清华大学实验报告

工程物理系工物40 钱心怡 2014011775

实验日期：2015年3月3日

**一．实验名称**

阻尼振动和受迫振动

**二．实验目的**

1.观测阻尼振动，学习测量振动系统参数的基本方法

2.研究受迫振动的频幅特性和相频特性，观察共振现象

3.观察不同阻尼对振动的影响

**三．实验原理**

1.阻尼振动

在转动系统中，设其无阻尼时的固有角频率为ω0，并定义阻尼系数β其转动的角度与时间的关系满足如下方程

解上述方程可得当系统处于弱阻尼状态下时，即β<ω0时，θ和t满足如下关系

解得阻尼振动角频率为ωd=，阻尼振动周期为Td=

同时可知lnθ和t成线性关系，只要能通过实验数据得到二者之间线性关系的系数，就可以进一步解得阻尼系数和阻尼比。

2.周期性外力作用下的受迫振动

当存在周期性外力作用时，振动系统满足方程

θ和t满足如下关系：

该式中的第一项随着时间t的增大逐渐趋于0，因此经过足够长时间后，系统在外力作用下达到平衡，第一项等于0，在该稳定状态下，系统的θ和t满足关系：

其中 ；（θ∈（0，π））

3.电机运动时的受迫振动

当波尔共振仪的长杆和连杆的长度远大于偏心轮半径时，当偏心轮电机匀速转动时，设其角速度为ω，此时弹簧的支座是弹簧受迫振动的外激励源，摆轮转角满足以下方程：

即为

与受周期性外力矩时的运动方程相同，即有

可知，当ω=ω0时φ最大为，此时系统处于共振状态。

**四．主要实验仪器和实验步骤**

1.实验仪器

波尔共振仪主要由振动系统和提供外激励的两个部分组成。振动系统包括弹簧和摆轮。弹簧一端固定在摇杆上。摆轮周围有一圈槽型缺口，其中有一个长缺口在平衡时对准光电门。右侧的部分通过连杆向振动装置提供外激励，其周期可进行调节。上面的有机玻璃盘随电机一起转动。当摆轮转到平衡位置时，闪光灯闪烁，照亮玻璃盘上的白色刻度线，其示数即为在外激励下摆轮转动时落后于电动机的相位。

2.实验步骤

（1）调整仪器

打开电源并断开电机和闪光灯的开关。阻尼调至0档。手动调整电机的偏心轮使其0标志线与0度刻线对齐。同时，调整连杆和摇杆使摆轮处于平衡位置。拨动摆轮使其偏离平衡位置150度至180度，松开后观察摆轮自由摆动的情况，如衰减很慢则性能优良。

（2）测量最小阻尼比ζ和固有角频率ω0

开关置于摆轮，阻尼开关置于0档，拨动摆轮至偏转约180度后松开，使之摆动。由大到小依次读取显示窗中的振幅；

将周期置于“10”位置按复位钮启动周期测量，停止时读取数据，并立即按复位钮启动周期测量，记录每次的值；

（3）测量阻尼振动的振幅

将周期选择位于位于“1”位置，阻尼开关置于4档，拨动摆轮至偏转至一定角度后松开，使之摆动。由大到小依次读取显示窗中的振幅；再次拨动摆轮使之摆动，依次读取显示窗中的周期值。测量不少于10组数据；

将阻尼开关置于5档，重复上述步骤；

（4）测量受迫振动的周期和振幅

开启电机开关，开关置于强迫力，周期选择置于1，将阻尼档置于4档，调节强迫力周期旋钮以调节电机转动的角频率，在振幅和周期都达到稳定后，记录下该频率的强迫力下摆轮受迫振动的周期和振幅。并开启闪光灯，两次读取闪光灯亮时有机玻璃转盘上的读数。调节电机频率，重复上述步骤。至少测量18组数据，包括共振时的数据即有机玻璃盘读数为时的数据，在共振点附近应多测几组；

**五．数据处理**

**1.阻尼比，时间常数和品质因素**

（1）无阻尼时

由Excel函数拟合得b=-0.007252，Sb=3.3270

所以得最终结果为

(2)阻尼档为4时

b=-0.160715，Sb=0.00362934

所以得最终结果为

-1

（3）阻尼为5档时

b=-0.162253，Sb=0.00974544

所以得最终结果为

（3）受迫振动的相频特性曲线和幅频特性曲线

由曲线求得的ω0为4.25s-1

相对误差见表中

**五．讨论**

测量点的选取：由函数关系可知，越靠近共振点即ω=ω0处，θm和φ，所以应在共振点附近多选取一些点进行测量。

**六．思考题**

1.周期测量位于摆轮时，当显示窗中周期和振幅的示数都稳定时，受迫振动处于稳定状态

3.测得相位差，即闪光灯亮时有机玻璃盘上的读数为90度时，达到共振。共振频率与ω0近似相等，约为4.25s-1