

# 中国人民公安大学

## 物理实验报告

实验名称：验证动量守恒定律

实验日期：2022 年 3 月 27 日

专业：网络安全与执法

学号：202121450044

年级：2021 级

姓名：白浩远

指导教师：林晨

目录

一、实验内容 .....3

二、实验目的和要求 .....3

三、实验设备 .....3

四、实验原理 .....3

    动量守恒定律矢量式 .....3

    动量守恒定律分量式 .....4

    动量守恒定律在该实验中的应用 .....4

五、实验方法及步骤 .....4

    气垫导轨示意图 .....4

    完全非弹性碰撞实验 .....5

    弹性碰撞实验 .....5

六、实验数据记录与处理 .....5

    完全非弹性碰撞 .....5

        动量百分误差 .....5

        动能损耗率 .....5

        表一：完全非弹性碰撞实验结果 .....5

    弹性碰撞 .....6

        动量百分误差 .....6

        动能损耗率 .....6

        表二：弹性碰撞实验数据 .....6

七、实验结果及分析 .....6

八、实验总结 .....7

九、参考文献 .....7

一、实验内容

- 1. 用完全非弹性碰撞验证动量守恒定律，测量未碰撞前大滑块<sup>1</sup>通过光电门的挡光时间 $\Delta t_{10}$ ,发生完全非弹性碰撞后大滑块与小滑块整体挡光时间 $\Delta t_1$
- 2. 用弹性碰撞验证动量守恒定律，测量未碰撞前大滑块挡光时间 $\Delta t_{10}$ ,碰撞后大滑块挡光时间 $\Delta t_1$ ,碰撞后小滑块挡光时间 $\Delta t_2$
- 3. 计算得出两次实验碰撞前后系统的总动量 $P_0/P$ 与动能 $E/E_0$ ，求出对应的动量百分误差 $\frac{\Delta P}{P_0}$ 与动能损耗率 $\frac{\Delta E}{E_0}$

二、实验目的和要求

- 1. 用完全非弹性碰撞和弹性碰撞验证动量守恒定律
- 2. 观察并计算碰撞前后动能损耗
- 3. 掌握气垫导轨“单程动态调平”的目的和方法
- 4. 掌握光电门的使用方法

三、实验设备

编号	实验设备名称	数量	主要参数（型号，测量范围，测量精度等
1	气垫导轨	1	
2	光电门	2	
3	大金属滑块	1	
4	小金属滑块	1	
5	气泵	1	

四、实验原理

动量守恒定律矢量式<sup>2</sup>

当系统所受合外力为零，即 $F^{ex} = 0$ 时，系统的总动量的增量为零，这时系统的总动量保持不变，即

<sup>1</sup> 两次实验均以大滑块碰撞小滑块

<sup>2</sup> [1]马文蔚,周雨青改编.物理学[M].北京:高等教育出版社,2014:61.

$$\mathbf{p} = \sum_{i=1}^n m_i \mathbf{v}_i = \text{常矢量}$$

### 动量守恒定律分量式<sup>3</sup>

若系统所受合外力在某个方向的分量为零，则此物体在此方向的总动量守恒

$$\left. \begin{aligned} p_x &= \sum m_i v_{ix} = C_1 \\ p_y &= \sum m_i v_{iy} = C_2 \\ p_z &= \sum m_i v_{iz} = C_3 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} (F_x^{ex} &= 0) \\ (F_y^{ex} &= 0) \\ (F_z^{ex} &= 0) \end{aligned}$$

### 动量守恒定律在该实验中的应用

在该实验中滑块在碰撞前后满足

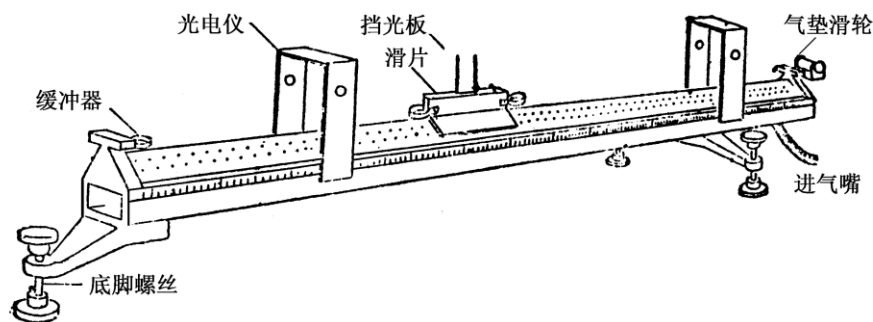
$$m_1 \mathbf{v}_{10} + m_2 \mathbf{v}_{20} = m_1 \mathbf{v}_1 + m_2 \mathbf{v}_2$$

式中 $m_1$ 、 $m_2$ 、 $v_{10}$ 、 $v_{20}$ 、 $v_1$ 、 $v_2$ 分别为大小滑块的质量和碰撞前后的速度，由于测量误差的存在，若两滑块碰撞前后的动量百分误差 $\leq 5\%$ ，则视为动量守恒

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = \frac{(m_1 \mathbf{v}_{10} + m_2 \mathbf{v}_{20}) - (m_1 \mathbf{v}_1 + m_2 \mathbf{v}_2)}{m_1 \mathbf{v}_{10} - m_1 \mathbf{v}_{20}} \%$$

## 五、实验方法及步骤

### 气垫导轨示意图<sup>4</sup>



<sup>3</sup> [1]马文蔚,周雨青改编.物理学[M].北京:高等教育出版社,2014:62.

