

实验二 物体密度的测量

【实验目的】

1. 掌握正确使用物理天平的方法；
2. 学会用流体静力称衡法测量不规则固体的密度；
3. 运用不确定度及有效数字理论处理实验结果。

【仪器及用具】

物理天平、待测物体（铁块和塑料块）、细线

【实验原理】

物体的质量为 m ，体积为 V ，则其密度为：

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-1)$$

若测定物体质量 m 及体积 V 就可以求得物体密度 ρ 。本实验中用物理天平称量待测物的质量 m ，用流体静力称衡法间接地测出待测物的体积 V 。对于测定不规则物体的密度，这是一种常用的方法。

如果忽略空气的浮力，物体在空气中的重力 $W = mg$ 与浸在液体中的视重 $W_1 = m_1g$ 之差就是待测物在液体中所受的浮力 F 。

$$F = W - W_1 = (m - m_1)g \quad (2-2)$$

其中 m 是待测物在空气中称衡时相应的天平砝码质量， m_1 是待测物在全部浸入液体中称衡时相应的天平砝码质量。根据阿基米德原理，物体在液体中所受的浮力等于它所排开液体的重力即

$$F = \rho_0 g V \quad (2-3)$$

其中 ρ_0 是液体的密度，在物体全部浸入液体中时， V 是待测物排开液体的体积，即待测物的体积。由 (2-1)，(2-2)，(2-3) 可得待测物的密度 ρ

$$\rho = \frac{m}{m - m_1} \rho_0 \quad (2-4)$$

本实验中的液体采用水， ρ_0 即为水的密度。不同温度下水的密度可以从表 2-3 中查出。

如果待测物体的密度小于液体的密度，则可以采用如下方法：将待测物拴上一个重物，在重物作用下，待测物连同重物全部浸没在液体中。这时进行称衡，如图 2-1 (a) 所示，相应的砝码质量为 m_2 ，再将待测物提升到液面之上，而重物

仍浸没在液体中，这时进行称衡，如图 2-1 (b) 所示，相应的砝码质量为 m_3 。则物体所受的浮力 $F = (m_3 - m_2)g$ ，密度

$$\rho = \frac{m'}{m_3 - m_2} \rho_0 \quad (2-5)$$

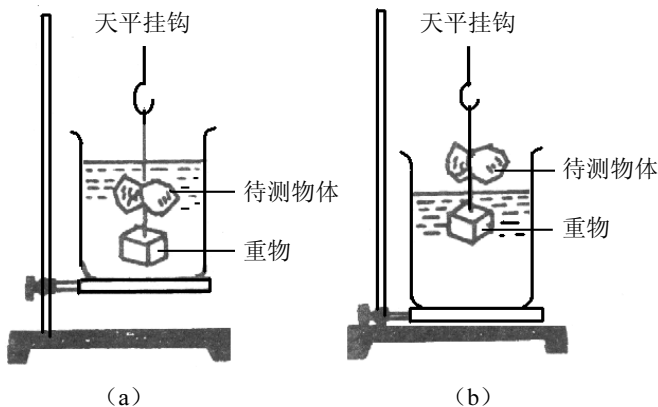


图 2-1 物体密度的测量装置

m' 为待测物体的质量。用这种方法只能测量在液体中性质不会发生变化的物体的密度（不起化学反应，也不溶解）。利用这种方法，还可测未知液体的密度。

【仪器介绍】

1. 物理天平的构造

物理天平是常用的称衡质量的仪器。其构造如图 2-2 所示。天平是一种等臂杠杆装置，天平的横梁上有 3 个刀口 F_1 、 F_2 、 F_3 ，两侧刀口 F_1 、 F_3 向上，用以承挂左右秤盘，而中间刀口 F_2 则搁置在立柱上部的刀承平面上。在两端的刀刃 F_1 和 F_3 下面悬挂两个称盘 C_1 和 C_2 。称衡时将待测物放在 C_1 盘上，砝码放在 C_2 盘上。梁上附有可移动的游码 D ，游码 D 每向右移动一个小格，相当于在右盘 C_2 中加 $0.05g$ 砝码。横梁下面固定着一个指针 E ，立柱上有标尺。当横梁摆动时，通过指针尖端在立柱下部的标尺上所指示的读数，可以指示左右秤盘上待测物体的质量和砝码质量间的平衡状态。为了保护天平的刀口，在立柱内装有制动器，旋转立柱下部的制动钮，可使刀承平面上下降。天平在不使用时或在称衡过程中添加砝码时，应处于制动状态。这时刀承面降下，使横梁放置在立柱两旁的支架上，以保护刀口。只有在称衡过程中考察天平是否平衡时才支起横梁。横梁两端有调节空载平衡用的配重螺母，横梁上有放置旋码的分度标尺。天平立柱固定在稳固的底盘上，并设有铅垂或水准器，以检验天平立柱是否铅直。

