

热敏电阻温度特性

实验目的

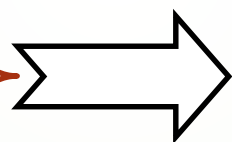
1. 掌握惠斯通电桥的原理和使用方法
2. 了解热敏电阻的电阻-温度特性、测温原理
3. 学会用Excel作图和计算相关参数

背景知识

非电学量 → 传感器 → 电学量

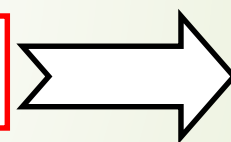
传感器是将被测量的非电学量转换成电学量的装置。它一般包括敏感元件、转换元件和转换电路。

角度
位移
速度
压力
温度
湿度
声强
光照



传感器

敏感元件
转换元件
转换电路



电压
电流
电阻
电容

实验原理

1. 热敏电阻的电阻-温度特性

$$R_T = Ae^{B/T}$$

A, B是与半导体材料有关的常数, T为绝对温度,

电阻温度系数为:

$$\alpha = \frac{1}{R_T} \frac{dR}{dT}$$

R_T 是在温度为T时的电阻值

负温度系数热敏电阻
在温度越高时电阻值
越低

对 $R_T = Ae^{B/T}$ 线性化，对等式两边同时取自然对数，
可得：

$$\ln R_T = \ln A + B \frac{1}{T}$$



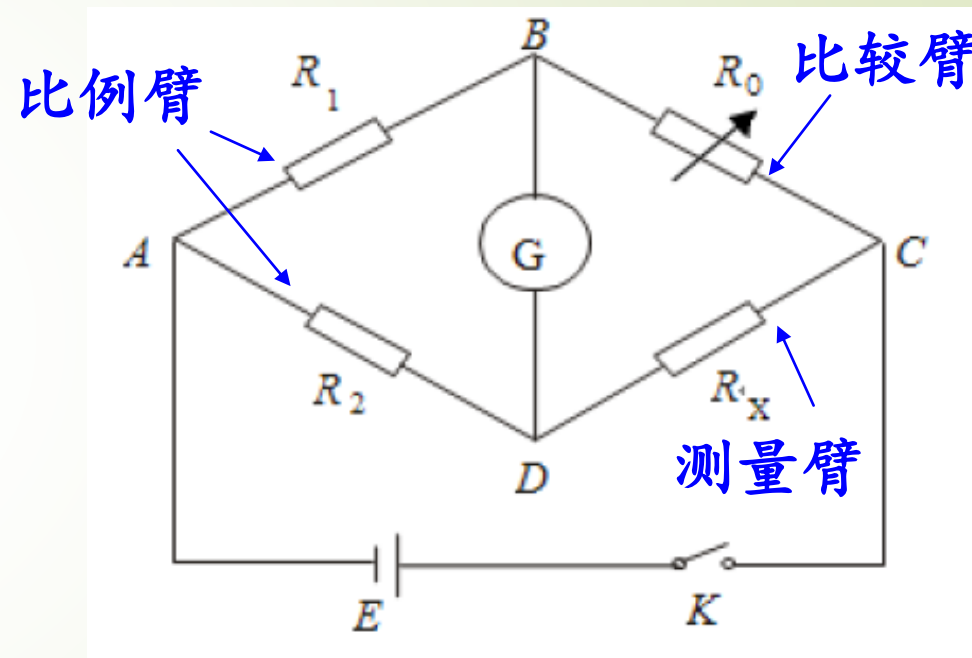
$$Y = a + bX$$

式中 $Y = \ln R_T, a = \ln A, b = B, X = 1/T$ ，改变被测样品的温度，分别测出不同的温度 T 以及对应的 R_T 值，测量多组数据，可用图解法、计算法或最小二乘法求出 a 、 b 值进而可求得材料常数和温度系数。

2. 惠斯通电桥的工作原理

直流单臂电桥由四个电阻 R_1 、 R_2 、 R_0 、 R_x 连接构成“四边形”的闭合回路，这四个电阻称为电桥的四个“臂”。在这个四边形回路的一条对角线的顶点A、C接入直流工作电源，另一对角线的顶点B、D接入检流计，这个支路一般称做“桥”。

