

大学物理实验（上）复习提纲

一、大学物理实验中的基本概念和要求

1.1 测量和误差

1.1.1 直接测量和间接测量

1. **直接测量：**可以用测量仪器或仪表直接读出测量值的测量称为直接测量。
2. **间接测量：**有些物理量的测量没有直接测量的量具，无法进行直接测量，而需依据待测物理量与若干个直接测量量的函数关系算出被测量的大小，这样的测量就称为间接测量。
3. **测量读数的一般规则：**
 - (1) 如实记录仪器上显示的数值，作为**原始数据**。
 - (2) 对指针式仪表和有刻度盘或标尺的仪器，通常在直接测量时，要求**估读一位(该位是有效数字的可疑位)**。估读数一般取最小分度的 $1/10 \sim 1/2$ 。
 - (3) 若仪表的示值不是连续变化而是以最小步长跳跃变化的，如数字式显示仪表，最常用的钟表，则只要记录全部数据即可。
 - (4) 对于各类带有游标(或角游标)的仪器装置，是依靠判断两个刻度中哪条线对齐来进行读数的，这时一般记下对齐线的数值，不必进行更细的估读。

1.1.2 误差的概念及表示

1. **真值：**任何一个物理量一定客观条件下（某一时刻、某一位置或某一状态），都存在着一个不以人的意志为转移的客观值，这个客观值称为该物理量的真值。
2. **误差：**测量结果与真值之间总是有一定的差异，这种差异称为误差。

误差公理：误差是普遍存在的，误差自始至终贯穿在一切科学实验之中。误差只能减小，不可能完全消除。

误差的表示：

- (1) **绝对误差：**测量值与被测量的真值的差。若待测量的测量值为 x ，真值为 a ，则测量的绝对误差 ε 可表示为： $\varepsilon = x - a$ 。

残差：设 x_1, x_2, \dots, x_n 为某物理量 x 的测量值， \bar{x} 为其算术平均值，则各测量值 x_i 和 \bar{x} 之间的差称为残差，即 $\delta_i = x_i - \bar{x}$ 。

- (2) **相对误差：**绝对误差与被测量的真值的比值。由于真值是一个理想量，实验中

用测量的平均值来代替真值，即 $E = \frac{\varepsilon}{a}$ 或 $E = \frac{\varepsilon}{\bar{x}}$

3. 误差的分类：测量误差按其产生的原因与性质可分为系统误差、偶然误差和粗大误差三大类。

(1) **系统误差**：系统误差是指在同一条件下（方法、仪器、环境和观测者不变），多次测量同一物理量时，误差的大小和符号均保持不变，或当条件改变时，按某一确定的规律而变化的误差。

产生系统误差的原因包含：仪器误差、环境误差、方法误差和个人误差。

(2) **偶然误差**：偶然误差是指在相同条件下多次重复测量同一物理量时，测量结果的误差大小、符号均发生变化，其值时大时小，其符号时正时负，无法控制，但总体来说又服从一定的统计规律的误差。

偶然误差的特征是**随机性**，即误差的大小和正负无法预计，但**服从正态分布(高斯分布)**。

服从正态分布的偶然误差具有以下 4 大特性：单峰性，对称性，有界性和抵偿性。

抵偿性： $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i = 0$ 。可用多次测量的算术平均值作为直接测量的近真值。

偶然误差的计算：

算术平均数： $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$

标准偏差： $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$ ，又称测量列标准偏差

算术平均值的标准偏差： $\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$ 。

(3) **粗大误差**：粗大误差是由于测量者的过失(如使用方法不正确，实验方法不合理，粗心大意等)而引起的误差，简称粗差。

1.2 不确定度和测量结果的表示

不确定度：不确定度是指由于测量误差的存在而对被测量值不能肯定的程度，是表征对被测量值的真值所处的量值范围的评定。设测量值为 x ，其测量不确定度为 u ，则真值可能在量值范围($x-u$ ， $x+u$)之中。

