**音叉受迫振动与共振实验**

201711140236 物理系基地班 李励玮

**实验仪器**

DH4615型音叉受迫振动与共振实验仪

**实验原理**

音叉二臂对称、振动相反，中心杆净受力为0而不振动，外界对音叉振动影响很小，音叉保持振动的能力很强，品质因数Q很容易达到数量级。音叉的固有频率由其材质和几何形状决定

**1.音叉的阻尼振动和受迫振动**

实验使用钢质音叉，通过驱动线圈、探测线圈和阻尼磁铁影响观察音叉振动。驱动线圈和探测线圈结构相同，以圆柱形永磁铁为中心绕多匝铜线构成。

驱动线圈接近音叉振动臂时，音叉靠近永磁铁的部分被磁化。被磁化部分理解为小磁铁。在线圈中通以交变电流，产生一个交变磁场，则小磁铁受到一个交变的力。忽略音叉振动对磁力的影响，则音叉受力与交变磁场（或者驱动线圈中的电流）成正比；忽略小磁铁随音叉振动在线圈中产生的感应电压，且驱动频率变化范围很小，可以认为驱动力的振幅与驱动线圈的电压振幅成正比（二者波形有一个相位差）。

探测线圈与驱动线圈工作方式相似，只是线圈不外加电压，因而只有音叉磁化部分在振动时产生的感应电压。

感应电压正比于磁通量变化率，因此探测电压与音叉振动速度成正比，本实验测量速度共振。磁铁靠近音叉时，音叉产生涡流动能被消耗。若振幅足够小，可以认为磁阻尼与音叉振动速度成正比。

因此，在驱动线圈通正弦信号，音叉振动动力学方程：

（1）

为音叉上某固定点的位移，为音叉固有圆频率，表征阻尼强度（），为驱动电压的圆频率，A正比于驱动电压的振幅。

结论：

1. 阻尼振动（）

阻尼振动方程的解为：

(2)

其中。测量阻尼振荡周期可以得到。，因此与非常接近。若定义振幅衰减到经历时间为衰减时间常数，则有

， （3）

1. 受迫振动（）

加入驱动力并保持一点时间后（远大于阻尼振动的衰减时间常数），受迫振动达到稳态：振动波形与驱动力波形的频率相同并保持固定的相位差，音叉振幅与驱动力幅度成正比，此时探测线圈输出波形正比于

(4)

其中 , (5)

保持驱动振幅不变，扫描驱动频率，速度振幅在达到极大值，即发生共振。在共振峰的两侧处，速度振幅降到，则由（5）式可得

（6）

所以Q值越大，共振峰越尖锐。若测出共振曲线可计算Q值。

**2.音叉振动周期与质量的关系**

将两个质量为的质量块对称地固定在音叉两臂上，由于质量增加而弹性基本不变，音叉的固有频率会变小。将音叉简化为一弹簧振子，其震动周期

（7）

和分别称为等效质量和等效劲度系数。

假定不随改变，则 (8)