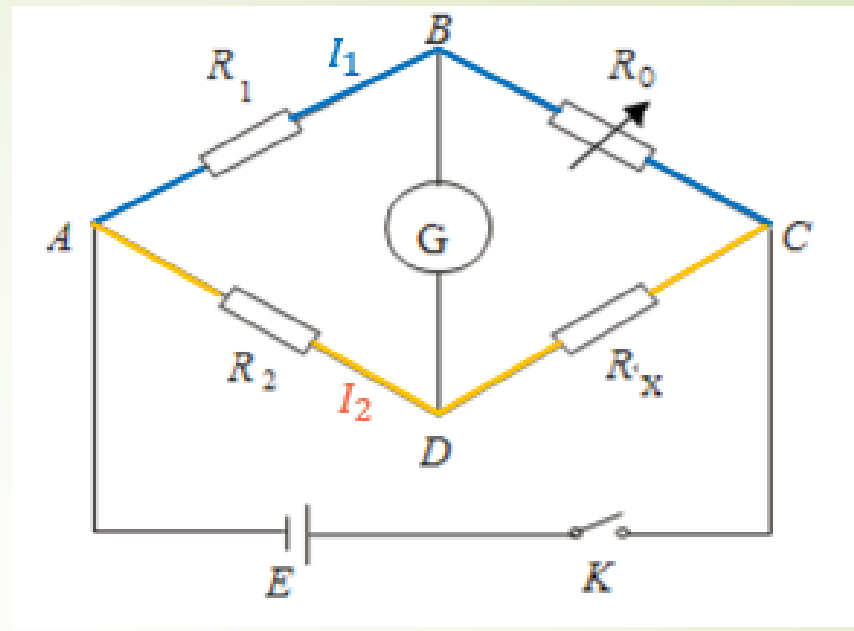
适当调节 R_0 的值，可以使B、D两点电位相等，检流计中无电流流过，这时称电桥达到了平衡。



单臂电桥工作原理图

当B、D电位相等时，检流计G无电流流过
($I_g = 0$)，各电阻间有如下关系：

$$\frac{R_x}{R_0} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{I_1}{I_2}$$



令 $C = \frac{R_2}{R_1}$ 则有 $R_x = \frac{R_2}{R_1} R_0 = CR_0$ (1)

