

全国中学生物理竞赛复赛实验  
考查

## 全国中学生物理竞赛复赛实验考查

### 实验三：测定金属的杨氏模量

#### 一、实验目的

1. 掌握用拉伸法测定金属丝的杨氏模量；
2. 学会用光杠杆测量长度的微小变化；
3. 学会用逐差法处理数据。

#### 二、实验仪器

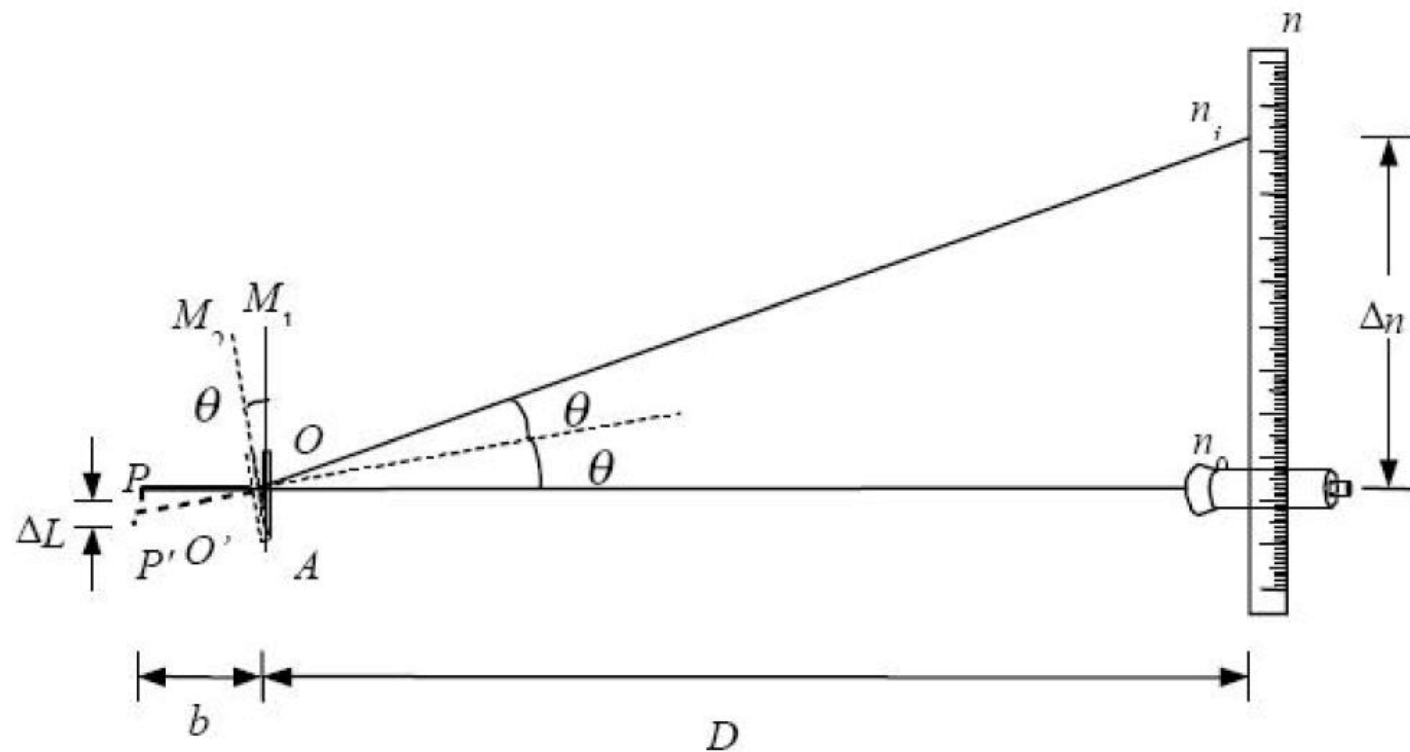
杨氏模量测量仪、光杠杆、镜尺组、钢卷尺、螺旋测微计、钢直尺、砝码

#### 三、实验原理

胡克定律指出，在弹性限度内，弹性体的应力和应变成正比。设有一根长为  $L$ ，横截面积为  $S$  的钢丝，在外力  $F$  作用下伸长了  $\Delta L$ ，则  $\frac{F}{S} = E \frac{\Delta L}{L}$  ；

式中的比例系数  $E$  称为杨氏模量，单位为  $\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$ 。设实验中所用钢丝直径为  $d$ ，则  $S = \frac{1}{4} \pi d^2$ ，

将此公式代入上式整理以后得  $E = \frac{4FL}{\pi d^2 \Delta L}$



如上图所示：

$$\tan \theta = \frac{\Delta L}{b}, \tan 2\theta = \frac{\Delta n}{D} \quad , \quad \text{因为 } \theta \rightarrow 0, \text{ 所以 } \tan \theta \approx \theta, \tan 2\theta \approx 2\theta$$

$$\text{即：} \quad \frac{2\Delta L}{b} = \frac{\Delta n}{D}, \text{ 所以：} \quad \Delta L = \frac{b\Delta n}{2D}$$

