

欢迎同学们到实验室学习!

大学物理实验——直流电桥测电阻

- 1: 请签到, 按照自己的实验编号就座。
- 2: 预习报告放在桌上以便检查。
- 3: 自学操作说明。

李群庆
J08

2016.秋季学期

实验内容:

1. 惠斯通电桥（单电桥）测中值电阻
2. 铜丝的电阻温度系数测量
3. 利用非平衡桥组装数字温度计
4. 开尔文电桥（双电桥）测低电阻（*）

1、惠斯通电桥（单电桥）测电阻

电桥平衡 $I_g = 0$

$$\frac{R_X}{R} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_X = \frac{R_2}{R_1} R = CR$$

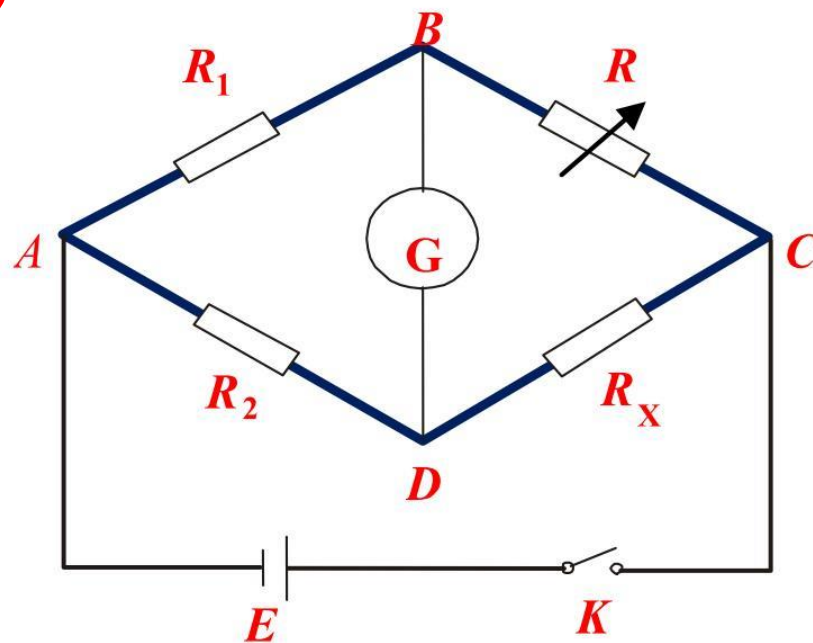
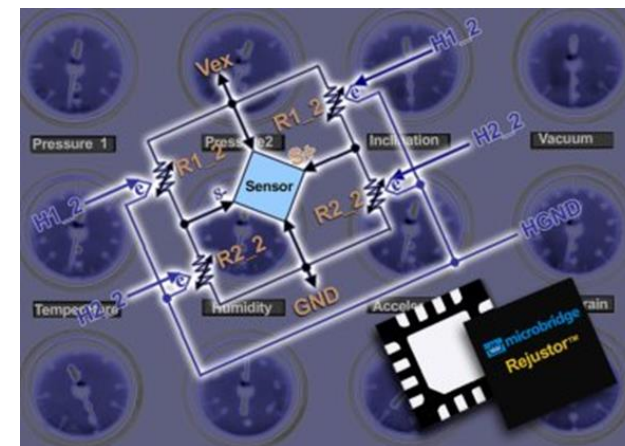
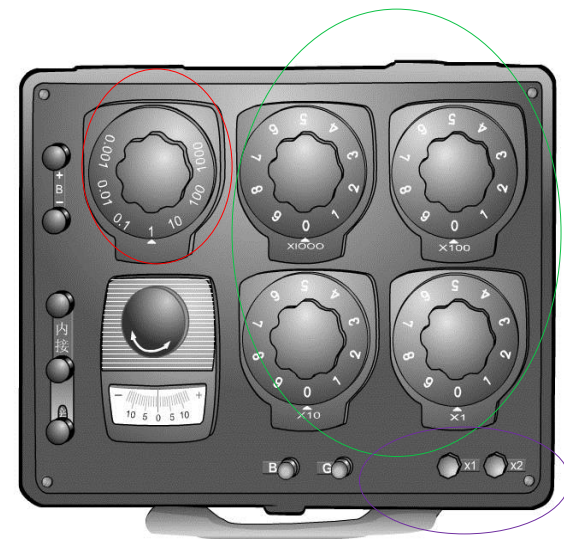
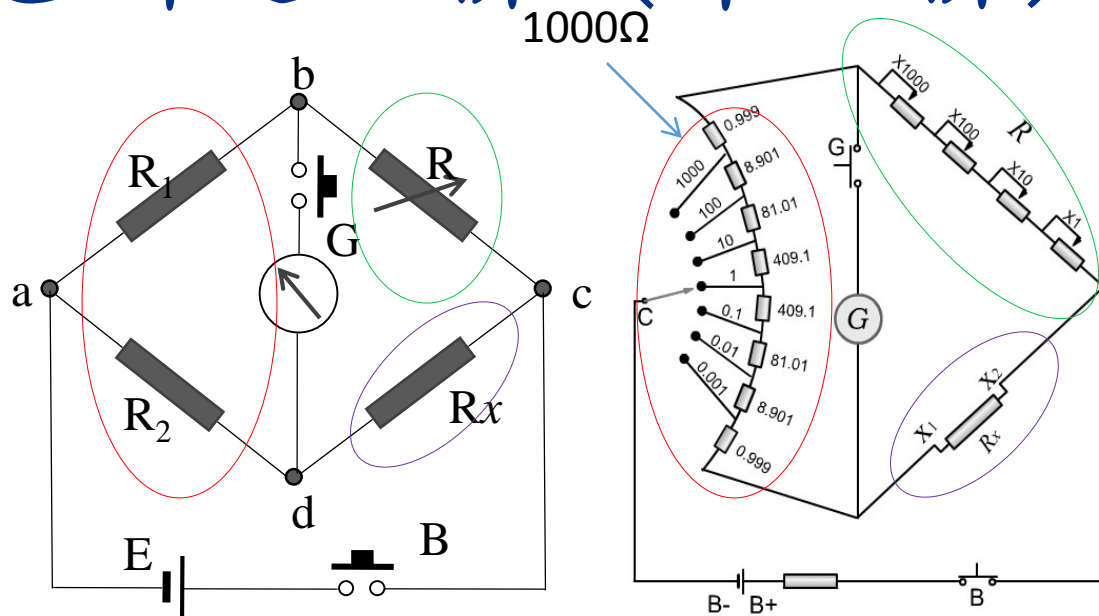