标准不确定度：对测量不确定度的评定，常以估计标准偏差去表示大小，这时称其为标准不确定度。

1.2.1 A 类不确定度

由于偶然效应，被测量 X 的多次重复测量值 x_1, x_2, \dots, x_n 将是分散的，从分散的测量值出发，用统计的方法评定不确定度，就是 **A 类不确定度**。

$$u_A(\bar{x}) = \sigma(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

1.2.2 B 类不确定度

当误差的影响仅使测量值向某一方向有恒定的偏离，这时不能用统计的方法评定不确定度，这种类型的不确定度就是 **B 类不确定度**。B 类不确定度的评定，有的依据计量仪器说明书或检定书，有的依据仪器的准确度等级，有的则粗略地依据仪器分度值或经验。

通常以 $\Delta_{\text{仪}}$ 表示一次测量结果的 B 类不确定度。

仪器误差 $\Delta_{\text{仪}}$ 的估计，可分以下几种情况：

- (1) 有刻度的仪器仪表：如果未标出精度等级或精密度，取其**最小分度值的 1/2** 作为测量仪器误差 $\Delta_{\text{仪}}$ 。
- (2) 标有精度的仪器仪表：对于标有精度的仪器，可以取**精度的 1/2** 作为测量仪器误差 $\Delta_{\text{仪}}$ 。
- (3) 标有精度等级的仪器仪表：可按仪器的标牌上(或说明书中)注明的精度等级及相关公式计算误差。
- (4) 停表和数字显示的仪器仪表：取**末位的 1** 为测量的仪器误差。

u_B 与 $\Delta_{\text{仪}}$ 的关系式为： $u_B = \Delta_{\text{仪}} / C$ ，其中 C 称为置信系数。

几种常见仪器的误差分布及置信系数 C

仪器名称	米尺	游标卡尺	千分尺	物理天平	秒表
误差分布	正态分布	均匀分布	正态分布	正态分布	正态分布
C	3	$\sqrt{3}$	3	3	3

1.2.3 合成标准不确定度

1. **直接合成标准不确定度**：对于直接测量，设被测量 X 的标准不确定度来源有 k 项，则合成标准不确定度 $u_c(x)$ 取

$$u_c(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^k u_i^2(x)}$$

上式中的 $u(x)$ 可以是 A 类评定或 B 类评定。

2. **间接测量的合成不确定度：**对于间接测量，设被测量 Y 由 m 个直接被测量 x_1, x_2, \dots, x_m 算出，它们的关系为 $y=y(x_1, x_2, \dots, x_m)$ ，各 x_i 的标准不确定度为 $u(x_i)$ ，则 y 的合成标准不确定度 $u_c(y)$ 为

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)}$$

3. **测量结果的表示：**

若物理量 Y 的测量最佳值为 y ，合成不确定度为 $u_c(y)$ ，则其测量结果可表示为：

$$Y = y \pm u_c(y) (\text{单位}).$$

若计算出了相对不确定度 u_r ， $u_r = u_c(y)/y$ 则测量结果还可表示为：

$$Y = y(1 \pm u_r) (\text{单位}).$$

1.3 有效数字

有效数字就是测量结果中可靠的几位数字加上一位存疑数字的统称。

1. **有效数位的认定：**

- (1) 有效数字的位数与小数点的位置无关。如 1.48 与 0.0148 都是三位有效数字
- (2) 以第一个不为零的数字为标准，它左边的 0 不是有效数字，而它右边的 0 是有效数字。如 0.0148 是三位有效数字，0.01480 是四位有效数字。
- (3) 确切的数字，如“直径是半径的 2 倍”中的“2”有效数位为无限位，不影响最后计算结果的有效数字位数。

2. **有效数字的运算：**

- (1) **加减运算：**几个数相加减时，其运算后的末位，应当和参加运算各数中最先出现的可疑位一致。例：324.25+26.7+0.126=351.1
- (2) **乘除运算：**乘除运算后的有效数字位数，可估计为和参加运算各数中有效数字最少的相同。例：1.1121×1.11=1.23，参加运算的数中 1.11 有效数字最少，有 3 位，最终结果取 3 位有效数字。

