

# 实验名称 碰撞

姓名 \_\_\_\_\_ 学号 10182XXX 专业班 \_\_\_\_\_ 实验班 \_\_\_\_\_ 组号 \_\_\_\_\_

教师 陈学谦 张震 成绩 \_\_\_\_\_ 批阅教师签名 \_\_\_\_\_

批阅日期 \_\_\_\_\_

实验内容包括: 实验目的,原理,仪器,操作步骤,数据记录与处理, 分析讨论

实验目的: 利用碰撞验证动量守恒定律

原理: \_\_\_\_\_

## 1. 验证动量守恒定律

如果一个系统所受的合外力为零,则该系统总动量保持不变,这一结论称为动量守恒定律。

本实验研究两滑块在气垫导轨上做水平方向上对心碰撞,可以近似认为两滑块组成的系统在水平方向上所受合外力为零,故系统在水平方向上动量守恒

设两滑块的质量分别为 $m_1$ 、 $m_2$ ,碰撞前它们的速度分别为  $v_{10}$  和  $v_{20}$ ,碰撞后的速度分别为  $v_1$  和  $v_2$ ,由动量守恒定律有

$$m_1 v_{10} + m_2 v_{20} = m_1 v_1 + m_2 v_2 (1)$$

完全弹性碰撞 完全弹性碰撞的特点是碰撞前后系统的动量守恒,机械能也守恒。实验时,在两滑块相碰端装有弹性极好的缓冲弹簧片,滑块相碰时缓冲弹簧片先发生弹性变形而又迅速恢复原状,并将滑块弹开,系统机械能近似无损失。碰撞前后总动能保持不变,即

$$\frac{1}{2} m_1 v_{10}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{20}^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 (2)$$

当取  $v_{20}=0$  时,由式 (1)、式 (2) 可得碰撞前后速度关系为

$$v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_{10}$$

$$v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_{10} (3)$$

完全非弹性碰撞 完全非弹性碰撞的特点是两滑块碰撞后粘在一起以相同速度运动。两滑块在碰撞前后系统的动量守恒,但机械能不守恒。设碰撞后两滑块的共同速度为,则

$$m_1 v_{10} + m_2 v_{20} = (m_1 + m_2) v (4)$$

当取  $v_{20}=0$  时,则有

$$v = \frac{m_1}{m_1 + m_2} v_{10} \quad (5)$$

恢复系数 e

相互碰撞的两物体，碰撞后的相对速度和碰撞前的相对速度之比，称为恢复系数，用符号 e 表示

$$e = \frac{v_2 - v_1}{v_{10} - v_{20}} \quad (6)$$

通常可以根据恢复系数对碰撞进行如下分类：

1) e=0，即  $v_2=v_1$ ，为完全非弹性碰撞。

2) e=1，即  $v_2 - v_1 = v_{10} - v_{20}$ ，为完全弹性碰撞。

3)  $0 < e < 1$ ，是一般的非完全弹性碰撞。

(4) 碰撞时动能的损耗

设碰撞后和碰撞前动能之比为 R，即

$$R = \frac{\frac{1}{2}m_1 v_1^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2^2}{\frac{1}{2}m_1 v_{10}^2 + \frac{1}{2}m_2 v_{20}^2} \quad (7)$$

经过推导可得

$$R = \frac{m_1 + m_2 e^2}{m_1 + m_2} \quad (8)$$

从式 (8) 仍可看出，只有当  $e=1$  时，动能才守恒。当  $e=0$  时， $R = \frac{m_1}{m_1 + m_2}$ ，若取  $m_1=m_2$ ，则  $R = \frac{1}{2}$ 。由式 (8) 可知，当由实验求出恢复系数，就可以算出碰撞前后的能量比和碰撞中的能量损失。

## 2. 瞬时速度的测量

在气垫导轨的一侧安装两个光电门，它是计时装置的传感器。每个光电门有一个光电二极管，被一个聚光小灯泡所照亮。实验时，将一宽度为  $\Delta x$  的 U 形挡光片置于滑块上，滑块通过设置于导轨某处的光电门时，毫秒计时器测出挡光时间  $\Delta t$ ，于是就可求出滑块通过该光电门处的瞬时速度。挡光片如图 1 所示，若计时器功能选择在 “S2” 档，当滑块向左 (或向右) 运动时，挡光片的边缘 1 (或 4) 进入光电门进行第一次挡光，毫秒计时器开始计时，当边缘 3 (或 2) 进入光电门进行第二次挡光时，毫秒计时器停止计时。毫秒计显示的时间

$\Delta t$  就是滑块运动经过  $\Delta x$  距离所用的时间  $\Delta t$ ，于是， $\Delta x / \Delta t$  即可近似认为是滑块通过光电门附近的瞬时速度。实验所用的挡光片的宽度  $\Delta x$  为几厘米。

