

碰撞

2013599 田佳业 2023.3.21

实验目的

- 用对心碰撞特例验证动量守恒定律
- 了解动量守恒和动能守恒的条件
- 熟练的使用气垫导轨及数字毫秒计

仪器用品

气垫导轨及其附件（包括挡光框及滑块各一对以及气泵）、数字毫秒计、电子天平、游标卡尺等

实验原理

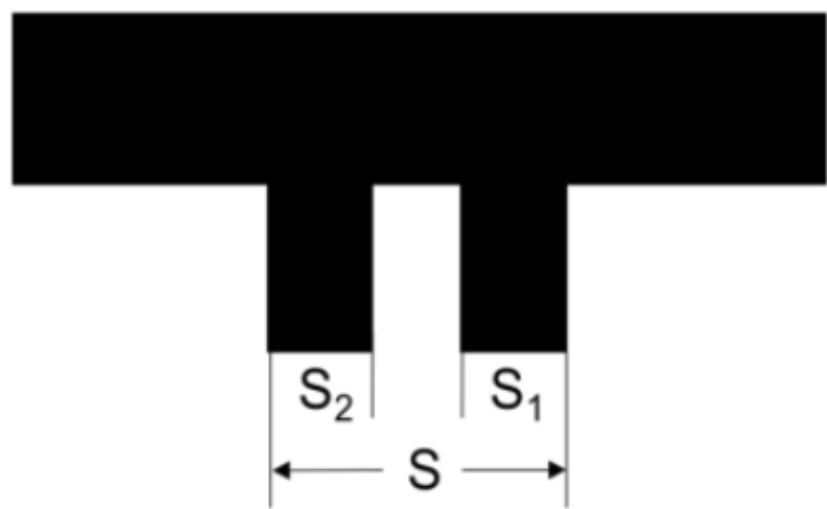
当一个物体系所受的合外力为零，则物体的总动量保持不变；若物体系所受合外力在某个方向上为零，则此物体系在该方向上动量的分量守恒。

假设在平直导轨上，两个滑块作对心碰撞，若忽略空气阻力，则在水平方向上就满足动量守恒的条件，即碰撞前后系统的总动量保持不变。

实验步骤

- 用动态法调平导轨，使滑块在选定的方向上做匀速运动，以保证碰撞时合外力约为零的条件；
- 用电子天平校验两滑块（连同挡光物）的质量 m_1 和 m_2
- 用游标卡尺测出两挡光物的有效遮光宽度。
- 在两滑块质量近似相等的条件下，测量完全弹性和完全非弹性碰撞前后两滑块各自通过光电门的时间。

数据处理



对两遮光板均有：

$$S = 6.000cm$$

$$S1 = S2 = 1.000cm$$

则有效遮光长度

$$\Delta s1 = \Delta s2 = 5.000cm$$

$$m1 = m2 = 229.76g$$

完全弹性

次数	$\Delta t1/ms$	$u/(m \cdot s^{-1})$	$\Delta t2/ms$	$v/(m \cdot s^{-1})$
1	184.05	0.2717	186.85	0.2676
2	204.48	0.2445	206.54	0.2421
3	147.73	0.3385	147.84	0.3382

完全非弹性

次数	$\Delta t_1'/ms$	$u'/(m \cdot s^{-1})$	$\Delta t_2'/ms$	$v'/(m \cdot s^{-1})$
1	93.61	0.5341	187.64	0.2665
2	167.85	0.2979	337.81	0.148
3	147.69	0.3385	295.23	0.1694

由于在实验条件下确有 $\Delta s_1 = \Delta s_2$, $m_1 = m_2$, 因此动量百分差和动能百分差可做如下化简:

(1) 对于完全弹性碰撞

碰撞前后的动量百分差 E_1 为

$$E_1 = \frac{|p_2 - p_1|}{p_1} = \left| \frac{m_2 \Delta s_2 \Delta t_1}{m_1 \Delta s_1 \Delta t_2} - 1 \right| = \left| \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} - 1 \right|$$