为了便利某些实验，在左面装有托盘 G ，可用它托住不被称衡的物体，如水杯等，不用时可托盘 G 转向一边。

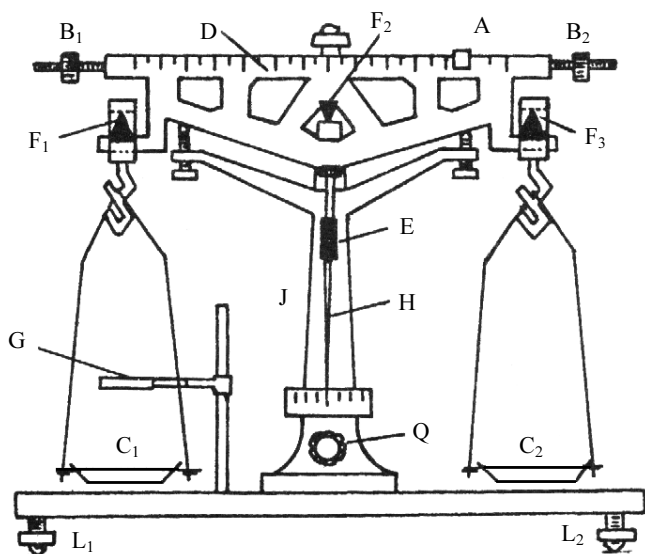


图 2-2 物理天平

天平的性能参数如下：

(1) 最大称量和分度值。天平的最大称量是天平允许称衡的最大质量。使用天平时，被称物体的质量必须小于天平的最大称量，否则会使横梁产生形变，并使刀口受损。一般先将被称物体在低一级天平上进行预称衡，以减少精度较高的天平在称衡过程中横梁启动次数，减少刀口的磨损。

天平的分度值是指使天平指针偏离平衡位置一格需在秤盘上添加的砝码质量，它的单位为 $\text{mg}/\text{格}$ 。分度值的倒数称为天平的灵敏度。上下调节套在指针上的重心螺丝，可以改变天平的灵敏度。重心越高，灵敏度越高。天平的分度值及灵敏度与天平的负载状态有关。

(2) 不等臂性误差。等臂天平两臂的长度应该是相等的，但由于制造、调节状况和温度不匀等原因，会使天平的两臂长度不是严格相等。因此，当天平平衡时，砝码的质量并不完全与待称物体的质量相等。由于这个原因造成的偏差称为天平的不等臂性误差。不等臂性误差属于系统误差，它随载荷的增加而增大。按计量部门规定，天平的不等臂性误差不得大于 6 个分度值。

为了消除不等臂性误差，可以利用复称法来进行精密称衡。复称法是先将被称物体放在左盘，砝码放在右盘，称得质量 M_1 ，然后将被称物体放在右盘，砝码放在左盘，称得质量 M_2 。根据力矩平衡原理，被称物体的质量应为

$$M = \sqrt{M_1 M_2} \approx \frac{M_1 + M_2}{2}$$

(3) 示值变动性误差。示值变动性误差表示在同一条件下多次开启天平，其平衡位置的再现性，是一种随机误差。由于天平的调整状态、操作情况、温差、

气流、静电等原因，使重复称衡时各次平衡位置产生差异。合格天平的示值变动性误差不应大于 1 个分度值。

2. 天平和砝码的精度等级

以天平的名义分度值与最大称量之比来决定天平的精度等级。国家计量部门规定天平产品分 10 个精度级别，见表 2-1。例如实验室常用的物理天平为 10 级，TG620 分析天平为 6 级。天平的调整和使用的一般程序如下：

