实验名称: **用三线摆测刚体的转动惯量**

实验目的:

1、学会用三线摆测定物体圆环的转动惯量；

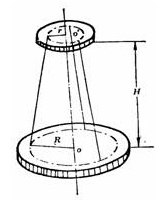
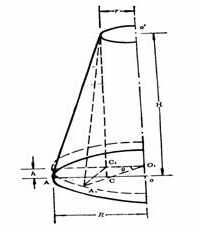
2、学会用累积放大法测量周期运动的周期；

3、学习运用表格法处理原始数据，进一步学习和巩固完整地表示测量结果；

4、学会定量的分析误差和讨论实验结果。

实验一 测量系统转动惯量

装置如下图:

R ,r为大小圆盘的半径,h为三线摆在摆动中相对于平衡位置上升的距离, 为摆动的角度

由能量守恒

势能 

动能 

则有机械能守恒



但是由于 转动动能远大于上下运动动能

所以忽略转动动能远大于上下运动动能

进而有



由于所以，摆角 很小时，

故 有



此为简谐振动方程，有频率方程



由周期

解得

实验二 测量圆环的转动惯量

加上未知转动惯量的圆环后测出此时系统转动惯量为



与未加圆环之前的系统转动惯量相差，得到圆环的转动惯量



实验三 验证平行轴定理

有公式 

放上两个铁块，先将两个铁块放在中心，然后调整两铁块的间隔，测量不同距离时的转动惯量。记录，作线性回归。验证平行轴定理

实验记录

实验仪器及规格

游标卡尺1 0.02mm 游标卡尺2 0.02mm 秒表

钢尺 量程 60cm 最小分度 0.1cm 最大允差 0.1mm

气泡水平计 三线摆 铁块 200g/个

实验一

下圆盘质量

下圆盘半径R

由已知的悬线在下圆盘的节点构成的等边三角形边长a=173.36mm,可知

上圆盘直径d 测量仪器 游标卡尺 精度0.02mm

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 |
| 上圆盘直径 cm | 9.980 | 9.978 | 9.980 |

上下圆盘的距离H 测量仪器 查表钢尺精度 0.01cm 量程 60cm

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 上下圆盘的距离 cm | 50.70 | 50.85 | 50.60 |  |  |

周期

每= 计时一次

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| /S | 1’14’’46 | 1’14’’39 | 1’14’’61 | 1’14’’48 |  |

数据处理

1上圆盘直径d



标准差

A类不确定度为 

B类不确定度为 

误差合成 

测量结果 

2上下圆盘的距离H



标准差

A类不确定度为 

B类不确定度为 

误差合成 

测量结果 

3时间测量



标准差

A类不确定度为 

B类不确定度为 

误差合成 

测量结果 

4下圆盘半径R

由已知的悬线在下圆盘的节点构成的等边三角形边长a=173.36mm,可知

由数值小数点尾数,推测此数据是由精度为0.02mm的游标卡尺测定的.所以估计误差为



所以定

5关于下盘的质量估计

由已知的下盘质量

推测此数据是由天平测量得到的.天平的最大允差为0.2g.

所以定

6结果的处理



误差处理

采用误差均分法

先对公式取对数



求全微分



求平方和



代入数据

得

最终结果 

实验二

先理论计算圆环的转动惯量

圆环质量 =398.20g

圆环外径  测量仪器 游标卡尺 精度0.02mm

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 圆环外径  cm | 18.940 | 19.008 | 18.990 | 19.002 |

圆环内径  测量仪器 游标卡尺 精度0.02mm

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 内径  cm | 16.952 | 16.972 | 16.986 | 16.984 |



实验测量

周期

每 计时一次

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| /S | 1’24’’11 | 1’24’’26 | 1’24’’27 |  |  |

由



得到圆环转动惯量

数据处理

外径 

内径 

计算圆环理论转动惯量



时间测量



标准差

A类不确定度为 

B类不确定度为 

误差合成 

测量结果 

最终结果



误差



实验三

两个物块的质量 

每个周期计时一次

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 物块间距 | 0 cm | 2 cm | 4 cm | 6 cm | 8 cm |
| 时间 T1 | 52’’37 | 54’’47 | 1’00’’19 | 1’08’’81 | 1’19’’25 |
| 时间 T2 | 52’’50 | 54’’39 | 1’00’’10 | 1’08’’66 | 1’19’’49 |
| 时间 T3 | 52’’30 | 54’’40 | 1’00’’15 | 1’08’’60 | 1’19’’37 |
| 时间品均值 s | 52.39 | 54.42 | 60.14667 | 68.75667 | 79.37 |
| 转动惯量 | 0.0020335 | 0.002194 | 0.002680 | 0.003503 | 0.004667 |

做出  图像



可见, ,可知成立.,即验证了平行轴定理.

由线性拟合,还可以发现, ,与实际的比较,可以接受.

讨论试验1

摆角较大的结果讨论

初始摆角90°

每个周期计时一次

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 |
| /S | 1’21’’39 | 1’21’’50 | 1’21’’45 |

平均值

比较试验一中的数据

有

这是因为在近似计算时有角度限制下表

在10°以内

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 角度值 ° | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| 弧度值 rad | 0 | 0.034907 | 0.069813 | 0.10472 | 0.13962634 | 0.174532925 |
|  | 0 | 0.034899 | 0.069756 | 0.104528 | 0.139173101 | 0.173648178 |

超出10°

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 角度值 ° | 0.349066 | 0.698132 | 1.047197551 | 1.396263 | 1.570796 |
| 弧度值 rad | 20 | 40 | 60 | 80 | 90 |
|  | 0.34202 | 0.642788 | 0.866025404 | 0.984808 | 1 |

可见在10°内大致成立.但是,超出10°后, 与的弧度值差距越来越大.所以,在计算周期时,只能在小角度内近似计算.当到达角度时就要采用更精确得计算方式和近似公式.

讨论试验2

在考虑原盘厚度的情况下的测量

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 平均值 |
| 圆盘厚度h cm | 0.394 | 0.396 | 0.400 | 0.397 |

在考虑了下圆盘厚度的情况下.计算公式变为

代入数据后得到

与为计算盘厚度时的数值比较



所以盘的厚度的影响可以忽略.

思考题

1摆角大小对试验有无影响?若有影响能否修正?

答：有影响。讨论试验1已经讨论了。可以做一个对应修正表来进行修正。

2三线摆在摆动中受空气阻尼，振幅减小，他的周期如何变化？观察试验，说出理论依据。

答：周期增大。

因为假设空气的阻力与角速度成正比.则有



由试验观察,知道,不可能为过阻尼或临界阻尼振动,所以考虑为欠阻尼振动.

解得



其中,,为待定常数.

可以发现,角频率变小,所以周期变大.

3 加上待测物体后，三线摆周期是否一定比空盘周期大？为什么？

答：不一定。

因为有公式

可以知道,与成正比.

从实验数据看:空盘的周期;

放上圆环的周期,;

放上物块于正中的周期;

明显看出,所以周期不仅仅与质量有关.

4 分析复摆法与扭摆法测转动惯量时产生误差的原因是什么？

答：扭摆法产生误差的原因是钢丝的扭转产生误差以及空气阻力；复摆法产生误差的原因是大角度的摆动，周期测量的不准，空气的阻尼。