图 1-1 单臂电桥原理



1、惠斯通电桥（单电桥）测电阻



$$\frac{R_2}{R_1} = C \longrightarrow R_x = CR$$

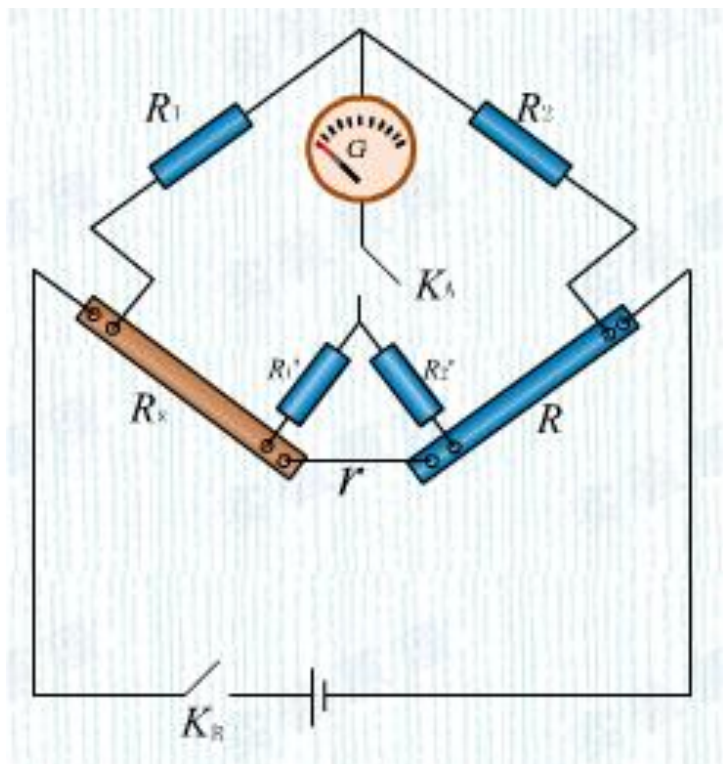
$$\text{灵敏阈} \longrightarrow \Delta_s = 0.2 \frac{\Delta R_x}{\Delta d} = \frac{0.2C\Delta R}{\Delta d}$$

$$\text{基本误差限} \longrightarrow E_{\text{lim}} = \alpha\% \left(CR + \frac{CR_N}{10} \right)$$

$$\text{灵敏度} \longrightarrow n = \frac{1}{\Delta_s} \left\{ \begin{array}{l} \text{工作电压 } E \\ \text{桥臂电阻配比} \\ \text{检流计灵敏度} \end{array} \right.$$

$$\text{测量不确定度 } \Delta_{R_x} = \sqrt{E_{\text{lim}}^2 + \Delta_s^2}$$

2.双桥（开尔文电桥）——低值电阻



★ R_x 小时，引线电阻影响测量结果

——低值电阻采用四端接法

——增加一对高阻桥

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R$$

——可测 $\Omega \sim 10^{-4} \Omega$ 阻值



1、惠斯通电桥（单电桥）测电阻

- 1. 测5个不同量级的电阻 120Ω 、 $1k\Omega$ 、 $11k\Omega$ 、 $360k\Omega$ 、 200Ω 有电感，*注意电桥BG键的操作。*
课后求 $R_x = R + \Delta_{R_x}$

