北京航空航天大学
实验报告

学 号: 20373864
班 级: 200613
姓 名: 谭立德
同组者:
日 期: 2021.11.8
评 分:

实验名称: 电位差计及其应用

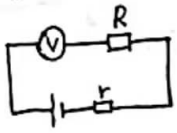
一、实验目的

1. 学习补偿原理和比较测量法
2. 掌握基本电学仪器的使用方法，
3. 培养电学实验的初步设计能力
4. 熟悉仪器误差和不确定度计算

二、实验原理

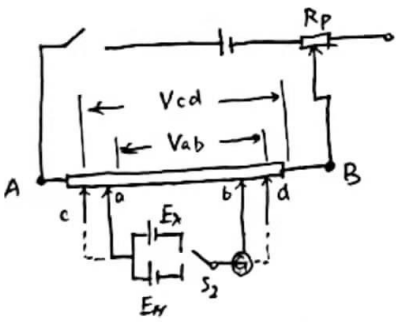
1. 补偿原理

原误差：



$V = E_x R/(R+r) \neq E_x$

补偿电路：（cd可调，$E > E_x$）（电位差计）



（补偿法测电动势）

找到一个cd位置使 $I_g = 0$，此时 $V_{cd} = E_x$

补偿回路：$E_x \to G \to d \to c \to E_x$

辅助回路：$E \to S_1 \to A \to B \to E$

E_x：$E_x = I R_{cd}$　　E_N：$E_N = I \cdot R_{ab}$

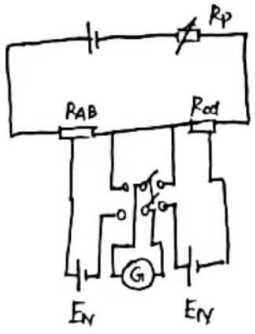
☆ 辅助回路在两次补偿中工作电流 I 必须相等

$\therefore E_x = \frac{R_{cd}}{R_{ab}} E_N$

· 为了便于读数：$I = E_N / R_{ab}$ 需标准化（如 $I = I_0 = 1mA$）

则 $E_x = I_0 \cdot R_{cd}$

UJ25型电位差计



三、实验仪器

ZX-21 电阻箱（两个），指针式检流计，标准电池，稳压电源，待测干电池，UJ25 型电位差计，电子检流计，待测电流表，待校电压表

四、1. 自组电位差计

电压：3V ⇒ $R_{ab} = E_N / I$ （R_1）（$I = 1mA$）

(1) 设计并连接自组电位差计的线路

(2) 工作电流标准化，测量干电池电动势

(3) 测量自组电位差计的灵敏度

2. UJ25型箱式电位差计

(1) 使用UJ25型电位差计测量固定电阻

(2) 使用UJ25型电位差计测量电表内阻

五、实验数据

室温：22.3°C

(13号) $E \approx 3V$

预设值：
$E_N = 1.01860V$
$R_{10} = E_N / I = 1018.6\Omega$
$R_{20} = E/I - R_{10} =$

实验一，

(1) $R_1 = R_{10} = 1018.6\Omega$

$R_2 = 2029.1\Omega$

$T = 22.3°C$

$E_N = 1.01860V$

$R_1 + R_2 = 3047.6\Omega$

(2) $R_1 + R_2 = 3047.6\Omega$ 不变

$R_1' = 1519.6\Omega$

$R_2' = 1528.0\Omega$

$R_1' + R_2' = 3047.6\Omega$

$E_X = IR_1' = 1.5196V$

(3) $S = \frac{\Delta n}{\Delta V}$ （Δn：10-14div；ΔV：1000div/V）

$R_1'' = 1539.5\Omega$, $R_2'' = 1508.1\Omega$, $R_1'' + R_2'' = 3047.6\Omega$

数据处理：

自组电位差计 测干电池电动势：

$t=22.5^{\circ}C$ $E_x=1.0185V$

	R_1/Ω	R_2/Ω	R_1'/Ω	R_2'/Ω
示值 R_i (R_i')	1018.5	2029.1	1519.6	1528.0
仪器误差限 ΔR_i ($\Delta R_i'$)	1.110	2.115	1.620	1.605
灵敏度测量 ($n=10.1 div$)	—	—	1539.5	1508.1