(1) 天平使用前必须按一定的程度进行调节，使用方法也有一定的要求。

①调整水平：适当旋转底座螺丝 L_1 、 L_2 ，使水准泡调到中心为止。

②调整零点：将游码 D 拨到左端 O 点处，旋转制动旋钮 Q ，将横梁抬起，使之自由摆动，此指针应在标尺“0”点附近左右摆动。当摆动幅度左右相等时，天平平衡；如不平衡，可调节平衡螺母 B_1 、 B_2 。

(2) 称衡：将待测物体放在左盘中央（或将物体挂在盘框上方的钩子上）。砝码放在右盘中央，使天平平衡。在天平还不很平衡时，不必完全升起横梁。只要略微抬起，就能从指针偏转方向判别哪一边重，而将横梁架住后增减砝码，直到最后利用游码使天平平衡。

(3) 每次称量完毕，旋转制动旋钮，放下横梁。全部称完后将秤盘脱离刀口。

【注意事项】

(1) 天平的负载量不得超过其最大称量，以免损坏刀口或压弯横梁。

(2) 为了避免刀口受冲击而损坏，必须切记在取放物体、取放砝码、调节平衡螺母以及不用天平时，都必须将天平止动。只有在判断天平是否平衡时才将天平启动。天平启、止动时动作要轻，止动时最好在指针接近标尺中央时进行。

(3) 砝码不得用手拿取，只准用镊子夹取，从秤盘上取下砝码后应立即放入砝码盒中（镊子也必须保持清洁）。

(4) 天平的各部分以及砝码都要防锈、防蚀。高温物体、液体及带腐蚀性的化学品不得直接放在秤盘内称衡。

(5) 指针 E 所附的配重 H 上下移动时，可改变梁的重心位置而影响天平的灵敏度。出厂时已调整好，一般不应随便变动。

【实验内容与步骤】

1. 测量水的温度，并从表 2-3 中查出水的相应密度 ρ_0 。

2. 测量铁块的密度：

(1) 按物理天平称衡前的调节方法调节天平。

(2) 将铁块拴上细线挂在左边秤盘上的钩子上，称量出 m 。

(3) 将铁块用细线挂在天平左盘上的钩子上，装水的烧杯放在托盘 G 上，并将铁块全部浸入水中。如图 2-3 所示，称出 m_1 （天平横梁抬起时铁块要保持全部浸入水中，且不得与杯底和侧面接触）。

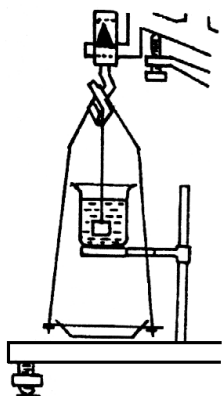


图 2-3 铁块密度的测量装置

(4) 重复 (1)、(2)、(3) 的过程, m 和 m_1 各测量 5 次。

3. 测量塑料块的密度。

(1) 测出塑料块在空气中的质量 m' 。

(2) 将塑料块和重物全部浸入水中测出 m_2 。

(3) 将塑料块拴上重物, 重物浸入水中, 塑料块在水面之上, 测出 m_3 。

(4) 重复 (1) ~ (3), 各量均测 5 次。

【参考数据表格】

读数单位:

室温:

次 \ 量	1	2	3	4	5	平均	S_m	$u_{c(\bar{m})}$
m								
m_1								
m'								
m_2								
m_3								

注: m 为铁块在空气中时天平的视重; m_1 为铁块全部浸入水中时天平的视重

m' 为塑料块在空气时天平的视重; m_2 为塑料块与铁块全部浸入水中时天平的视重

m_3 为塑料块在空气中铁块在水中时天平的视重

【数据处理】

● 第一部分

计算铁块及塑料块的密度的平均值:

$$\overline{\rho_{\text{铁}}} = \frac{\overline{m}}{\overline{m} - \overline{m}_1} \rho_{\text{水}} \quad \overline{\rho_{\text{塑}}} = \frac{\overline{m}'}{\overline{m}_3 - \overline{m}_2} \rho_{\text{水}}$$

水的密度查 2-3 表。

● 第二部分

1. 计算五个 m 的 A 类不确定度, 公式为:

$$S_{\overline{m}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - \overline{m})^2}{n(n-1)}}$$

其中 $n=5$, 保留两位有效数字。

2. 计算五个 m 的合成不确定度, 公式为:

$$u_{(\overline{m})} = \sqrt{S_{\overline{m}}^2 + u_j^2}$$

其中 B 类不确定度为 $u_j=0.02$ 。保留一位有效数字。

【预习要求】

1. 明确天平的构造、调整程序及注意事项。特别注意什么?
2. 天平的水准泡的调节方法。
3. $\rho = \frac{m}{V}$ 公式中关键是测什么量? 本实验使用什么方法测的?

