

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 Δt 时间内的位移为 Δs ，则物体在 Δt 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 Δt 内的平均速度代替瞬时速度。

2、匀变速直线运动

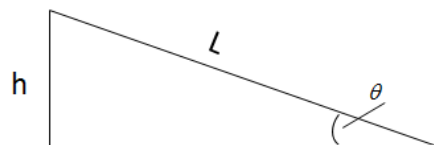
若滑块受一恒力，它将作匀变速直线运动，匀变速直线运动方程如下：

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

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 cm , 40.00 cm , 50.00 cm , 60.00 cm 处自然下滑，做初速度为零的匀加速运动，记下挡光时间 Δt ，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
Δt_1 (ms)					
Δt_2 (ms)					
Δt_3 (ms)					

(4) 测量 U 型挡光片有效长度 Δs （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
Δs (cm)			
h (cm)			
L (cm)			

(5) 根据 U 型挡光片有效长度 Δs 和挡光时间 Δt ，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 Δt_{11} 和经过第二个光电门的时间 Δt_{12} ，以及 m_2 通过第二个光电门的时间 Δt_{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