3. **有效数字的取舍规则**

- (1) 开始要舍去的第一位是 1、2、3、4 时就舍去；是 6、7、8、9 时，在舍去的同时进 1。
- (2) 要舍去的一位是 5，而保留的最后一位为奇数，则舍去 5 进 1，如果要保留的最后一位是偶数则舍去 5 不进 1，但是 5 的下一位不是零时仍然要进位。

二、常用物理量的测量

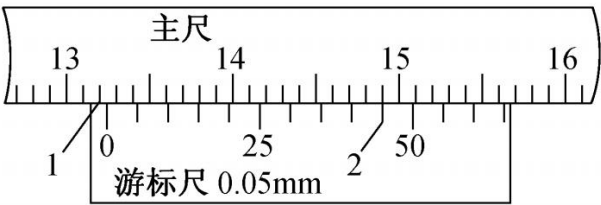
2.1 长度的测量

2.1.1 游标卡尺

游标量具是由主尺(固定不动)和沿主尺滑动的游标尺组成的。主尺一格(两条相邻刻线间的距离)的宽度与游标尺一格的宽度之差，称为游标分度值。目前，游标卡尺的主尺刻度为每格 1mm ，游标分度值有 0.10mm 、 0.05mm 、 0.02mm 三种。

游标卡尺的读数

游标尺的“0”线是读毫米的基准。然后，再看游标尺上哪一根线与主尺上的刻线对齐，将该线的序号乘游标分度值之积，就是主尺的小数值(也可在游标尺上直接读出)。将整数和小数相加，就是所求的数值。

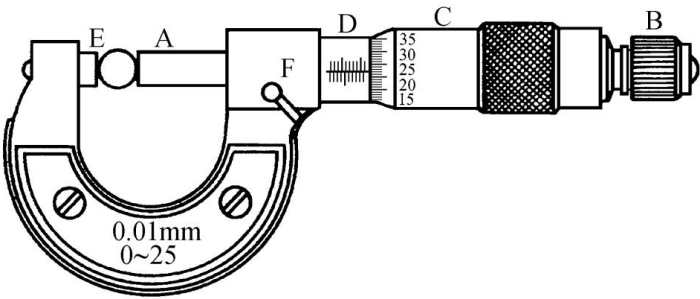


1 代表整数；2 代表小数

游标卡尺的读数方法

2.1.2 螺旋测微器（千分尺）

螺旋测微器（亦称千分尺）的外形如下图所示。固定在套筒上的标尺刻度在水平基线的上下，其上面刻度线是毫米数，下面刻度线在上面二刻线之中，表示 0.5mm 。在微分筒端部圆周上等分 50 个刻度。

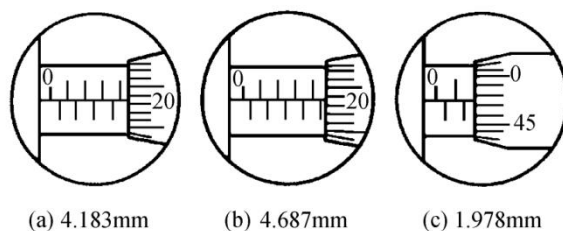


螺旋测微器

A. 测微螺杆； B. 测力装置； C. 微分筒； D. 固定套筒； E. 测砧； F. 锁紧装置

螺旋测微器的读数：

- 1) **读整数。** 微分筒的端面是读取整数的基准。读数时，看微分筒端面左边固定套筒上露出的刻线的数字，该数字就是主尺的读数，即整数。
- 2) **读小数。** 固定套筒的基线是读取小数的基准。读数时，看微分筒上是哪一条刻线与固定套筒的基线重合。如果固定套筒上的 0.5mm 刻线没有露出，则微分筒上与基线重合的那条刻线的数字就是测量所得的小数。如果 0.5mm 刻线已经露出，则从微分筒上读得的数字再加上 0.5mm 才是测量所得的小数。当微分筒上没有任何一条刻线与基线恰好重合时，应该估读到小数点后第三位数。
- 3) **求和。** 将上述两次读数相加，即为所求的测量结果。