【思考题】

1. 如果实验中, 试件表面吸附有气泡, 则实验结果所得到的密度偏大还是偏小? 为什么? 用什么方法解决?
2. 实验中用来把物吊起来的线为什么要用细线而不用粗线? 若现有三种粗细一样的线: 棉线、尼龙线和铜线, 你认为用哪种好? 为什么?
3. 如何测未知液体的密度?

【附表】

表 2-1 天平级别

精度级别	分度值/最大称量	精度级别	分度值/最大称量
1	1×10^{-7}	6	5×10^{-6}
2	2×10^{-7}	7	1×10^{-5}
3	5×10^{-7}	8	2×10^{-5}
4	1×10^{-6}	9	5×10^{-5}
5	2×10^{-6}	10	1×10^{-4}

表 2-2 砝码的允差 (极限误差)

质量允差 (mg) 名义质量	等级	一等	二等	三等	四等	五等
	500 (g)		±2	±3	±10	±25
200		±0.5	±1.5	±4	±10	±50
100		±0.4	±1.0	±2	±5	±25
50		±0.3	±0.5	±2	±3	±15
20		±0.15	±0.3	±1	±2	±10
10		±0.10	±0.2	±0.8	±2	±10
5		±0.05	±0.15	±0.6	±2	±10
2		±0.05	±0.10	±0.4	±2	±10
1		±0.05	±0.10	±0.4	±2	±10
500 (mg)		±0.03	±0.05	±0.2	±1	±5
200		±0.03	±0.05	±0.2	±1	±5
100		±0.02	±0.05	±0.2	±1	±5
50		±0.02	±0.05	±0.2	±1	—
20		±0.02	±0.05	±0.2	±1	—
10		±0.02	±0.05	±0.2	±1	—
5		±0.01	±0.05	±0.2	—	—
2		±0.01	±0.05	±0.2	—	—
1		±0.01	±0.05	±0.2	—	—

表 2-3 水的密度

(单位: $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)

C°	0°	1°	2°	3°	4°
0°	0.99987	0.99990	0.99994	0.99996	0.99997
10°	99973	99963	99952	99940	99927
20°	99823	99802	99780	99757	99733
30°	99568	99537	99505	99473	99440
40°	9922	9919	9915	9911	9907
50°	9881	9876	9872	9867	9862
60°	9832	9827	9822	9817	9811
70°	9778	9772	9767	9761	9755
80°	9718	9712	9706	9699	9693

续表

C°	0°	1°	2°	3°	4°
90°	9653	9647	9640	9633	9626
100°	9584	9577	9569		
C°	5°	6°	7°	8°	9°
0°	0.99996	0.99994	0.99991	0.99988	0.99981
10°	99913	99897	99880	99862	99843
20°	99706	99681	99654	99626	99597
30°	99406	99371	99336	99299	99262
40°	9902	9898	9894	9890	9885
50°	9857	9853	9848	9843	9838
60°	9806	9801	9795	9789	9784
70°	9749	9743	9737	9731	9725
80°	9687	9680	9673	9667	9660
90°	9619	9612	9605	9598	9591
100°					

实验三 单摆

【实验目的】

1. 利用单摆求出当地的重力加速度；
2. 讨论单摆的系统误差对重力加速度的影响。

【仪器及用具】

单摆、游标卡尺、光电数字毫秒计

【实验原理】

用一个不可伸长的轻线悬挂一小球，作幅角 θ 很小的摆动就构成一个单摆，如设小球的质量为 m ，其质心到摆的支点 O 的距离为 l （摆长）。作用在小球上的切向力的大小为 $mg\sin\theta$ ，它总指向平衡点 O' 。当 θ 角很小时，则 $\sin\theta \approx \theta$ ，切向力的大小为 $mg\theta$ ，按牛顿第二定律，质点的运动方程为

$$\begin{aligned} ma_{\text{切}} &= -mg\theta \\ ml \frac{d^2\theta}{dt^2} &= -mg\theta \\ \frac{d^2\theta}{dt^2} &= -\frac{g}{l}\theta \end{aligned} \quad (3-1)$$