补充：统计误差（精度）；系统误差（准确度）：测量值与真实值距离

### 实验六：测量空气中的声速

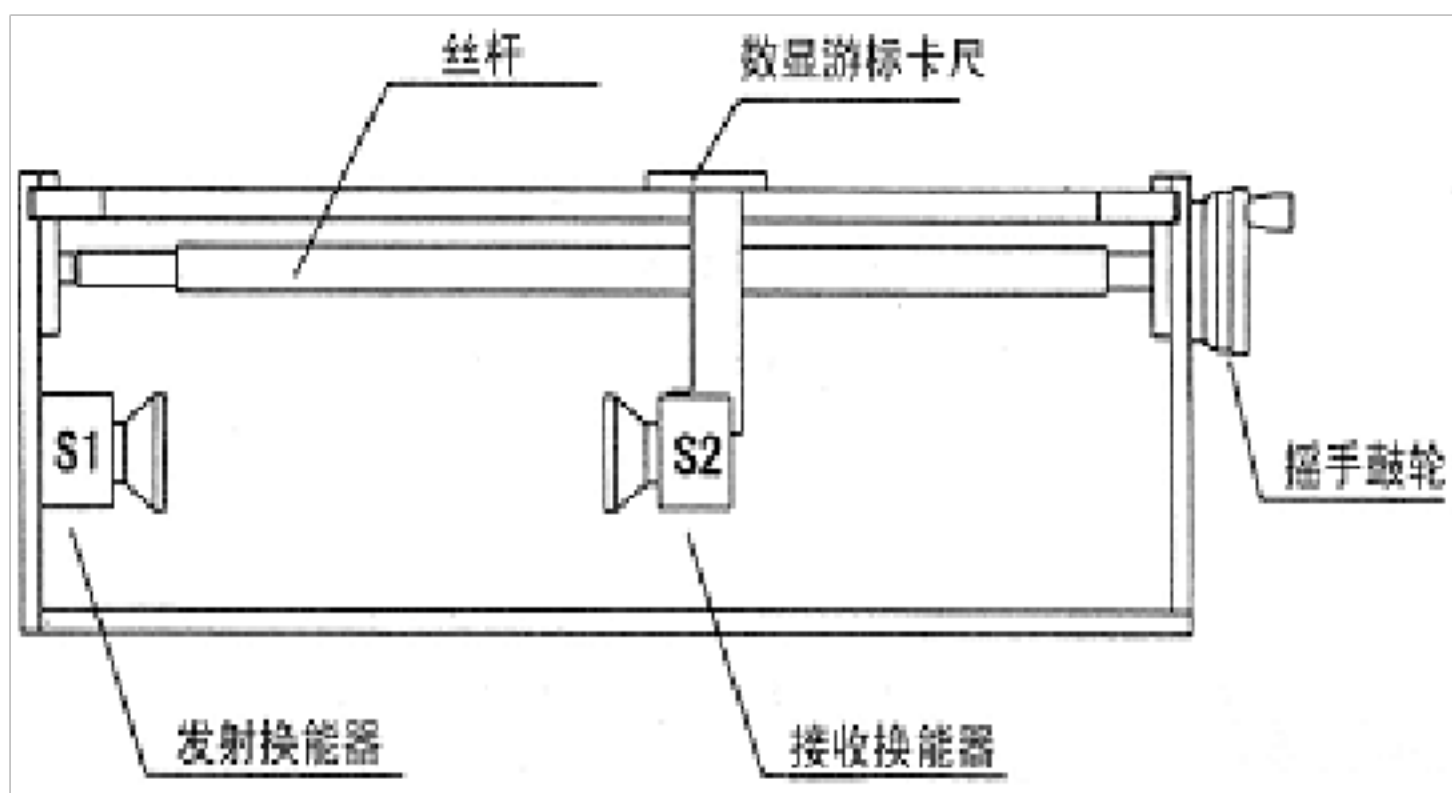
#### 一、实验目的：

- 1、了解超声压电换能器的结构和原理，进一步掌握信号源和示波器的使用；
- 2、加深对驻波及波的振动合成理论的理解；
- 3、学习用驻波法和相位比较法测试超声波在空气中的传播速度。

#### 二、实验仪器：



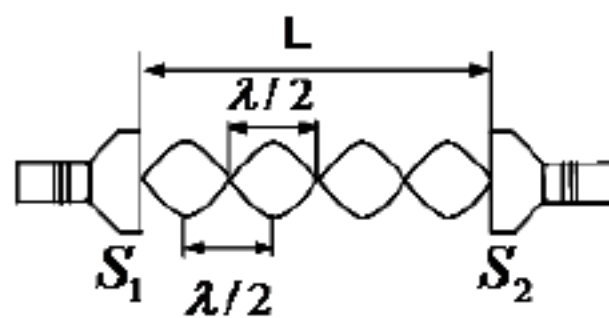
THSS-1 型声速测试仪，低频信号发生器（带频率显示），示波器。



三、实验原理： $v = \lambda f$

1. 驻波法（共振干涉法）测波速

当换能器  $S_1$  与  $S_2$  的表面平行时，由换能器  $S_1$  的震动产生的超声波在  $S_1$ 、 $S_2$  两表面之间形成驻波，如图所示。两相邻波



节（或波腹）之间的距离是  $\frac{\lambda}{2}$ 。由波动理论知，

波腹处声压最大，转换后的电压信号也最强，在示波器上观察到的信号振幅达到极大。移动  $S_2$  可在示波器上看到信号振幅由大到小呈周期性变化。因此，只要测出两相邻极大值时  $S_2$  的位置值，就可测出声波的波长。即：

$$L = |L_{n+1} - L_n| = \frac{\lambda}{2}$$

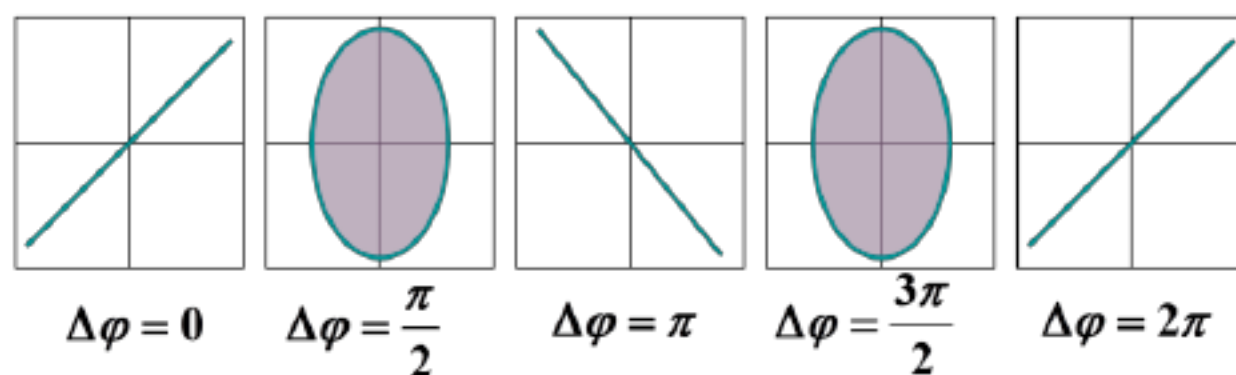
$$\lambda = 2L$$

## 2. 相位比较法测波速

声波从声源经过传输媒质到达接收器，在发射波和接收波之间产生相位差，此相位差和角频率  $\omega$ 、传播时间  $t$ 、声速  $v$ 、距离  $L$ 、波长  $\lambda$  之间有下列关系：

