

碰撞实验报告

姓名：张耕嘉；学院：人工智能学院；学号：2313725

组别：J 组；座号：7；实验日期：2023/5/31 星期五上午

一、实验目的：

1. 用对心碰撞特例检验动量守恒定律。
2. 了解动量守恒和动能守恒的条件。
3. 熟练地使用气垫导轨及数字毫秒计。

二、实验原理：

1. 验证动量守恒定律

在平直导轨上两个滑块作对心碰撞，忽略空气阻力，则在水平方向上满足动量守恒定律成立的条件，即碰撞前后的总动量保持不变

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

其中， u_1 、 u_2 和 v_1 、 v_2 分别为滑块 m_1 、 m_2 在碰撞前后的速度。若分别测出上式中各量，且等式左右两边相等，则动量守恒定律得以验证。

2. 碰撞后的动能损失

动量守恒的前提下，动能是否守恒与碰撞的性质有关，碰撞的性质用恢复系数 e 表达：

$$e = \frac{v_2 - v_1}{u_1 - u_2}$$

上式中， $v_2 - v_1$ 为两滑块碰撞后相互分离的相对速度， $u_1 - u_2$ 则为碰撞前彼此接近的相对速度。

- (1) 若总动能不变，即 $v_2 - v_1 = u_1 - u_2$ ，于是 $e = 1$ ，这类碰撞称为完全弹性碰撞。
- (2) 若总动能有损耗，即 $0 < v_2 - v_1 < u_1 - u_2$ ，于是， $0 < e < 1$ ，这类碰撞称为非弹性碰撞
- (3) 若碰撞后两物体的相对速度为零，即 $v_2 - v_1 = 0$ 或 $v_2 = v_1 \equiv v$ ， $e = 0$ ，这类碰撞称为完全非弹性碰撞。

3. $m_1 = m_2 \equiv m$ ，且 $u_2 = 0$ 的特定条件下，两滑块的对心碰撞

- (1) 对于完全弹性碰撞，若测得 $v_1 = 0$ 、 $v_2 = v_1$ ，则说明完全弹性碰撞中动量动能都守恒。若两滑块质量不严格相等、两挡光物的有效遮光宽度 Δs_1 及 Δs_2 也不严格相等，则碰撞前后的动量百分差 E_1 为

$$E_1 = \left| \frac{m_2 \Delta s_2 \Delta t_1}{m_1 \Delta s_1 \Delta t_2} - 1 \right|$$

动能百分差 E_2 为

$$E_2 = \left| \frac{m_2 \Delta s_2^2 \Delta t_1^2}{m_1 \Delta s_1^2 \Delta t_2^2} - 1 \right|$$

若 E_1 及 E_2 在其实验误差范围之内，则说明上述结论成立。

- (2) 对于完全非弹性碰撞，若测得 $v_1 = v_2 \equiv v = \frac{u_1}{2}$ ，则说明完全非弹性碰撞动量守恒。

动量和动能百分差 E'_1 及 E'_2 分别为

$$E'_1 = \left| \left(1 + \frac{m_2}{m_1} \right) \frac{\Delta t'_1}{\Delta t'_2} - 1 \right|$$

$$E'_2 = \left| \left(1 + \frac{m_2}{m_1} \right) \left(\frac{\Delta t'_1}{\Delta t'_2} \right)^2 - 1 \right|$$

动能损失的百分误差为

$$E_{\Delta} = |2 \left(1 + \frac{m_2}{m_1} \right) \left(\frac{\Delta t_1'}{\Delta t_2'} \right)^2 - 1|$$

若 E_1' 及 E_{Δ} 在其实验误差内，则说明上述结论成立。

三、仪器用品：

气垫导轨及附件、数字毫秒计、物理天平及游标卡尺等。

四、实验步骤：

- (1) 动态法调平导轨，使滑块在选定的方向上做匀速运动（经过两次光电门的时间差在 0.1ms 内）；
- (2) 用电子天平校验两滑块的质量 m_1 及 m_2 ；
- (3) 用游标卡尺测出两挡光物的有效遮光宽度 Δs_1 ， Δs_2 ；
- (4) 在 $m_1 \approx m_2 \equiv m$ 的条件下，测完全弹性和完全非弹性碰撞前后两滑块各自通过光电门 1 及 2 的时间 Δt_1 ， Δt_2 和 $\Delta t_1'$ ， $\Delta t_2'$ 。

五、数据处理：

$\Delta s_1 = 5.00\text{cm}$ ； $\Delta s_2 = 5.00\text{cm}$ ； $\Delta s_1' = 5.00\text{cm}$ ； $m_1 = 131.96\text{g}$ ； $m_2 = 131.93\text{g}$

次数 i	完全弹性				完全非弹性			
	碰前		碰后		碰前		碰后	
	$\Delta t_1/s$	$u(m \cdot s^{-1})$	$\Delta t_2/s$	$v(m \cdot s^{-1})$	$\Delta t_1'/s$	$u'/(m \cdot s^{-1})$	$\Delta t_2'/s$	$v'/(m \cdot s^{-1})$
1	0.09482	0.5273	0.09668	0.5172	0.10013	0.4994	0.19509	0.2563
2	0.10376	0.4819	0.10403	0.4806	0.09581	0.5219	0.18963	0.2637
3	0.10191	0.4906	0.10219	0.4893	0.09428	0.5303	0.18705	0.2673

以表中第二组数据为例

完全弹性：恢复系数 $e = 99.72\%$ 、动量百分差 $E_1 = 0.28\%$ 、动能百分差 $E_2 = 0.54\%$

完全非弹性：恢复系数 $e = 0$ 、动量百分差 $E_1' = 1.06\%$ 、动能百分差 $E_2' = 48.94\%$ 、动能损失百分误差 $E_{\Delta} = 2.12\%$

实验结论：实验数据在误差要求范围之内，动量守恒定律得以验证。

六、思考题：

1. 为什么要尽量做到对心碰撞？在你的实验中是如何保证的？

对心碰撞的目的是碰撞后保持速度仍然在碰撞两心的连线上，便于碰撞后测得的速度能直接用于计算动量，如果碰撞后速度方向偏离两心连线，由于很难测得偏离角度，也就很难计算得到两心连线方向的速度分量了。

用两个完全相同的滑块做实验。

2. 设两滑块质量及速度大小均相同，相对碰撞后，两滑块的运动情况将如何？

两个物体在两刚体质心连线方向上的动量分量，产生完全交换。各自以原来的速度大小反方向运动。

七、实验误差分析

1. 两小车质量不完全相等
2. 气垫导轨不完全水平
3. 气垫导轨与小车之间存在微小摩擦