这是一个简谐振动方程，可知该简谐振动角频率 ω 的平方等于 g/l ，由此得出

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{g}{l}} \\ T &= 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \end{aligned} \quad (3-2)$$

$$g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2} \quad (3-3)$$

由 (3-3) 式可知只要测出单摆的摆长 l 及单摆的周期 T ，即可求出当地的重力加速度 g 。

【仪器介绍】

本机以 51 系列单片微机为中央处理器，并编入与气垫导轨实验相适应的数据处

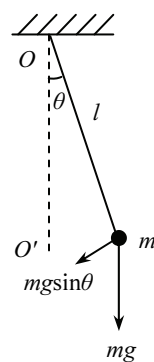
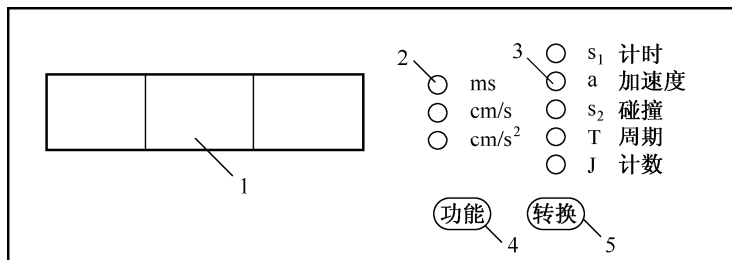


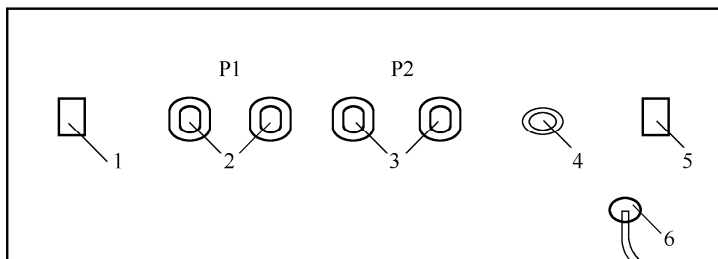
图 3-1 单摆

理程序，通过功能选择复位键输入指令，通过数值转换键设定所需数值。 P_1 、 P_2 光电输入口采集数据信号，中央处理器处理，LED 数码显示屏显示各种测量结果。



