

气垫导轨法测重力加速度

【实验目的】：

1. 研究测重力加速度的方法；
2. 测量本地区重力加速度。

【实验原理】：

运动物体的瞬时速度为 $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}$ ，一般直接利用这个定义式去测量瞬时速度，是很困难的。通常瞬时速度 v 是通过平均速度 \bar{v} 来得到，即只要时间间隔 Δt 足够小，则平均速 \bar{v} 近似等于瞬时速度 v ；如果时间间隔 Δt 不能足够小，只要物体是作匀速直线运动，也可以认为平均速度等于瞬时速度，即 $v = \bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ 。

由于在气垫导轨上运动的滑块所受摩擦阻力极小，在气轨处于水平状态下，滑块的运动就可以视为匀速直线运动。这样，就可以通过对其运动的位移 Δx 和相应的时间间隔 Δt 的测量，得到运动滑块的瞬间速度，即

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

为了避免变量符号 Δ 与不确定度的符号 Δ 产生混淆，本节后面的内容中 x 、 t 就表示变量 Δx 和 Δt ，而符号 Δ 依旧是不确定度的意思。因此，运动滑块的速度为

$$v = \frac{x}{t} \quad (2-3-1)$$

如果物体作匀变速直线运动，在时间间隔 Δt 选取足够小的情况下，滑块在某一位置在瞬间速度也可依照式(2-3-1)来求得，则根据运动学公式可知，滑块的加速度为

$$a = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2S} \quad (2-3-2)$$

式中的 v_1 和 v_2 分别为物体运动的初速度为末速度， S 为对应于 v_1 和 v_2 两点间的距离。若测出 v_1 、 v_2 和 S ，则运动物体加速度可求。

气垫导轨与水平面的夹角为 α
则

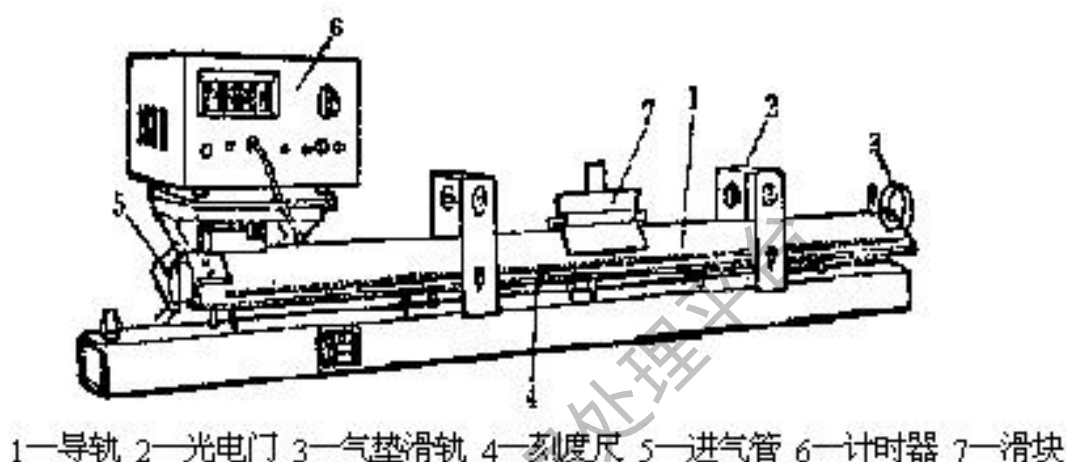
$$g = a / \sin \alpha$$

【实验仪器及其使用介绍】：

气垫导轨、数字毫秒计、滑块、游标卡尺、垫块。

一、气垫导轨

气垫导轨是一种现代化的力学实验仪器。实物如下图所示：



(1)

它利用小型气源将压缩空气送入导轨内腔。空气再由导轨表面上的小孔中喷出，在导轨表面与滑行器内表面之间形成很薄的气垫层。滑行器就浮在气垫层上，与轨面脱离接触，因而能在轨面上做近似无阻力的直线运动，极大地减小了以往在力学实验中由于摩擦力引起的误差。使实验结果接近理论值。配用数字计时器或高压电火花计时器记录滑行器在气轨上运动的时间，可以对多种力学物理量进行测定，对力学定律进行验证。

