

桌号

惯性秤实验 (桌面讲义)

请勿涂写
请勿带走

惯性质量的测量

一、实验目的

学习用动力学法测量质量

学习仪器的定标方法

研究重力对惯性秤的影响

二、实验仪器

1 惯性秤

如图 1，其主要部分是两根弹性钢片，连成的一个悬臂振动体，振动体的一端是秤台 11，秤台的槽中可插入定标用的标准质量块。悬臂振动体的另一端是平台 9，通过固定螺栓把悬臂振动体固定在座上，旋松固定螺栓，则整个悬臂可绕固定螺栓转动。挡光片 13 用于光电门测周期。光电门和周期测试仪（DHTC-1）用导线相连。吊杆上的挂钩用以悬挂待测物，研究重力对秤的振动周期的影响。

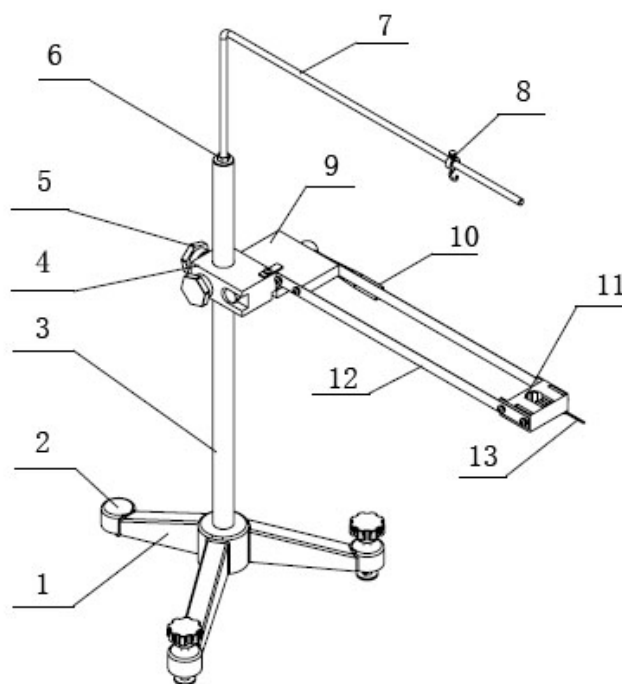


图 1

- | | |
|---------|----------|
| 1. 三脚架 | 2. 水平螺栓 |
| 3. 立柱 | 4. 固定座 |
| 5. 旋钮 | 6. 滚花扁螺母 |
| 7. 吊杆 | 8. 挂钩 |
| 9. 平台 | 10. 球形手柄 |
| 11. 秤台 | 12. 振动体 |
| 13. 挡光片 | |

2 DHTC-1A 型多功能周期测定仪，使用方法见附录

三、实验原理

惯性质量和引力质量是由两个不同的物理定律—牛顿第二定律和万有引力定律引入的两个物理概念，前者表示物体惯性大小的量度，后者则表示物体引力大小的量度。但现已精确证明，任一物体的引力质量和它的惯性质量成正比，两种质量若以同一物体作为单位质量，则任何物体的两种质量值是同样的，因此，我们可以用同一个物理量“质量”来表示惯性质量和引力质量。

由牛顿第二定律和万有引力定律，原则上讲，可以有两种测定质量的方法：一是通过待测物体和选作质量标准的物体达到力矩平衡的杠杆原理求得，用天平称衡质量就是根据该原理；另一种是由测定待测物体和标准物体在相同的外力作用下的加速度而求得。惯性秤测定质量就是根据后者。但惯性秤不是直接比较物体的加速度，而是用振动法比较反映物体加速度的振动周期，去确定物体的质量。该方法对处于失重状态下物体质量的测定有独特的优点。具体原理如下：

惯性秤平台调平后，将其沿水平方向推开一段距离，然后松手，平台及其上的物体将在振臂的弹性恢复力作用下作左右摆动。在平台上负载不大的且平台位移较小的情况下，可以近似地认为弹性恢复力和平台的位移成正比，即平台是在水平方向作简谐振动。设弹性恢复力 $F = -KX$ (K 为秤臂的弹性系数， X 为

平台质心偏离平衡位置的距离), 根据牛顿第二定律, 可得

$$(m_0 + m_i) \frac{d^2 x}{dt^2} = -KX \quad (1)$$

式中 m_0 为平台的等效惯性质量, m_i 为砝码或待测物的惯性质量。解此方程, 得平台及其上的周期为

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_0 + m_i}{K}} \quad (2)$$

先测得空秤 ($m_i = 0$) 时的周期 T , 然后将具有相同惯性质量的片状砝码依次插入平台, 测得相应的周期为 T_1, T_2, \dots ,

把 (2) 式改写

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{K} m_0 + \frac{4\pi^2}{K} m_i \quad (3)$$