1—LED 显示屏；2—测量单位指示灯；3—功能转换指示灯；
4—功能选择复位键；5—数值转换键

图 3-2 光电数字毫秒计前面版图



1—电磁铁开关；2— P_1 光电门插口；3— P_2 光电门插口；4—电源保险管座；
5—电源开关；6—电源线

图 3-3 光电数字毫秒计后面版图

1. 各键的功能

(1) 功能选择.复位键：用于五种功能的选择及取消显示数据、复位。

(2) 数值转换键：用于挡光片宽度设定，简谐运动周期值的设定，测量单位的转换。

2. 使用与操作

(1) 开机前接好电源。

(2) 根据实验的需要，选择所需光电门的数量，将光电门线插入 P_1 、 P_2 插口（注意一定要接驳可靠）。

(3) 按下电源开关。

(4) 按功能选择复位键，选择所需要的功能。注意当光电门没遮光时每按键一次转换一种功能，循环显示。当光电门遮过光按一下此键复位清零。

(5) 当每次开机时，挡光片宽度会自动设定为 10mm，周期数被自动设定为 10 次。

(6) 当选择计时、加速度或碰撞功能时,按下数值转换键,计时小于 1.5 秒时,测量数值自动在 ms、cm/s、cm/s² 循环显示供选择。

(7) 按下数值转换键,计时大于 1.5 秒将显示已设定挡光片的宽度 10mm 显示 1.0, 30mm 显示 3.0, 此时如有已完成的实验数据可保持。

(8) 再按数值转换键,可重新选择所需要的挡光片宽度,前面所保持的实验数据将被清除。

注:使用挡光片宽度与选定挡光片宽度数值应相符,否则显示 ms 时正确,转换成 cm/s² 时将是错误的。

(9) 当功能选择周期 (T) 时,按上述方法可设定所需要的周期数值。

3. 关于实验器材的选择

实验器材和实验装置的配置要符合实验原理和减小误差的要求。选择摆线时应选择细、轻又不易伸长的材料,长度一般在 1m 左右,小球应选用密度较大的金属球,直径应较小,最好不超过 2cm。为便于改变摆长,可将摆线的一头绕在铁架台上的圆杆上以代替铁夹;摆线上端固定,实验过程中要用铁夹夹紧摆线上端,以保证摆动时摆长不变。

【实验内容】

测重力加速度,步骤如下:

(1) 用米尺测摆线长(分别取 $L=40\text{cm}$, 45cm , 50cm , 55m , 60cm)。

(2) 用游标卡尺测量钢球的直径。

(3) 使单摆开始摆动,摆角 $\theta < 5^\circ$,用光电数字毫秒计测单摆的摆动周期 T ,连续测 5 次求平均值。注意:单摆在摆动时应保持在一个平面内,防止出现圆锥形摆动。

(4) 用作图法求出重力加速度。

【参考数据表格】

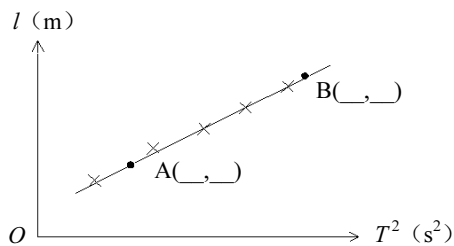
钢球直径 $D=$

单位: cm

l	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	\bar{t}	$\bar{T} = \frac{\bar{t}}{10}$	\bar{T}^2
D+40								
D+45								
D+50								
D+55								
D+60								

【数据处理】

1. 用作图法处理数据：用 l 作纵坐标，用 T^2 作横坐标，根据表中数据描点并画出直线，在直线上重新取两点 A、B，根据这两点求出直线斜率 k ，式 (3-3) 中的 $\frac{l}{T^2}$ 即直线斜率 k 。



2. 根据 $g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2} = 4\pi^2 k$ 即可得出当地重力加速度。

实验四 用扭摆测物体的转动惯量

【实验目的】

1. 学习用扭摆测定物体的转动惯量；
2. 验证转动惯量平行轴定理。

【仪器及用具】

扭摆装置、转动惯量测试仪、大称量型天平、游标卡尺、高度尺、待测物体

【实验原理】

物体装在一个有垂直轴的螺旋弹簧上，当物体在水平面内转过一个角度 θ 后，在弹簧的恢复力矩作用下，物体就开始绕弹簧的垂直轴作往返扭转运动，根据虎克定律，弹簧受扭转而产生的恢复力矩 M 与所转过的角度 θ 成正比，即：

$$M = -k\theta \quad (4-1)$$

式中 k 为弹簧的扭转常数，与弹簧的材料有关。根据转动定律：

$$M = I\beta \quad (4-2)$$

式中 I 为物体绕转轴的转动惯量， β 为角加速度。由 (4-1) 和 (4-2) 式可得：

$$\beta = \frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{k}{I}\theta \quad (4-3)$$

令 $\omega^2 = \frac{k}{I}$ ，忽略轴承的摩擦阻力矩，(4-3) 式即可写成：

$$\beta = \frac{d^2\theta}{dt^2} = -\omega^2\theta \quad (4-4)$$

由 (4-4) 式可以看出扭摆运动具有角简谐振动的特性，角加速度与角位移成正比，且方向相反，此方程的解为：

$$\theta = A \cos(\omega t + \varphi) \quad (4-5)$$

式中 A 为谐振动的角振幅， φ 为初相位角， ω 为角速度，扭摆的振动周期为：

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{I}{k}} \quad (4-6)$$

由 (4-6) 式可知物体的转动惯量为：

$$I = \frac{k \cdot T^2}{4\pi^2} \quad (4-7)$$

从 (4-7) 式可知，只要测量出物体扭摆的摆动周期 T 和弹簧的扭转常数 k ，

即可计算出物体转动惯量 I 。

本实验利用一个几何形状规则的物体，在扭摆上测量出物体的摆动周期 T ，它的转动惯量 I 可以根据它的摆动周期、质量和几何尺寸用理论公式直接计算得到，再利用式 (4-7) 算出扭摆弹簧的扭转常数 k 值。若要测定其他形状物体的转动惯量，只要将待测物体安放在扭摆顶部的各种夹具上，测定其摆动周期，由 (4-7) 式即可算出该物体绕转动轴的转动惯量。