1、导轨

导轨是用三角形铝合金材料制成。可以调整其平直度，常把它用螺丝固定在工字钢上，导轨长 1.50~2.20 m，两侧面非常平整，并且均匀分布着许多很小的气孔。导轨一端封闭，上面装有定滑轮，另一端有进气嘴，通过皮管与气源相连。当压缩空气进入导轨后，从小气孔喷出，在导轨和滑块之间形成空气层，导轨和滑块两端都装有缓冲弹簧，使滑块可以往返运动。工字钢底部装有 3 个底脚螺丝，用来调节导轨水平，或将垫块放在导轨底脚螺丝下，以得到不同的斜度。

2、滑块

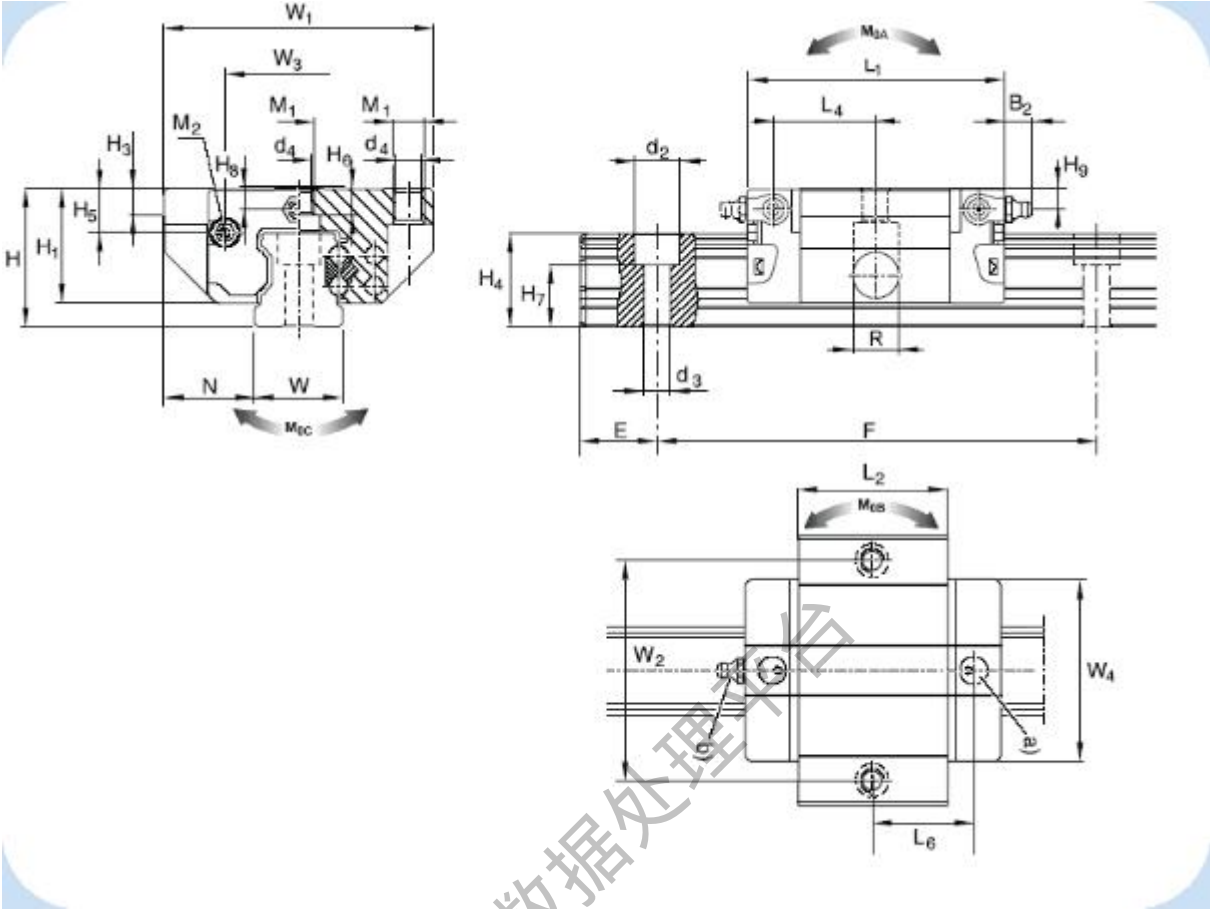


图2 滑块装置

滑块是在导轨上运动的物体，一般用角铝制成，内表面经过细磨，能与导轨的两侧面很好的吻合。当导轨中的压缩空气由小孔喷出时，垂直喷射到滑块表面，它们之间形成空气薄层，使滑块浮在导轨上。根据实验要求，滑块上可以安装挡板、重物或砝码。滑块两端除可装缓冲弹簧外，也可装尼龙搭扣及轻弹簧。