为音叉等效质量。

改变附加质量，测量对应的振动周期，可以得到音叉的等效质量与等效劲度系数。这两个量与固定质量块的位置是有关的。

**实验内容**

**1.测量音叉的阻尼振动，根据阻尼振动波形计算音叉的固有频率与品质系数。**

测得 n=10 可计算得固有频率

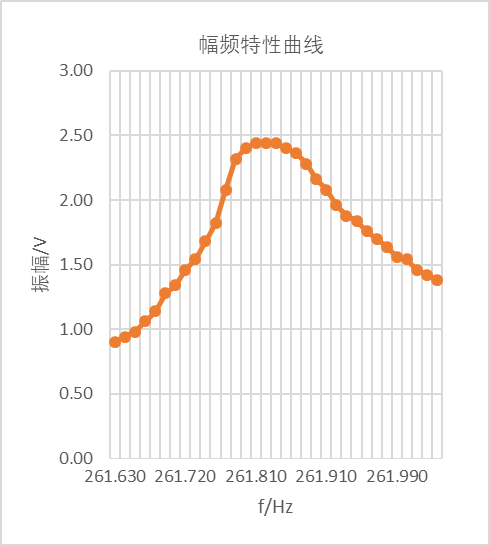
在图像上选取 两点，二者时间差

故计算得

由于，，故计算得

由于，，故计算得

 **2.测量音叉共振的幅频特性曲线，根据共振曲线计算音叉的固有频率与品质系数。**



如上为测量数据，可得如左图幅频特性曲线

由图像可得固有频率

固有圆频率

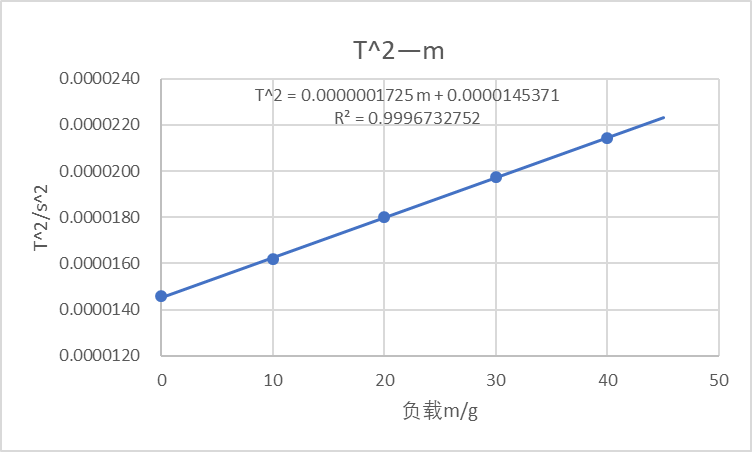
振幅为的频率

由

可计算得

**3.分别测量音叉双臂对称负载不同质量块时的共振频率，计算****音叉的等效振子质量；并利用音叉振动频率与负载质量快m之间的关系，测定未知质量块的质量。**

测量时，将不同的砝码叠加使用可以得到0、10、20、30、40、50g的负载，测得如图数据

****

拟合得如左图直线

由

可得

由于未知质量块的

可计算得未知质量块的质量

已知未知质量块的实际质量为50g

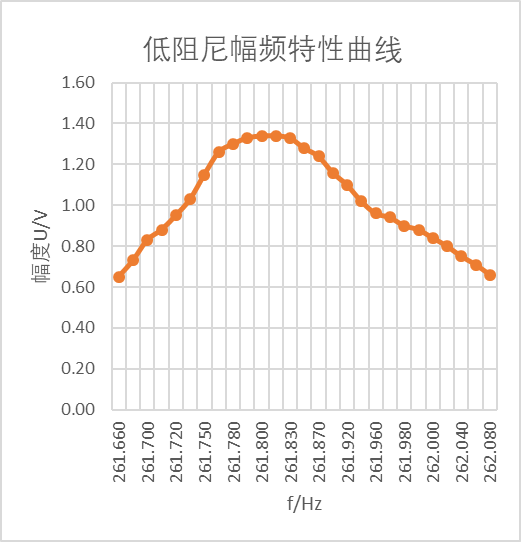
故误差为0.74％