$$t = \frac{L}{v} = \frac{2L}{\lambda f}, \quad L = |L_{n1} - L_n|, \quad L$$

$S_1$  接 X 通道,  $S_2$  接 Y 通道, 移动  $S_2$ , 得到如下李萨如图形：



结论：每次出现重复图形  $S_2$  移动的距离为  $\lambda$

## 四、实验内容及步骤

### 一、驻波法（也称共振干涉法）

1. 首先将信号源输出端与换能器发射头  $S_1$  连接，再将换能器接收头  $S_2$  与示波器 CH1 通道连接。

2. 然后移动  $S_2$ ，使  $S_1$  与  $S_2$  的间距大于 3cm。分别打开示波器和信号源电源开关

3. 各仪器都正常工作以后，调整信号频率，对示波器的扫描时基 TIME/DIV 进行调节，使在示波器上获得稳定的正弦波。

4. 微微改变  $S_2$  的位置，使正弦波振幅达最大；调信号源“频率调节”钮，使正弦波振幅达到极大，此频率即是压电换能器的谐振频率。本系统参考谐振频率在 37kHz 左右。一旦频率选定，实验测量中不再改变。

5. 缓慢移动  $S_2$ ，使其与  $S_1$  的间距逐渐增大，荧光屏显示正弦波振幅由大到小呈周期性变化。记录每一次振幅达极大值时  $S_2$  的位置读数，连续测 10 个。

二、相位比较法（也称利萨如图形法、行波法）

1. 保持驻波法测量状态不变，另将信号源输出端与示波器 CH2 通道连接，分别调节 CH1、CH2 通道偏转因数，使荧光屏上显示幅度相同的两列正弦波。

2. 把示波器扫描时基 TIME/DIV 选为 X-Y 模式，观察李萨如图形。

3. 微微改变  $S_2$  的位置，使荧光屏上出现斜率为正的斜直线，记录  $S_2$  的位置读数值。

4. 缓慢移动  $S_2$ ，使其与  $S_1$  的间距逐渐增大（或减小），荧光屏显示李萨如图形由直线到椭圆呈周期性变化。记录每一次图形为正斜率的斜直线时， $S_2$  的位置读数，连续测 10 次。

## 实验七：弦振动的研究及波的传播速度测量

### 一、实验目的

1、观测在弦线上形成的驻波，并用实验确定弦振动时，驻波波长与张力的关系，驻波波长与振动频率的关系，以及驻波波长与弦线密度的关系。

2、掌握驻波原理测量横波波长的方法。

### 二、实验内容

1、观察在弦上形成的驻波，并用实验确定弦线振动时驻波波长与张力的关系；

2、在弦线张力不变时，用实验确定弦线振动时驻波波长与振动频率的关系；

3、学习对数作图或最小二乘法进行数据处理。

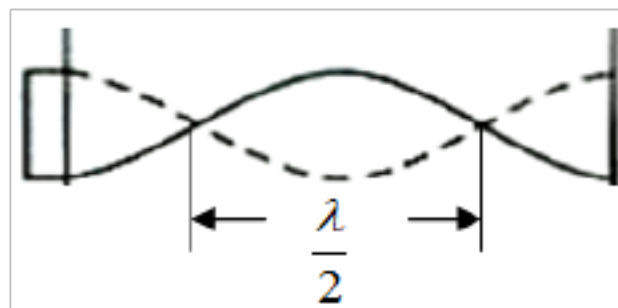
### 三、实验原理：

若波源的振动频率为  $f$ ，横波波长为  $\lambda$ ，由于  $v = \lambda f$ ， $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ ，故波长与张力及线密度之间的关系

为： $\lambda = \frac{1}{f} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ （ $\mu$  为线密度）

为了用实验证明上式成立，将该式两边取对数，得：

$$\log \lambda = \frac{1}{2} \log T - \frac{1}{2} \log \mu - \log f$$





#### 四、波长的测量：

弦线上的波长可利用驻波原理测量：

当两个振幅和频率相同的相干波在同一直线上相向传播时，其所叠加而成的波称为驻波，一维驻波是波干涉中的一种特殊情形。在弦线上出现许多静止点，称为驻波的波节。相邻两波节间的距离为半个波长。

当波源振动时，即在弦线上形成向右传播的横波；当波传播到可动刀口支架与弦线相切点时，由于弦线在该点受到可动刀口支架阻挡而不能振动，当振动端簧片与可动刀口支架的弦线切点的长度 $L$ 等于半波长的整数倍时，即可得到振幅较大而稳定的驻波，振动簧片与弦线固定点为近似波节，弦线与动滑轮相切点为波节。它们的间距为 $L$ ，则