仪器误差： $E_x=0.001\times 1519.6=1.5196(V)$

$$\Delta R_1 = 1000\times10^{-3}+0+10\times2\times10^{-3}+8\times5\times10^{-3}+0.5\times5\times10^{-2}+0.025$$
$$=1.110\Omega$$

$$u(R_1)=\Delta R_1/\sqrt{3}=0.641\Omega$$

$$\Delta R_2 = 2000\times10^{-3}+0+20\times2\times10^{-3}+9\times5\times10^{-3}+0.1\times5\times10^{-2}+0.025$$
$$=2.115\Omega$$

$$u(R_2)=\Delta R_2/\sqrt{3}=1.221\Omega$$

$$\Delta R_1' = 1000\times10^{-3}+500\times10^{-3}+10\times2\times10^{-3}+9\times5\times10^{-3}+0.6\times5\times10^{-2}+0.025$$
$$=1.620\Omega$$

$$u(R_1')=\Delta R_1'/\sqrt{3}=0.935\Omega$$

$$\Delta R_2' = 1000\times10^{-3}+500\times10^{-3}+20\times2\times10^{-3}+8\times5\times10^{-3}+0+0.025$$
$$=1.605\Omega$$

$$u(R_2')=\Delta R_2'/\sqrt{3}=0.927\Omega$$

灵敏度

$$S = \frac{100\,div}{(1.5385-1.5196)V} = 502.5\ div/V$$

灵敏度误差：

$$\Delta_{灵} E_x = \frac{0.2}{S} = 3.98\times10^{-4}\ V$$

$$u_{灵}(E_x) = \frac{\Delta_{灵}E_x}{\sqrt{3}} = 2.29\times10^{-4}\ V$$

合成不确定度的计算：

略去 E_N 示值误差；略去因辅助电源 E 和标准电池 E_N 在两次示零过程中的变化所带入的误差，略去两次示零过程中的灵敏度误差；假定 R_1 和 R_1'，R_2 和 R_2' 互相独立：

$$\frac{u(E_x)}{E_x} = \sqrt{\left[\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_1+R_2}\right]^2 u^2(R_1) + \left[\frac{u(R_2)}{R_1+R_2}\right]^2 + \left[\frac{1}{R_1'}-\frac{1}{R_1'+R_2'}\right]^2 u^2(R_1') + \left[\frac{u(R_2')}{R_1'+R_2'}\right]^2}$$

$$= \frac{1}{R_1+R_2}\sqrt{\left[\frac{R_2}{R_1}u(R_1)\right]^2 + [u(R_2)]^2 + \left[\frac{R_2'}{R_1'}u(R_1')\right]^2 + [u(R_2')^2]}$$

$$= 7.237\times10^{-4}$$

$$u(E_x) = E_x\cdot\frac{u(E_x)}{E_x} = 0.1099\times10^{-2}$$

$$\therefore E_x = 1.5197 \pm 0.001\ V$$

以 UJ25 型电位差计的测量结果 1.519 1610 V 为准

$$\text{误差 } \eta = \frac{|1.5197 - 1.5191610|}{1.5191610} = 0.01059\%$$

，可接受。

箱式电位差计测电池电动势：

$E_X = 1.51916\,10\ V$

$\Delta_{仪} = a\%\left(U_X + \frac{U_0}{10}\right)$

UJ25 型电位差计 $a = 0.01$，$U_0 = 0.1$

则 $\Delta_{仪} = 0.01\%\,(1.51916\,10 + \frac{0.1}{10})V = 1.52916 \times 10^{-4}$

