	$I/\mu A$	200.00	160.0	130.0	101.0	60.0	25.0	
	R_x/Ω							13760



实验数据处理

内接法: $R_{x1} = \frac{U_1}{I_1} = \frac{3.000}{1730 \times 10^{-6}} \Omega \approx 17340 \Omega$

$R_x = R_{x1} - R_A = 17340 - 3200 = 14140 \Omega$

$\Delta R_x = R_x - R_{x0} = 17340 - 14000 = 3340 \Omega$

$\Delta R_x / R_{x0} \% = 3340 / 14000 \% \approx 23.86\%$

外接法: $R_{x2} = \frac{U_2}{I_2} = \frac{0.480 \times 10^{-4}}{200.0} = 2400 \Omega$

~~$R_x = R_{x2} - R_A =$~~

$R_x = \frac{1}{\frac{1}{R_{x2}} - \frac{1}{R_A}} = \frac{1}{\frac{1}{2400} - \frac{1}{2900}} = 13920 \Omega$

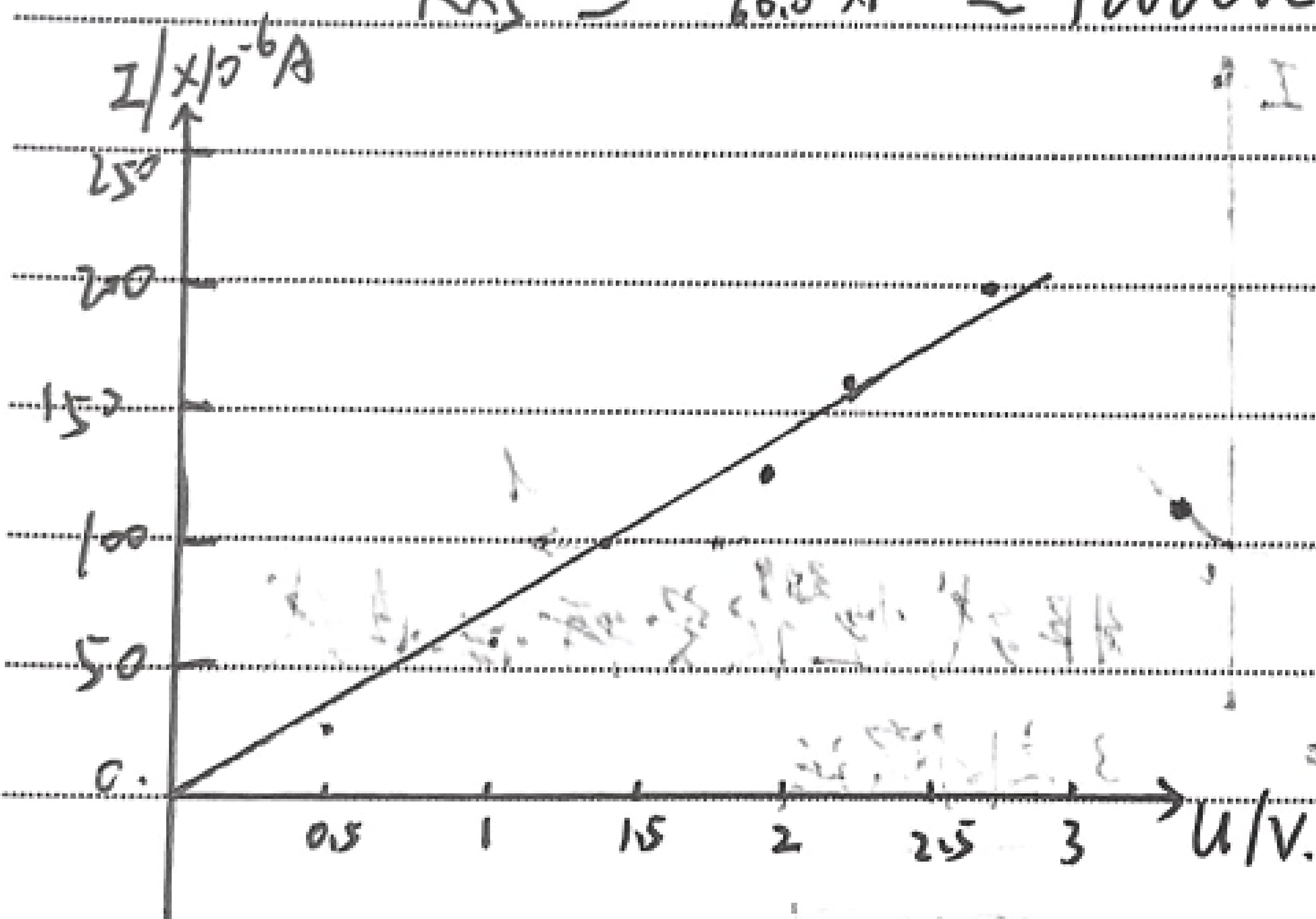
$\Delta R_x = |R_{x2} - R_{x0}| = |2400 - 14000| = 11600$