**4.对音叉臂施加阻尼，测量阻尼变化的情况下音叉的共振频率和品质因数。**

**低阻尼**





****测得数据如上

可拟合得如左图曲线

由图像可得固有频率

固有圆频率

振幅为的频率

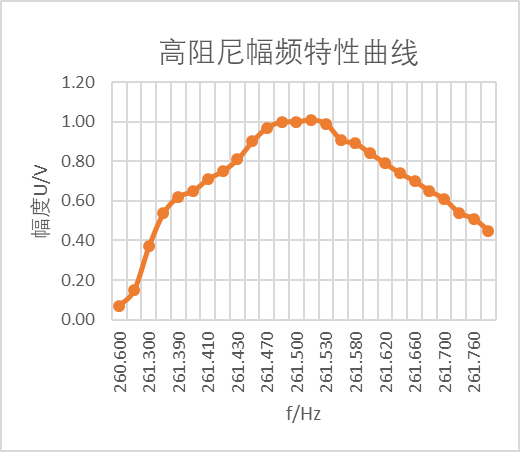
由

可计算得

**高阻尼**





测得数据如上

可拟合得如左图曲线

由图像可得固有频率

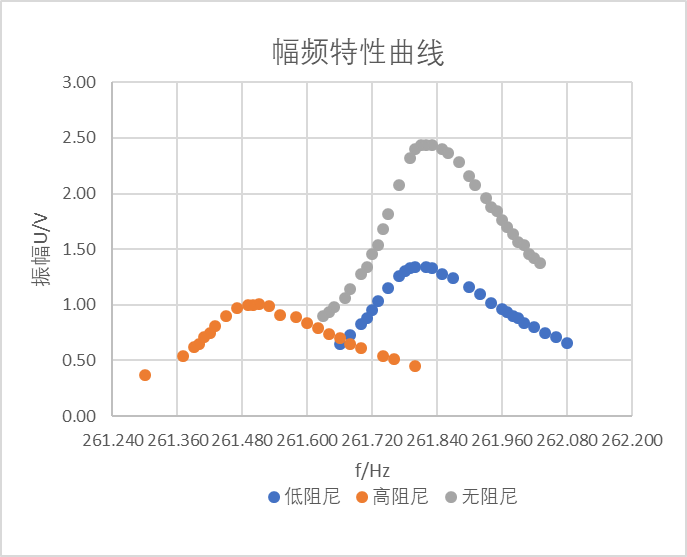
固有圆频率

振幅为的频率

由

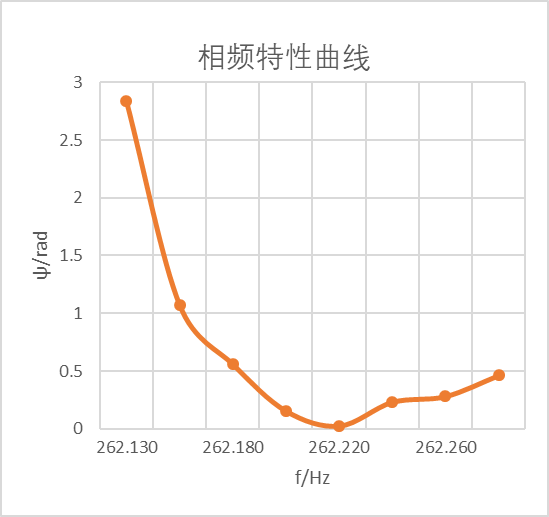
可计算得

**合并图线得到**



**5.测量音叉共振的相频特性曲线。**



 得到如图曲线

**误差分析**

1.加入砝码时，砝码并不完全贴合音叉，可能产生一定的区别于共振的运动，导致产生测量误差。

2.阻尼对音叉两端的吸引力不同，可能导致音叉左右两端的运动存在差异，而测量和计算时将两者作为相同运动测量，存在误差。

3.磁铁靠近音叉时轻微改变音叉的固有频率，甚至引入一些非线性效应。因此高阻尼时的固有频率测定可能存在较大误差。

**预习思考题**

1.增强感应磁场的强度。

2. 被磁化部分理解为小磁铁；忽略音叉振动对磁力的影响；忽略小磁铁随音叉振动在线圈中产生的感应电压，则认为可以认为驱动力的振幅与驱动线圈的电压振幅成正比（二者波形有一个相位差）；若振幅足够小，可以认为磁阻尼与音叉振动速度成正比。