$$L = n \frac{\lambda}{2}$$

其中 $n$ 为任意正整数。利用上式，即可测量弦上横波波长。实验可将振动片到可动刀口支架相切点距离 $L$ 。

#### 五、实验时须注意的问题：

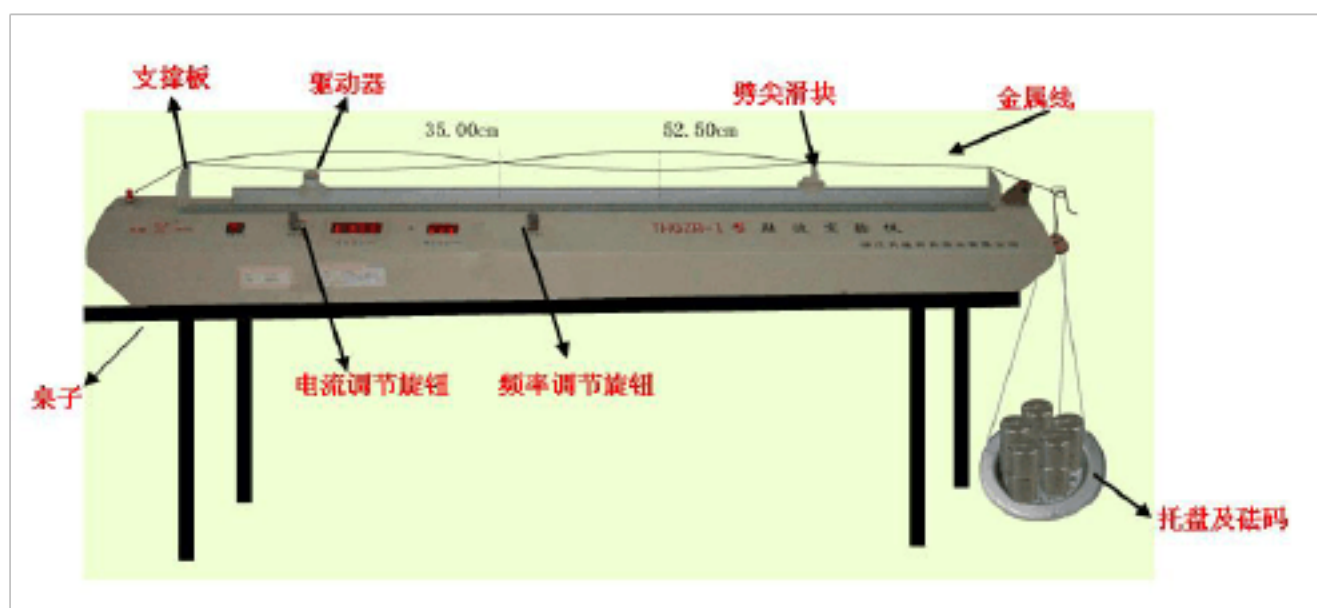
1、须在弦线上出现振幅较大而稳定的驻波时，再测量驻波波长。

2、张力包括砝码与砝码盘的质量。

3、当实验时，发现波源发生机械共振时，应减小振幅或改变波源频率，便于调节出振幅大且稳定的驻波。

## 六、实验步骤：

驻波实验仪使用电磁驱动金属弦线在磁场中发生振动，调节信号频率和电流大小，可改变振动的频率和波腹幅度。



### 1. 验证横波的波长与弦线中的张力的关系

$$\sqrt{T}$$

若固定频率  $f$  及线密度  $\mu$ ，而改变张力  $T$ （在砝码盘上添加不同质量的砝码，以改变同一弦上的张力。每改变一次张力，均要左右移动劈尖滑块的位置，使弦线出现振幅较大而稳定的驻波），再测量弦长，算出波长  $\lambda$ 。作  $\log \lambda - \log T$  图，求其斜率。若得一直线，计算其斜率值（如为  $\frac{1}{2}$ ），则证

明了  $\sqrt{T}$  的关系成立。

## 2. 验证横波的波长与波源振动频率的关系

$$\frac{1}{f}$$

在砝码盘上放上一定质量的砝码，以固定弦线上所受的张力  $T$ ，改变波源振动的频率  $f$ ，用驻波法测量各相应的波长，作  $\log \lambda - \log f$  图，求其斜率。如得一斜率为 -1 的直线就验证了  $\frac{1}{f}$ 。

## 七、实验数据记录：

弦长 /cm	共振 频率 /Hz	波节 位置 /cm	波长 /cm	波速 v	线密 度 $\mu$	磁铁 位置 /cm
100	25	0	200			50
	50	50	100			25
	75	33.3				16.67
	100					

### 实验八：混合量热法测定冰的熔解热

**熔解热概念：**一定压强下晶体开始熔解时的温度，称为该晶体在此压强下的熔点。1 克质量的某种晶体熔解成同温度的液体所吸收的热量，叫做该晶体的熔解潜热，亦称熔解热。实验涉及热

## 平衡方程的使用。

### 一、实验原理

$$Q_{\text{吸}} = ML + Mc_0(T_2 - T_0) \quad (L \text{ 是冰的溶解热})$$

$$Q_{\text{放}} = [c_0 m_0 + c_{\text{铝}}(m_1 + m_2) + c_m V] [T_1 - T_2] \quad (0.46)$$

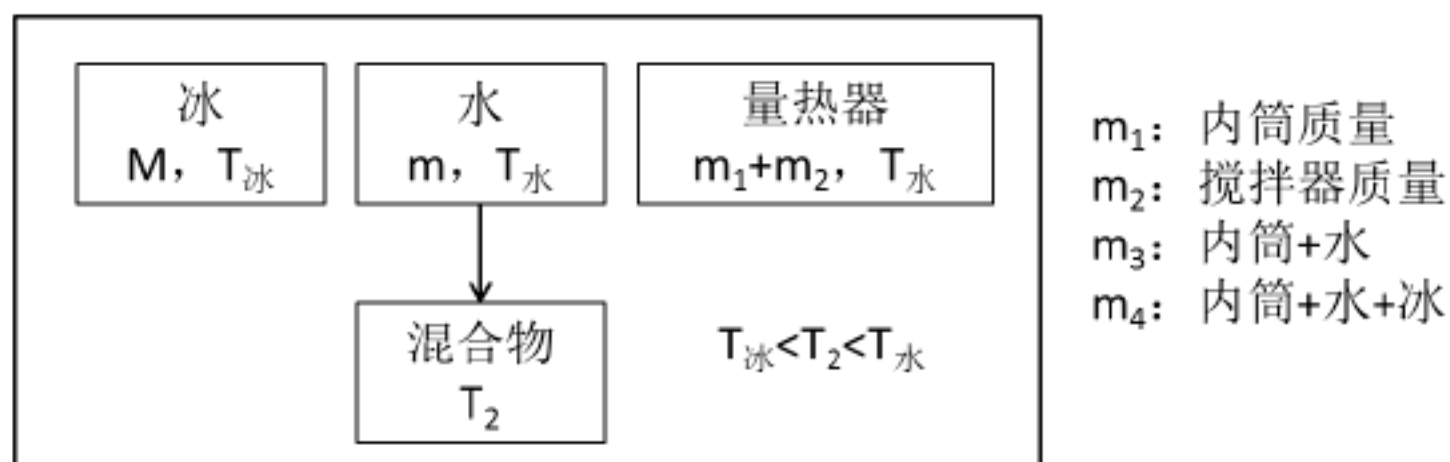
$$Q_{\text{吸}} = Q_{\text{放}}$$

$T_2$  ( $T_2 > 0$ )， $c_0$  为水的比热容等于  $1.00 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ，量热器内筒和搅拌器的材质通常都是铜，且  $c_1 = c_2 = 0.092 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ ，可取为  $0.46 V \text{ cal/}^\circ\text{C}$  ( $V$  是温度计浸入水中部分的体积)

