

实验 2-4 气垫导轨上的实验

2-4-1 速度和加速度的测量

【实验目的】

1. 学习气垫导轨的使用方法。
2. 学会在气垫导轨上测量速度和加速度。

【仪器用具】

气垫导轨、光电门、数字毫秒计、气源、游标卡尺。

【仪器描述】

气垫导轨(图 2-4-1)是一种力学装置,它由导轨、滑块和光电计时装置等组成。

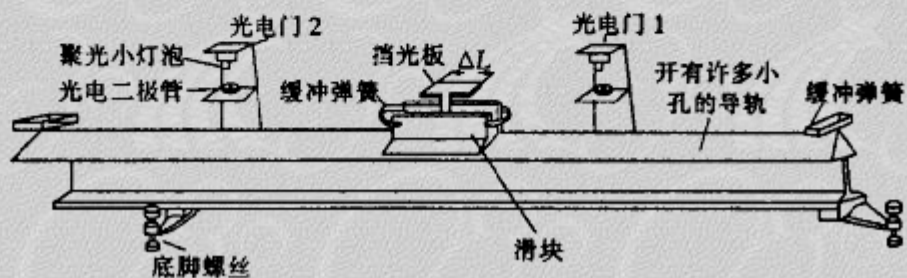


图 2-4-1

1. 导轨。导轨是长 1.2~1.5 m 固定于工字钢上的三角形中空铝管,在管上部相邻的两个侧面上,钻有两组等距离的小孔,小孔直径为 0.4 mm 左右,导轨一端装有进气嘴,当压缩空气由进气嘴送入管腔后,就从小孔喷出高速气流。在导轨上还装有缓冲弹簧和调节水平用的底脚螺丝等附件。

2. 滑块由长约 15 cm 的角形铝材制成,其内表面与导轨的两个侧面精密吻合。当导轨上小孔喷出气流时,在滑块与导轨之间便形成很薄的气层(也就是所谓气垫),使滑块悬浮在导轨上,故滑块能在导轨上做接近于无摩擦的运动。滑块两端也装有缓冲弹簧,中部装有用来测量时间间隔的挡光板。

3. 光电计时装置由光电门、光电控制器和毫秒计组成。在导轨的一个侧面安装位置可以移动的光电门(它由光电二极管和小聚光灯组成),它能测定滑块在气垫导轨上不同位置的速度。将光电二极管的两极通过导线和数字毫秒计的光控输入端相接,当光电门中的聚光小灯泡射向二极管的光被运动滑块上的挡光板所遮挡时,光电控制器立即输出计时脉冲,毫秒计开始计时,待滑块通过,挡光结束,光电控制器输出一个停止计时脉冲,使毫秒计停止计时,这时毫秒计显示的数字就是开始挡光到挡光结束之间的时间间隔。若挡光板的宽度为 Δx ,毫秒计所显示的时间为 Δt ,则可求得滑块经过光电门时的平均速度 $\bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t}$,如适当地减小挡光板的宽度 Δx ,以致挡光板通过光电门的时间 Δt 非常短暂,则上述平均速度就近似为瞬时速度。

【实验原理】

当气垫处于水平时,导轨上的滑块由于受气垫的漂浮作用和重力作用,静止于导轨上。如给滑块一初速度,则滑块将做匀速直线运动,此时,其路程与时间成正比,比值就是速度,

$$\text{即 } \frac{s_1}{t_1} = \frac{s_2}{t_2} = \dots = v$$

若将导轨调整为具有一倾角 α ,如图 2-4-2 所示,则滑块从上往下做匀加速直线运动,在某时刻 t 到达某点 A 的瞬时速度,就是在时刻 t 附近无限短时间间隔 Δt 内平均速度的极限值,因此瞬时速度 v 和平均速度 \bar{v} 分别为:

$$v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad \bar{v} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (2-4-1)$$