C 称为比例臂倍率，若 R_0 的阻值和倍率 C 已知，即可由(1)式求出 R_x 。

电桥灵敏度

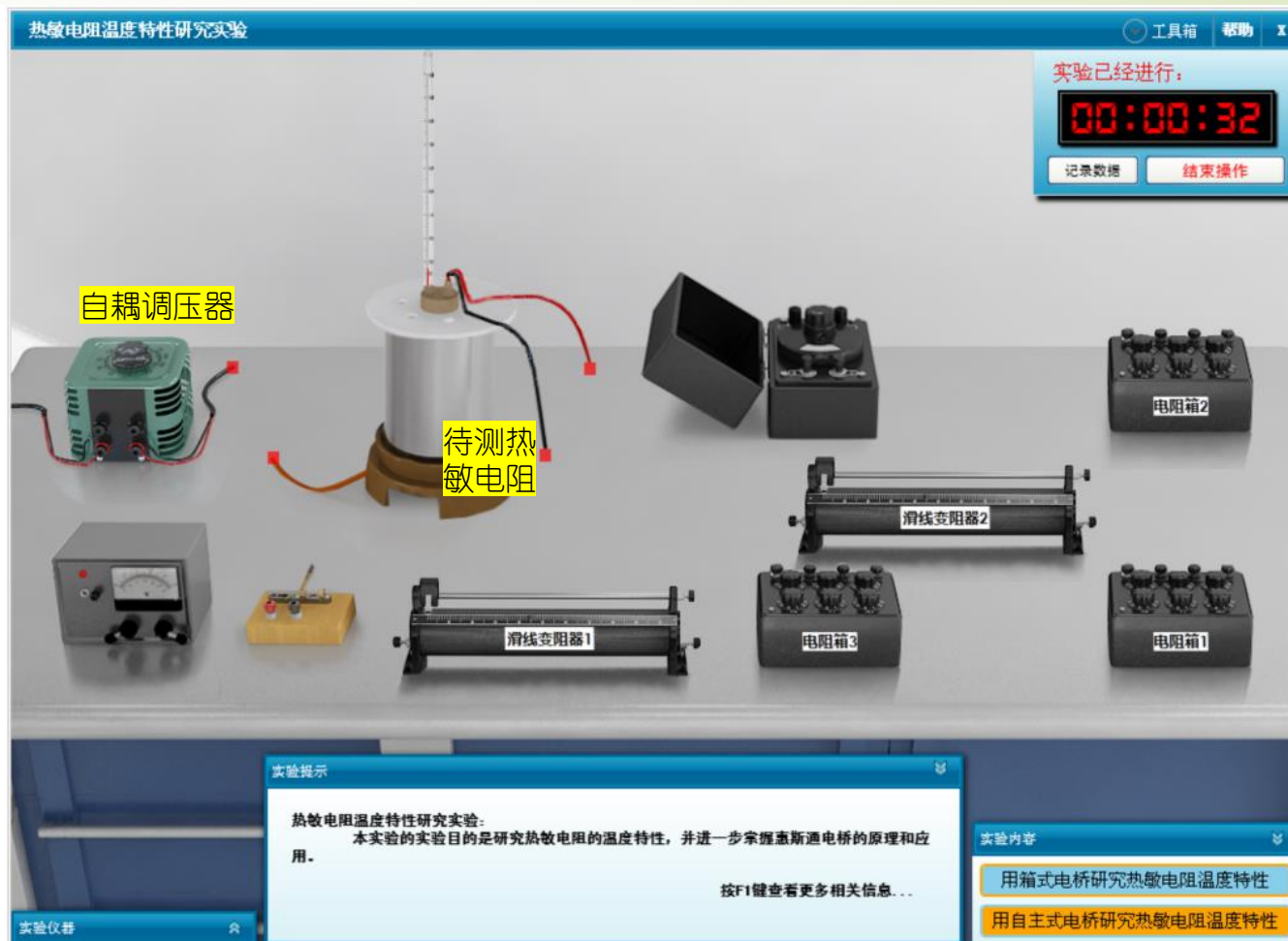
