

# 直线运动规律的研究 讲义

2025年2月

## 一、实验目的

1. 利用气垫技术测定物体的“瞬时”速度，加速度以及当地的重力加速度
2. 利用气垫技术研究一维碰撞的三种情况，验证动量守恒和动能守恒定律
3. 定量研究一维碰撞中的动量损失和动能损失

## 二、实验仪器

气垫导轨实验仪器、电子计时器、滑块、天平

## 三、实验原理

1. 平均速度和瞬时速度的测量

作直线运动的物体在 $\Delta t$  时间内的位移为 $\Delta s$ ,则物体在 $\Delta t$  时间内的平均速度为 $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$  ,当 $\Delta t \rightarrow 0$  时,平均速度趋近于一个极限值,即物体在该点的瞬时速度,但实验上直接测量某点的瞬时速度是很困难的,一般在一定误差范围内(小于5%),用极短的 $\Delta t$ 内的平均速度代替瞬时速度。

2. 匀变速直线运动

若滑块受一恒力,它将作匀变速直线运动,匀变速直线运动方程如下:

$$v = v_0 + at \quad (1)$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \quad (2)$$

$$v^2 = v_0^2 + 2as \quad (3)$$

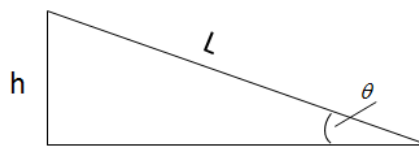
在斜面上不同位置由静止开始下滑,测出相同位置的速度,做出 $v^2 \sim s$  图,若图线是直线,则物体作匀加速直线运动,斜率为 $2a$  。

### 3. 重力加速度的测定

如下图所示,  $h$  为垫块的高度,  $L$  为斜面的长度, 滑块沿斜面下滑的加速度为:

$$a = g \sin \theta = g \frac{h}{L} \quad (4)$$

$$g = \frac{a}{h} L \quad (5)$$



实验原理图

### 4. 碰撞过程中守恒定律的研究

如果一个力学系统所受合外力为零或在某方向上的合外力为零, 则该力学系统总动量守恒或在某方向上守恒, 即  $\Sigma m_i v_i = \text{constant}$ 。

对于三种碰撞情况, 动量和动能守恒情况如下:

(a) 完全弹性碰撞

动量守恒, 能量守恒

(b) 完全非弹性碰撞

动量守恒, 动能不守恒

(c) 一般非弹性碰撞

动量守恒, 动能不守恒

## 四、实验内容

### 1. 匀变速运动中速度与加速度的测量

(a) 先将气垫导轨调平(动态调平法: 两光电门间隔50.00cm以上, 轻轻推动大滑块,使其通过第一个光电门的时间  $t_1 > 80ms$ , 并且通过第二个光电门的时间  $t_2$  满足  $t_1 - 5 < t_2 < t_1 + 5$ ), 然后在一端单脚螺丝下置一垫块, 使导轨成一斜面。

(b) 在 **大滑块** 上装上U型挡光片, 调节光电门, 打开计时装置, 使用**计时2**测试。

(c) 使 **大滑块** 分别从距光电门  $S = 20.00cm, 30.00cm, 40.00cm, 50.00cm, 60.00cm$  处自然下滑, 做初速度为**零**的匀加速运动, 记下挡光时间  $\Delta t$ , 每个  $S$  情况下重复测量三次。 **Tip:**请使用默认**计时2**进行测试。

(d) 测量U型挡光片有效长度  $\Delta s$  (测3次)、斜面高度  $h$  (测3次) 及斜面长度  $L$  (测1次)。

(e) 根据U型挡光片有效长度  $\Delta s$  和挡光时间  $\Delta t$ , 计算出速度  $v$ , 用Origin软件进行直线拟合(提示:  $v^2 = 2as$ ), 求加速度  $a$ , 并计算重力加速度  $g$  (深圳:  $g \approx 9.7883m/s^2$ )。 **Tip:**拟合图需要打印后贴在实验报告中, 并请给出拟合方程和  $R^2$  因子。

表 1: 滑块释放距离与挡光时间的关系

S(cm)	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00
$\Delta t_1(ms)$					
$\Delta t_2(ms)$					
$\Delta t_3(ms)$					
$\overline{\Delta t}(ms)$					

表 2: 其他相关参数

物理量 \ 次数	1	2	3
$\Delta s(cm)$			
$h(cm)$			
$L(cm)$		—	—

## 2. 研究三种碰撞状态下的守恒定律

- (a) 撤掉气垫导轨的垫块,按计时器上的“功能”键,选择“碰撞”档位。
- (b) 取大小两滑块A、B,将两滑块分别装上弹簧钢圈,用物理天平称此时滑块A、B的质量,分别记为 $m_1$ 和 $m_2$ ,且保证 $m_1 > m_2$ 。打开气泵,将小滑块B置于两光电门之间(两光电门的距离约30.00 - 40.00cm),使其静止,用 $m_1$ 碰 $m_2$ ,分别记下 $m_1$ 通过第一个光电门的时间 $\Delta t_{11}$ 和经过第二个光电门的时间 $\Delta t_{12}$ ,以及 $m_2$ 通过第二个光电门的时间 $\Delta t_{21}$ ,重复三次,记录所测数据(**Tips: 1、每次碰撞测量开始前,轻按计时器上的“功能”键,将所有时间数据清除; 2、每次测量完成后数据会自动循环显示**)。
- (c) 分别在两滑块上换上尼龙搭扣,重复上述测量步骤。
- (d) 分别在两滑块上换上金属碰撞器,重复上述测量步骤。

完全弹性  $m_1 = m_2 =$ 

次数 \ 时间	1	2	3
$\Delta t_{11}(ms)$			
$\Delta t_{12}(ms)$			
$\Delta t_{21}(ms)$			

完全非弹性  $m_1 = m_2 =$ 

次数 \ 时间	1	2	3
$\Delta t_{11}(ms)$			
$\Delta t_{12}(ms)$			
$\Delta t_{21}(ms)$			

非完全弹性  $m_1 = m_2 =$ 

次数 \ 时间	1	2	3
$\Delta t_{11}(ms)$			
$\Delta t_{12}(ms)$			
$\Delta t_{21}(ms)$			

- (e) 分别计算每种碰撞下动量的变化,动能的变化,计算动量损失率 $\frac{\Delta p}{p}$ 和动能损失率 $\frac{\Delta E}{E}$ ,并根据计算数据得出相应的实验结论。

## 五、思考题

1. 气垫导轨调水平的判断标准是什么？
2. 如何减小气垫导轨气流阻力对实验的影响？
3. 碰撞前后系统总动量不相等（可能出现碰撞后动量减小或增加），试分析其原因。

## 注意事项：

1. 导轨不通气时不要将滑块在导轨上滑动，以免磨损。
2. 滑块轻拿轻放，绝对不允许摔地上，跌坏了照价赔偿。
3. 气泵不用时及时关掉（以免烧坏电机）

## 六、实验结论

1. 实测重力加速度 $g = ?m/s^2$ ，相对误差为：？%；
2. 完全弹性碰撞动量和动能损失率分别为：？%和？%；非完全弹性碰撞动量和动能损失率分别为：？%和？%；完全非弹性碰撞动量和动能损失率分别为：？%和？%；

## 七、误差分析

提示：给出1-2条引起误差的主要原因即可

## 八、参考文献

《大学物理基础与综合性实验》何佳清，霍剑青主编.北京：高等教育出版社，2018.4，p104-p110.