$U_b = \frac{\Delta_{仪}}{\sqrt{3}} = 8.8286 \times 10^{-5}\ V$

取 $U_a = 0$ $\therefore u(E_X) = U_b = 8.8286 \times 10^{-5} V$

$\therefore E_X = (1.51916 \pm 0.00008)\ V$

箱式电位差计测固定电阻：

$V_x = 1.565520\ V$，

$V_0 = 1.571890\ V$

$R_0 = 180.0\ \Omega$

$R_x = \frac{V_x}{V_0} R_0 = 179.27056\ \Omega$

$\Delta R_0 = 100 \times 10^{-3} + 80 \times 2 \times 10^{-3} + 0 + 0 + 0.025 = 0.285\ \Omega$

$u(R_0) = \frac{\Delta R_0}{\sqrt{3}} = 0.1645\ \Omega$

U_0 不确定度

$\Delta_{仪}(V_0) = a\%\,(U_0 + \frac{V}{10}) = 0.01 \times (1.571890 + \frac{0.1}{10})V = 0.0158\ V$

$u(V_0) = \frac{\Delta_{仪}(V_0)}{\sqrt{3}} = 9.133 \times 10^{-3}\ V$

U_X 不确定度

$\Delta_{仪}(V_X) = a\%\,(U_0 + \frac{V}{10}) = 0.01 \times (1.565520 + \frac{0.1}{10})\ V = 0.015655\ 2$

$u(V_X) = 9.096 \times 10^{-3}$

$\frac{u(R_X)}{R_t} = \sqrt{\left(\frac{u(R_0)}{R_0}\right)^2 + \left(\frac{u(V_X)}{V_X}\right)^2 + \left(\frac{u(V_0)}{V_0}\right)^2} = 8.2675 \times 10^{-3}$

$\therefore u(R_X) = 1.48\ \Omega$

$\therefore R_X = 179 \pm 1\ \Omega$

自组电位差计测干电池电动势

(13号):

1. $R_1 = R_{10} = 1018.5\,\Omega$

$R_2 = 2029.1\,\Omega$

$R_1 + R_2 = 3047.6\,\Omega$

$T = 22.3\,^\circ C$

$E_{20} = 1.01860\,V$

$E_N \approx E_{20} - 3.99\times10^{-5}(T-20^\circ C) - 0.94\times10^{-6}(T-20^\circ C)^2 + 9\times10^{-9}(t-20^\circ C)^3 = 1.018503\,V$

2. $R_1' = 1519.6\,\Omega$

$R_2' = 1528.0\,\Omega$

$R_1' + R_2' = 3047.6\,\Omega$

$E_x = I R_1' = 1.5196\,V$

3. ~~[illegible]~~

$\Delta n = 10.0\,div$

$R_1'' = 1539.5\,\Omega$

$R_2'' = 1508.1\,\Omega$

$R_1'' + R_2'' = 3047.6\,\Omega$

$S = \frac{\Delta n}{\Delta V} = \frac{10.0\,div}{|1.5395 - 1.5196|\,V} = 502.5\ div/V$

13# 自组Ex

11.8 [illegible]

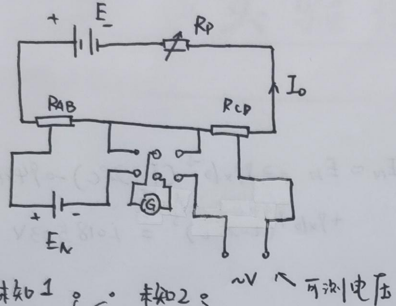
箱式电位差计测干电池电动势:

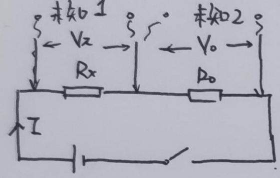
直接读数: $E = 1.5191610\,V$

箱式Ex

箱式电位差计测固定电阻

设计电路图：





$V_x = 1.565520\ V$

$R_0 = 180.0\ \Omega$

$V_0 = 1.571890\ V$

$R_x = \frac{V_x}{V_0} \cdot R_0 = 179.270560\ \Omega$

11.8下午