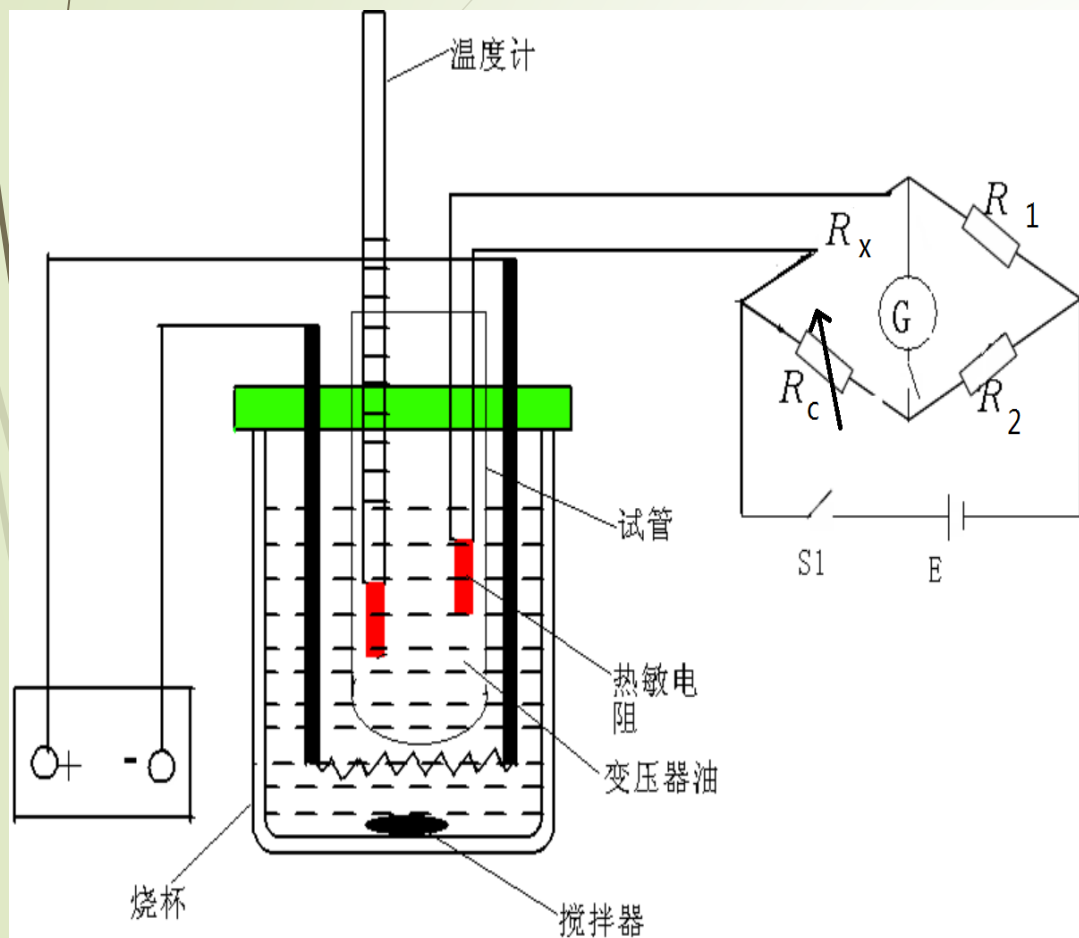
$$S = \frac{\Delta n_0}{\Delta R_0 / R_0}$$