### 二、实验仪器

量热器、保温瓶、冰块、热水、物理天平、水银温度计、停表、量筒、烧杯、干毛巾

### 三、测量要点



1、从投冰前 5、6 分钟开始测水温，每 60 s 测一次。

2、在投冰快速冷却过程中，每 30 s 测一次注意，且注意记录：

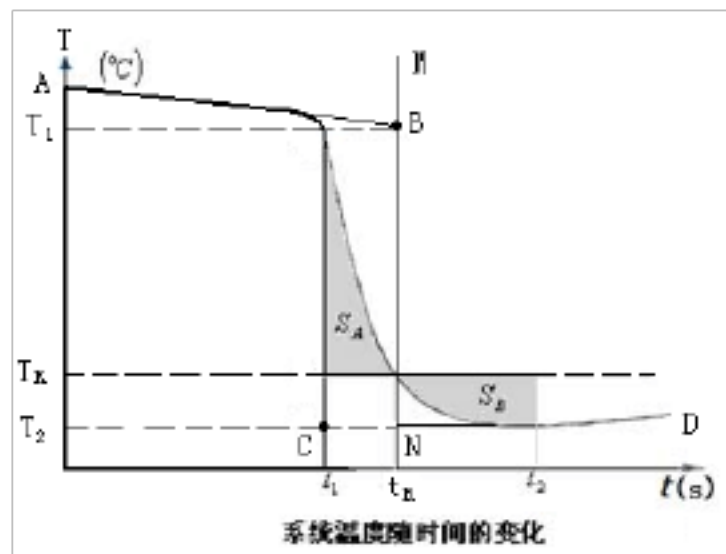
- (1) 投物的时刻与温度；
- (2) 达到室温  $T_R$  的时刻  $t_R$ ；

3、水温达到最低点后继续测 5、6 分钟。

#### 四、数据处理要点

1、作  $T-t$  曲线，力求  $S_A$  与  $S_B$  接近相等，并作 MN、AB 及 CD 线。

2、确定  $T_1$  及  $T_2$ 。



#### 实验十一：数字万用电表的使用

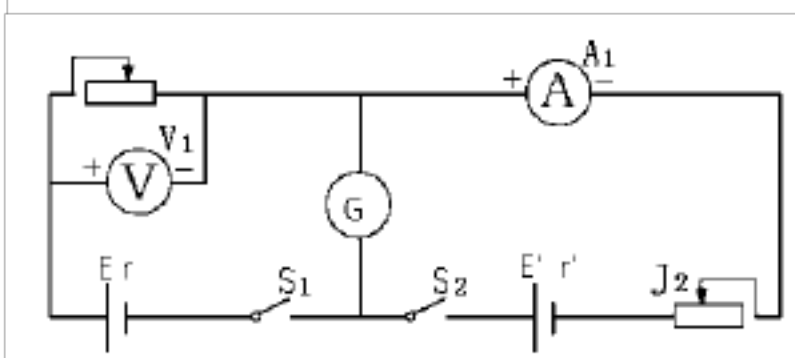
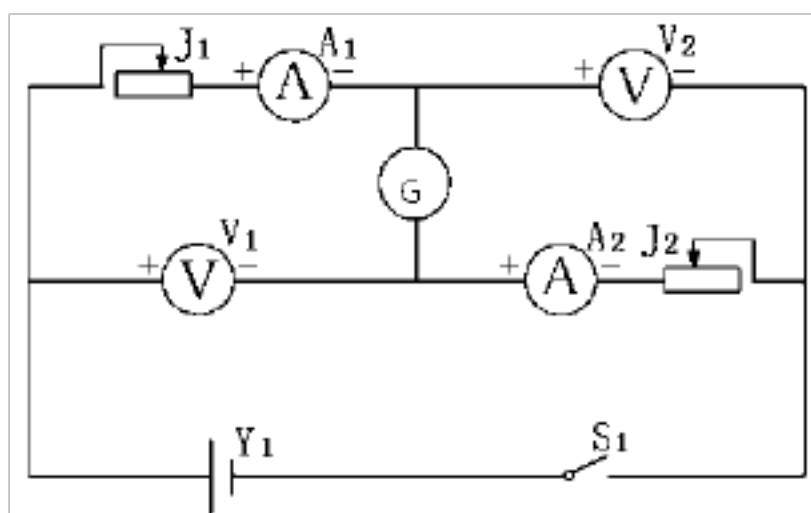
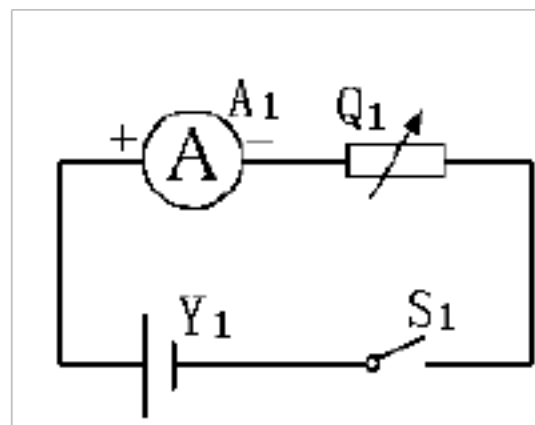
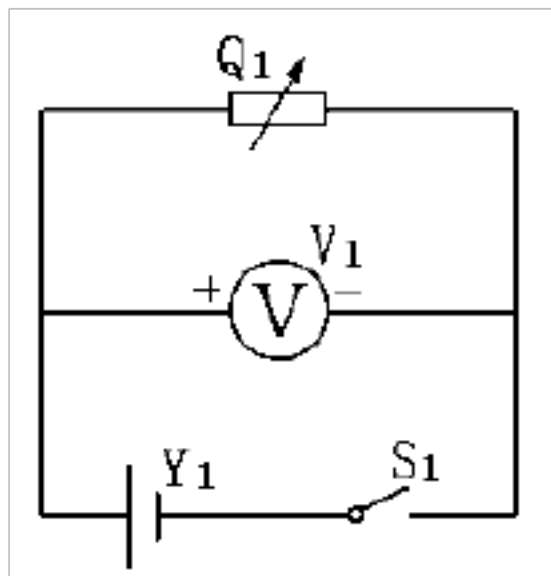
注意事项：

- ①电流档、电阻档不可测电压
- ②数字电表中表盘上的数字全部为量程，机械电表表盘上电阻的数字为倍率
- ③黑笔插入 COM (Common) 接口，即公共参考点 (负极)

红笔：V/Ω/A 档，作为正极

不管是数字表还是机械表都是红进黑出 (进出表)