$\Delta R_x / R_{x0} \% = \frac{11600}{14000} \approx 82.86\%$

补偿法 $R_{x1} = \frac{2.700 \times 10^{-6}}{200.0} \approx 13500 \Omega$ $R_{x2} = \frac{2.20 \times 10^{-6}}{160.0} \approx 13750 \Omega$

$R_{x3} = \frac{1.800 \times 10^{-6}}{130.0} \approx 13846 \Omega$ $R_{x4} = \frac{0.880 \times 10^{-6}}{101.0} \approx 13760 \Omega$

$R_{x5} = \frac{1.000 \times 10^{-6}}{60.0} \approx 16660 \Omega$ $R_{x5} = \frac{0.500 \times 10^{-6}}{25.0} \approx 20000 \Omega$



由图可知

$k \approx 72.66$

$R_x = \frac{1}{k} \times 10^6 \Omega = 13760 \Omega$



实验结论

1. 了解伏安法测电阻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
4. 在实验中补偿法相较于内、外接法更为准确
5. 用补偿法可以有效消除系统误差

实验讨论

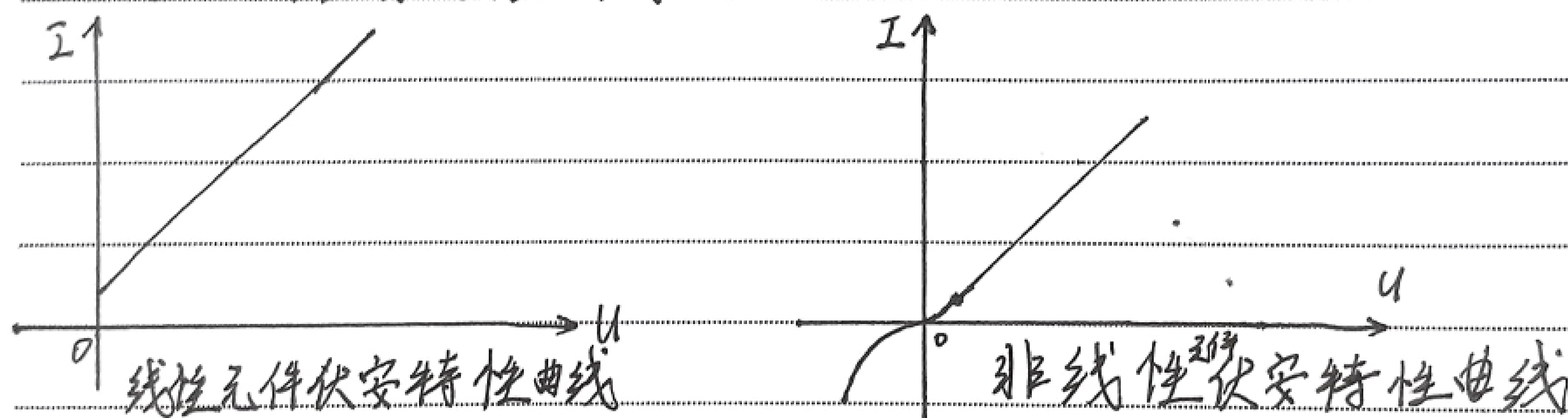
伏安法测电阻是建立在欧姆定律的基础之上,但由于通常所使用的电表内阻不理想,造成伏安法不严格满足欧姆定律,实验结果出现偏差

解决方法:

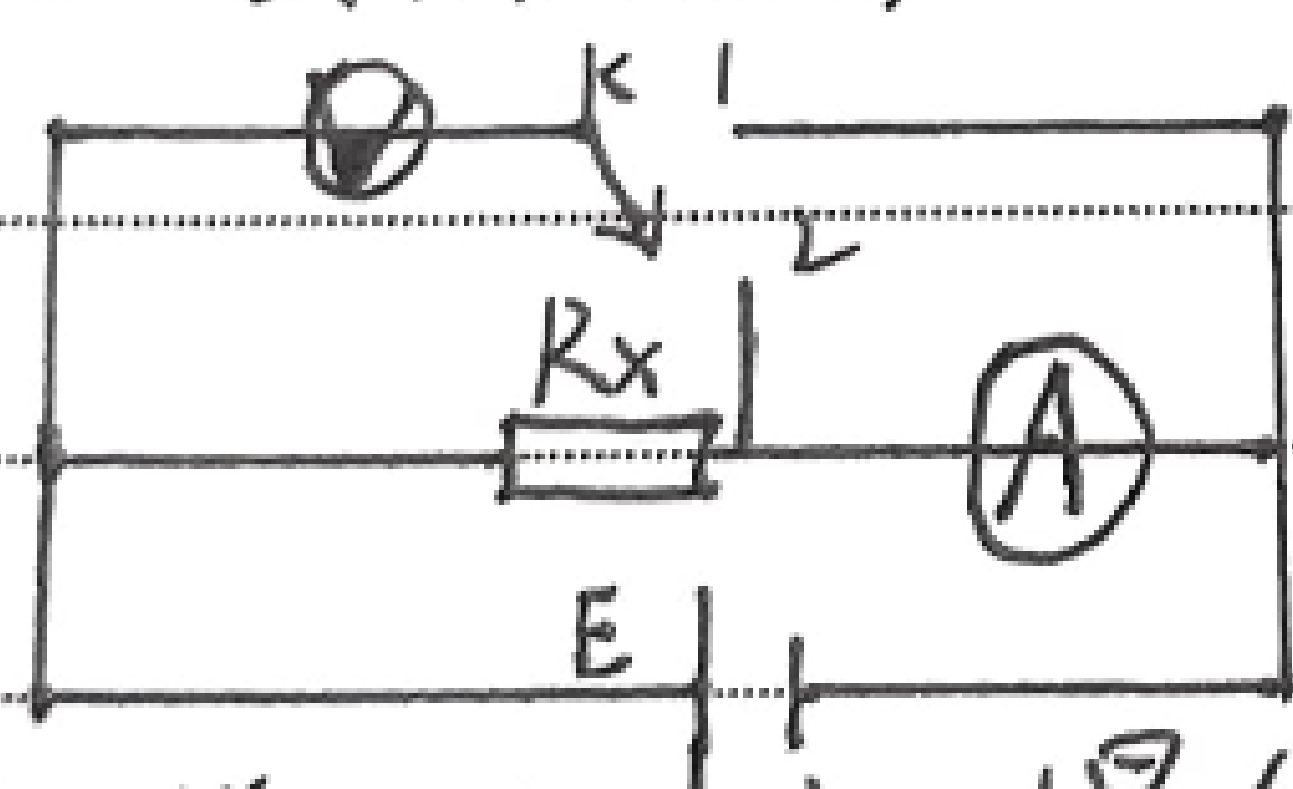
① 数据修正法——在实验时外理时进行修正(已知电表内阻情况下)