ΔR_0 指的是在电桥平衡后 R_0 的微小改变量，

此时检流计指针偏转 Δn_0 越大， S 越大，说明电桥灵敏度越高。

实验仪器

自耦调压器、待测热敏电阻和温度计、电压源、滑线变阻器（2个）、四线电阻箱（3个）、检流计、单刀开关





调零旋钮：进行检流计调零工作时用到，给检流计调零。

档位旋钮：打到红点所在位置，检流计处于短路状态；打到白点位置检流计处于直接状态，也就是工作状态。

短路按钮：短路按钮按下，检流计处于短路状态。

电计按钮：电计按钮按下，检流计处于工作状态。（鼠标左键点击为试触功能，右键点击才能固定接通）

实验完毕后，为了保护检流计，请松开“电计”和“短路”按钮，并将档位旋钮打到“红点”位置。

实验内容

用自组式电桥研究热敏电阻温度特性

1. 正确连接电路：

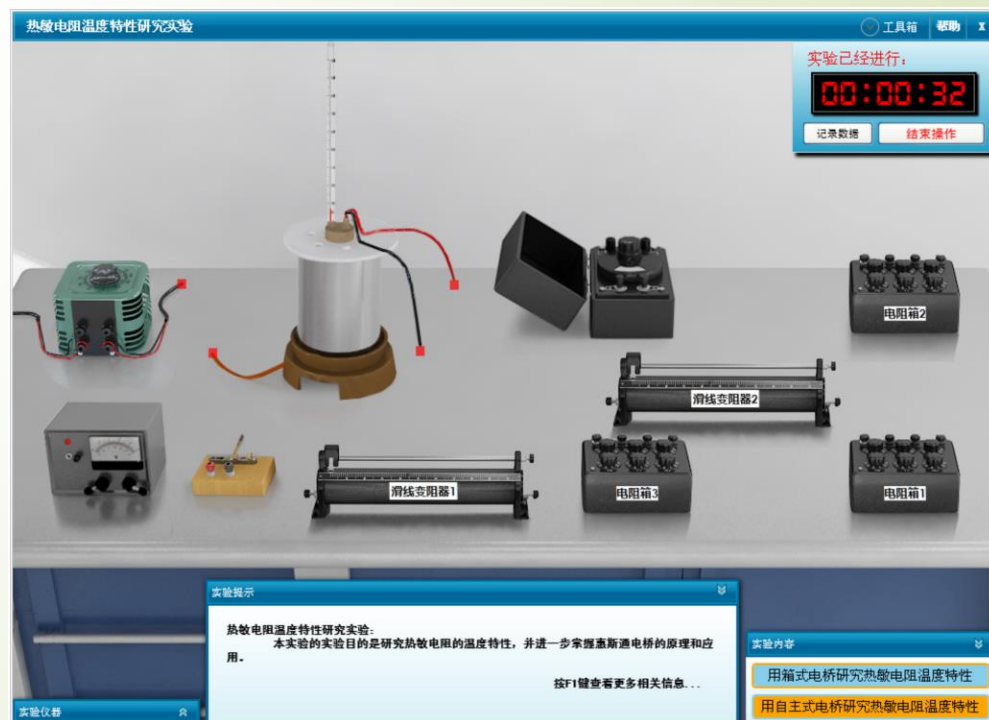
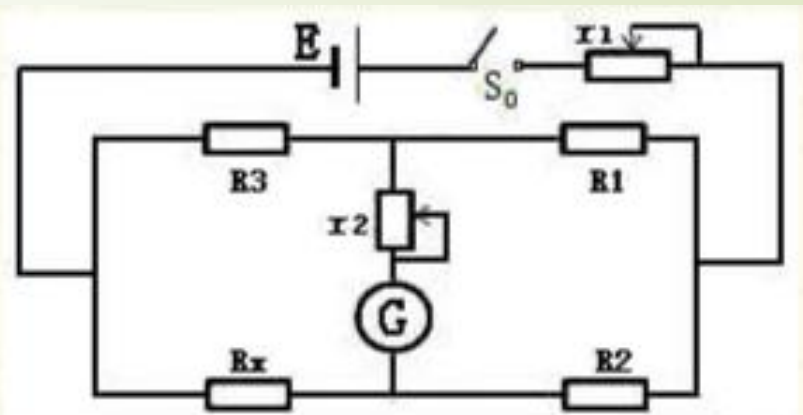
先连接电源-- R_3 -- R_1 -- r_1 -- S_0 ,

再连接电源-- R_x -- R_2 -- r_1 ,

最后接入检流计和 r_2 。点击“连线”模块下的“确定状态”，保存连线状态；

线路连接好以后，检流计调零（此时检流计开关按钮G处于弹起状态）。

- 注意：**
1. 本内容于常温下测量，不需要加温，即不需要连接自耦调压器；
 2. 电源电压取7.5V左右，电压太低会导致电桥灵敏度太低。



2. 测量并计算出电桥的灵敏度

①将滑动变阻器的压片置于中间位置；设定电阻箱 R_1 和 R_2 的阻值，若选择比例臂为1，则设置 $R_1=R_2$ ，点击“确定状态按钮”。

②【**注意：**常温（平台给出初始温度 20°C 左右，随机）时，该热敏电阻参考阻值为5000欧姆左右（随机），注意设置好电桥的初始状态。】

调节电阻臂 R_3 ，使电桥平衡，记录下电桥平衡时 R_3 的电阻值（即下表中的 R_0 ）。微调 R_3 的电阻值，使检流计指针作小幅度偏转（例：左偏1.0格、右偏1.0格）。记下改变的电阻值 ΔR_0 和检流计的偏转格数 Δn ，填入表格。

③重复测量三次，把数据填入表格。

内容	1	2	3
电阻臂 $R_0(\Omega)$			
变化量 $\Delta R_0(\Omega)$			
偏转格数 Δn	1.0	1.0	1.5
电桥灵敏度			