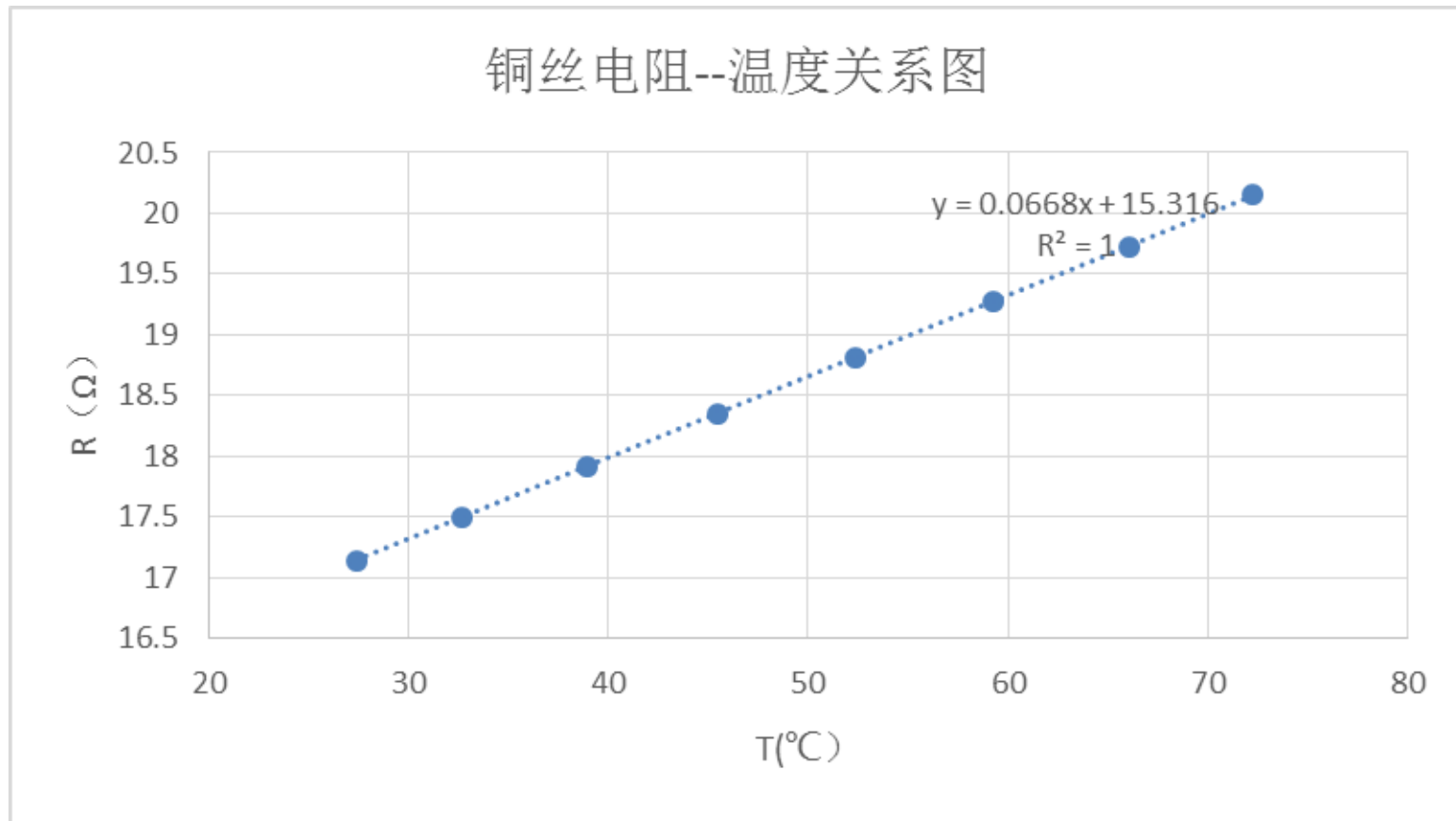
2、铜丝的电阻温度系数

$$R_t = R_0(1 + \alpha_R t)$$

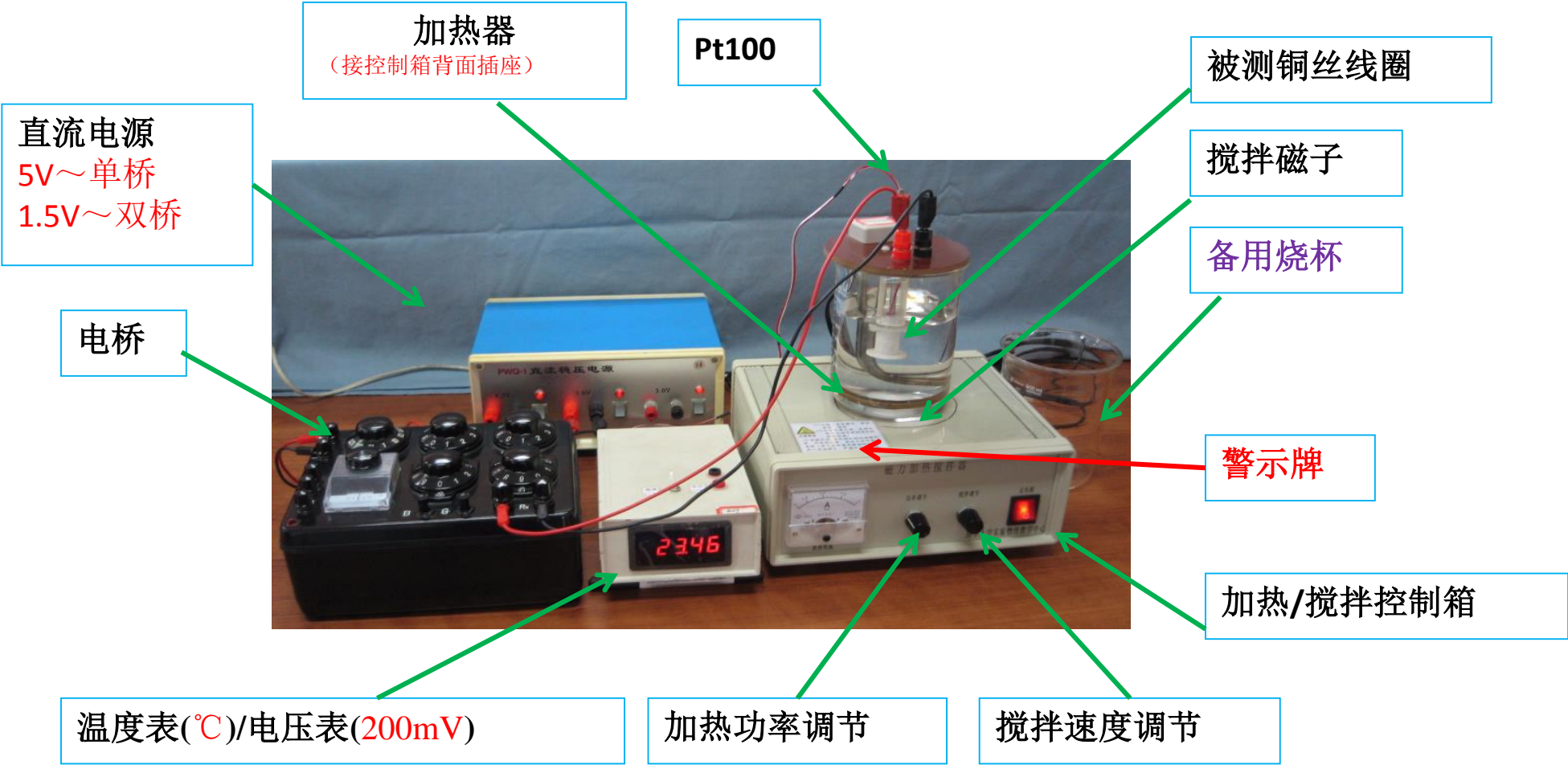
$$R_t = (R_0 \alpha_R)t + R_0$$

R_0 ——0℃时的阻值

α_R ——电阻温度系数 (Cu: $4.2 \sim 4.3 \times 10^{-3}/^{\circ}\text{C}$)