<sup>4</sup> <https://doc.wendoc.com/b840a6199e1e344e5c25f701f.html>

## 完全非弹性碰撞实验

1. 实验前对气垫导轨进行动态调平，打开气垫导轨气泵，取大滑块由气垫导轨左侧滑向右侧，读取大滑块经过两个光电门的时间 $\Delta t_0, \Delta t$ （分别对应于显示屏上的示数 $P_{11}, P_{21}$ ）若 $|\Delta t_0 - \Delta t| \leq 0.5ms$ ，则证明气垫导轨已调平，否则调整单脚螺丝直到满足上述条件
2. 将小滑块置于自左至右第二个光电门稍偏左侧，魔术贴朝左，大滑块从气垫导轨左端以速度 $v_{10}$ 滑向右端并与小滑块相撞后以一个整体向右运动，速度 $v_1 = v_2$
3. 重复多次实验，读出光电门数据（ $p_{11}, p_{22}$ ）并记录

## 弹性碰撞实验

1. 实验前对气垫导轨进行动态调平，打开气垫导轨气泵，取大滑块由气垫导轨左侧滑向右侧，读取大滑块经过两个光电门的时间 $\Delta t_0, \Delta t$ （分别对应于显示屏上的示数 $P_{11}, P_{21}$ ）若 $|\Delta t_0 - \Delta t| \leq 0.5ms$ ，则证明气垫导轨已调平，否则调整单脚螺丝直到满足上述条件
2. 将小滑块置于自左至右第二个光电门稍偏左侧，弹簧朝左，大滑块无弹簧一段朝右从气垫导轨左端以速度 $v_{10}$ 滑向右端，与小滑块相撞小滑块以速度 $v_2$ 大滑块以速度 $v_1$ 通过光电门
3. 重复多次实验，读出光电门数据（ $p_{11}, p_{21}, p_{22}$ ）并记录

## 六、实验数据记录与处理

### 完全非弹性碰撞

$$\text{令 } v_{20} = 0, \frac{m_2}{m_1} = D_1 = \frac{1}{2}, v_1 = v_2, v_{10} = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_{10}}, v_1 = v_2 = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1}$$

动量百分误差

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = 1 - (1 + D_1) \frac{\Delta t_{10}}{\Delta t_1}$$

动能损耗率

$$\frac{E_0 - E}{E_0} = 1 - (1 + D_1) \left( \frac{\Delta t_{10}}{\Delta t_1} \right)^2$$

表一：完全非弹性碰撞实验结果

误差(ms)	1	2	3	4	5
--------	---	---	---	---	---

误差(ms)	1	2	3	4	5
$\Delta t_{10}$	87.85	70.70	73.31	70.08	71.41
$\Delta t_1$	129.70	108.04	111.27	106.68	108.88
$\Delta P/P_0$	2%	2%	1%	1%	2%
$\Delta E/E_0$	31%	36%	35%	35%	35%

弹性碰撞

令  $v_{20} = 0, v_{10} = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_{10}}, v_1 = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1}, v_2 = \frac{\Delta x_2}{\Delta t_2}, \frac{m_2}{m_1} = D_1 = \frac{1}{2}, \frac{\Delta x_2}{\Delta x_1} = D_3 = \frac{1}{3}$

动量百分误差

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = 1 - \left( \frac{1}{\Delta t_1} + D_1 D_2 \frac{1}{\Delta t_2} \right) \Delta t_{10}$$

动能损耗率

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = 1 - \left[ \left( \frac{1}{\Delta t_1} \right)^2 + D_1 D_2^2 \left( \frac{1}{\Delta t_2} \right)^2 \right] \Delta t_{10}^2$$

表二：弹性碰撞实验数据

误差(ms)	1	2	3	4	5
$\Delta t_{10}$	104.12	126.51	110.10	148.49	95.66
$\Delta t_2$	26.79	32.49	28.17	37.90	24.81
$\Delta t_1$	265.28	302.34	308.57	373.09	272.58
$\Delta P/P_0$	4%	7%	0.8%	5%	0.6%
$\Delta E/E_0$	0.6%	2%	2%	1%	5%

七、实验结果及分析

从实验结果得出完全非弹性碰撞动量守恒，动能损失较大，完全非弹性碰撞动量守恒，动能损失较小，同时由于设备精密度较高，获得了较好的实验效果，基本做到了动量守恒定律的验证

## 八、实验总结

这次实验开始前林老师对整个实验做了细致入微的讲解，对实验的顺利完成给予了极大的帮助，总而言之，大学物理实验给了我们机会进入物理实验室，同时对数据的严谨性有很大的要求，能完整体验物理实验的过程，对今后的学习帮助很大

## 九、参考文献

[1]马文蔚,周雨青改编.物理学[M].北京:高等教育出版社,2014:61-62.