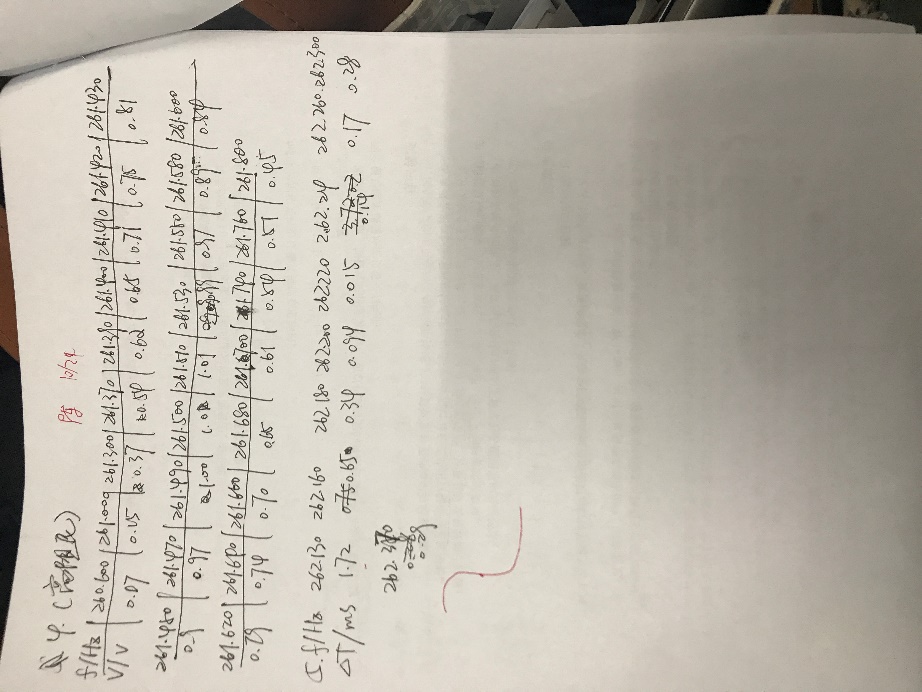
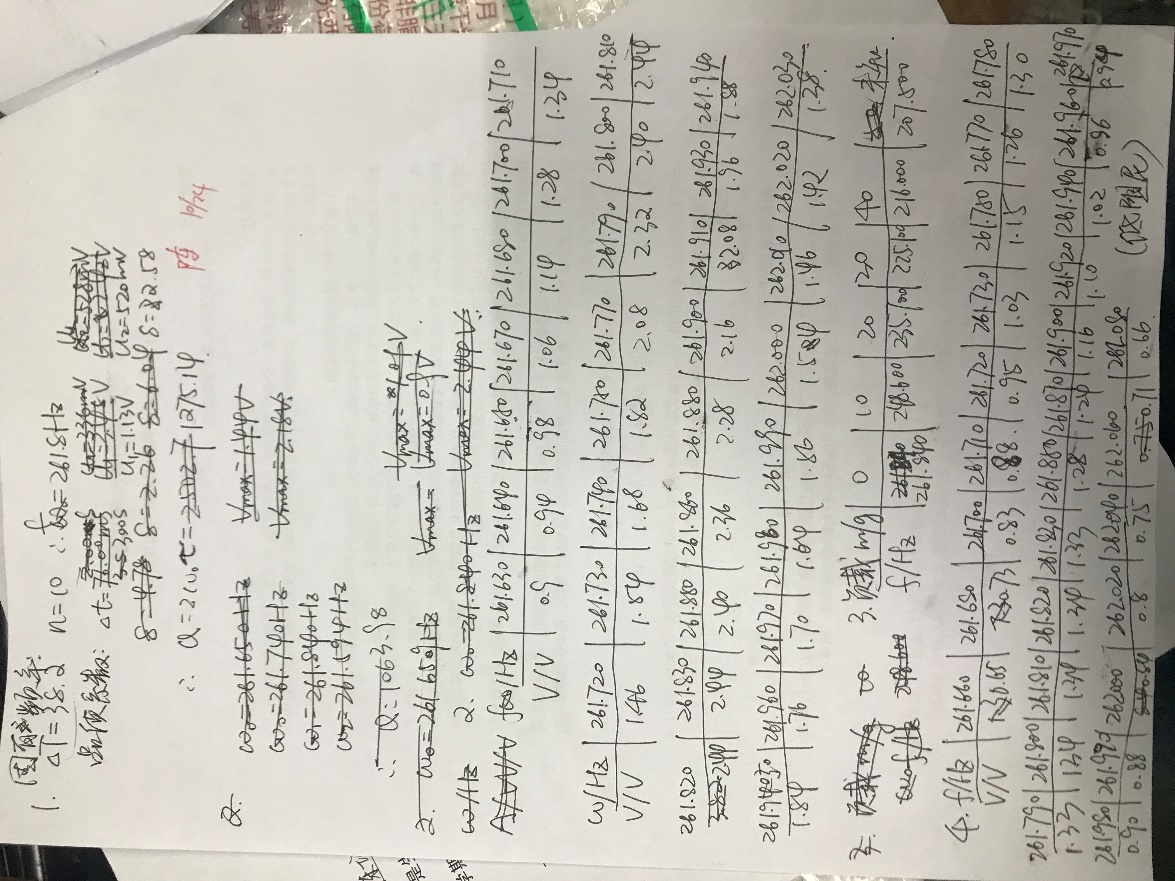
3.品质因数代表阻尼振动时音叉振动频率与固有圆频率的差距。品质因数大时，与固有圆频率差距小；品质因数小时，与固有圆频率差距大。

由可得

4.改变附加质量，测量对应的振动周期，可以得到音叉的等效质量。无关。

5.观察两条曲线是否有相位差。

**实验数据**

****