2、铜丝的电阻温度系数



2、铜丝的电阻温度系数

测量铜线电阻温度系数 α 和 R_0 ，8个点，间隔 Δt 约5--7°，温度最高小于80° C。课上计算机拟合求 α 和 R_0 ；

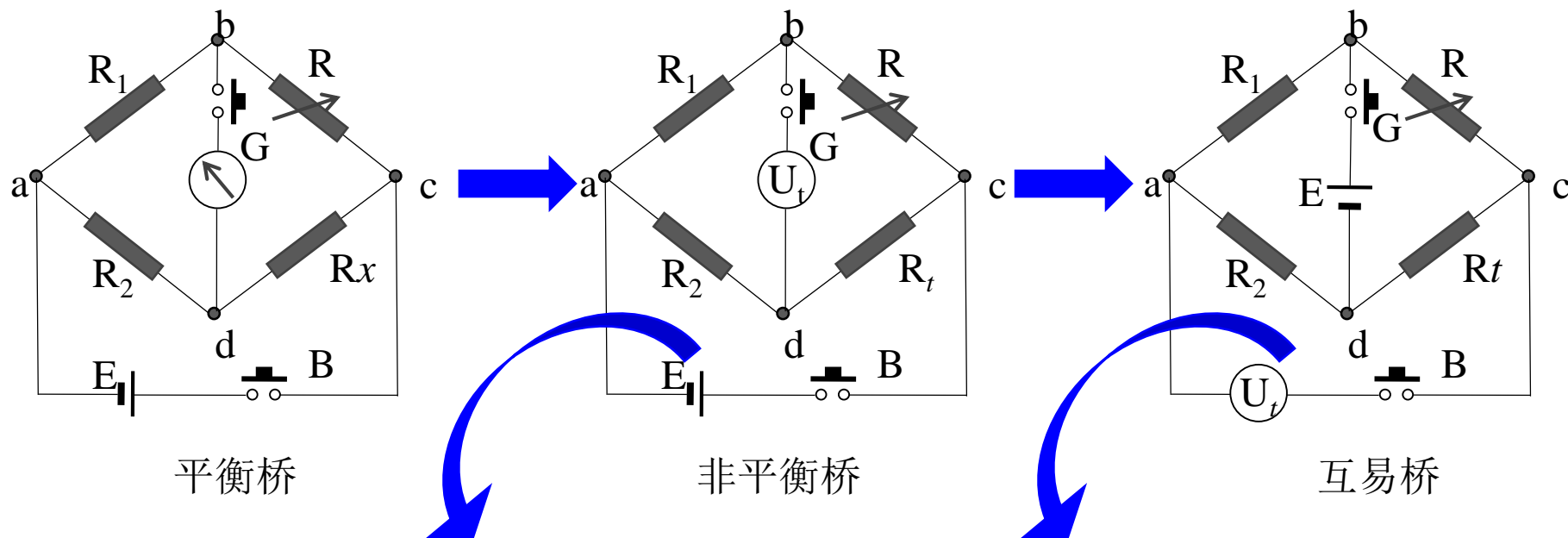
课后作图求 α 和 R_0

3、 组装数字温度计

目标： $U_t = \frac{1}{10} t(mV)$

$$t = 0^{\circ}C \Rightarrow U_t = 0mV \Rightarrow R = \frac{R_0}{C}$$

利用Cu电阻温度特性设计组装数字温度计



$$U_t = E \left(\frac{R_1}{R_1 + R} - \frac{R_2}{R_2 + R_t} \right)$$

$$\left. \begin{array}{l} R_t \sim 10\Omega \text{量级} \\ R \sim \text{k}\Omega \text{量级} \end{array} \right\} C \sim 0.01 \left\{ \begin{array}{l} R_2 \sim \Omega \text{量级} \\ R_1 \text{百}\Omega \text{量级} \end{array} \right.$$

$I_{R_2 R_t} \gg I_{R_1 R}$, ΔU_t 较大, 非线性

$$U_t = E \left(\frac{R_t}{R_t + R} - \frac{R_2}{R_2 + R_1} \right)$$

$$(R_2 + R_1) \approx (R + R_t) \sim \text{k}\Omega \text{量级}$$

$I_{R_2 R_1} \approx I_{R R_t}$, ΔU_t 较小, 接近线性

★设计要求:

$$\begin{cases} U_t = \frac{1}{10}t(mV) \\ \Delta_t < 1^\circ\text{C} \end{cases}$$

★线性化:

$$\left. \begin{aligned} U_t &= E \left(\frac{R_t}{R_t + R} - \frac{R_2}{R_2 + R_1} \right) \\ R_t &= R_0 (1 + \alpha_R t) \end{aligned} \right\} \rightarrow \begin{cases} U_t = \frac{EC\alpha_R}{(1+C)^2} \cdot t + \Delta U \\ \Delta U = -E \frac{(C\alpha_R)^2}{(1+C)^3} \cdot t^2 \approx 0 \end{cases}$$

