

1. 使用交换法测未知电阻时 R_1, R_2 的阻值在交换前后是否可以改变, 为什么? 例如交换前

$R_1 = R_2 = 100.0\Omega$, 交换后 $R_1' = R_2' = 500.0\Omega$ 。

答: 不可以。因为误差的存在, 在实验中 $\frac{100.0}{100.0} \neq \frac{500.0}{500.0}$ 。因此如果交换前后 R_1, R_2 的阻

值改变, 则 $R = \sqrt{\frac{R_1 R_2'}{R_2 R_1'}}$, 相应的不确定度

$$\begin{aligned}\frac{u(R_x)}{R_x} &= \sqrt{\left[\frac{1}{2} \frac{u(R_1)}{R_1}\right]^2 + \left[\frac{1}{2} \frac{u(R_2)}{R_2}\right]^2 + \left[\frac{1}{2} \frac{u(R_2')}{R_2'}\right]^2 + \left[\frac{1}{2} \frac{u(R_1')}{R_1'}\right]^2 + \left[\frac{1}{2} \frac{u(R_s)}{R_s}\right]^2 + \left[\frac{1}{2} \frac{u(R_s')}{R_s'}\right]^2} \\ &\approx \frac{\sqrt{6}}{2} \frac{u(R_1)}{R_1} \approx \frac{\sqrt{6}}{2} \times 0.1\% = \sqrt{\frac{3}{2}} \times 0.1\%\end{aligned}$$

2. 检流计的“电计”和“短路”键的作用是什么? 调零键下方的锁扣在什么位置才可以进行调零和测量(说明是露出红点还是白点), 使用后应置于什么位置(是露出红点还是白点)?

答: “电计”是 AC5 型检流计自带的一个保护开关。按下“短路”键, 就给指针加上一个阻尼力矩, 使其尽快回到平衡位置。在调零和测量时调零旋钮下的锁扣应先搬到左边(露出红点), 实验结束后应搬向右边(露出白点)。

3. 说明测量电路中滑线变阻器的作用。

答: 本实验中滑线变阻器采用限流接法, 起保护电路的作用。开始时应调节到最大阻值, 待电桥基本平衡后, 应使滑线变阻器的阻值为零, 以提高电桥的线路灵敏度。

4. 测量时如何使用 B、G 按钮, 为什么要这样使用?

答: 用单桥测量电感线圈的直流电阻时, 为防止通断瞬间产生大电流损伤检流计或干扰测量, 接通时应先按 B, 后按 G, 断开时应先断 G 后断 B。

5. 为什么选取比率臂时一般应使单臂电桥 $\times 1000\Omega$ 的测量盘尽可能用上?

答: 为了使测量数据的有效数字最多, 减小测量误差。

6. 下列因素是否会加大测量误差?

(1) 电源电压大幅下降。 (2) 电源电压稍有波动。

(3) 检流计零点没有调准。 (4) 检流计灵敏度不够高。

答: (1)、(3) 和 (4)。

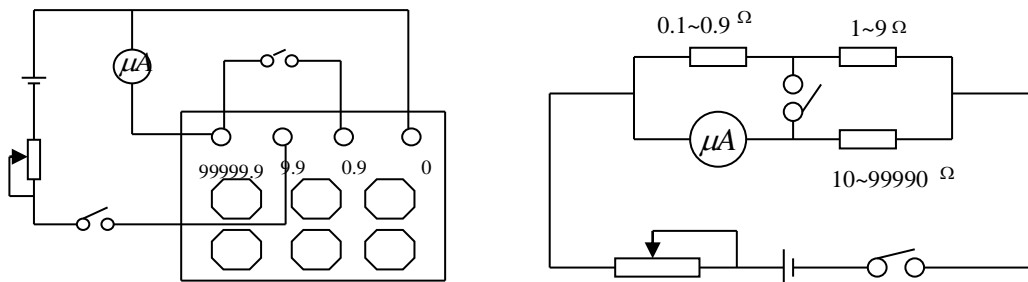
7. 用给出的仪器自组单臂电桥, 并用其测量一表头内阻。要求:

①画出线路图;

②写出设计思想及表头内阻的计算公式。

仪器: 0.1 级电阻箱一个: 电阻箱有四个接线柱分别为: $0.1 \sim 0.9\Omega$, $0.9 \sim 9.9\Omega$, $9.9 \sim 99999.9\Omega$ 。滑线变阻器一个: 500Ω , 允许 2A 电流。微安表一个: $100\mu A$, 1.5 级, 内阻约为 1000Ω 。电源: 3V 干电池。开关导线若干。