#### 实验十三：测定直流电源的参数并研究其输出特性



$G=0$  时处于电桥平衡状态

### 实验十七：用惠斯登电桥测电阻

#### 一、实验目的：

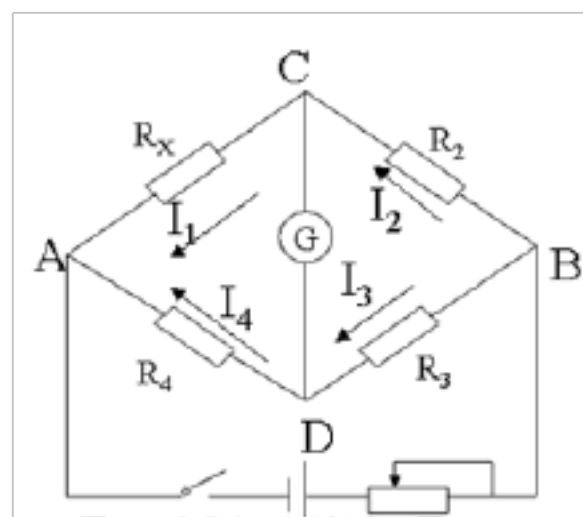
1. 掌握用惠斯登电桥测电阻的原理
2. 学会用惠斯登电桥测电阻
3. 了解电桥灵敏度的概念以及提高电桥灵敏度的几种方法

#### 二、实验仪器：

电阻箱、灵敏电流计、滑线变阻器、待测电阻、直流电源、万用电表、开关与导线等

#### 三、实验原理：

惠斯登电桥又称单臂电桥，它是四个电阻  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  和  $R_4$  联成一个封闭四边形，在四边形的对角 A 和 B 上接入直流电源，对角 C 和 D 之间接入检流计而组成。如图所示。图中四边形的每一条边称为电桥的一个臂，而 CD 这条对角线就是所谓“桥”。“桥”的作用是将 C、D 两点的电位直接进行比较，当 C、D 两点电位相等时，检流计 G 中没有电流通过，即  $I_G=0$ ，电桥便达到了平衡。



此时有， $V_{AC} = V_{CB}$ ， $V_{CB} = V_{DB}$ 。根据欧姆定律有：  
 $I_1 R_1 = I_4 R_4$ ， $I_2 R_2 = I_3 R_3$ 。因为  $I_1 = I_2$ ， $I_3 = I_4$ ，所以有：

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_3} \rightarrow R_x = \frac{R_2 R_4}{R_3} \text{ 或 } R_x = \frac{R_2 R_4}{R_3}$$

通常称  $R_2$ 、 $R_3$  为比例臂，或者  $R_4$ 、 $R_3$  比例臂， $R_2$  为比较臂，而  $R_x$  称为测量臂，所以电桥是由四个臂、检流计、电源三部分组成。

如果采用交换法进行测量，则可消除比例臂的误差，交换法就是在进行下一次测量之后，在比例臂不变动的情况下，将待测电阻与比较电

阻交换位置再进行一次测量，取两次测量结果的几何平均值为待测电阻的准确值。设第一次测量比较丰富臂读数为  $R_4$ ，第二次测量比较丰富臂读数为  $R_4'$ ，则：
$$R_x = \sqrt{R_4 R_4'}$$

当  $R_4 = R_3 = R_x = R_2$  时，灵敏度最好

#### 四、注意事项：

在检流表支路处安装一个开关，操作时点触接通，防止损坏检流表

### 实验十九：用示波器观测电容的充放电特性

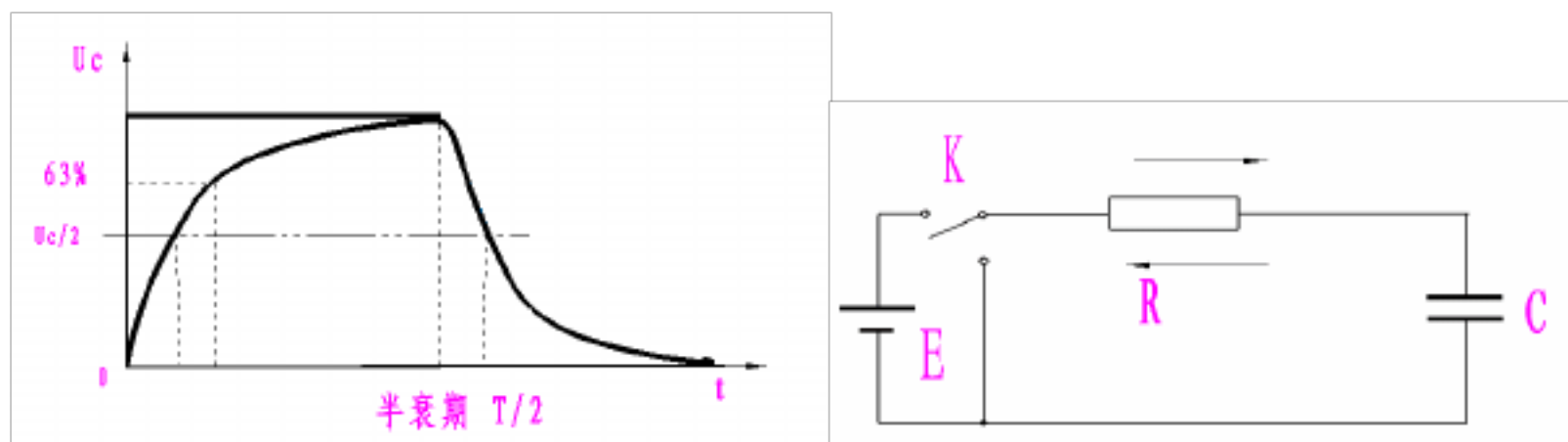
#### 一、实验目的

1. 观察电容器的充与放电现象
2. 通过放电的电压曲线，研究放电时间常数与哪些因素有关，测定电容器的电容量；
3. 进一步熟悉示波器的使用。

#### 二、实验仪器及电路图

双踪示波器一台， 函数发生器一台，标准电阻箱一个，电容器一个





电容器能储存电量，如图 8-1 所示，将电键 S 与 a 接通，电容器充电；将电键 S 与 b 相连接，电容器放电。可以用示波器 CH1 通道并联在电容器两端观察电容器充放电时电压与时间的变化曲线，实际测量中使用信号发生器输出标准方波来代替电键。根据串联电阻电容充电公式：