螺旋测微器的读数

2.2 质量的测量

2.2.1 物理天平

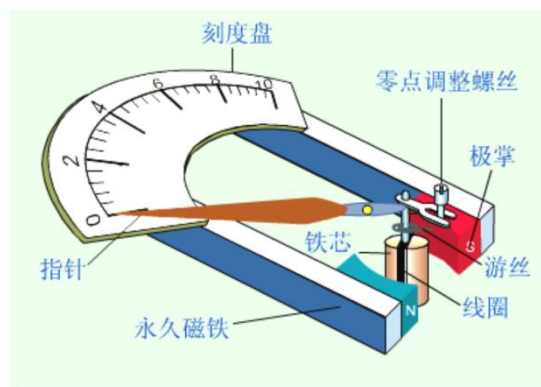
天平的调整

- (1) **调水平。** 调天平的底脚螺丝观察铅锤或圆气泡水准器，将天平立柱调成铅直。
- (2) **调零点。** 空载时支起天平，若指针的停点和标尺中点相差超过 1 分格时，可调梁上的调平螺丝将其调回。此操作要在落下天平梁时进行。

2.3 电学物理量的测量

2.3.1 电表

在物理实验中常用的电流表、电压表、万用表、检流计等绝大多数都是磁电型仪表，其基本结构如图所示。当电流流过线圈时，线圈受磁力矩作用而发生偏转，同时也受到游丝的反力矩，两者平衡时，固定在线圈上的指针稳定地指向面板的某刻度。其偏转的角度与流过线圈的电流成正比，因而刻度是线性的。



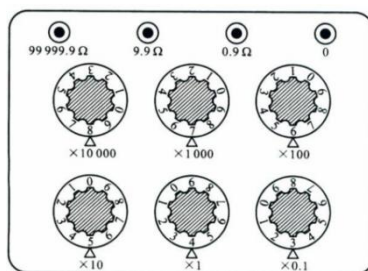
磁电式表头的结构

(1) **电流表** 直流电流表串联在电路中，用以测量直流电路中电流的大小。磁电型电流表是采用分流的方法来实现扩大量程的。电流表根据测量电流大小的不同，可分为微安表、毫安表、安培表等。电流表所能测量的最大电流称为量程。

(2) **电压表** 电压表是在电流计上串联一个高电阻来分压实现扩大量程的，串联不同的电阻构成不同量程的电压表。电压表根据测量电压大小的不同，可分为毫伏表、伏特表、千伏表等。

2.3.2 电阻箱

电阻箱主要用于需要知道确切电阻值的电路中，常用的 ZX21 型电阻箱面板如图所示，电阻箱有六个可调节旋钮，提供了六种放大倍率，分别是 $\times 10\,000$ 、 $\times 1\,000$ 、 $\times 100$ 、 $\times 10$ 、 $\times 1$ 、 $\times 0.1$ ，最大电阻值为 $99\,999.9\Omega$ 。另外它有四个接线柱，分别标有 0 、 0.9Ω 、 9.9Ω 、 $99\,999.9\Omega$ 等字样。 0 与 0.9 两接线柱之间的电阻可调整范围为 $0\sim 0.9\Omega$ ；其余依次类推。



ZX21 型旋转式电阻箱

2.3.3 电磁学实验基本操作规则

1. 分析线路特点, 搞清接线顺序.
2. 明确仪器的接线要求, 正确接线.
3. 熟悉仪器使用规则, 正确操作. 为防止仪器过载, 电磁学实验应注意以下操作要求:
 - 1) 接通电源前, 必须认真检查线路连接是否正确, 电表的量程放置是否合理。
 - 2) 限流电阻均应放在最大值, 分压器滑动端置于分压为零值, 接上电源后根据仪器指示要求, 逐步调节。