仪器： 本实验所用到的实验仪器有气垫导轨、数字毫秒计、滑块、天平

操作步骤： 2. 实验操作介绍

- (1) 鼠标左键双击打开气泵大视图，点击开关按钮打开气泵开关；
- (2) 调节气垫导轨的水平度，先调节导轨纵向上两个螺丝的高度一致，再使用静态法及动态法将导轨在横向上调节平衡；
- (3) 将两个滑块分别拖动至电子天平上，记录两个滑块的质量，其中较重的滑块作为；
- (4) 打开计时计数测速仪，将功能选在 S2 档，将转换至于 ms 档；
- (5) 将滑块 2 拖动至气垫导轨上的两个光电门之间，将滑块 1 拖动至导轨上有弹簧的一端与弹簧接触；
- (6) 鼠标右键点击滑块并拖动鼠标再放开后，滑块获得一个初速度后向前移动，并与滑块 2 相碰撞，滑块 2 获得一个速度并向前移动；
- (7) 滑块 2 经过光电门 2 后与尼龙搭扣碰在一起并停下，点击计时器上的取数按钮可以读取滑块 1 经过光电门 1 的时间  $\Delta t_1$  和滑块 2 经过光电门 2 的时间  $\Delta t_2$ ，并计入实验数据表格中，计数以当前数据记录时间的先后排序；
- (8) 点击计时计数测速仪上的复位按钮，清除所有记录的数据；
- (9) 重复 4-7 步测量共三次，读取数据并进行动量守恒的验证；
- (10) 在滑块 1 上加两片垫片，用电子天平称出其质量；
- (11) 重复前面的 4-7 步，并记下滑块 1 与滑块 2 碰撞后再次经过光电门 2 的时间间隔；
- (12) 根据实验测的的数据验证动量守恒定理；

数据记录与处理

(1) 滑块的质量为  $m_1=199.772g$

(2) 滑块的质量为  $m_2=199.71g$

序号	1	2	3
$\Delta t_1/ms$	10.53	10.53	10.53
$\Delta t_2/ms$	10.64	10.68	10.66
$V_1 \times 10^{-2}/cm \cdot ms^{-1}$	9.50	9.50	9.50
$V_2 \times 10^{-2}/cm \cdot ms^{-1}$	9.40	9.36	9.38

$m_1 v_{10}/\text{cm} \cdot \text{g} \cdot \text{ms}^{-1}$	18.97	18.97	18.97
$m_2 v_2/\text{cm} \cdot \text{g} \cdot \text{ms}^{-1}$	18.77	18.70	18.73
e	0.990	0.986	0.988
R	0.990	0.986	0.988
E%	1.06	1.43	1.25

由  $e = \frac{v_2 - v_1}{v_{10} - v_{20}}$ ,  $R = \frac{m_1 + m_2 e^2}{m_1 + m_2}$ ,  $E\% = \frac{|m_1 v_{10} - m_2 v_2|}{m_1 v_{10}}$  计算得 e,R,E%

$$v_{20} = 0, v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v_{10}$$

$$v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v_{10}$$

序号 1:

$$v_1 = \frac{199.772 - 199.71}{199.772 + 199.71} * 9.5 = 0.00147441$$

$$v_2 = \frac{2 * 199.772}{199.772 + 199.71} * 9.5 = 9.50147$$

$$e = \frac{v_2 - v_1}{v_{10} - v_{20}} = 0.990$$

$$R = \frac{m_1 + m_2 e^2}{m_1 + m_2} = 0.990$$

$$E\% = \frac{|m_1 v_{10} - m_2 v_2|}{m_1 v_{10}} = 0.990$$

E % 很小,  $m_1 v_{10}$  约等于  $m_2 v_2$ , 验证了动量守恒定律

2、(1) 滑块的质量为  $m_1=248.94$

(2) 滑块的质量为  $m_2=199.71$

(3) 数据表格 2 (实验测量值:  $\Delta x=1.00\text{cm}$ )

序号	1	2	3
$\Delta t_{10}/\text{ms}$	10.53	10.53	10.53
$\Delta t_2/\text{ms}$	8.79	9.60	9.55
$\Delta t_1/\text{ms}$	51.88	51.88	51.88
$V_{10} \times 10^{-2}/\text{cm} \cdot \text{ms}^{-1}$	9.50	9.50	9.50
$V_2 \times 10^{-2}/\text{cm} \cdot \text{ms}^{-1}$	10.5424	10.5424	10.5424
$V_1 \times 10^{-2}/\text{cm} \cdot \text{ms}^{-1}$	1.0424	1.0424	1.0424
$m_1 v_{10}/\text{cm} \cdot \text{g} \cdot \text{ms}^{-1}$	28.48955	23.48	23.48
$m_2 v_2/\text{cm} \cdot \text{g} \cdot \text{ms}^{-1}$	28.35	28.35	28.35

e	0.990	0.997	0.993
R	0.990	0.997	0.995
E%	0.991	0.980	0.997

序号 1:

$$v_1 = \frac{248.94 - 199.71}{248.94 + 199.71} * 9.5 = 1.0424$$

$$v_2 = \frac{2 * 248.94}{248.94 + 199.71} * 9.5 = 10.5424$$

$$e = \frac{v_2 - v_1}{v_{10} - v_{20}} = 0.990$$

$$R = \frac{m_1 + m_2 e^2}{m_1 + m_2} = 0.990$$

$$E\% = \frac{|m_1 v_{10} - m_2 v_2|}{m_1 v_{10}} = 0.991$$

E % 很小, m<sub>1</sub>v<sub>10</sub> 约等于 m<sub>2</sub>v<sub>2</sub>, 验证了动量守恒定律

### 分析讨论

- 1, 如果碰撞后测得的动量总是小于碰撞前测得的动量, 说明什么问题? 能够出现碰撞后测得的动量大于碰撞前测得的吗?

说明实验过程是有能量损耗的。不能出现大于的情况。

2. 恢复系数 e 是否和速度有关? 若在水平气轨与倾斜气轨上通过两滑块的碰撞测恢复系数, 试求出 e 值表达式并说明与速度大小的关系。

恢复系数与速度无关。完全由两个碰撞的物体材料的性质决定。

$$e = \frac{v_2 - v_1}{v_{10} - v_{20}}$$

3. 利用气垫导轨和毫秒计还能进行哪些实验?

可以测重力加速度