动能百分差 E_2 为

$$E_2 = \frac{|E_{k2} - E_{k1}|}{E_{k1}} = \left| \frac{m_2 \Delta s_2^2 \Delta t_1^2}{m_1 \Delta s_1^2 \Delta t_2^2} - 1 \right| = \left| \frac{\Delta t_1^2}{\Delta t_2^2} - 1 \right|$$

若 E_1 及 E_2 在其实验误差范围之内, 则说明前述结论成立。

(2) 对于完全非弹性碰撞:

若动量守恒定律成立, 则说明完全非弹性碰撞动量守恒, 且 $e = 0$, 其动能损失最大, 约为 50%。得其动量和动能百分差在 E'_1 及 E'_2 分别为

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

$$E'_2 = \frac{|E'_{t2} - E'_t|}{E'_t} = \left| \left(1 + \frac{m_2}{m_1} \right) \left(\frac{\Delta t'_1}{\Delta t'_2} \right)^2 - 1 \right| = \left| \left(\frac{\Delta t'_1}{\Delta t'_2} \right)^2 - 1 \right|$$

其动能损失的百分误差则为

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

以第二组数据为例:

完全弹性碰撞

恢复系数:

$$e = \frac{v_2 - v_1}{u_1 - u_2} = \frac{0.2421 - 0}{0.2445 - 0} = 0.990$$

动量百分差:

$$E_1 = \left| \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} - 1 \right| = \left| \frac{204.48}{206.54} - 1 \right| = 0.990$$

动能百分差:

$$E_2 = \left| \frac{\Delta t_1^2}{\Delta t_2^2} - 1 \right| = 0.980$$

完全非弹性碰撞

恢复系数 $e = 0$

动量百分差:

$$E_1 = \left| \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} - 1 \right| = \left| \frac{167.85}{337.81} - 1 \right| = 0.503$$

动能百分差:

$$E_2 = \left| \frac{\Delta t_1^2}{\Delta t_2^2} - 1 \right| = 0.752$$

考查题

1. 动量守恒定律成立的条件是什么? 实验操作中应如何保证之?

若一个物体系所受合外力为零则物体的总动量保持不变: 若物体系所受合外力在某个方向的分量为零, 则此物体系的总动量在该方向的分量守恒。

对心碰撞, 导轨充气尽可能消除摩擦。

2.完全非弹性碰撞中要求碰撞前后选用同一挡光框遮光有什么好处？实验操作中如何实现？

便于测量，减小不确定度。将被碰物体的遮光片卸下来即可。

3.既然导轨已调平，为什么实验操作中还要用手扶住滑块2？手扶滑块时应注意什么？

由于在气垫导轨上，滑块容易受到其他扰动导致速度不为0。需要注意松手的时候不要给它初速度。

4.滑块2距光电门2近些好还是远些好？两光电门间近些好还是远些好？为什么？

近些。可以在碰撞之后及时测量，减小误差。

远些。滑块比较大，需要给其碰撞预留距离。

思考题

1.完全弹性碰撞的特点是什么？试证明在完全弹性碰撞中，碰撞后两物体分离的速度等于碰撞前两物体相互接近的速度。

碰撞后物体的形变得以完全恢复，则物体系的总动能不变，碰撞后两物体的相对速度等于碰撞前两物体的相对速度。

动量守恒式和动能守恒式作比即可。具体推导可见[链接](#)

2.设导轨质量远大于滑块质量，问：当滑块与导轨一端作弹性碰撞时，其恢复系数等于多少？

$e=1$

3.为什么要尽量做到对心碰撞？在你的实验中是如何保证的？

尽管碰撞时各个方向都满足动量守恒，但实验中若不对心碰撞由于摩擦的影响会造成额外的动能损失，且可能由于合外力不为0(与导轨碰撞不一定力的方向垂直)不能满足动量守恒定律条件。会使误差较大。

将物体在导轨上放正。

4.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？

会都停下来。

5.试总结，为了检验本实验的结论，在实验操作中保证实验条件以减小测量误差的方法。

导轨调平，碰撞前用手按住没有速度的滑块，给滑块速度平稳，保证充足充气，多次测量等。