- 3) 实验结束时, 先将仪器调到最安全的状态, 再切断电源, 最后拆除联线, 整理好仪器和导线。

三、基础性实验

3.1 长度密度测量

用静力称衡法测量固体的密度

【实验原理】

设被测物不溶于水, 其质量为 m_1 , 用细丝将其悬吊在水中的称衡值为 m_2 , 又设水在当时温度下的密度为 ρ_w , 物体体积 V , 则依阿基米德原理:

$$V\rho_w g = (m_1 - m_2)g$$

故固体的密度为

$$\rho = \rho_w \frac{m_1}{m_1 - m_2}$$

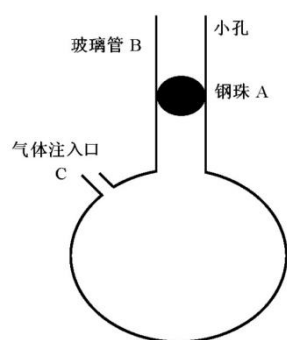
【实验内容】

1. 用游标卡尺多次测量铜圆柱的直径和长度, 求出铜圆柱的体积及标准差和合成不确定度。
2. 用静力称衡法测固体的密度。

3.2 气体比热容比测量

【实验原理】

通过测定物体在特定容器中的振动周期可以计算气体的比定压热容 C_p 与比定容热容 C_v 之比 $\gamma = C_p / C_v$ 。实验基本装置如下图所示。



比热容比的测定装置

钢球 A 的质量 m ，半径为 r (直径为 d)，当瓶子内压强 p 满足条件 $p = p_L + \frac{mg}{\pi r^2}$ 时

(式中 p_L 为大气压强)，则钢球 A 处于平衡状态。只要适当控制注入气体的流量，

钢球 A 能在玻璃管 B 的小孔上下作简谐振动，振动周期可利用光电计时装置来测得。

经推导可得：

$$\gamma = \frac{4mV}{T^2 pr^4} = \frac{64mV}{T^2 pd^4}$$

式中各量均可方便测得，因而可算出 γ 值。

【实验内容】

1. 实验仪器的调整

接通气泵电源，缓慢调节气泵上的调节旋钮，调整好进气的大小，使钢球在玻璃管中心以小孔为中心上下振动。

2. 振动周期测量

接通计时仪器的电源及光电接收装置与计时仪器的连接。打开计时仪器，预置测量次数均为 50 次。待状态显示灯停止闪烁，显示屏显示的数字为振动 50 次所需的时间。重复测量 5 次。

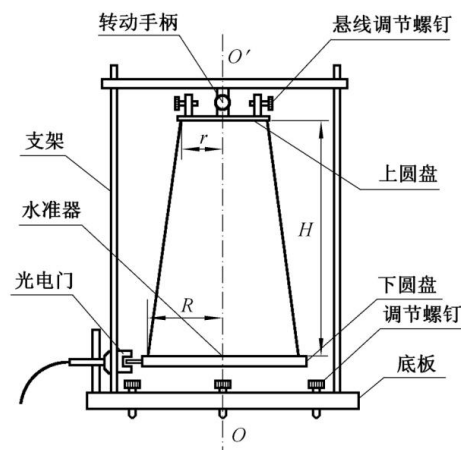
3. 其他测量

用螺旋测微器和物理天平分别测出钢球的直径 d 和质量 m ，其中直径重复测量 5 次。

3.3 刚体转动惯量测量

【实验原理】

三线摆实验装置的示意图如下图所示。上、下圆盘均处于水平，悬挂在横梁上。三个对称分布的等长悬线将两圆盘相连。上圆盘固定，下圆盘可绕中心轴 OO' 作扭摆运动。



三线摆实验装置图

当下盘转动角度很小，且略去空气阻力时，扭摆的运动可近似看做简谐运动。根据能量守恒定律和刚体转动定律均可以导出物体绕中心轴 OO' 的转动惯量

$$I_0 = \frac{m_0 g R r}{4\pi^2 H_0} T_0^2 \quad (1)$$

式中： m_0 为下盘的质量； r 、 R 分别为上下悬点离各自圆盘中心的距离； H_0 为平衡时上下盘间的垂直距离； T_0 为下盘作简谐运动的周期； g 为重力加速度。将质量为 m 的待测物体放在下盘上，并使待测刚体的转轴与 OO' 轴重合。测出此时摆运动周期 T_1 和上下圆盘的垂直距离 H 。同理可求得待测刚体和下圆盘对中心转轴 OO' 轴的总转动惯量为

$$I_1 = \frac{(m_0 + m) g R r}{4\pi^2 H_0} T_1^2 \quad (2)$$

待测物体绕中心轴的转动惯量为

$$I = I_1 - I_0 = \frac{g R r}{4\pi^2 H} [(m + m_0) T_1^2 - m_0 T_0^2] \quad (3)$$