3、光电转换装置

光电转换装置

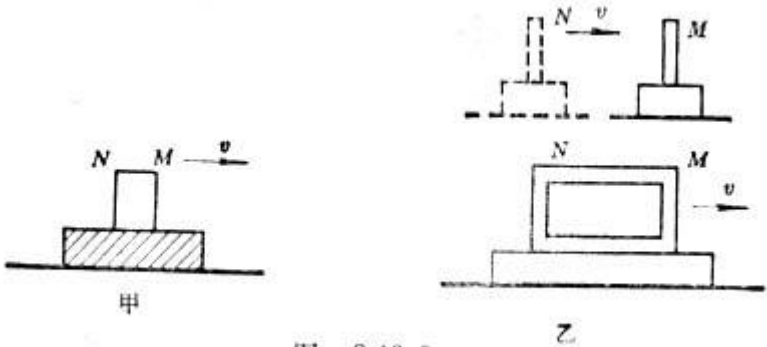


图 2.12-8

光电转换装置又称光电门，由聚光灯泡和光敏管组成（图 2.13-5）。聚光灯泡的电源由数字毫秒计供给，图 2.13-5 光电转换装置只要接通毫秒计电源开关，聚光灯泡即可点亮，发出的光束正好照在光敏管上，光敏管与数字毫秒计的控制电路连接。当光照被罩住时，光敏管电阻发生变化，从而产生一个电信号，触发毫秒计开始计时；当光照恢复或光照又一次被遮住（视数字毫秒计的工作状态而定），又产生一个电信号，使毫秒计停止计时。毫秒计显示出一次遮光或两次遮光之间的时间间隔。

4、注意事项

气轨是一种高精度实验装置，导轨表面和滑块内表面有较高的光洁度，且配合良好。因此，各组导轨和滑块只能配套使用，不得与其他组调换，实验中要严防碰撞、划伤导轨和滑块（特别是滑块不能掉在地上）；不得在未通气时就将滑块在导轨上滑动，以免擦伤表面；使用完毕，先将滑块取下再关气源；导轨和滑块表面有污物或灰尘时，可用棉纱沾酒精擦拭干净；导轨表面气孔很小，易被堵塞，影响滑块运动，通入压缩空气后要仔细检查，发现气孔堵塞，可用小于的细钢丝轻轻捅通；实验完毕，应将轨面擦净，用防尘罩盖好。

二、数字毫秒计

数字毫秒计时器简称为数字毫秒计。

气孔直径是一种能够准确测量横断时间间隔的及时毫秒计，测量的最短时间间隔可达到百万分之一秒（0.1ms）。实验室通常配用的是 JSJ_3A 型的数字毫秒计，它采用 CMOS 集成电路，利用石英晶体稳定的震荡特性产生 10kHz 电脉冲，即每秒钟内产生一万个脉冲，两个脉冲之间的间隔是一万分之一秒。我们把相邻脉冲的时间间隔称之为时基。振荡经分频后，除保留 10kHz 脉冲外，还得到 1kHz 电脉冲。由三者构成时基脉冲信号（即时基分别为 0.1ms, 1ms 和 10ms）。用这些脉冲在开始计数和停计数的时间间隔内推动计数器计数，即一个脉冲一个数。从停止到计这一段时间计数器的所记的数由显示窗口显示出来。由此得时间为数字窗显示的数值乘以时基。

其各建名称及其功能如下：

控制方式选择开关：该开关上标有“机控”·“光控”。机控是指用机械接触来控制开关的通与开，从而控制毫秒机的及时与停机；光控是指用光信号控制计与停计。本实验用光控及时方法，即测量须将选择开关拔至光控一端。