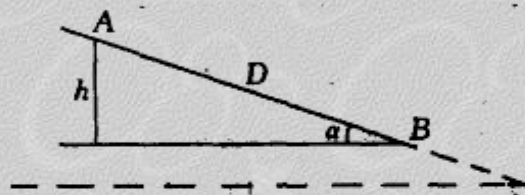


图 2-4-2

如果能测得滑块上宽为 Δx 的挡光板经过光控门 A 处的时间 Δt ,当 Δt 无限短时,则 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 可近似看做滑块经 A 时的瞬时速度。滑块的加速度为:

$$a = g \sin \alpha$$

设滑块经某点 A 的速度为 v_A ,经某点 B 的速度为 v_B ,A、B 间路程为 D ,A、B 两点水平高差为 h ,则有

$$a = \frac{v_B^2 - v_A^2}{2D} \quad (2-4-2)$$

$$a = g \sin \alpha = g \frac{h}{D} \quad (2-4-3)$$

如在 A 、 B 处各放一个光电门,分别测出滑块在 A 、 B 处的速度(用宽为 Δx 的挡光板经过光控门时的平均速度 $\frac{\Delta x}{\Delta t}$ 代替瞬时速度),即可用(2-4-2)式求得加速度,并可用公式(2-4-3)验证。

【实验步骤】

1. 测量速度

(1) 将导轨调整为水平状态。

(2) 调节气垫导轨一端底脚螺丝,使导轨倾斜一角度 α ,记下 B 点 10.0 cm 处和 A 点 110.0 cm 处($D=100.0\text{ cm}$)的水平高差 h 。

(3) 计时仪置 0.1 ms 档,将一光电门置于导轨上某位置,接好导线。在滑块上装一宽度为 5.0 cm 的挡光片,让滑块从高端起点自由下滑,记录数字毫秒计的读数 Δt 。重复测量 4 次,记入表 2-4-1 中。

(4) 取下滑块,改变挡光片的宽度 Δx ,使 Δx 依次为 $4.0, 3.0, 2.0, 1.0\text{ cm}$,重复步骤(3),测量 Δt ,记入表中。注意:挡光片应如何安装才正确?

(5) 以 Δt 为横坐标, \bar{v} 为纵坐标,在直角坐标纸上作 $\bar{v}-\Delta t$ 图线。并由图上外推求出 $\Delta t \rightarrow 0$ 时的数值 v , v 即为滑块经过此点的瞬时速度。

表 2-4-1

数据表

 $h =$ cm $D =$ cm

Δx (cm)	Δt (s)				$\Delta \bar{t}$ (s)	\bar{v} (cm/s)
5.0						
4.0						
3.0						
2.0						
1.0						

2. 测量加速度

(1) 在滑块上安装 Δx 为 2.0 cm 的挡光片, 将光电门首先置于导轨上距端点 25 cm 处 (即 $s = 25$ cm), 让滑块从高端起点自由下滑, 记下滑块经过光电门的时间 Δt , 重复 3 次取平均值。数据记录在表 2-4-2 中。

(2) 改变光控门的位置, 使之依次等距离增加 (例如 $s = 50.0, 75.0, 100.0$ 和 125.0 cm 等), 重复步骤(1), 算出各相应位置的速度。

表 2-4-2

数据表

s (cm)							
Δt (s)	1						
	2						
	3						
	Δt 平均						
v (cm/s)							
a (cm/s ²)							

 $\bar{a} =$ _____。

表 2-4-1

数据表

 $h =$ cm $D =$ cm

$\Delta x(cm)$	$\Delta t(s)$				$\Delta \bar{t}(s)$	$\bar{v}(cm/s)$
5.0						
4.0						
3.0						
2.0						
1.0						

2. 测量加速度

(1) 在滑块上安装 Δx 为 2.0 cm 的挡光片, 将光电门首先置于导轨上距端点 25 cm 处 (即 $s = 25$ cm), 让滑块从高端起点自由下滑, 记下滑块经过光电门的时间 Δt , 重复 3 次取平均值。数据记录在表 2-4-2 中。

(2) 改变光控门的位置, 使之依次等距离增加 (例如 $s = 50.0, 75.0, 100.0$ 和 125.0 cm 等), 重复步骤(1), 算出各相应位置的速度。

表 2-4-2

数据表

$s(cm)$							
$\Delta t(s)$	1						
	2						
	3						
	Δt 平均						
$v(cm/s)$							
$a(cm/s^2)$							

 $\bar{a} =$ _____。