用一元线性回归法处理数据, 作 $T^2 \sim m_i$ 直线或者用最小二乘法, 即可得到截距 A 和斜率 B 的精确解。仪器的常数, 即空秤的等效质量 m_0 和秤臂的弹性系数 K 分别由截距和斜率求得。若已知待测物的周期, 即可得到该物体的惯性质量值。

四、实验内容

- 1、调节惯性秤平台水平, 分别将砝码插入平台中, 测量它们的周期, 若各个周期之间差异不超过 1%, 在此实验中, 就可认为它们具有相同的惯性质量。可以取一个砝码作为惯性质量单位。
- 2、测空秤的周期 T_0 , 再依次增加把片状砝码插入平台中, 记下周期。用最小二乘法处理数据计算 m_0 及 k 。
- 3、把待测圆柱 (2 个) 搁在平台中央圆孔中, 测定它们的周期, 用 2 中的结论计算待测物体的质量

4、研究重力对惯性秤的影响

惯性秤平台仍水平放置，用细线吊起较重的待测圆柱（使细线处于绷紧状态），通过吊桥上钩挂将大圆柱体铅直悬吊在平台中央孔中，测定其摆动周期，与原来直接搁在圆孔中的周期进行比较，有何不同？

5、惯性秤竖直放置，测量空秤周期，再依次增加把片状砝码插入平台中，记下周期。用最小二乘法处理数据计算 m_0' 及 k' 。把待测圆柱搁在平台中央圆孔中，测定它们的周期，计算待测物体的质量。

五、数据表格

1. 校验砝码惯性质量是否相同

砝码编号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
周 期 50T (s)	1										
	2										
	3										
T 平均值 (s)											

实验结论：

2. 加载不同质量时惯性秤的周期

加载质量(g)		0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
周 期 50T (s)	1											
	2											
	3											
T 平均值 (s)												
T ² (s)												

设 $T^2 = a + bM_i$ 用最小二乘法得 $a = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $b = \underline{\hspace{2cm}}$ ， r （相关系数）= $\underline{\hspace{2cm}}$

$K = \underline{\hspace{2cm}}$ ， $M_0 = \underline{\hspace{2cm}}$

3.两个待测样品的周期

样品		1	2
引力质量 (g)			
周期 50T (s)	1		
	2		
	3		
T 平均值 (s)			
T ² (s)			
实验惯性质量 (g)			

4.研究重力对惯性秤的影响

样品		2
引力质量 (g)		
周期 50T (s)	1	
	2	
	3	
T 平均值 (s)		
T ² (s)		

实验结论：

5.惯性秤竖直时，加载不同质量时惯性秤的周期

加载质量 (g)		0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250
周期 50T (s)	1											
	2											
	3											

T 平均值 (s)											
T ² (s)											

设 $T^2 = a' + b' M_i$ 用最小二乘法得 $a' = \underline{\hspace{2cm}}$, $b' = \underline{\hspace{2cm}}$, r' (相关系数) = $\underline{\hspace{2cm}}$
 $K' = \underline{\hspace{2cm}}$, $M_0' = \underline{\hspace{2cm}}$

样品	1	
引力质量 (g)		
周期 50T (s)	1	
	2	
	3	
T 平均值 (s)		
T ² (s)		
实验惯性质量 (g)		

六. 思考题

1. 该惯性秤可以测量失重状态物体的质量吗?
2. 该惯性秤的灵敏度是多少?
3. 测量周期时在运动状态的什么位置计时较为合理?