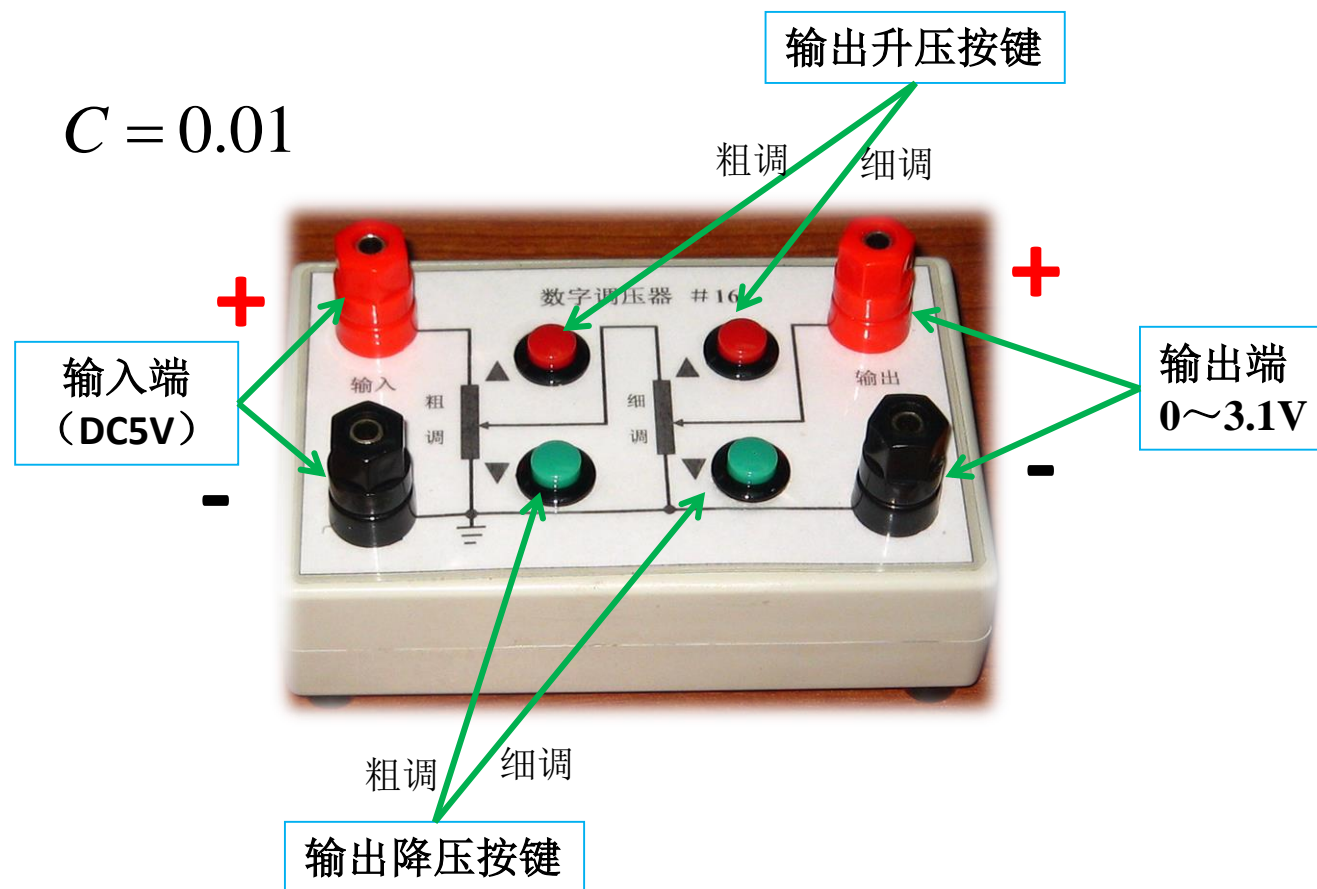
★确定参数:

$$\begin{cases} C = 0.01 \\ \frac{EC\alpha_R}{(1+C)^2} = \frac{1}{10} \Rightarrow E = \frac{(1+C)^2}{10C\alpha_R} \\ R = \frac{R_{t=0}}{C} \end{cases}$$