答：①连线示意图与等效电路图



②利用电阻箱的结构,将电阻箱拆成三个桥臂电阻。设这三个桥臂电阻由小到大分别为 R_1 、 R_2 、 R_3 , 微安表内组为 r , 先将 R_1 、 R_2 的比例调成 1:10, 再调 R_3 使电桥平衡,

则通过公式 $r = \frac{R_1}{R_2} R_3$ 可计算出微安表内组。

判断电桥平衡的方法: 当开关 K 断开或合上时, 微安表的示数不变, 则电桥处于平衡状态。

参数分析: 干路最小电流 $I_{\min} < \frac{E}{R_m} = \frac{3V}{500\Omega} = 6mA$, 小于滑线变阻器允许的电流;

通过微安表的最小电流 $I'_{\min} < \frac{9.9}{1000+9.9} I_{\min} \approx \frac{1}{100} I_{\min} = 60\mu A$, 小于微安表的量程;

可见该电路是可以用于实际操作的。

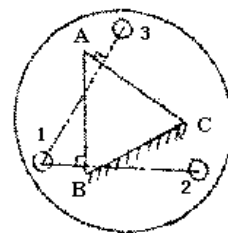
1. 望远镜光轴与分光计的中心轴相垂直, 应该在望远镜中看到什么现象? 利用哪些螺钉调节?

光学平行平板或三棱镜两个光学面反射的十字像, 都能与望远镜分划板叉丝刻线上交点重合。用望远镜筒倾角调平螺钉和载物台调平螺钉进行调节。

2. 平行光管能够发出平行光, 应该在望远镜中看到什么现象? 如何调节?

看到清晰的狭缝像。前后移动狭缝筒。

3. 调节三棱镜两个光学面的法线垂直于分光计中心轴时, 三棱镜如何在载物台上摆放? 说明理由。



三棱镜的摆放如右图所示, 以达到调整一个光学面的法线方向时, 尽量不对另一个光学面的倾斜度产生影响。调节螺钉 2, 改变光学面 AB 的法线方向, 对光学面 AC 的法线方向无影响; 调节螺钉 3, 可改变光学面 AC 的法线方向而不会对光学面 AB 的倾斜度产生影响。

1. 调节望远镜光轴与分光计的中心轴相垂直时, 如果只对一个光学面观察到反射的十字像, 如何调节?

如图所示, 当望远镜光轴和载物台都倾斜, 但望远镜的光轴垂直或大致垂直于光学平行平板的镜面时, 从望远镜中可观察到反射的十字像。将光学平行平板随载物台转过 180° 后, 望远镜的光轴与光学平行平板的镜面不再有垂直或大致垂直的关系, 反射的十字像则可能无法进入望远镜。因此, 只能观察到一个光学面反射的十字像。

根据望远镜光轴和载物台的倾斜方向，可分析判断反射的未进入望远镜的十字像，是在望远镜筒外的上方还是下方。由此，可决定进一步的调节方向，或者重新进行粗调。

2. 为什么采用双游标读数？两个游标有什么关系？

为消除度盘圆心与分光计中心转轴之间的偏心差。两个游标相隔 180° 。

3. 某位同学测量时，无论望远镜转到什么位置，读数值都不变或者读数值明显不对，为什么？如何解决？

应该锁紧的螺钉没有锁紧，若度盘固定未动，仅望远镜绕分光计中心轴转动，就会造成望远镜转动而读数值不变；如果游标盘没固定则也可能出现游标有转动，导致错误的读数值。因此，测量前须注意：锁紧载物台止动螺钉，固定载物台；锁紧游标盘止动螺钉，使游标固定不动，而使望远镜与度盘固定在一起绕分光计中心轴转动。

4. 三棱镜光谱的特点是什么？

棱镜的折射率与入射光的波长有关。以一定的入射角入射的复色光经三棱镜后，不同波长的出射光线的偏向角不同，因而形成色散光谱。入射角相同时，波长短的偏向角大，相应地折射率也大。即黄光的偏向角比绿光的小，绿光的又比蓝紫光的偏向角小。

5. 如何微调望远镜的位置？

锁紧转座与度盘止动螺钉以及望远镜止动螺钉，调节望远镜微调螺钉。

1. 混沌现象产生的条件是什么？实验中为什么用相图来观察倍周期分叉等现象？

只有在非线性系统中才有可能产生混沌现象，因此说系统的非线性是产生混沌的必要条件。在实验中我们可以通过观察状态变量随时间的变化来研究系统的运动状态，但是当运动轨迹复杂时，即使选取的时间很长（受实验条件的限制，示波器也不能显示清晰太长的时间序列），也很难清晰地判断系统的运动状态。而用相图来观察倍周期分叉和混沌等现象比较直观。