数据处理

1. 计算电桥的灵敏度，并把计算结果填入表格，最后计算出室温时当前比例臂下电桥灵敏度的平均值。

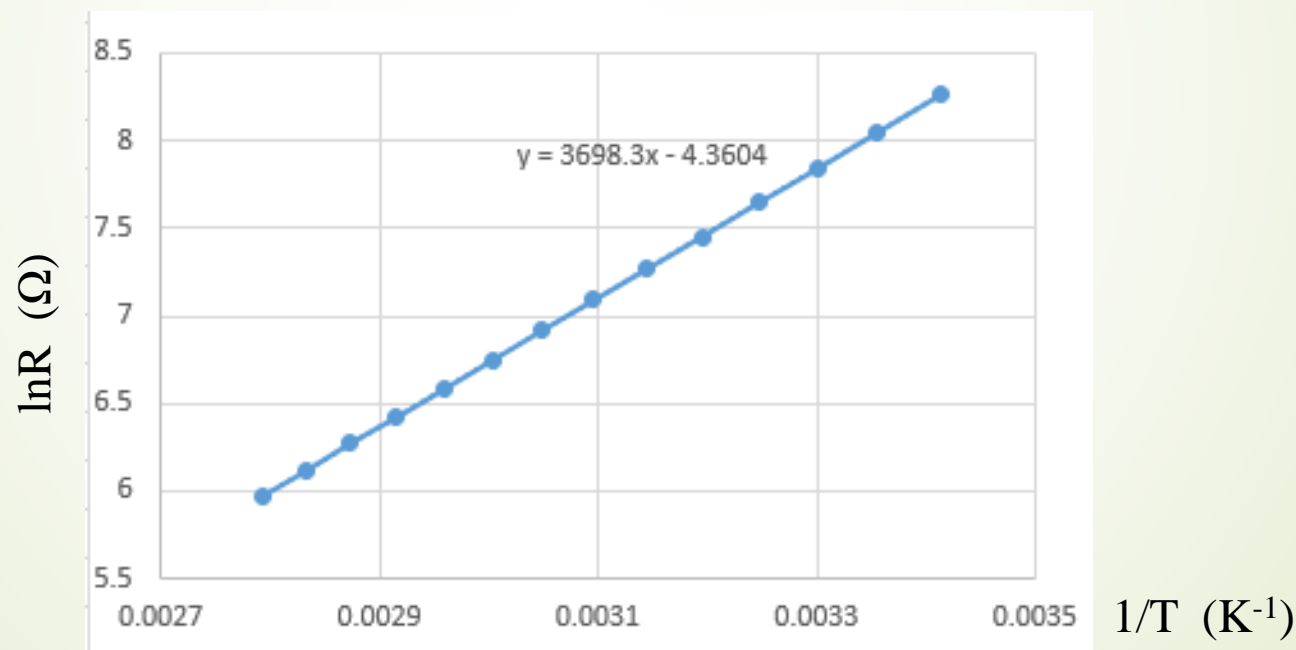
室温： ____ °C

$$s = \frac{\Delta n}{\Delta R_0 / R_0}$$

2. 热敏电阻温度特性，根据 $\ln R_t \sim (1/T)$ 曲线，确定 T 趋于无穷大时热敏电阻的阻值 R 。计算热敏电阻的材料常数 B 。

注意

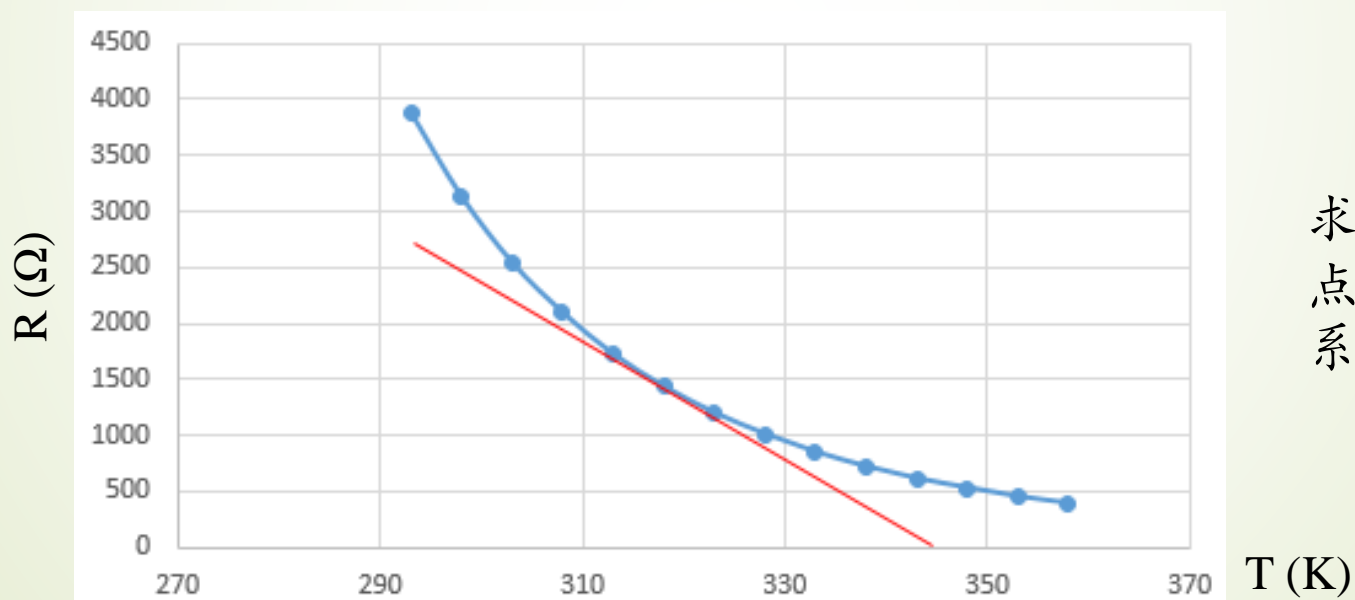
此处 T 为开尔文温度 $T=273+t$



$\ln R_t \sim (1/T)$ 曲线

3. 根据 $R_t \sim T$ 曲线，求出50 °C(323K)时曲线的斜率 dR/dt ，然后代入公式中计算温度系数 α 。

$$\alpha = \frac{1}{R_t} \frac{dR}{dT}$$



求出 $T=323\text{ K}$ 时曲线上点的斜率，代入温度系数公式求出 α

R-T曲线

截图要求

1. 内容一：截图一张，含主电路、三个电阻箱视窗、温度计视窗、检流计视窗、数据表格（**测量值填写完整**，仪器上的数据和表格中第三次的测量结果相符）。