用三线摆法还可以验证平行轴定理。

实验时将质量均为 m' ，形状和质量分布完全相同的两个圆柱体对称地放置在下圆盘上(下盘有对称的两个小孔)。按同样的方法，测出两小圆柱体和下盘绕中心轴 OO' 的转动周期 T_x ，则可求出每个柱体对中心转轴 OO' 的转动惯量：

$$I_x = \frac{1}{2} \left[\frac{(m_0 + 2m') g R r}{4\pi^2 H} T_x^2 - I_0 \right] \quad (4)$$

如果测出小圆柱中心与下圆盘中心之间的距离 x 以及小圆柱体的半径 R_x ，则由平行轴定理可求得：

$$I'_x = m'x_2 + \frac{1}{2}m'R_x^2 \quad (5)$$

比较 I_x 与 I'_x 的大小，可验证平行轴定理。

【实验内容】

1. 调整三线摆装置

- (1) 利用上圆盘上的三个调节螺丝，使三悬线等长，并固定紧定螺钉。观察下圆盘中心的水准器，使下圆盘处于水平状态。
- (2) 调整底板左右上方的光电传感接收装置，使下圆盘边上的挡光杆能自由往返通过光电槽口。

1. 测量周期 T_0 和 T_1 、 T_x

- (1) 将光电传感接收装置与测试仪用专用导线连接，再设定计数次数 20 次。
- (2) 下圆盘处于静止状态，拨动上圆盘的“转动手柄”，带动下圆盘绕中心轴 OO' 作微小扭摆运动。摆动数次后，按测试仪上的“执行”键，测量摆动 20 次的总时间 t_0 ，从而得到摆动周期 $T_0 = t_0 / \text{摆动次数}$ 。测 5 次，取平均值。
- (3) 将圆环放在下圆盘上，使两者的中心轴线重叠，按(1)、(2)的方法测定摆动周期 T_1 。
- (4) 将二小圆柱体对称放置在下圆盘上，用上述同样方法测定摆动周期 T_x 。
- (5) 测出上下圆盘三悬点之间的距离 a 和 b ，然后算出悬点到中心的距离 r 和 R (等边三角形外接圆半径)。
- (6) 其他物理量的测量：用米尺测出上下两圆盘之间的垂直距离 H_0 和放置两小圆柱体小孔间距 $2x$ ；用游标卡尺量出待测圆环的内、外径 $2R_1$ 、 $2R_2$ 和小圆柱体的直径 $2R_x$ 。
- (7) 记录各刚体的质量。

2. 根据测量结果计算圆环对通过其质心且垂直于环面轴的转动惯量的实验值和理论值，并用三线摆的测量结果来验证平行轴定理。

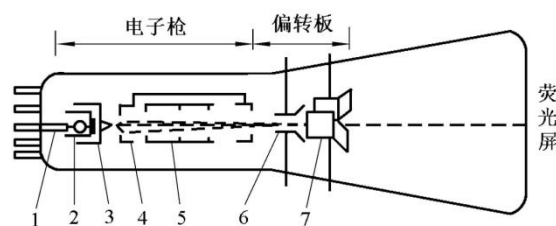
3.4 示波器的使用

【实验原理】

示波器主要由示波管、电压放大系统、扫描与触发系统以及电源等部分构成。

1. 示波管

示波管是示波器用于显示被测信号波形的核心部分，其结构如下图所示。大致可分为三部分，前端为荧光屏，中间为偏转板，后端为电子枪。



示波管的基本结构

2. 电压放大系统

为了使电子束能在荧光屏上获得明显的偏移，必须对被测信号进行电压放大，垂直(Y轴)和水平(X轴)放大器就起这一作用。

3. 扫描与触发系统

如果在水平偏转板上加上一个电压与时间成正比的信号，使电子束在垂直方向运动的同时沿水平方向匀速移动，把垂直方向的运动在水平方向“展开”，就可以在荧光屏上显示出电压随时间变化的波形。如果扫描信号的周期是垂直方向信号周期的 N 倍，则荧光屏上显示 N 个周期的垂直方向信号的波形。设荧光屏上显示波形的周期数为 N ，则