2. 通过本实验阐述倍周期分叉、混沌、奇怪吸引子等物理概念。

在系统中只选取一个参数作为可变参数，当参数渐近变化时，系统的解是周期的，并周期数成倍增加，由周期1到周期2、周期4、周期8、周期16……，当增加到某一临界值，解的周期为无穷，实际为非周期了，这种分叉为倍周期分叉。

不是由随机性外界条件引起的，而是由确定性方程直接得到的具有随机性的运动状态称为混沌。

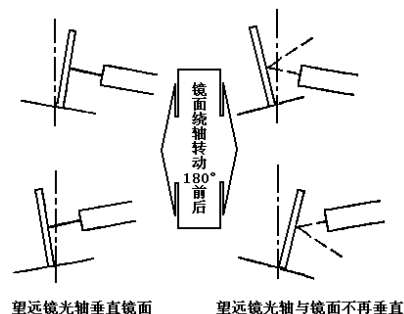
在相空间中，从整体上看所有的运动最后都要收缩到有限的区域内，即吸引子上；但从局域来看，吸引子内的运动是不稳定的，相邻的运动轨道互相排斥，按指数分离。因此称为奇怪吸引子。

3. 如何理解“混沌是确定系统中的随机性”？

混沌的这种随机性可以理解为：它们看起来是随机发生的而实际上其行为却由精确的法则（确定的动力学方程）所决定。其表现为初值敏感性和长时间行为的不可预测性。

1. 为什么霍尔元件要选用半导体材料制作？霍尔元件为什么通常作成片状？

霍尔电压的大小与霍尔元件中载流子浓度成反比，半导体材料中的载流子浓度要比金属材料

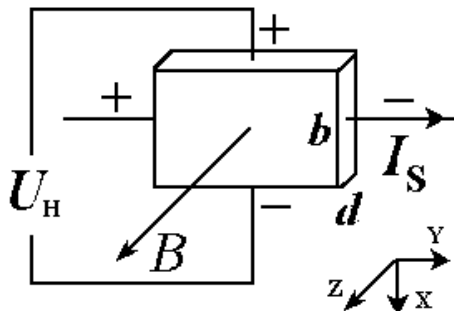


中的载流子浓度小很多；霍尔电压的大小与霍尔元件的厚度成反比，用半导体薄片制作的霍尔元件，能够产生较大的霍尔电压。

2. 如何判断实验中所用的霍尔元件是 N 型还是 P 型半导体材料？

N 型半导体材料：载流子为电子，带负电；**P 型半导体材料：**载流子为空穴，相当于带正电的粒子。

若已知霍尔电流方向以及磁感应强度方向，则根据测得的霍尔电压的正负，可判断制作霍尔元件的半导体材料的导电类型：当霍尔电流沿 Y 方向，磁场沿 Z 方向时，N 型半导体产生的霍尔电场沿 X 方向，即沿着 X 方向，电势是降低的；而 P 型半导体产生的霍尔电场沿负 X 方向，即沿着 X 方向，电势是增大的。



实验中霍尔电流的流向、磁感应强度方向以及产生的霍尔电压如图所示（操作者面对实验仪，实验仪为天煌厂产品），因此，所用的霍尔元件是 N 型半导体材料。

3. 霍尔元件的摆放方向和位置对霍尔效应测磁场的结果会有何影响？

在霍尔电流与磁场方向不垂直的条件下，如果霍尔元件的法线方向与磁感应强度 B 之间的夹角为 θ 时，霍尔电压 $U_H = K_H I_S B \cos \theta$ ，作用于霍尔元件的有效磁场是法线方向的分量，使霍尔电压的测量结果偏小。

4. 将磁场中的霍尔元件的通电流引线和测电压引线相互交换，是否仍会产生霍尔效应？试从理论上分析并设计实验加以验证。

设作为霍尔元件的半导体材料的长为 a 、宽为 b 、沿磁场方向的厚度为 d ；材料中载流子的电量为 q 、浓度为 n 。如果沿长度方向通以电流 I_s ，则有 $I_s = nqvb d$ ，沿宽度方向产生的霍尔电场为

$$E_H = vB = \frac{1}{nqbd} I_S B, \text{ 相应的霍尔电压为 } U_H = E_H b = \frac{1}{nqd} I_S B = K_H I_S B;$$

