

【实验目的】

1. 掌握气垫导轨的调整技术和数字毫秒计的使用方法
2. 掌握滑块速度的测量方法
3. 通过各种碰撞实验验证动量守恒定律, 考察动能定理

【实验原理】 (电学、光学画出原理图)

1. 动量守恒定律

本实验主要通过气垫导轨上碰撞的实验来验证动量守恒定律。

两滑块质量 m_1, m_2 , 碰撞前速度 $\vec{v}_{1,0}, \vec{v}_{2,0}$, 碰撞后 $\vec{v}_{1,1}, \vec{v}_{2,1}$, 合外力为0, 总动量守恒。

$$\vec{p}_1 = m_1 \vec{v}_{1,0} + m_2 \vec{v}_{2,0} \quad \vec{p}_2 = m_1 \vec{v}_{1,1} + m_2 \vec{v}_{2,1}$$

$$E_1 = \frac{1}{2} m_1 \vec{v}_{1,0}^2 + \frac{1}{2} m_2 \vec{v}_{2,0}^2 \quad E_2 = \frac{1}{2} m_1 \vec{v}_{1,1}^2 + \frac{1}{2} m_2 \vec{v}_{2,1}^2$$

$$\text{弹性恢复系数 } e = \frac{\vec{v}_{2,1} - \vec{v}_{1,1}}{\vec{v}_{1,0} - \vec{v}_{2,0}}$$

$e=1$ 则为完全弹性碰撞, 机械能守恒。

($0.95 < e < 0.98$)

$e=0$, 完全非弹性碰撞, 粘连无弹跳。

2. 完全弹性碰撞: 动量守恒、动能守恒。

$$\frac{1}{2} m_1 \vec{v}_{1,0}^2 + \frac{1}{2} m_2 \vec{v}_{2,0}^2 = \frac{1}{2} m_1 \vec{v}_{1,1}^2 + \frac{1}{2} m_2 \vec{v}_{2,1}^2$$

3. 完全非弹性碰撞: 动量守恒、动能不守恒。

$$m_1 \vec{v}_{1,0} + m_2 \vec{v}_{2,0} = (m_1 + m_2) \vec{v}_{2,1}$$

$$\Delta E_k = \left(\frac{1}{2} m_1 \vec{v}_{1,0}^2 + \frac{1}{2} m_2 \vec{v}_{2,0}^2 \right) - \frac{1}{2} (m_1 + m_2) \vec{v}_{2,1}^2$$

4. 速度测量的工作原理。

气垫导轨上有两个光电门, 可以采样碰撞前运动滑块1上的两条挡光片通过第一光电门时的第一次挡光与第二次挡光的时间间隔 Δt_1 和 Δt_2 , 根据两挡光片间的距离参数 ΔS 可运算 $v_{1,0} = \Delta S / \Delta t_1$, $v_{2,0} = \Delta S / \Delta t_2$, $v_{1,1} = \Delta S / \Delta t_3$, $v_{2,1} = \Delta S / \Delta t_4$ 。

5. 阻力系数测量: $F_r = -k\vec{v}$ 。

$$F_r = ma, \quad \vec{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

v_1, v_2, a 可通过数字毫秒计获得, 可得阻力系数 k 。

【实验内容】（重点说明）

1. 气垫导轨调节

(1) 静态平衡：粗调导轨纵向水平度和横向水平度。把水平仪放气轨上，调节三个支脚，直到水平仪的水滴滴在中间，让滑块静止在两光电门间，气轨水平则滑块能在任意位置停住。

(2) 动态平衡：确认两光电门与数字毫秒计相连，开启数字毫秒计电源，轻推滑块，让其通过两光电门，读取 v_1, v_2 ，计算相对误差（小于1%），否则重新调节或用酒精擦拭。

(3) 数字毫秒计调整：是否正常工作， ΔS 参数值是否相等。

2. 测量滑块在气垫导轨上运动阻力的数量级

设置数字毫秒计的“功能键”于“a”，将一个滑块放在气垫导轨上，用手轻推，令其依次通过两光电门，读出加速度值，填表，作 F_f-v 图。

3. 完全弹性碰撞

设置数字毫秒计的“功能键”于“col”，将两滑块分别放在两光电门两侧，挡光片大小一样，用手轻推（一轻一重），令其依次通过两光电门后相对碰撞，并再依次通过两光电门后返回原位，读取数据填表。

4. 完全非弹性碰撞

与3类似，令滑块黏在一起通过其中一个光电门后返回，读取数据填表。

【实验器材及注意事项】

实验器材：气垫导轨 光电门 数字毫秒计

注意事项：

1. 检查数字毫秒计中 ΔS 参数值是否与当前挡光片的间距大小相等，否则须加以修正。

2. 动态平衡的要求相对误差小于1%，否则重新调节气轨的水平度或用酒精擦拭气轨。

3. 完全弹性碰撞实验中一块推得轻些一块重些以便区分碰撞前两滑块的速度。

	m_1/g	m_2/g								
	246.20	180.70								
	$v_{1,0}/(cm/s)$	$v_{2,0}/(cm/s)$	$v_{1,i}/(cm/s)$	$v_{2,i}/(cm/s)$	p_1	p_2	E_1	E_2	Δp	ΔE
完全弹性碰撞	47.40	41.45	27.06	59.50	0.1915990	0.1741382	0.0431807	0.0410001	-0.0174607	-0.0021806
	59.51	35.19	21.23	71.93	0.2101020	0.1822458	0.0547835	0.0522947	-0.0278562	-0.0024888
	46.37	38.62	27.15	57.31	0.1839493	0.1704025	0.0399444	0.0387489	-0.0135468	-0.0011956
非完全弹性碰撞	47.57	21.86	53.75	41.01	0.1566184	0.2064376	0.0321738	0.0507596	0.0498192	0.0185858
	55.53	20.05	54.66	48.12	0.1729452	0.2215258	0.0415910	0.0576996	0.0485805	0.0161087
	62.54	12.07	48.94	55.53	0.1757840	0.2208330	0.0494638	0.0573441	0.0450490	0.0078804
完全非弹性碰撞	45.11	40.16	7.60	7.60	0.1836299	0.0324444	0.0396216	0.0012329	-0.1511855	-0.0383888
	54.19	36.26	13.80	13.80	0.1989376	0.0589122	0.0480281	0.0040649	-0.1400254	-0.0439632
	46.49	38.66	7.51	7.51	0.1843170	0.0320602	0.0401095	0.0012039	-0.1522568	-0.0389057

结论: 在误差范围内, 完全弹性碰撞符合动量守恒和动能守恒, 非完全弹性碰撞和完全非弹性碰撞符合动量守恒

油, 碰撞时给滑块的速度不能过大也不能过小。

思考题: 1. (比较实验技术)

2. 测定物体速度和加速度. 等
3. 研究弹簧振子的运动规律. 等
3. 研究物体斜气垫导轨, 使重力与摩擦力相平衡.

【误差分析】

1. 速度对误差的产生有较大的影响, 过大或过小的滑块速度都会影响实验的准确性. 速度过大时, 所受空气阻力也较大, 而速度过小时, 挡光片切光缓慢, 导致光电测速系统产生的误差增大, 同时气垫导轨产生的气流不能达到绝对连续均匀分布.
2. 气垫导轨不能达到绝对水平.
3. 摆放滑块时没有摆好, 导致滑块振动过大而产生误差.
4. 气垫导轨的气层较薄, 滑块滑动过程中可能有摩擦.

【实验心得及思考题】

实验心得: 调整气垫导轨的水平时要注意, 调节时要小幅缓慢, 注意滑块的运动, 碰撞时给滑块的初速度不能过大也不能过小.

思考题: 1. (此实验未做).

2. 测定物体的速度和加速度.
研究弹簧振子的运动规律等.

3. 稍稍倾斜气垫导轨, 使重力与摩擦力相平衡.

【数据记录及草表】

2. 滑块质量 $m_1 = 246.20 \text{ g}$ $m_2 = 180.70 \text{ g}$

实验次数 $v_1 / (\text{cm/s})$ $v_2 / (\text{cm/s})$ $\bar{v} = \frac{v_1 + v_2}{2}$ $a / (\text{cm/s}^2)$ $F_r = ma$

完全弹性碰撞.

实验次数	$v_{1.0}$	$v_{2.0}$	$v_{1.1}$	$v_{2.1}$
	61.26	30.70 48.25	30.70	77.04
1.	47.40	27.06	41.45	59.50
2.	59.51	21.23	35.19	71.93
3.	46.37	27.15	38.62	57.31

完全非弹性碰撞

实验次数	$v_{1.0}$	$v_{2.0}$	$\overline{v_{1.1}} = v_{2.1}$
1.	45.11	58.95	40.16
2.	54.19	12.20	36.26
3.	46.49	46.00	38.66

非完全弹性碰撞.

实验次数	$v_{1.0}$	$v_{2.0}$	$v_{1.1}$	$v_{2.1}$
1.	47.57	21.86	53.75	41.01
2.	55.53	20.05	54.66	48.10
3.	62.54	12.07	48.94	55.53

教师签字:

王成