$$N = \frac{T_x}{T_y} = \frac{f_y}{f_x} (N=1,2,3,\dots)$$

式中： T_x ， f_x 为扫描信号的周期与频率； T_y ， f_y 为垂直方向信号的周期与频率。

如果扫描信号周期不是垂直方向信号周期的整数倍，则每次扫描所得波形将不会完全重合，因而从荧光屏上看到的是不稳定的波形。为了观察到稳定的波形，可用示波器面板上的扫描速率转换开关与扫描微调旋钮调节扫描信号的频率。

【实验内容】

1. 信号电压与周期的测量

- (1) 将函数信号发生器的正弦信号输入到示波器两通道中的任一通道(CH1 或者 CH2)。
- (2) 调节示波器“垂直位移”及“水平位移”旋钮，使波形位于适当位置。
- (3) 通过调节“扫描时间系数选择开关”和“垂直偏转系数开关”使正弦波信号在显示屏内。
- (4) 微调“LEVEL”触发电平调节旋钮，使波形稳定。
- (5) 观察波形。记下示波器使用的灵敏度，然后测量上述波形的峰-峰值 U_{pp} 。

用“扫描速率”测量上述波形的周期，然后换算到频率，与信号发生器的设置频率进行比较。

用示波器测量振幅时，一般是测量其峰峰值 U_{pp} ，即从波峰到波谷之

间的值。实验时利用荧光屏前的刻度标尺分别读出与电压峰峰值对应的垂直方向距离 y 及一个周期波形所对应的水平方向距离 x ，则

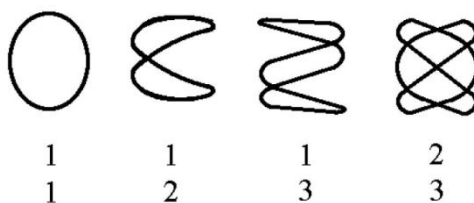
$$U_{pp} = y(\text{cm}) \times Y \text{偏转系数} (V/\text{cm} \text{ 或 } mV/\text{cm})$$

$$T = x(\text{cm}) \times \text{扫描时间系数} (s/\text{cm} \text{ 或 } ms/\text{cm}、\mu s/\text{cm})$$

测量信号发生器输出的正弦信号的电压峰峰值 U_{pp} 与周期 T ，并描下信号波形。

2. 观察利萨如图，用利萨如图测量正弦信号频率

把两个正弦信号分别加到垂直与水平偏转板，则荧光屏上光点的运动轨迹是两个互相垂直的谐振动的合成。当两个正弦信号频率之比为整数之比时，其轨迹是一个稳定的闭合曲线，这种曲线称为利萨如图。如果两个信号的频率比不是整数比，图形不稳定。当接近整数比时，可以观察到转动的图形。利萨如图的形状还随两个信号的幅值以及位相不同而变化。



$f_x : f_y$ 为 1:1, 1:2, 1:3, 2:3 时的利萨如图

封闭的利萨如图形与 X 轴、Y 轴相切的切点数 N_x 、 N_y 同 X 轴、Y 轴的两个信号的振动频率之间有如下关系：

$$\frac{f_y}{f_x} = \frac{N_x}{N_y}$$

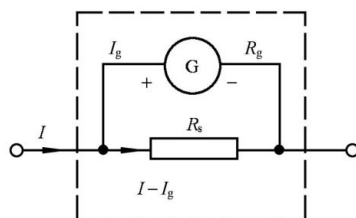
- (1) 按下“X-Y 控制键”，此时 CH1 通道转变为水平输入端(X 轴)，CH2 通道转变为垂直输入端(Y 轴)。
- (2) 将 f_x 频率的信号接入到 X 输入端，频率 f_y 的信号接入到 Y 输入端，调节 f_y 的频率，分别得到如上图所示的利萨如图形。记下相应的正弦信号的频率及 N_x 、 N_y 。