而如果沿宽度方向通以电流 I_s ，则有 $I_s = nqvad$ ，沿长度方向产生的霍尔电场为

$$E_H = vB = \frac{1}{nqad} I_S B, \text{ 相应的霍尔电压为 } U_H = E_H a = \frac{1}{nqd} I_S B = K_H I_S B.$$

因此，霍尔元件的通电流引线和测电压引线相互交换，仍会产生霍尔效应，且霍尔灵敏度不变。

实验验证数据（天煌厂的实验仪需将原厂家的连线稍加改接）： $I_M = 0.600A$ $I_S = 2.00mA$

	$U_1(mV)$	$U_2(mV)$	$U_3(mV)$	$U_4(mV)$	$U_H (mV)$
	+B, + I_S	+B, - I_S	-B, - I_S	-B, + I_S	
交换前	5.91	-5.96	5.86	-5.91	5.91
交换后	5.87	-5.91	5.92	-5.94	5.91

5. 测量弹簧的变化量时，如何从加有反射镜的游标尺上正确读数？

实验装置铅直，调节砝码盘指针靠拢但不能碰上游标尺上的反射镜，使反射镜上的刻线和针

尖及像重合，加减砝码应注意保持砝码盘水平。

6. 怎样使周期的测量更准确，测量时应注意什么？

实验装置铅直，磁钢与霍尔开关距离适当，调节弹簧振子沿铅直方向振动并注意观察霍尔开关工作过程。

7. 集成霍尔传感器有哪两种类型？其输出各有什么特点？

集成霍尔传感器可分为线性型和开关型两种。集成线性型霍尔传感器输出模拟电压信号，其输出电压与外加磁场的磁感应强度呈线性关系；集成开关型霍尔传感器根据外加磁场的磁感应强度大小的变化输出高低跳变的电压信号，即输出的是数字式信号。

8. 集成开关型霍尔传感器主要由哪几部分组成？

集成开关型霍尔传感器主要由稳压电路、霍尔元件、放大器、整形电路及三极管开路输出电路等基本部分组成。

9. 集成线性型霍尔传感器的主要组成部分及其功能？

集成线性霍尔传感器一般由霍尔元件和放大器组成。为了提高传感器的性能，我们实验所用的 95A 型集成线性霍尔传感器，在其电路设计中，增加了薄膜电阻剩余电压补偿器。霍尔元件、放大器和剩余电压补偿器这三个组成部分的作用分别为：霍尔元件用于产生霍尔电压；放大器将只有毫伏数量级的霍尔电压放大到伏特数量级；剩余电压补偿器将在无磁场情况下，由于半导体材料结晶不均匀、各种副效应以及电极不对称等因素引起的剩余电压，采用电压补偿法加以消除。

1. 调整信号的频率和移动接收换能器的位置（振幅法）都是为了使接收换能器的输出达到极大，并且都被称为共振，它们是一回事吗？

不是。调整频率达到共振是指探头的谐振频率，使探头有最大的输出功率。移动接收换能器的位置达到共振是使超声波在两探头间形成驻波。

2. 实验中，将发送换能器的信号输入到 CH1 通道，接收换能器的信号输入到 CH2 通道，此时，示波器的触发源应如何选择？

选择 CH1 通道，因为发射换能器的信号更强、更稳定。

3. 在振幅法中，示波器上看不到接收换能器的输出波形，但连线无误，仪器和导线（电缆）无故障，以下三种分析是否合理？如属实，应当怎么办？

（1）信号源的频率偏离换能器共振频率太远。

（2）激励发送器的信号幅度太小。

（3）VOLTS/DIV 选择不当。

三种分析都合理。（1）调节信号源频率，使换能器工作在谐振频率。（2）增加信号源的输出电压。（3）改变接收换能器的信号输入端的 VOLTS/DIV，放大接收信号。

4. 在振幅法中，如果极大值振幅超过荧光屏显示范围，有以下三种调节方法可使信号不超出范围，你认为可行吗？

（1）改变示波器 VOLTS/DIV 旋钮的档位。

（2）调节信号发生器的输出幅度。

（3）调节信号发生器的频率。

(1)、(2) 可行, (3) 不行。

5. 本实验采用逐差法处理数据有什么好处?

充分利用实验数据, 使得结果更加可靠。

6. 实验中, 能否固定发射器与接收器之间的距离, 利用改变频率测声速?