3、 组装数字温度计

• 要求: $U_t = \frac{1}{10} t(mV)$

• 所以: $E = \frac{(1+C)^2}{10C\alpha_R}$, $R = \frac{R_0}{C}$, $C = 0.01$



4 *双电桥测低电阻（可测一次）

R_x 小时，引线电阻、端点接触电阻影响测量结果。

四端接法
增加一对高阻

$$\Rightarrow R_x = \frac{R_2}{R_1} R$$

测 Ω 以下 $\rightarrow 10^{-4} \Omega$ 阻值

实验完毕注意关闭放大器电源



QJ-44型双桥

实验内容及要求

1. 测不同量级的定值电阻（标称值：120、1k、11k、360k、**200Ω**）及其对应的桥路灵敏阈 Δ_S ，正确计算测量结果 $R=R\pm\Delta_R$ 。

——注意C值选择（确保4位有效读数），R初值设定，B、G按键操作， $\Delta d < 5$ 格！

2. 测量铜线电阻温度系数 α_R 和 R_0 （室温 $\sim 80^\circ\text{C}$ ，温度间隔 Δt 约 $5\sim 8^\circ\text{C}$ ，当堂上机拟合求 α_R 及 R_0 ，**课后用作图法重新处理数据求 α_R 及 R_0** 并与上机拟合结果比较）

——注意温度的控制，确保温度稳定后再读取数据！

3. 设计组装数字温度计

(1) 设计组装：画出电路原理图，选择计算电路工作参数 $C=0.01$ 及R和E（数字调压器提供），温度显示用200mV数字表，连线构建电路；

(2) 实验校验 $U_t \sim t$ 关系：温度间隔 $4\sim 5^\circ\text{C}$ ，检验5~6个点（要求温度差值不超过 1.0°C ），并进行直线拟合写出 $U_t \sim t$ 关系表达式（截距约为0，斜率为0.1），计算 $U_t=5.0\text{mV}$ 时的温度。

——注意将内接检流计用短路片短接

*4. 用双电桥测低阻 $R\pm\Delta R$ （外接电源1.5V，实验完毕注意关闭放大器电源）

*5. 课后用泰勒展开分析 $\Delta U=?$ 怎样减少 ΔU ？总结数字温度计的设计思想，总结电桥法特点。

注意事项

1. 直流电源5V输出供单桥或数字调压器，1.5V输出供双桥；禁止数字调压器的输入、输出端接交换，或输入端正负极性反接。

2. 温度表($^{\circ}\text{C}$)/电压表(200mV)通过拨动开关进行切换，互易桥输入电压利用万用表测量。

3. 加热杯中的水量到750ml左右即可；

4. 注意加热/搅拌控制箱上的警示牌：



注意高温

(i) 仔细、安全操作，防止烫伤、烧伤；

(ii) 打开电源之前，先将加热功率调节和搅拌调节旋钮按逆时针方向旋转到底，通电后按顺时针缓慢调节，开始搅拌或加热；

(iii) 中间换水或实验完毕，请先将加热电流降到零并关闭电源，然后从水中取出盖板（连同加热器及被测铜线圈）放入备用烧杯中，严禁加热器干烧。

注意事项

- 1.每个实验桌上左边是霍尔效应实验仪器，右边是电桥实验仪器，除万用表共用外，导线不通用，是各自分开的，请不要乱拉混用。
- 2.电桥实验每套仪器配有10根导线，足够使用。如果导线有问题，可以用21或22号实验桌上电桥实验所配的导线，但不要拿其他实验桌（1—20号）上的导线。
- 3.在使用完惠斯顿电桥以后，请将短路片接在“内接”位置，以保护检流计。
- 4.双臂电桥在使用完以后，请关闭放大器电源。
- 5.实验结束，整理还原桌面仪器及用品。

要求:实验报告**1周之内**交到**J08**报告柜内。

**预祝同学们
实验顺利！**

Thank you!