

动量守恒和机械能守恒

气垫导轨是为研究无摩擦现象而设计的力学实验设备，在导轨表面分布着许多小孔，压缩空气从这些小孔中喷出，在导轨和滑块之间形成约 0.1mm 厚的空气层，即气垫，由于气垫的形成，滑块被托起，使滑块在气垫上作近似无摩擦的运动。利用气垫导轨，再配以光电计时系统和其他辅助部件，可以对做直线运动的物体（即滑块）进行许多研究，如测定速度、加速度、验证牛顿第二定律，研究物体间的碰撞，研究简谐运动的规律等。今天我们利用气垫导轨来验证动量守恒和机械能守恒这两个重要定律。

【实验原理】

在一力学系统中，如果系统所受的合外力为零，物体系的总动量保持不变。将两滑块分别放在水平气轨上，并让它们相互碰撞，此时，两滑块组成的力学系统所受合外力为零，根据动量守恒定律有：

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

式中 v_1 , v_2 , v_1' , v_2' 分别表示质量 m_1 及 m_2 的两滑块碰撞前后的速度。

为了测量方便，实验中让质量较小的铝滑块开始处于静止状态，即 $v_1=0$ ，给质量较大的滑块一初速度，则在完全弹性碰撞时有：

$$m_{大} v_2 = m_{小} v_1' + m_{大} v_2' \quad (1)$$

在完全非弹性碰撞时有：

$$m_{大} v_2 = (m_{小} + m_{大}) v_{12}' \quad (2)$$

式中， v_{12}' 为两滑块碰撞后的共同速度。

对于机械能守恒定律的研究，用如图 1 所示的力学系统，在忽略导轨与滑块间摩擦力的情况下，除重力外其它力都不做功。系统机械能守恒。若滑块 B 的质量 m ，砝码（包括砝码盘）A 的质量为 m_1 ，当砝码盘下降一段距离 s 时，

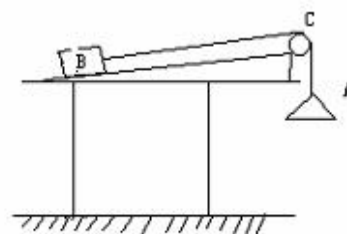


图1

砝码 A 势能的减小： $\Delta E_{PA} = m_1 g s$

滑块 B 势能的增加： $\Delta E_{PB} = m g s \cdot \sin \alpha$

滑块 B 动能的增加： $\Delta E_{KB} = (1/2) m v_2^2 - (1/2) m v_1^2$

砝码 A 动能的增加： $\Delta E_{KA} = (1/2) m_1 v_2^2 - (1/2) m_1 v_1^2$

应用机械能守恒定律有： $\Delta E_{PA} = \Delta E_{PB} + \Delta E_{KA} + \Delta E_{KB}$

即： $m_1 g s = m g s \cdot \sin \alpha + (1/2) (m + m_1) v_2^2 - (1/2) (m + m_1) v_1^2 \quad (3)$

因此，只要测量滑块、砝码质量，滑块在各种运动状态下的速度，即可对上述二定理进行研究。

【实验内容】

1. 导轨通气后，擦拭导轨和滑块，检查计时器是否灵敏可靠。在导轨进气阀一端的调节螺钉下垫上 $h=2.00\text{cm}$ 的垫块，然后将导轨调至水平位置（此步骤按实验二操作要点 1 各项进行）。

2. 调节两光电门之间的距离在 60cm 到 80cm 左右，将两滑块置于导轨上，且使滑块上的弹性环相对，把小滑块置于两光电门之间，让它静止不动（必要时用手按住。待碰撞时放

开以保证 $v_1=0$)。大滑块放在导轨一端用手轻轻推一下，给一个速度，使它和静止的小滑块作完全弹性碰撞，分别记下大滑块上的遮光板经过第一、第二个光电门的速度 v_2 , v_2' 及小滑块上的遮光板经过第二个光电门的速度 v_1' ，照此法重复三次。

3. 从调节螺钉下取出 2.00cm 的垫块使导轨倾斜，调节两光电门之间的距离 $s=60.00\text{cm}$ ，将砝码盘和铝滑块按图 1 所示力学系统连接。

4. 在砝码盘中加入 15.0g 的砝码，使其连同盘的总质量为 20.0g。将滑块放在远离滑轮的导轨的一端，并使其由静止开始运动，分别记下滑块上的遮光板经过第一个光电门的速度 v_1 和经过第二个光电门的速度 v_2 ，照此方法重复三次。

5. 关闭智能数学测时器，将各仪器整理复原。

【数据处理】

1. 完全弹性碰撞

滑块质量:		$m_{\text{大}} =$	kg	$m_{\text{小}} =$	kg
测量次数	$v_2(\text{m/s})$	$v_1'(\text{m/s})$	$v_2'(\text{m/s})$	碰前动量 $m_{\text{大}}v_2$ (kg m s^{-1})	碰后 $m_{\text{小}}v_1'+m_{\text{大}}v_2'$ (kg m s^{-1})
1					
2					
3					

2. 完全非弹性碰撞

测量次数	$v_2(\text{m/s})$	$v_{12}'(\text{m/s})$	碰前动量 $m_{\text{大}}v_2$ (kg m s^{-1})	碰后 $(m_{\text{小}}+m_{\text{大}})v_{12}'$ (kg m s^{-1})
1				
2				
3				

3. 机械能守恒的研究

滑块 m (kg)	砝码 m_1 (kg)	$S(\text{m})$	$\sin\alpha=h/x$	$v_1(\text{m/s})$	$v_2(\text{m/s})$	ΔE_{PA} (J)	$\Delta E_{\text{PB}}+\Delta E_{\text{KA}}+\Delta E_{\text{KB}}$ (J)

从上面三个表格中，按动量守恒和机械能守恒定律计算它们的百分差（一般应在 5% 以内），并分析产生误差的主要原因。

【思考与讨论】

1. 完全弹性碰撞的特点是什么？证明完全弹性碰撞中两滑块碰撞前的接近速度等于碰撞后的分离速度，即： $v_2 - v_1 = v_1' - v_2'$ ，观察你的实验数据是否符合。

2. 完全非弹性碰撞的特点是什么？证明本实验的完全非弹性碰撞中（碰撞前 $v_{\text{小}}=0$ ），碰撞后的动能 E_{K2} 与碰撞前动能 E_{K1} 之比为：

$$E_{\text{K2}}/E_{\text{K1}} = m_{\text{大}}/(m_{\text{大}}+m_{\text{小}})$$

怎样解释能量损失？

3. 机械能守恒的条件是什么？在图 1 所示的力学系统中，各物体受力有哪些是非保守力？它们是否做功？