

实 验 报 告

题 目：长度、质量和密度的测量

学 院：物理学院

学 号：11210615

姓 名：石航瑞

实验地点：唐敖庆楼B区407

实验时间：2022年11月4日

1. **实验原理**

质量是物理学中的基本概念，有引力质量和惯性质量之分，而目前的研究均表明二者是物体的两种不同属性——惯性和引力是其同意本质的不同方面的表现。对于引力质量，根据牛顿提出的万有引力定律：

可知天平测得的就是引力质量的大小。

而根据牛顿第二定律：

可知惯性质量是物体平动惯性大小的量度，惯性质量的大小可以用惯性称来测量。

密度是物理学的常用量，其定义为：

对于形状规则的物体我们可以通过测量长度（几何参量）和质量的方法计算其密度。

1. **实验步骤**
2. 记录游标卡尺、螺旋测微器、读数显微镜的量程和精度，物理天平的量程和分度值
3. 用游标卡尺测量圆柱的高度，细线物品的长度，测量三次
4. 用螺旋测微器测量圆柱的直径，圆球的直径，测量六次
5. 用读数显微镜测量细线物品的直径，测量六次
6. 用物理天平测量圆柱和圆球的质量和，测量三次。用电子天平测量细线物品的质量，测量一次
7. 计算圆柱、圆球、细线的密度
8. **实验数据**

表 记录游标卡尺、螺旋测微器、读数显微镜量程和精度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 游标卡尺 | 螺旋测微器 | 读数显微镜 | 物理天平 |
| 量程 |  |  |  |  |
| 精度（分度值） |  |  |  |  |

表 游标卡尺测量数据

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 次数 |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

表 螺旋测微器测量数据 表 读数显微镜测量数据

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

表 天平测量数据

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 次数 |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

根据， 可得：

表 各物体密度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | 圆柱 | 圆球 | 细线 |
|  |  |  |  |

1. **计算与分析**
2. 不确定度计算
3. A类不确定度

对于多次测量的重复量均有A类不确定度：

所以带入计算可得实验中各测量值的A类不确定度为：

表 各测量值的A类不确定度

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. B类不确定度

由仪器精度产生的误差可以认为是均匀分布，所以我们有：

其中为仪器最大极限误差。我们可由表1的仪器精度得到各测量的B类不确定度如下表所示：

表 各测量设备的B类不确定度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 游标卡尺 | 螺旋测微器 | 读数显微镜 | 物理天平 |
|  |  |  |  |  |

1. C类不确定度

C类不确定度由其他不确定度合成：

可得：

表 各测量值的标准不确定度

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

由不确定度传递公式：

将各密度计算公式(， )代入，同时将数据带入上式计算可得各物体密度的合成不确定度为：

我们可以取置信概率为95%来计算数据的扩展不确定度，由于取，那么，所以可得：

1. 实验结果
2. 误差分析

在本实验中，误差产生原因有以下几点：首先，仪器本身会有一定的精度误差；其次，多次重复独立测量会有统计误差；再次，在测量细线直径时，细线可能和读数显微镜移动方向不完全垂直，导致测量直径偏大，结果密度偏小；测量细线长度时，可能细线没有完全伸直，导致长度测量结果偏小，密度偏大。通过上述实验不确定度计算，我们可以看出在实验中，测量统计不确定度对最后结果产生的影响较大。

1. 思考题
2. 使用螺旋测微器和物理天平时要注意什么？如何消除读数显微镜测量时产生的空程误差？

都要注意其量程和精度，使用时注意不能超量程测量。螺旋测微器测量时应该旋转其尾部的棘轮而不应该旋转其副尺套筒；测量前应记录零点读数，在计算时进行修正；使用时应该左手捏持弓形手柄上的绝热塑料垫块，右手旋转棘轮；测完后测量接触面应该离开一定间隙，防止损坏螺纹。

物理天平使用前应该调节水平和平衡，操作时要注意保护刀口；调节平衡螺丝、加减砝码等操作都要在天平制动的情况下进行；也不能用手触摸天平。

读数显微镜在单次测量中应该沿同一方向旋转鼓轮，这样既可消除空程误差。

1. 推导圆球密度的不确定度公式？

由式(4)可得：

可得：

1. 如何只用游标卡尺和物理天平测量游码的质量？

用游标卡尺测得刀口到中心距离为D，游码移动距离x处对应读数为mg，由杠杆原理可得：

所以

1. 如何用游标卡尺和物理天平测量A4纸的密度？

用游标卡尺测量出A4纸的长、宽，测量出五十张A4纸的厚度，用物理天平测量出五十张A4纸的质量，由此计算出A4纸的密度。

1. 现有物理天平、烧杯、玻璃器皿、抹布等仪器用具，如何测量干砖块的密度？

首先用物理天平测出干砖块的质量，其次将烧杯盛满水，用物理天平称出其质量，将烧杯放置于玻璃器皿中，将砖块放入烧杯中，用干抹布擦干烧杯外壁水珠，将烧杯放在物理天平上称量质量，可得：

所以干砖块的密度: