

## 第 13.4 节 实验：验证动量守恒定律

{INCLUDEPICTURE"15WL3-5-32.TIF"}

### 一、实验目的

1. 验证一维碰撞中的动量守恒。
2. 探究一维弹性碰撞的特点。

### 二、实验器材

斜槽，大小相等、质量不同的小钢球两个，重垂线，白纸，复写纸，天平，刻度尺，圆规。

#### 考点一 实验原理与操作

[典例 1] 如图实-16-1，用“碰撞实验器”可以验证动量守恒定律，即研究两个小球在轨道水平部分碰撞前后的动量关系。

{INCLUDEPICTURE"LZ46.TIF"}

图实-16-1

(1)实验中，直接测定小球碰撞前后的速度是不容易的。但是，可以通过仅测量\_\_\_\_\_ (填选项前的符号)，间接地解决这个问题。

- A. 小球开始释放高度  $h$
- B. 小球抛出点距地面的高度  $H$
- C. 小球做平抛运动的射程

(2)图中  $O$  点是小球抛出点在地面上的垂直投影，实验时先让入射球  $m_1$  多次从斜轨上  $S$  位置静止释放，找到其平均落地点的位置  $P$ ，测量平抛射程  $OP$ ，然后，把被碰小球  $m_2$  静置于轨道的水平部分，再将入射球  $m_1$  从斜轨上  $S$  位置静止释放，与小球  $m_2$  相碰，并多次重复。

接下来要完成的必要步骤是\_\_\_\_\_。(填选项前的符号)

- A. 用天平测量两个小球的质量  $m_1$ 、 $m_2$
- B. 测量小球  $m_1$  开始释放高度  $h$
- C. 测量抛出点距地面的高度  $H$
- D. 分别找到  $m_1$ 、 $m_2$  相碰后平均落地点的位置  $M$ 、 $N$
- E. 测量平抛射程  $OM$ 、 $ON$

(3)若两球相碰前后的动量守恒，其表达式可表示为\_\_\_\_\_ [用(2)中测量的量表示]；若碰撞是弹性碰撞，那么还应满足的表达式为\_\_\_\_\_ [用(2)中测量的量表示]。

#### [题组突破]

1.某同学用如图实-16-2 所示的装置通过半径相同的  $A$ 、 $B$  两球( $m_A > m_B$ )的碰撞来验证动量守恒定律，图实-16-2 中  $PQ$  是斜槽， $QR$  为水平槽。实验时先使  $A$  球从斜槽上某一固定位置  $G$  由静止开始滚下，落到位于水平地面的记录纸上，留下痕迹。重复上述操作 10 次，得到 10 个落点痕迹。再把  $B$  球放在水平槽上靠近槽末端的地方，让  $A$  球仍从位置  $G$  由静止开始滚下，和  $B$  球碰撞后， $A$ 、 $B$  球分别在记录纸上留下各自的落点痕迹。重复这种操作 10

次。图实-16-2中 $O$ 点是水平槽末端 $R$ 在记录纸上的竖直投影点。 $B$ 球落点痕迹如图实-16-3所示，其中米尺水平放置，且平行于 $G$ 、 $R$ 、 $O$ 所在的平面，米尺的零点与 $O$ 点对齐。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-5-33.TIF"}

图实-16-2

{INCLUDEPICTURE"15WL3-5-34.TIF"}

图实-16-3

(1)碰撞后 $B$ 球的水平射程应取为\_\_\_\_\_cm;

(2)在以下选项中，哪些是本次实验必须进行的测量? \_\_\_\_\_(填选项号)

A. 水平槽上未放 $B$ 球时，测量 $A$ 球落点位置到 $O$ 点的距离

B.  $A$ 球与 $B$ 球碰撞后，测量 $A$ 球落点位置到 $O$ 点的距离

C. 测量 $A$ 球或 $B$ 球的直径

D. 测量 $A$ 球和 $B$ 球的质量(或两球质量之比)

E. 测量水平槽面相对于 $O$ 点的高度

(3)实验中，关于入射小球在斜槽上释放点的高低对实验影响的说法中正确的是( )

A. 释放点越低，小球受阻力越小，入射小球速度越小，误差越小

B. 释放点越低，两球碰后水平位移越小，水平位移测量的相对误差越小，两球速度的测量越准确

C. 释放点越高，两球相碰时，相互作用的内力越大，碰撞前后动量之差越小，误差越小

D. 释放点越高，入射小球对被碰小球的作用力越大，轨道对被碰小球的阻力越小

2. 某同学利用打点计时器和气垫导轨做验证动量守恒定律的实验，气垫导轨装置如图实-16-4甲所示，所用的气垫导轨装置由导轨、滑块、弹射架等组成。在空腔导轨的两个工作面上均匀分布着一定数量的小孔，向导轨空腔内不断通入压缩空气，空气会从小孔中喷出，使滑块稳定地漂浮在导轨上，这样就大大减小了因滑块和导轨之间的摩擦而引起的误差。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-5-35.TIF"}

图实-16-4

下面是实验的主要步骤：

①安装好气垫导轨，调节气垫导轨的调节旋钮，使导轨水平；

②向气垫导轨通入压缩空气；

③把打点计时器固定在紧靠气垫导轨左端弹射架的外侧，将纸带穿过打点计时器和弹射架并固定在滑块1的左端，调节打点计时器的高度，直至滑块拖着纸带移动时，纸带始终在水平方向；

④使滑块1挤压导轨左端弹射架上的橡皮绳；

⑤把滑块2放在气垫导轨的中间；已知碰后两滑块一起运动；

⑥先\_\_\_\_\_，然后\_\_\_\_\_，让滑块带动纸带一起运动；

⑦取下纸带，重复步骤④⑤⑥，选出较理想的纸带如图乙所示；

⑧测得滑块 1(包括撞针)的质量为 310 g，滑块 2(包括橡皮泥)的质量为 205 g。

(1)试着完善实验步骤⑥的内容。

(2)已知打点计时器每隔 0.02 s 打一个点，计算可知两滑块相互作用前质量与速度的乘积之和为\_\_\_\_\_ kg·m/s；两滑块相互作用以后质量与速度的乘积之和为\_\_\_\_\_ kg·m/s。(保留 3 位有效数字)

(3)试说明(2)问中两结果不完全相等的主要原因是\_\_\_\_\_。

## 考点二 数据处理与误差分析

[例 2] 现利用图实-16-5 所示的装置验证动量守恒定律。在图中，气垫导轨上有 A、B 两个滑块，滑块 A 右侧带有一弹簧片，左侧与打点计时器(图中未画出)的纸带相连；滑块 B 左侧也带有一弹簧片，上面固定一遮光片，光电计时器(未完全画出)可以记录遮光片通过光电门的时间。

{INCLUDEPICTURE"14gK1-20.TIF"}

图实-16-5

实验测得滑块 A 的质量  $m_1=0.310$  kg，滑块 B 的质量  $m_2=0.108$  kg，遮光片的宽度  $d=1.00$  cm；打点计时器所用交流电的频率  $f=50.0$  Hz。

将光电门固定在滑块 B 的右侧，启动打点计时器，给滑块 A 一向右的初速度，使它与 B 相碰。碰后光电计时器显示的时间为  $\Delta t_B=3.500$  ms，碰撞前后打出的纸带如图实-16-6 所示。

{INCLUDEPICTURE"14gK1-82.TIF"}

图实-16-6

若实验允许的相对误差绝对值 $\{eq \b\lc(\rc)(\a\vs4\al\col(\b\lc\rc)(\a\vs4\al\col(f(碰撞前后总动量之差,碰前总动量)))\times 100\%)\}$ 最大为 5%，本实验是否在误差范围内验证了动量守恒定律？写出运算过程。



## [题组突破]

3. (2015·江苏省苏、锡、常、镇四市模拟)如图实-16-7 为实验室常用的气垫导轨验证动量守恒的装置。两带有等宽遮光条的滑块  $A$  和  $B$ ，质量分别为  $m_A$ 、 $m_B$ ，在  $A$ 、 $B$  间用细线水平压住一轻弹簧，将其置于气垫导轨上，调节导轨使其能实现自由静止，这是表明\_\_\_\_\_，烧断细线，滑块  $A$ 、 $B$  被弹簧弹开，光电门  $C$ 、 $D$  记录下两遮光条通过的时间分别为  $t_A$  和  $t_B$ ，若有关系式\_\_\_\_\_，则说明该实验动量守恒。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-5-36.TIF"}