不可以。根据 $v = f\lambda$, 用改变频率的方法无法测出波长。

7. 是否可以用此方法测量声波在其他媒质 (如液体和固体) 中的传播速度?

可用来测量液体中的声速, 不可测固体中的声速。

1. 如果波形不稳, 总是向左或向右移动, 该如何调节?

检查触发源选择是否正确, 如正确则调节触发电平使波形稳定。

2. 示波器作为一个测量电压的仪器, 比起通常的模拟伏特计有什么优缺点?

优点: 能直接测量峰峰值, 也可以测量一些不规则信号的电压。


缺点: 不能直接测出有效值, 精度有限, 测量范围有限。

3. 示波器“电平”旋钮的作用是什么? 什么时候需要调节它? 观察李萨如图形时, 能否用它把图形稳定下来?

“电平”旋钮是调节触发电压的, 当波形不稳定时需要调节它。观察李萨如图形时, 不能用它把图形稳定下来。

4. 如果屏幕上看到的信号幅度太小, 应如何做?

应顺时针旋转信号所在通道的偏转因子或者说减小电压分度值, 使屏幕上显示的信号幅度增大。

5. 如果有正弦信号输入到 CH1, 但屏幕上只看到一条直线, 且屏幕的下方显示有 , 这是为什么? 应如何处理。

因为此时 CH1 通道处于接地状态, 所以在屏幕上只看到一条直线, 此时应按下 CH1 通道的 GND 按键, 解除 CH1 通道的接地状态。

6. 正弦电压信号从 Y 轴输入示波器, 荧光屏上仅显示一条铅直的直线, 试问这是什么原因? 应调节哪些开关和旋钮, 方能使荧光屏显示出正弦波来?

此时示波器显示 x-y 图, 应按“A”显示波形。

7. 请说明如何利用示波器测量直流电压。

将信号接地, 将信号水平线移动至 0, 然后去掉接地, 测量信号的电压。

8. 如果打开示波器后, 只看到一个或两个移动的点而没有扫描线, 是什么原因? 应如何调整? 如果看到的是一个或两个固定不动的点呢?

“TIME/DIV”设置不合适, 调节“TIME/DIV”即可。如果是不动的点, 说明示波器显示 x-y 图, 应按“A”显示波形。

1. 为什么四端钮电阻可以减小测量时附加电阻的影响?

把电压、电流接头分开, 把各部分的接线电阻和接触电阻分别引入电流计回路或电源回路, 使其与电桥平衡无关; 或被引入大电阻支路中, 以忽略其影响。

2. 写出金、银、铜、铁等常见金属的电阻率。

金: $0.024 \mu\Omega \cdot m$; 银: $0.016 \mu\Omega \cdot m$; 铜: $0.017 \mu\Omega \cdot m$; 铁: $0.098 \mu\Omega \cdot m$

3. 比较单臂电桥与双臂电桥有何不同, 至少给出三处?

单臂电桥测中值电阻, 双臂电桥测低值电阻。单臂电桥是两端钮接法, 双臂电桥是四端钮接法。双臂电桥增加了 R_3 、 R_4 两个大电阻, 即多了一组桥臂。

4. 双臂电桥是如何读数的?

被测电阻值=倍率读数 \times (步进读数+滑线读数)

5. 用双臂电桥测量 1Ω 以下电阻时, 如被测电阻 R_x 的两电压端引线电阻较大, 对测量结果有无影响? 若电流端引线电阻较大, 对测量结果有无影响?

电压端引线电阻较大, 对测量结果有影响; 电流端引线电阻较大, 对测量结果无影响。

6. 实验采用最小二乘法 (一元线性回归法) 处理数据时, 它有什么优越性? 相关系数有什么意义?

用最小二乘法所得结果则更为准确、客观。相关系数是反映所有实验数据点和设定的回归方程是否适合的量。相关系数越接近 1, 说明设定的回归方程越合理。相关系数越接近 0, 说明设定的回归方程越不合理, 须改变设定的回归方程。

1. 改变原子状态的方法一般有哪两种? 本实验中采用的是哪种方法?

答: 原子状态的改变, 通常发生于原子本身吸收或发射电磁辐射, 以及原子与其他粒子发生碰撞而交换能量这两种情况。本实验采用的是后一种方法。

2. 为什么 I_A-U_{G2K} 曲线中第一个峰到电压零点的距离不等于第一激发电位?