$$V_C = E(1 - e^{-t/RC})$$

电容放电公式：

$$V_C = E e^{-t/RC}$$

当电容充电（或放电）时间  $t = \tau$ （ $\tau = RC$ ）时电容器两端的电压等于电源 E 的 63.2%（从下向上数 5 格）（或 36.8%（从下向上数 3 格）），可见电容器两端电压跟串联电阻 R 的大小和电容 C 的大小有关。当电容器两端电压：

$$V_C = E(1 - e^{-T_{1/2}/\tau}) = \frac{1}{2}E \Rightarrow T_{1/2} = \tau \ln 2 = 0.693\tau$$

$$\tau = RC$$

$$C = \tau / R$$

$$C = T / (R \cdot 0.693)$$

如果已知标准电阻  $R$ ，只要测得半衰期时间  $T/2$  就可以求得待测电容  $C$  的值。

附：常用电容器规格：0.1 0.22 0.33 0.47  
0.68

电容器容抗计算公式： $X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi fC}$

$X_c$ -----电容容抗值；欧姆

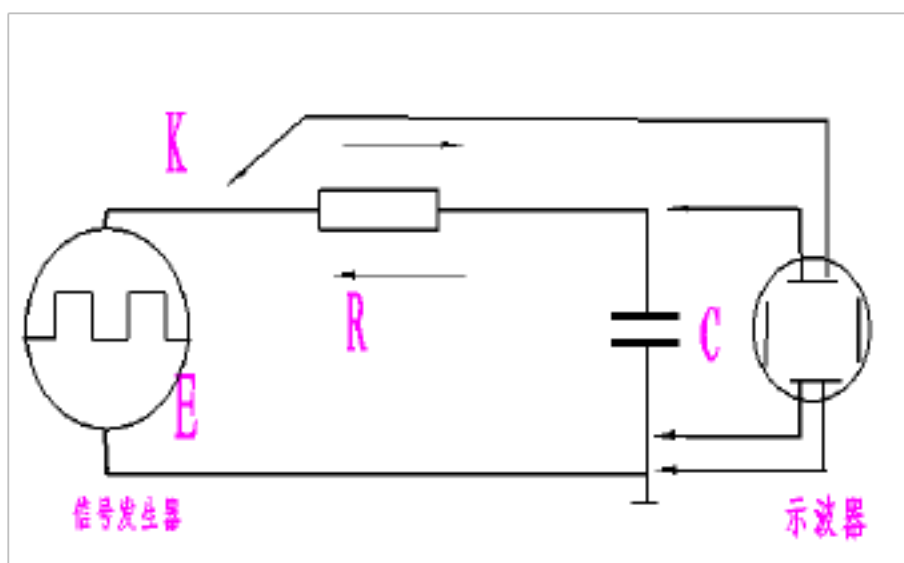
$\omega$ -----角频率（角速度）

$\pi$ -----圆周率，

约等于 3.14

$f$ -----频率，我国国家电网对工频是 50Hz

$C$ -----电容值 法拉



### ● 实验步骤

- 1, 按图连接线路,
- 2, 调节信号发生器输出方波,  
参考幅度:  $2V_{pp}$ --- $4V_{pp}$ 。  
参考频率: 200HZ  
参考电阻:  $10000 \Omega$   
参考电容:  $0.0600UF$

- 3, 用示波器 CH1 通道观测电容器的充放电特性; 也可以用 CH2 通道观测信号发生器的输出波形, 用以作为对比;
- 4, 改变 R, C, 和信号发生器的方波周期, 观测充放电特性曲线;
- 5, 调节最佳半衰期图形, 用示波器标尺读出  $T_{1/2}$  值, 设计表格记下各项参数;
- 6, 用坐标纸画出一个完整的充放电波形图.

#### 实验二十: 黑盒子

注意事项:

- ①元器件在黑盒子中的连接不会形成回路
- ②主要元器件: 电源、电阻、电容、二极管、(电感)

#### 实验二十一: 测量温度传感器的温度特性

#### 实验二十二: 测量热敏电阻的温度特性

一、知识积累:

传感器分类 (电学):

(1) 根据输入物理量可分为: 位移传感器、压力传感器、速度传感器、温度传感器及气敏传感器等。

(2) 根据工作原理可分为：电阻式、电感式、电容式及电势式等。

(3) 根据输出信号的性质可分为：模拟式传感器和数字式传感器

(4) 根据能量转换原理可分为：有源传感器和无源传感器

### 电式温度传感器

热 电 式 传 感 器	热 电 阻 传 感 器	根据热电阻效应（电阻的阻值随着温度的变化而变化）制成的传感器	金属热电阻（热电阻）金属的电阻值随着温度的升高而升高
			半导体热电阻（热敏电阻）半导体的电阻值随着温度的升高而降低
	热 电 势 传 感 器	根据电势随着温度的变化而变化制成的传感器	热电偶
			晶体管 PN 结

传感器—温度的测温范围、方式及测量准确程度与所选用的感温器件有关。

### (1) 热电阻——感温电阻

金属材料的电阻率都随温度变化特性方程：

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2]$$

$R_0$ 、 $R_t$  分别为金属导体电阻在  $t$  C、 $0$  C 时的电阻值；

$a$  为热电阻的电阻温度系数， $A$ 、 $B$  为常数。

材料	温度系数 $\alpha$ ( $1/^\circ\text{C}$ )	比电阻 $\rho$ ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )	温度范围 ( $^\circ\text{C}$ )	特性
铂	$3.92 \times 10^{-3}$	0.0981	-200 ~ +650	近线性
铜	$4.25 \times 10^{-3}$	0.0170	-50 ~ +150	线性
铁	$6.50 \times 10^{-3}$	0.0910	-50 ~ +150	非线性
镍	$6.60 \times 10^{-3}$	0.1210	-50 ~ +100	非线性

对于绝大多数金属导体， $A$ 、 $B$  并不是一个常数，而是温度的函数。但在一定的温度范围内，温度的二次项影响很小可以忽略， $A$  可近似地看作为一个常数。

热电阻是中低温区最常用的一种温度检测器。它的主要特点是测量精度高，性能稳定。其中铂热电阻的测量精确度是最高的，它不仅广泛应用于工业测温，而且被制成标准的基准仪。

常用的感温电阻有：铂 (Pt)、铜 (Cu)、铁 (Fe) 和 镍 (Ni)。

常用于测量 $-200\sim 600\text{ C}$ 范围内的温度。

(2) 常用热电阻:

① 铂热电阻

铂丝的电阻值与温度之间的关系:

在 $0\sim 630.74\text{ C}$ 范围内为:

$$R_t = R_0 (1 + At + Bt^2)$$

A、B、C为常数:  
 $A = 3.940 \times 10^{-2} / \text{C}$   
 $B = -5.802 \times 10^{-7} / \text{C}^2$   
 $C = -4.274 \times 10^{-12} / \text{C}^4$

在 $-190\sim 0\text{ C}$ 以内为:

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2 + C(t - 100)t^3]$$

由于B、C比A小得多, 所以简化为  $R_t = R_0 (1 + At)$

A称为电阻温度系数

优点: 精度高、线性和稳定性好, 适用于 $-200\sim 650\text{ C}$

缺点: 温度系数小、灵敏度低且价格较贵

② 铜热电阻

铜丝的电阻值与温度之间的关系:  $R_t = R_0 (1 + A(t - t_0))$

其中,  $R_t$ 、 $R_0$  分别为温度  $t\text{ C}$  和  $t_0\text{ C}$  时的电阻;

A 温度为  $t_0\text{ C}$  时的温度系数。

优点: 测温灵敏度比铂电阻高, 好容易制作, 复制性能好。用于 $-50\sim 150\text{ C}$

缺点: 电阻率低体积大, 热惯性大, 易氧化。

热惯性是指，当电流快速增加或减小时，游离作用或消游离作用来不及变化，使得弧柱温度的变化相对滞后。即热接点的温度变化，在时间上总是滞后于被测介质的温度变化，热电偶的这种现象称为热惯性。

(3) 恒电流法测量铂电阻的电阻温度特性：

$$R_T = R_0 [ 1 + AT ]$$

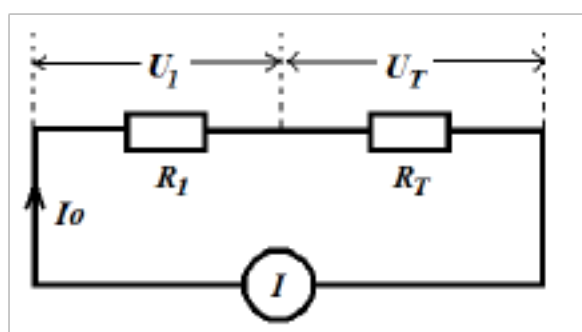
$R_1$ ：已知阻值的固定电阻

$R_T$ ：铂电阻

$U_1$ ： $R_1$  上的电压

$U_T$ ： $R_T$  上的电压

$$R_T = \frac{U_T}{I} = \frac{U_T R_1}{U_1}$$



(4) 半导体 PN 结

P 型半导体（空穴型半导体）

在纯净的硅晶体中掺入三价元素（如硼），使之取代晶格中硅原子的位子，就形成 P 型半导体。主要靠空穴（正电荷）导电，掺入的杂质越多，多子（空穴）的浓度就越高，导电性能就越强

N 型半导体（电子型半导体）

在纯净的硅晶体中掺入 V 族元素(如磷、砷、锑等), 使之取代晶格中硅原子的位置, 就形成了 N 型半导体。主要靠自由电子导电, 掺入的杂质越多, 多子(自由电子)的浓度就越高, 导电性能就越强。

### PN 结 (PN junction)

采用不同的掺杂工艺, 通过扩散作用, 将 P 型半导体与 N 型半导体制作在同一块半导体(通常是硅或锗)基片上, 在它们的交界面就形成空间电荷区称 PN 结。PN 结具有单向导电性

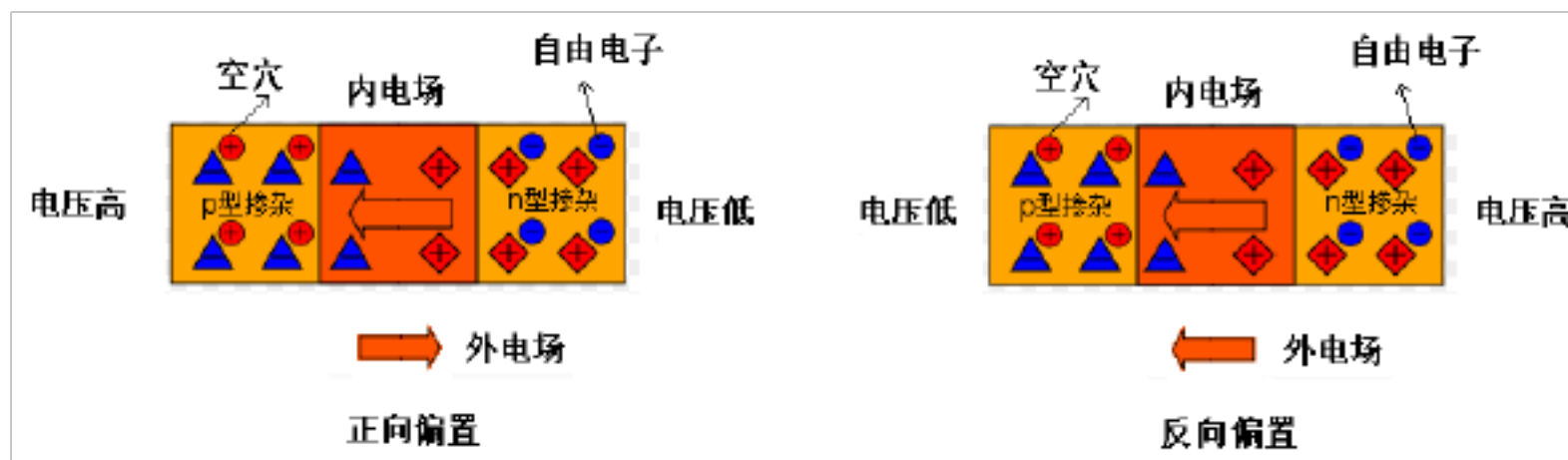


### (5) PN 结型温度传感器

基本原理:

只要通过 PN 结上的正向电流恒定, 则 PN 结的正向压降  $U$  与温度的关系只受反向饱和电流  $I_S$  的影响

$$I_F = I_S \exp\left(\frac{qU}{KT}\right)$$



若施加在 P 区的电压高于 N 区的电压, 此时



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/656212033104011010>