图实-16-7

4. 气垫导轨(如图实-16-8)工作时，空气从导轨表面的小孔喷出，在导轨表面和滑块内表面之间形成一层薄薄的空气层，使滑块不与导轨表面直接接触，大大减小了滑块运动时的阻力。为了验证动量守恒定律，在水平气垫导轨上放置两个质量均为  $a$  的滑块，每个滑块的一端分别与穿过打点计时器的纸带相连，两个打点计时器所用电源的频率均为  $b$ 。气垫导轨正常工作后，接通两个打点计时器的电源，并让两滑块以不同的速度相向运动，两滑块相碰后粘在一起继续运动。图实-16-9 为某次实验打出的、点迹清晰的纸带的一部分，在纸带上以同间距的 6 个连续点为一段划分纸带，用刻度尺分别量出其长度  $s_1$ 、 $s_2$  和  $s_3$ 。若题中各物理量的单位均为国际单位，那么，碰撞前两滑块的动量大小分别为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_，两滑块的总动量大小为\_\_\_\_\_；碰撞后两滑块的总动量大小为\_\_\_\_\_。重复上述实验，多做几次。若碰撞前、后两滑块的总动量在实验误差允许的范围内相等，则动量守恒定律得到验证。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-5-37.TIF"}

图实-16-8

{INCLUDEPICTURE"15WL3-5-38.TIF"}

图实-16-9

5. 某同学设计了一个用电磁打点计时器验证动量守恒定律的实验：在小车  $A$  的前端粘有橡皮泥，推动小车  $A$  使之做匀速运动，然后与原来静止在前方的小车  $B$  相碰并粘合成一体，继续做匀速运动。他设计的装置如图实-16-10 甲所示。在小车  $A$  后连着纸带，电磁打点计时器所用电源频率为 50 Hz，长木板下垫着小木片以平衡摩擦力。

{INCLUDEPICTURE"15WL3-5-39.TIF"}

图实-16-10

(1)若已测得打点纸带如图乙所示，并测得各计数点的间距(已标在图上)。  $A$  为运动的起点，则应选\_\_\_\_\_段来计算  $A$  碰前的速度，应选\_\_\_\_\_段来计算  $A$  和  $B$  碰后的共同速度(以上两空选填“ $AB$ ”“ $BC$ ”“ $CD$ ”或“ $DE$ ”)。

(2)已测得小车  $A$  的质量  $m_1=0.4$  kg，小车  $B$  的质量  $m_2=0.2$  kg，则碰前两小车的总动量为\_\_\_\_\_ kg·m/s，碰后两小车的总动量为\_\_\_\_\_ kg·m/s。

6. 如图实-16-11 是用来验证动量守恒的实验装置, 弹性球 1 用细线悬挂于  $O$  点,  $O$  点下方桌子的边沿有一竖直立柱。实验时, 调节悬点, 使弹性球 1 静止时恰与立柱上的球 2 接触且两球等高。将球 1 拉到  $A$  点, 并使之静止, 同时把球 2 放在立柱上。释放球 1, 当它摆到悬点正下方时与球 2 发生对心碰撞, 碰后球 1 向左最远可摆到  $B$  点, 球 2 落到水平地面上的  $C$  点。测出有关数据即可验证 1、2 两球碰撞时动量守恒。现已测出  $A$  点离水平桌面的距离为  $a$ 、 $B$  点离水平桌面的距离为  $b$ ,  $C$  点与桌子边沿间的水平距离为  $c$ 。此处,

{INCLUDEPICTURE"15WL3-5-40.TIF"}

图实-16-11

(1) 还需要测量的量是\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

(2) 根据测量的数据, 该实验中动量守恒的表达式为\_\_\_\_\_。(忽略小球的大小)