附录 **DHTC-1A 通用计数器**

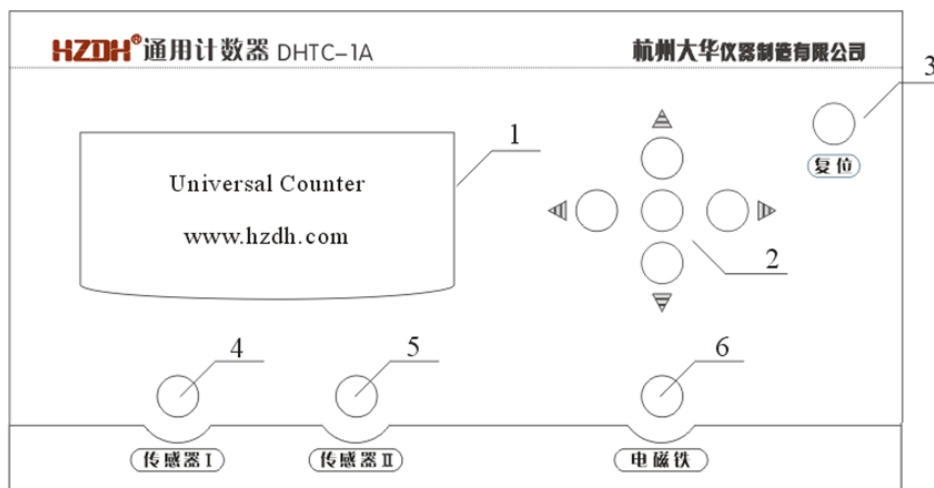
一、仪器参数

- 1、周期测量 1us~999, 999, 999us, 测试分辨率 1us;
- 2、周期测量次数 0~99 次任意可设, 脉宽测量 1-50 次任意可设;



图 1 通用计数器

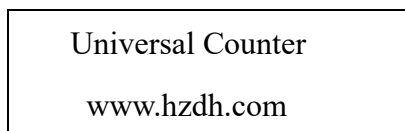
二、通用计数器使用说明



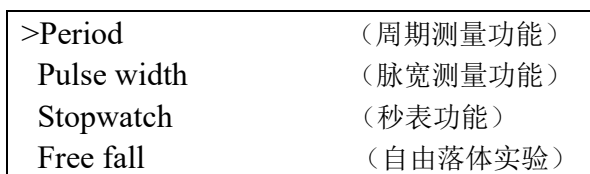
1. 液晶显示器 2. 功能键盘（含上键、下键、左键、右键和确认键）
3. 系统复位键 4. 传感器 I 接口（光电门 I） 5. 传感器 II 接口（光电门 II）
6. 电磁铁输出接口（控制电压 DC9V）

图 2 通用计数器面板图

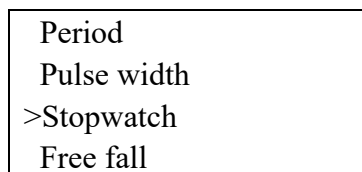
- 1、开机或按复位键后，进入欢迎界面：



- 2、欢迎界面下，按任意键进入如下菜单界面：



按上、下功能键选择功能菜单：



- 3、周期测量功能菜单（备注：实验时测试仪外接传感器 I（光电门 I））

3.1、选择周期测量 **Period** 功能后，按确认键后进入如下菜单：

>Set Period n: xx	(周期设定)
Start measure	(开始测量)
Data query	(数据查询)
Return	(选择 Return, 按确认键返回上一级)

按上、下功能键选择功能菜单

Set Period n: xx
>Start measure
Data query
Return

3.2 选择 “>Set Period n: xx” 后, 按左、右键改变 xx 来设定周期数 n, n 最大可以设置为 99, 所设即所得, 不用再按确认键。

>Set Period n: 10
Start measure
Data query
Return

3.3 选择 “>Start measure”, 按确认键进入测试, 显示如下界面:

Period n: 10	(周期 n=10)
Measuring...	(正在测量...)
XXX	(挡光杆过光电门次数)

xxx 为 0~2n, 动态显示; 挡光杆每经过一次光电门, xxx 自动+1, 直到 xxx 为 2n+1 时直接显示测试结果界面如下:

Period n: 10	
t: xxx, xxx, xxx us	(10 个周期总时间)
T: xxx, xxx, xxx us	(单周期平均时间)
Save	Return (保存 返回)

按左、右键切换 Save 和 Return 功能, 按确认键选择相应功能:

Period n: 10	
t: xxx, xxx, xxx us	
T: xxx, xxx, xxx us	
Save	Return

选择 **Return** 按确认键返回上级，选择 **Save** 按确认键进入如下界面：

Save data to	
Group	xx (xx 为 0-30 之间，每次测量后 xx 自动加 1)

数据保存成功后显示：

Data saved to group xx	(1 秒后自动返回周期测量菜单)
------------------------	------------------

3.4 选择 “>Data query” 功能进入如下界面：

Group 1	Return	(数据组 x 返回)
Period n: 10		(数据组 x 对应的周期数)
t: xxx, xxx, xxx us		(数据组 x 对应的 n 个周期总时间)
T: xxx, xxx, xxx us		(数据组 x 对应的单周期平均时间)

在该界面上按确认键返回周期测量菜单，按下、上键翻看数据组 $x \pm 1$ ：

Group $x \pm 1$	Return
Period n: 10	
t: xxx, xxx, xxx us	
T: xxx, xxx, xxx us	