



南开大学

作业纸

2212266

系别 工科试验班 班级 电光5班 姓名 张恒硕 第 1 页

组别座号: 63

日期: 5月19日, 星期五下午

九. 热学实验 报告: 碰撞

预习部分

目的要求: 用对心碰撞特例检验动量守恒定律

了解动量守恒和动能守恒的条件

熟练使用气垫导轨及数字毫秒计

仪器用具: 气垫导轨及附件, 数字毫秒计, 物理天平, 游标卡尺

原理: 动量守恒定律: $m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2$

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

$e = 1$: 完全弹性碰撞, 动能守恒

$0 < e < 1$: 非弹性碰撞

$e = 0$: 完全非弹性碰撞, 动能损失最大

① $m_1 = m_2 = m$, $u_2 = 0$ 下的对心碰撞

完全弹性碰撞 $\begin{cases} V_1 = 0 \\ V_2 = u_1 \end{cases} \xrightarrow{\text{误差}} E_1 = \frac{|p_2 - p_1|}{p_1} = \left| \frac{m_2 \Delta s_2 \Delta t_1}{m_1 \Delta s_1 \Delta t_2} - 1 \right|$

完全非弹性碰撞: $V_1 = V_2 = V = \frac{u_1}{2}$

$\xrightarrow{\text{误差}} E_1' = \frac{|p_2' - p_1'|}{p_1'} = \left| \left(1 + \frac{m_2}{m_1}\right) \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2'} - 1 \right|$

$E_2' = \frac{|E_{k2}' - E_{k1}|}{E_{k1}} = \left| \left(1 + \frac{m_2}{m_1}\right) \left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2'}\right)^2 - 1 \right|$

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

② 弹簧振子

$x = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$

$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}}$

实验部分 实验步骤

1. 用电子天平测量两滑块质量, $m_1 = 130.7\text{g}$, $m_2 = 130.6\text{g}$, 差为 0.1g .
2. 动态法调平导轨: 先大致将导轨调至水平, 再用一滑块以一定初速度通过, 记录两次遮光时间, 多次重复, 直至差值小于 0.5ms (实验中约 1ms , 0.5ms 太难把握)
3. 测量实际遮光长度
得到 $\Delta s_1 = \Delta s_2 = \Delta s'_1 = 5\text{cm}$
4. 进行完全弹性和完全非弹性碰撞实验各三次。滑块一释放速度与动态调平时相近, 滑块二在碰撞前按住以保持静止

实验数据

$$m_1 = 130.7\text{g}, m_2 = 130.6\text{g}$$

$$\Delta s_1 = \Delta s_2 = \Delta s'_1 = 5.000\text{cm}$$

次数 i	完全弹性				完全非弹性			
	碰前		碰后		碰前		碰后	
	$\Delta t_1/\text{ms}$	$u/\text{m/s}$	$\Delta t_2/\text{ms}$	$v/\text{m/s}$	$\Delta t_1'/\text{ms}$	$u'/\text{m/s}$	$\Delta t_2'/\text{ms}$	$v'/\text{m/s}$
1	85.50	0.58480	86.33	0.57917	69.57	0.71870	45.13	0.34452
2	64.24	0.77833	65.16	0.76617	60.34	0.82183	122.70	0.40750
3	74.70	0.66934	76.63	0.65249	62.22	0.72590	138.29	0.36156

取第2组数据

完全弹性: $e = \frac{v}{u} = \frac{0.76617}{0.77833} \approx 0.984377$

$$E_1 = \left| \frac{m_2 \Delta s_2 \Delta t_1}{m_1 \Delta s_1 \Delta t_2} - 1 \right| = \left| \frac{130.6 \cdot 5.000 \cdot 85.50}{130.7 \cdot 5.000 \cdot 65.26} - 1 \right| \approx 0.016383$$

$$E_2 = \left| \frac{m_2 \Delta s_2^2 \Delta t_1^2}{m_1 \Delta s_1^2 \Delta t_2^2} - 1 \right| = \left| \frac{130.6 (5.000)^2 (85.50)^2}{130.7 (5.000)^2 (65.26)^2} - 1 \right| \approx 0.031757$$

完全非弹性: $e = 0$

$$E_1' = \left| \left(1 + \frac{m_2}{m_1}\right) \frac{\Delta t_1'}{\Delta t_2} - 1 \right| = \left| \left(1 + \frac{130.6}{130.7}\right) \frac{60.34}{122.70} - 1 \right|$$

$$\approx 0.0086923$$

$$E_2' = \left| \left(1 + \frac{m_2}{m_1}\right) \left(\frac{\Delta t_1'}{\Delta t_2}\right)^2 - 1 \right| = \left| \left(1 + \frac{130.6}{130.7}\right) \left(\frac{60.34}{122.70}\right)^2 - 1 \right|$$

$$\approx 0.50347$$

$$E_0 = \left| 2 \left(1 + \frac{m_2}{m_1}\right) \left(\frac{\Delta t_1'}{\Delta t_2}\right)^2 - 1 \right| = \left| 2 \left(1 + \frac{130.6}{130.7}\right) \left(\frac{60.34}{122.70}\right)^2 - 1 \right|$$

$$\approx 0.016933$$

在误差允许的范围之内,碰撞前后动量守恒

误差分析:气垫导轨没有完全调平,两滑块质量有微小差距

考查题

1. 系统不受外力或所受合外力或合外力远小于内力
调平气垫导轨减小摩擦
2. 将滑块二的挡光框调反向
3. 使滑块二释放时没有初速度,在碰撞前无初速度释放
4. 都稍远些,保障碰撞过程发生后,滑块速度稳定下来

思考题

1. 碰撞前后动能守恒, $e = 1$

$$m_1 u_1 + m_2 u_2 = m_1 v_1 + m_2 v_2 \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} m_1 u_1^2 + \frac{1}{2} m_2 u_2^2 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \quad (2)$$

$$\text{解得} \begin{cases} v_1 = \frac{2m_2 u_2 + (m_1 - m_2) u_1}{m_1 + m_2} \\ v_2 = \frac{2m_1 u_1 + (m_2 - m_1) u_2}{m_1 + m_2} \end{cases}$$

$$\therefore v_2 - v_1 = \frac{(m_1 + m_2)(u_1 - u_2)}{m_1 + m_2} = u_1 - u_2$$

$$2. \quad v_1 = -u_1 \text{ (原速反弹)} \quad v_2 = u_2 = 0 \text{ (不动)}$$

$$e = \frac{v_2 - v_1}{u_1 - u_2} = \frac{0 + u_1}{u_1 - 0} = 1$$

3. 使速度在同一起过质心的直线上,碰撞后的速度也在该线上,便于计算动量

实验中滑块等高,碰撞处为弹簧或黏贴

4. 完全弹性碰撞: 速度大小不变, 反向相离运动

完全非弹性碰撞: 停在原处

非弹性碰撞: 速度大小减小, 反向相离运动

5. 两滑块质量近似相等

气垫导轨调节至无摩擦状态

使用数字毫秒计测量遮光时长