

# 直线运动规律和碰撞的研究

## 一、实验目的

1. 利用气垫技术测定物体的瞬时速度，加速度以及当地的重力加速度
2. 利用气垫技术研究一维碰撞的三种情况，验证动量守恒和能量守恒定律
3. 定量研究一维碰撞中的动量损失和能量损失

## 二、实验原理

### 1、平均速度和瞬时速度的测量

作直线运动的物体在  $\Delta t$  时间内的位移为  $\Delta s$ ，则物体在  $\Delta t$  时间内的平均速度为  $\bar{v} = \Delta s / \Delta t$ ，当  $\Delta t \rightarrow 0$  时，平均速度趋近于一个极限值，即物体在该点的瞬时速度。但实验上直接测量某点的瞬时速度是很困难的，一般在一定误差范围内，用极短的  $\Delta t$  内的平均速度代替瞬时速度。

### 2、匀变速直线运动

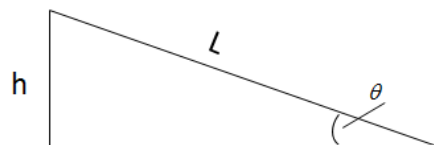
若滑块受一恒力，它将作匀变速直线运动，匀变速直线运动方程如下：

$$\begin{aligned}v &= v_0 + at \\s &= v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \\v^2 &= v_0^2 + 2as\end{aligned}$$

在斜面上不同位置由静止开始下滑，测出相同位置的速度，做出  $v^2 - s$  图，若图线是直线，则物体作匀加速直线运动，斜率为  $2a$ 。

### 3、重力加速度的测定

如右图所示， $h$  为垫块的高度， $L$  为斜面的长度，滑块沿斜面下滑的加速度为：



$$\begin{aligned}a &= g \sin \theta = g \frac{h}{L} \\g &= \frac{a}{h} L\end{aligned}$$

### 4、碰撞过程中守恒定律的研究

如果一个力学系统所受合外力为零或在某方向上的合外力为零，则该力学系统总动量守恒或在某方向上守恒，即  $\sum m_i v_i = \text{恒量}$ 。

对于三种碰撞情况，动量和动能守恒情况如下：

a、完全弹性碰撞

动量守恒，能量守恒

b、完全非弹性碰撞

动量守恒，动能不守恒

c、一般非弹性碰撞

动量守恒，动能不守恒

## 二、实验内容

### 1. 匀变速运动中速度与加速度的测量

(1) 先将气垫导轨调平（见教材第一册 116-117 页静态调平法及动态调平法），然后在一端单脚螺丝下置一垫块，使导轨成一斜面。

(2) 在滑块上装上 U 型挡光片，在导轨上置好光电门，打开计时装置。

(3) 分别使滑块从距光电门  $S=20.00\text{cm}$ ,  $30.00\text{ cm}$ ,  $40.00\text{ cm}$ ,  $50.00\text{ cm}$ ,  $60.00\text{ cm}$  处自然下滑，做初速度为零的匀加速运动，记下挡光时间 $\Delta t$ ，每个  $S$  情况下重复测量三次。

Tips: 测量挡光时间之前，按“功能”键选择计时 2，按“转换”键选择 ms 单位，光电门遮光，按“功能”键，清零复位。滑块通过光电门之后，按“取数键”取出第一个数据。（计数器详细介绍及使用方法见教材第一册 115 页或实验室计数器使用说明书）

| S (cm)            | 20.00 | 30.00 | 40.00 | 50.00 | 60.00 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $\Delta t_1$ (ms) |       |       |       |       |       |
| $\Delta t_2$ (ms) |       |       |       |       |       |
| $\Delta t_3$ (ms) |       |       |       |       |       |

(4) 测量 U 型挡光片有效长度  $\Delta s$ （测 3 次）、斜面高度  $h$ （测 3 次）及斜面长度  $L$ （测 1 次）。

| 物理量 \ 次数        | 1 | 2 | 3 |
|-----------------|---|---|---|
| $\Delta s$ (cm) |   |   |   |
| $h$ (cm)        |   |   |   |
| $L$ (cm)        |   |   |   |

(5) 根据 U 型挡光片有效长度  $\Delta s$  和挡光时间 $\Delta t$ ，计算出速度 $v$ ，用 origin 软件进行直线拟合（提示： $v^2 = 2as$ ），求加速度 $a$ ，并计算重力加速度  $g$ （深圳： $g \approx 9.7883\text{m/s}^2$ ）。

## 2. 研究三种碰撞状态下的守恒定律

- (1) 撤掉导轨的垫块，并将气垫导轨调平
- (2) 取两滑块 A、B，将两滑块分别装上弹簧钢圈，用物理天平称此时滑块 A、B 的质量，分别记为  $m_1$  和  $m_2$ ，且保证  $m_1 > m_2$ 。打开气泵，将滑块 B 置于两光电门之间（两光电门的距离约 30-40cm），使其静止，用  $m_1$  碰  $m_2$ ，分别记下  $m_1$  通过第一个光电门的时间  $\Delta t_{11}$  和经过第二个光电门的时间  $\Delta t_{12}$ ，以及  $m_2$  通过第二个光电门的时间  $\Delta t_{21}$ ，重复三次，记录所测数据。
- (3) 分别在两滑块上换上尼龙搭扣，重复步骤 (1) (2)。
- (4) 分别在两滑块上换上金属碰撞器，重复步骤 (1) (2)。

| 完全弹性碰撞 $m_1=?$ , $m_2=?$   |   |   |   |
|----------------------------|---|---|---|
| 物理量 \ 次数                   | 1 | 2 | 3 |
| $\Delta t_{11}(\text{ms})$ |   |   |   |
| $\Delta t_{12}(\text{ms})$ |   |   |   |
| $\Delta t_{21}(\text{ms})$ |   |   |   |

| 完全非弹性碰撞 $m_1=?$ , $m_2=?$  |   |   |   |
|----------------------------|---|---|---|
| 物理量 \ 次数                   | 1 | 2 | 3 |
| $\Delta t_{11}(\text{ms})$ |   |   |   |
| $\Delta t_{12}(\text{ms})$ |   |   |   |
| $\Delta t_{21}(\text{ms})$ |   |   |   |

| 非完全弹性碰撞 $m_1=?$ , $m_2=?$  |   |   |   |
|----------------------------|---|---|---|
| 物理量 \ 次数                   | 1 | 2 | 3 |
| $\Delta t_{11}(\text{ms})$ |   |   |   |
| $\Delta t_{12}(\text{ms})$ |   |   |   |
| $\Delta t_{21}(\text{ms})$ |   |   |   |

- (5) 分别计算动量的变化，动能的变化，计算动量损失率  $\frac{\Delta p}{p}$  和动能损失率  $\frac{\Delta E}{E}$ ，并根据计算数据得出相应的实验结论。

## 三、思考题

- 1、气垫导轨调平的判断标准是什么？
- 2、如何减小气垫导轨气流阻力对实验的影响？
- 3、碰撞前后系统总动量不相等，试分析其原因。

### 注意事项：

1. 导轨不通气时不要将滑块在导轨上滑动，以免磨损。
2. 滑块轻拿轻放，绝对不允许摔地上，跌坏了照价赔偿。
3. 气泵不用时及时关掉（以免烧坏电机）

参考: Principles of Physics, Tenth Edition, P28-29, P158-160, P198-207; Authors: Jearl Walker, David Halliday, Robert Resnick