【仪器介绍】

1. 扭摆

扭摆的构造如图 4-1 所示，在垂直轴 ① 上装有一只薄片状的螺旋弹簧 ②，用以产生恢复力矩。在轴的上方利用夹具可以装上各种待测物体。垂直轴与支座间装有轴承，以降低摩擦力矩。支座上装有水平仪 ③，用来调整仪器转轴成铅直。

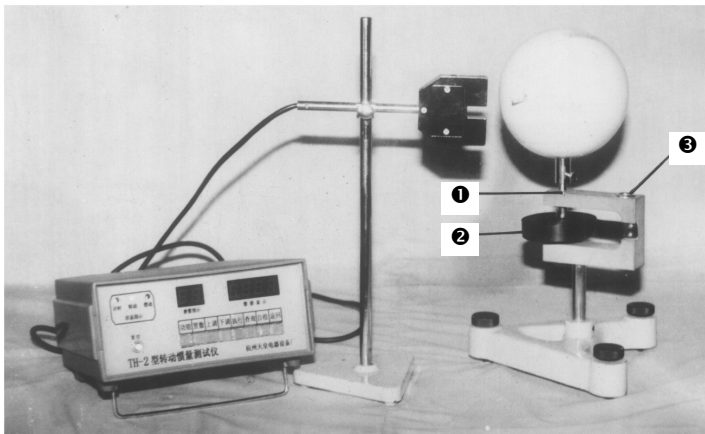


图 4-1 扭摆与转动惯量测试仪

2. 转动惯量测试仪

转动惯量测试仪由主机和光电传感器两部分组成，如图 4-2 所示。主机采用新型的单片机作控制系统，用于测量物体转动和摆动的周期以及旋转体的转速，能自动记录、存储多组实验数据，并能够精确地计算多组实验数据的平均值。

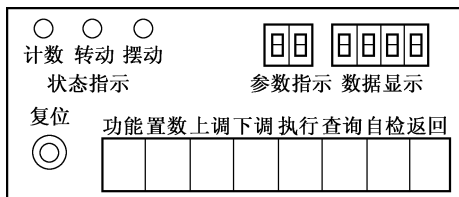


图 4-2 转动惯量测试仪

光电传感器主要由红外发射器和红外接受管组成，将光信号转换为脉冲电信号送入主机。因人眼无法直接观察仪器工作是否正常，但可用遮光物体往返遮光，检查计时器是否开始计数，到达预定周期数时是否停止计数。为防止过强光线对光电探头的影响，光电探头不能置放在强光下，实验时采用窗帘遮光，确保计时的准确。

仪器的使用方法如下：

(1) 调节光电传感器在固定支架上的高度，使被测物体上的挡光杆能自由往返地通过光电门，再将光电传感器的信号传输线插入主机输入端（位于测试仪背面）。

(2) 开启主机电源，“摆动”指示灯亮，参量指示为 P_1 ，数据显示为“……”。

(3) 本机默认的周期数为 10，如需更改可重新设定，但更改后的周期不具有记忆功能，一旦切断电源或按“复位”键，将恢复原来的周期数 10。

(4) 按“执行”键，数据显示为“000.0”，表示仪器已处在等待测量状态，此时，当被测的往复摆动物体上的挡光杆第一次通过光电门时，仪器即开始连续计时，达到所设定的周期数时自动停止计时，由“数据显示”给出累计的时间，同时仪器自行计算周期并予以存储，以供查询，至此第一次测量完毕。

(5) 按“执行”键，“ P_1 ”变为“ P_2 ”，数据显示又回到“000.0”，仪器处在第二次待测状态，本机设定重复测量的最多次数为 5 次，通过“查询”键可知测量的平均值。