实验已经进行: 00:02:11

记录数据 结束操作

电阻箱1 电阻箱2 电阻箱3

滑线变阻器1 滑线变阻器2

温度计

电阻箱1 电阻箱2 电阻箱3

直流电桥的灵敏度 $S =$ _____

(5) 记录数据。

连线
将电路连接好，然后点击按钮保存连线状态
完成操作请点击按钮确认 确定状态

测量并计算出电桥的灵敏度。
选择合适的比例臂，调节并设定电阻箱R1、R2、电压源和滑动变阻器的阻值，调节电桥平衡，然后点击保存选定的比例臂，在这个环境下测量电桥的灵敏度。
完成操作请点击按钮确认 确定状态

确定测量灵敏度的环境以后，调节电阻箱R3使电桥平衡，记下电桥平衡时电阻R3的电阻值（既下面列表中的R0），然后在小范围内改变电阻箱R3的电阻值，记下电阻箱相对平衡位置改变的值，即 ΔR_0 ，和检流计指针相对平衡位置偏转的格数，即 Δn_0 ，测量三次，记录实验数据：

内容	1	2	3
电阻臂R0(Ω)			
变化量 $\Delta R_0(\Omega)$			
偏转格数 Δn_0			
电桥灵敏度			

2. 内容二：截图两张，含主电路、电阻箱3视窗、温度计视窗、检流计视窗、数据表格。

要求：第一张截升温至85℃的测量结果（含所有已测数据），第二张截降温终点20℃的测量结果（含所有已测数据）。