② 电路修正法 { 外接法: 电压补偿
 { 内接法: 电流补偿

1. 电学元件伏安特性曲线



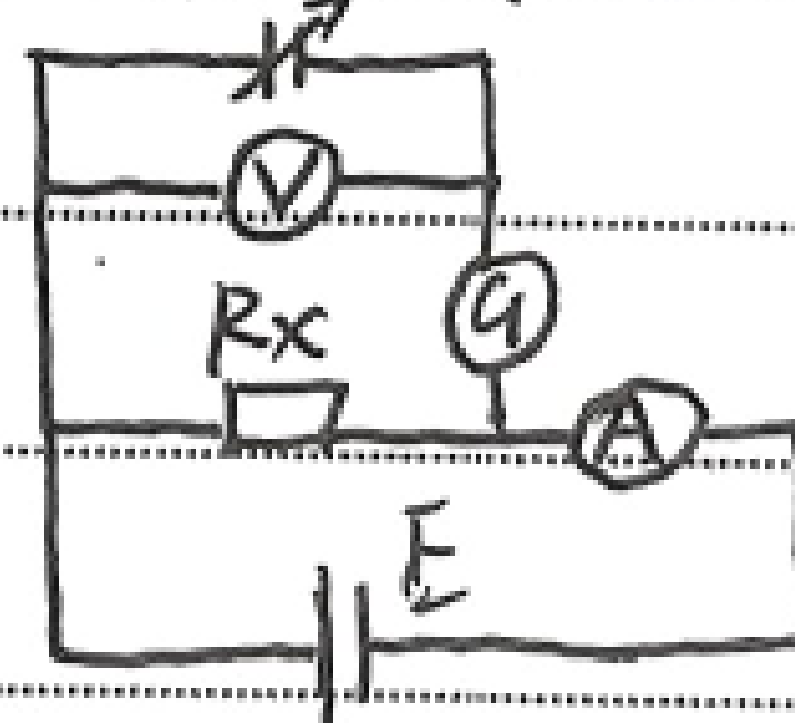
2. 伏安法测电阻实验线路的比较与选择



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

$$R_x = \frac{1}{\frac{1}{R_{x1}} - \frac{1}{R_A}}$$

3. 补偿法



① 补偿法可以使测量值更加接近实际值,使测量的系统误差范围尽可能减小

② 在内接法中,电流表的测量值为流过电流表和待测电阻的电流, $I_{测} = I_{真}$
电压表的测量值 $U_{测} = U_A + U_{真} > U_{真}$, 电阻值 $R_{测} = \frac{U_{测}}{I_{测}} > R_{真}$, 当 $R_x > R_A$ 时
误差越小,该方法适合测大电阻

③ 在外接法中, $U_{测} = U_{真}$, $I_{测} = I_r + I_{真} > I_{真}$, $R_{测} = \frac{U_{真}}{I_{测}} < R_{真}$ 即电压表
分流,当 R 越小,引起的误差越小,说明该方法适用于测量小电阻



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?

由实验知, 用补偿法测电阻误差最小, 所以其 $U-I$ 曲线最接近真实的 $U-I$ 曲线, 而电流表^{内接}法往往使求得电阻偏大, 所以其 $U-I$ 曲线斜率较大, 略偏补偿法曲线上端, 电流表外接法其测量值往往小于真实值, 所以其 $U-I$ 曲线斜率较小, 略偏补偿法曲线下端。

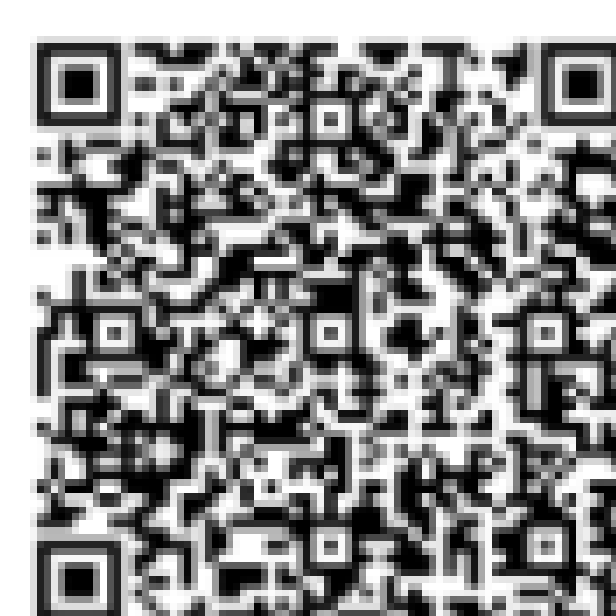
(2) 为了提高测量精度, 选择内、外接法的原则是什么?

待测电阻的阻值远大于电流表内阻时, 采用电流表内接法, 电压表内阻远大于待测电阻时, 使用电流表~~内~~外接法。

注: 这里的“远大于”一般指大于10倍或以上, 但如果这两个条件都不满足或者两个条件都满足时, 那么就看是待测电阻/电流表内阻的比值大还是电压表内阻/待测电阻的比值大, 哪个大就按照大的那个进行电流表的连接。

(3) 为什么说伏安法测电阻的两种方法都不满足欧姆定律?

因为电压表和电流表都不是理想的, 电流表自身有阻值不能视为短路, 电压表阻值也并非无穷大, 不能视为断路, 因为有内阻故无法准确测量出电流和电压, 所以这种方法往往有很明显的系统误差。



原始记录

内接法 $U: 3.000V$
 $I: 173u \quad 173.0uA$

外接法 $U: 0.480V$
 $I: 200.0uA$

补偿法	$U: 2.700V$	$2.200V$	1.800	1.390	1.000	0.500
	$I: 200.0uA$	160.0	130.0	101.0	66.0	25.0

1. 实验目的：通过实验，掌握电表的内阻测量方法，并验证电表的量程与内阻的关系。实验原理：电表的量程与内阻成正比，即 $U = I \cdot R$ 。实验步骤：1. 将电表接入电路，记录读数。2. 改变电表量程，记录读数。3. 计算电表的内阻。实验结果：通过实验，得出电表的内阻与量程成正比。实验结论：电表的量程与内阻成正比，即 $U = I \cdot R$ 。

4-8