HZQ-A6 大称量型天平如图 4-3 所示，技术指标如下：

- (1) 量程：0~6kg；
- (2) 可读性：0.1g；
- (3) 重复性： $\pm 0.1g$ ；
- (4) 线性误差： $\pm 0.2g$ ；
- (5) 操作温度范围：5~30℃；
- (6) 开机预热时间：10~20min。



图 4-3 HZQ-A 大称量型天平

【实验内容及步骤】

1. 测量扭摆弹簧的扭转常数 k

- (1) 用游标卡尺测出塑料圆柱体的外径 D ，用大称量型天平称量其质量 m ，

利用圆柱体转动惯量公式 $I = \frac{mR^2}{2}$ ，求出塑料圆柱体的转动惯量（计算塑料圆柱体的转动惯量时应扣除金属载物盘的转动惯量， $I_{\text{金属载物盘}} = 4.929 \times 10^{-4} \text{kg} \cdot \text{m}^2$ ）。

(2) 调整扭摆基座底脚螺钉，使水平仪中气泡居中。

(3) 装上金属载物盘，并调整光电探头的位置使载物盘上挡光杆处于其光电探头缺口中央且能遮住发射红外线的小孔。使用转动惯量测试仪测定金属载物盘的周期。把塑料圆柱体放在金属载物盘上，使用转动惯量测试仪测定金属载物盘和塑料圆柱体的摆动周期。用公式 $I = \frac{k \cdot T^2}{4\pi^2}$ 计算出扭摆的扭转常数 k 。

塑料圆柱体	1	2	3	4	5	平均值
外 径						
周 期						
转动惯量 I						
扭转系数 k						

2. 用扭摆测量金属圆筒、木球的转动惯量

(1) 取下塑料圆柱体，把金属圆筒放在载物金属盘上，用扭摆测出金属圆筒的摆动周期 T 。

(2) 取下载物金属盘，装上木球，测定摆动周期 T （计算木球的转动惯量时，应扣除支架的转动惯量）。

(3) 利用求出的扭摆弹簧的扭转常数 k 及公式 $I = \frac{k \cdot T^2}{4\pi^2}$ ，计算出金属圆筒、木球的转动惯量。

周 期	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	\bar{T}	转动惯量 I
金属圆筒							
木 球							

3. 验证转动惯量平行轴定理

(1) 取下木球，装上金属细杆（金属细杆中心必须与转轴重合）。测定摆动周期 T ，计算金属细杆转动惯量（计算金属细杆转动惯量时，应扣除支架的转动惯量）。

(2) 用大称量型天平称量滑块的质量 m 。

(3) 将滑块对称放置在细杆两边的凹槽内，此时滑块质心离转轴距离分别为 5.00cm, 10.00cm, 15.00cm, 20.00cm, 25.00cm，测定摆动周期 T 。验证平行轴定

理。 $I = I_c + md^2$ ，其中 I_c 为通过刚体质心时的转动惯量， d 为平行轴到转轴的距离（计算转动惯量时，应扣除支架的转动惯量，支架转动惯量由实验室给出）。

$d(10^{-2}m)$	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00
$T(s)$					
转动惯量					

注： $I_{\text{支架}} = 0.187 \times 10^{-4} \text{kg} \cdot \text{m}^2$ $I_{\text{夹具}} = 0.321 \times 10^{-4} \text{kg} \cdot \text{m}^2$
 $I_{\text{金属载物盘}} = 4.929 \times 10^{-4} \text{kg} \cdot \text{m}^2$ $I_{\text{滑块}} = 0.377 \times 10^{-4} \text{kg} \cdot \text{m}^2$

【注意事项】

- (1) 扭摆的基座应保持水平状态。
- (2) 光电探头宜放置在挡光杆的平衡位置处，挡光杆不能和它相接触，以免增大摩擦力矩。
- (3) 在安装待测物体时，其支架必须全部套入扭摆主轴，将制动螺丝旋紧，否则扭摆不能正常工作。
- (4) 在测定各种物体的摆动周期时，扭摆的摆角应在 90° 附近。
- (5) 在称金属细长杆和木球的质量时，必须取下支架和夹具。
- (6) 扭摆的弹簧有一定的使用寿命和强度，千万不要随意玩弄。