计时方式选择开关：开关上标有“A”和“B”。选择开关置于 A 时，毫秒计的计时时间显示的时光照被遮挡时开始计时，遮挡结束时计时停计。当选择开关置于

B 时，毫秒级显示的是光敏管被两次遮挡的时间间隔，即迈着当任何一只光敏管时，计时开始，当任何一只光敏管被又一次遮挡时，及时停止。

清零方式选择开关：为了便于读出计时结果，根据测量的不同需要，毫秒计数字的时间可以长久保留，也可以短暂保留。当清零方式选择开关置于“手动”位置时，数字窗中显示的时间数字，只有在按动手动复位按钮方可消除。否则会长时间保留下去，并会累加到毫秒计以后的时间数字上。当该选择开关置于“手动”位置时，数字窗中显示的时间数字经过一定时间间隔后会自动回零。

延时按钮：当清零方式选择开关置于“手动”位置时，数字窗中显示的时间数字保留的时间长短由此按钮控制。旋转此钮时，显示时间的长短在 $0\sim 3\text{s}$ 间连续可调。

手动复位：当轻灵方式选择开关置于 0.1s ， 1ms ， 10ms 三种，由测量需要而选择适当档位。时基补通，对应显示数字所代表的时间长短不同，其仪器的最大误差也不同。例如，数字窗中显示数为 2677，对于时基为 0.1ms ，时间为 $2677\times 0.1\text{ms}=267.7\text{ms}$ ，为 0.1ms ；而对于时基为 1ms ，则时间为 $2677\times 1\text{ms}=2677\text{ms}$ ，为 1s 。

注意：在轨道没有充气的情况下，不要将滑块拿下或取下，更不要在导轨上滑动滑块！

【实验内容与步骤】：

加速度的测量

(1) 将数字毫秒计的计时方式开关置于 A 挡位置，在导轨一端底脚螺丝下面垫上厚度为 h 的块，将滑块置于导轨的最高点，并使其自由滑下，记录滑块经过两光电门的时间间隔 t_1 和 t_2 。复上述测量 6 次(加速度的测量同样要求保证初始条件不变)。

(2) 用游标卡尺测量挡光片的宽度 x ，单次测量即可。

(3) 测出两光电门之间距离 S ，单次测量即可。

(4) 关闭毫秒计，取下滑块，关闭气泵，将仪器整理复原。

【数据记录与处理】：

挡光片宽度 $x =$ cm； 两光电门间距 $S =$ cm
加速度测量数据表

测 次	项 目	$t_1(\text{s})$	v_1 ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	$t_2(\text{s})$	v_2 ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	a ($\text{cm} \cdot \text{s}^{-2}$)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
平均						

由以上数据进行如下计算

$$\Delta_x = \Delta_{Bx} = 0.002\text{cm}$$

$$\Delta_t = \sqrt{\Delta_{At}^2 + \Delta_{Bt}^2} \quad \Delta_{At} = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{i=1}^6 (\bar{t} - t_i)^2} \quad \Delta_{Bt} = \Delta_{ins} = 0.1\text{ms}$$

由速度的相对不确定度 E' 可求得速度的合成不确定度 Δ_v ，即

$$E'_1 = \sqrt{\left(\frac{\Delta_x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{t_1}}{t_1}\right)^2} \quad \Delta_{v_1} = \bar{v}_1 E'_1$$

$$E'_2 = \sqrt{\left(\frac{\Delta_x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{t_2}}{t_2}\right)^2} \quad \Delta_{v_2} = \bar{v}_2 E'_2$$

将以上各计算结果代入相对不确定度公式中，得加速度的相对不确定度 E ，即

$$E = \sqrt{\left(\frac{2 \bar{v}_2 \Delta_{v_2}}{\bar{v}_2^2 - \bar{v}_1^2}\right)^2 + \left(\frac{2 \bar{v}_1 \Delta_{v_1}}{\bar{v}_2^2 - \bar{v}_1^2}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_S}{S}\right)^2}$$

$$\Delta g = E \bar{a} / \sin \alpha$$

$$g = \bar{g} \pm \Delta g$$