3.5 电表改装

【实验原理】

1. 改装微安表为电流表

要将一只微安表改装成量程较大的电流表，就必须扩大它的量程。扩大量程的方法是在微安表上并联一个阻值较小的分流电阻 R_S ，如下图所示。分流的电阻 R_S 的大小由待改装的量程 I 和微流表的量程 I_g 和内阻 R_g 决定。



电流表原理图

根据欧姆定律 $(I - I_g)R_S = I_g R_g$ ，若微安表量程扩大 n 倍，即 $I = nI_g$ ，则

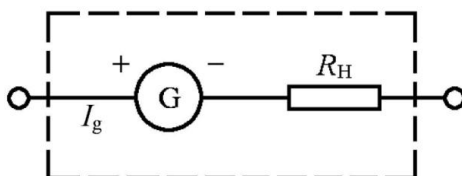
$$R_S = \frac{R_g}{n-1} \quad (1)$$

式中： I_g 为微安表的量程； R_g 为表头的内阻。由(1)可知，分流电阻 R_S 越小，扩大的电流量程越大。

2. 改装微安表为电压表

要将一只微安表改装成量程较大的电压表，改装的方法是在微安表上串联一个高电阻 R_H 作分压，使被测电压大部分压降都落在分压电阻上，而微安表上的压降很小， R_H 的大小由待改装的电压表的量程 U 决定。根据欧姆定律有

$$R_H = \frac{U}{I_g} - R_g \quad (2)$$



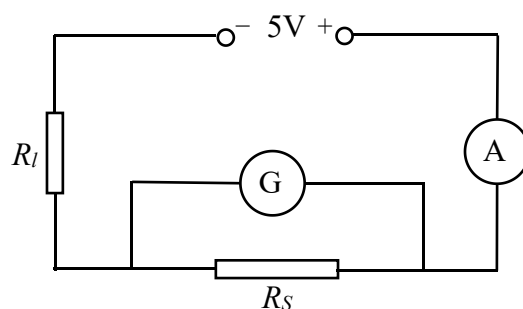
电压表原理图

【实验内容】

1. 准备 5 V 的直流稳压电源。设置直流电源的输出电压为 5 V，将电源和电压表连接在一起，微调电源电压，获得稳定的 5V 电源。

2. 将微安表头改装成 10 mA 的电流表并进行校准

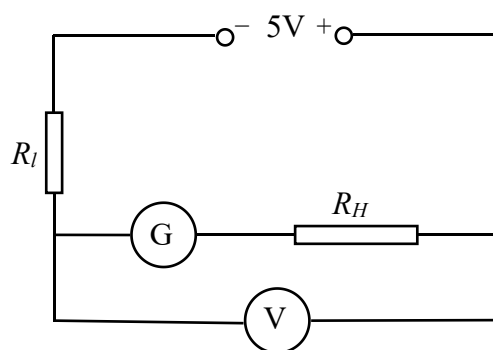
- (1) 先校准微安表头及标准电流表的机械零点，使电表的指针指向零点。
- (2) 按如下电路图连接电路。电源设置为 5V，标准电流表选择 15 mA 档， R_l 设置为 500Ω ， R_s 设置为 10Ω 。
- (3) 调节 R_l 和 R_s ，使标准电流表指向 10mA，微安表满偏，记录 R_l 和 R_s 。
- (4) 校准。调节 R_l ，使改装电表的读数为分别为 10mA，8mA，6mA，4mA，和 2mA，分别记录标准电流表的读数。



微安表改装电流表电路图

3. 将微安表改装成 5V 的电压表

- (1) 先校准标准电压表的机械零点。
- (2) 按如下电路图连接电路。电源设置为 5V， R_l 设置为 0Ω ， R_H 设置为 50000Ω ，标准电压选择 7.5V 档。
- (3) 调节 R_l 和 R_H ，使标准电压表指向 5V，微安表 G 满偏。记录 R_l 和 R_H 。
- (4) 校准。调节 R_l ，使改装电表的读数分别到达 5V，4V，3V，2V 和 1V，记录相应的标准电压表的读数。



微安表改装电压表电路图