答: 实际的 F-H 管的阴极和栅极往往是不同的金属材料制作的, 因此会产生接触电位差。接触电位差的存在, 使真正加到电子上的加速电压不等于 U_{G2K} , 而是 U_{G2K} 与接触电位差的代数和。这将影响 F-H 实验曲线第一个峰的位置, 使它左移或右移。

3. I_A-U_{G2K} 曲线中峰值点的纵坐标为什么呈增大趋势?

答: 实验开始时, 阴极 K 附近积聚较多电子, 这些空间电荷使 K 发出的电子受到阻滞而不能全部参与导电。随着 U_{G2K} 的增大, 空间电荷逐渐被驱散, 参与导电的电子逐渐增多, 所以 I_A-U_{G2K} 曲线中峰值点的纵坐标会呈增大趋势。

4. 实验中板极电流的下降并不是完全突然的, 其峰值总是有一定的宽度, 为什么?

答: 加速电压的改变需要一定的时间, 理论上通过加速后电子能量足够使原子从基态被激发到第一激发态, 而实际上仍有一些电子未达到此能量, 没有与氩原子发生能量交换, 仍有足够的动能到达板极 A 被检流计检测出来。因此板极电流的下降并不是完全突然的, 其峰值总是有一定的宽度。

5. I_A-U_{G2K} 曲线中板极电流为什么不会降到零?

答: 当 KG_2 间加速电压达到氩原子的第一激发电位时, 电子在栅极附近 G_2 与原子碰撞, 将自己的能量传递给原子, 使原子从基态被激发到第一激发态。而电子失去几乎全部动能, 但仍有少数电子仍有足够的动能到达板极 A 被检流计检测出来。因此 I_A-U_{G2K} 曲线中板极电流不会降到零。

试分析电源电动势对传感器灵敏度的影响。

答: 电源电动势越高, 传感器灵敏度越高。

- (2) 平衡指示仪的电阻 R_0 为什么必须很大?

答: 因为 $R_0 \gg R_1, R_2$ 才能保证在压力作用下 R_1 和 R_2 的阻值变化正比于非平衡电压的变化。

1. 受迫振动的稳定状态与简谐振动有什么区别?

答: 虽然这两种振动的运动学方程形式上是一样的, 但它们的动力学特征是不同的, 所以这两种运动存在着本质的区别。这主要表现在两个方面: ①简谐振动的频率是系统的固有频率, 只与系统自身的性质有关; 受迫振动的稳定振动频率等于驱动力频率。②简谐振动的振幅和初相取决于初始条件, 而稳定振动的振幅和初相受固有频率、驱动力频率、强度和阻尼系数的影响, 与初始条件无关。

2. 为什么说利用频闪法测得的相位即为受迫振动达到稳定状态时与驱动力矩的相位差?

答: 闪光灯是受摆轮上面的光电门 H 控制的, 当摆轮上的长凹槽 C 通过光电门时闪光灯亮,

此时摆轮处于平衡位置，而电机产生的驱动力矩的平衡位置在有机玻璃转盘 F 刻线处在 0 度时。电机转动时带动指针一起转动，所以闪光灯闪亮时指针的位置恰好是受迫振动与驱动力矩的相位差。

3. 实验中阻尼力矩是怎样形成的？

答：在机架的下方装有一对带铁芯的线圈，摆轮恰好嵌在铁芯的空隙里。当线圈中通过电流后产生磁场，按电磁感应原理，运动的摆轮将受到电磁阻尼的作用，改变电流值可使阻尼大小相应变化。

4. 为什么在开始测固有周期或阻尼系数时，要求玻璃转盘 F 刻线处在 0 位置，摆轮上长形凹槽 C、摇杆 M 的顶端和光电门 H 中央三者上下对齐？

答：玻璃转盘 F 刻线处在 0 度时是强迫力的平衡位置，此时摆轮不受到强迫力矩的作用，符合实验的测量要求。若此时摆轮上长形凹槽 C、摇杆 M 的顶端和光电门 H 中央三者上下不对齐，则会对振幅的测量产生误差。

5. 什么因素导致频闪法测相位差时相邻两次读数有差异？

答：摆轮静止，玻璃转盘 F 刻线处在“0”位置时，若摆轮上长形凹槽 C 和光电门 H 中央上下不对齐，就会导致闪光灯闪亮时摆轮不处于平衡位置，导致频闪法测相位差时相邻两次读数一次偏大一次偏小。

6. 在发生共振时，驱动力矩与受迫振动的相位差在理论上应该大于、等于还是小于 $\pi/2$ ？

答：理论上应该小于 $\pi/2$