

1.4 实验：验证动量守恒定律（共 2 课时）

班级：_____ 姓名：_____ 学号：_____

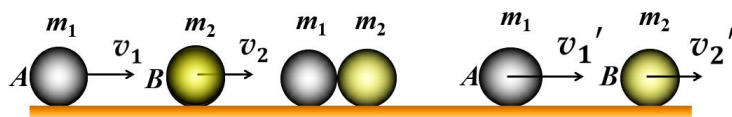
一、学习目标

1. 知道动量守恒的条件，能依据条件设计合理的验证试验方案；
2. 根据试验方案，会选择相应的仪器，进行数据处理、实验分析，形成结论；
3. 能撰写实验报告，用学过的物理术语、图表等交流本实验的探究过程与结论。

二、学习过程

1. 动量守恒的条件

【情景导入】光滑水平面上，A 小球以速度 v_1 ，追速度 v_2 的 B 小球。两者碰撞后，速度分别为 v_1' 、 v_2' 。



【问题探究】

- 1.1 两小球碰撞过程中各受到哪些力的作用？对 A 球而言，动量守恒吗，守恒的条件是什么？
- 1.2 若将两小球改成放置于水平气垫导轨上两物块 A、B，重复上述过程，物块受到哪些力？碰撞过程，动量守恒吗？
- 1.3 若地面粗糙，A、B 两球快速碰撞的过程中，动量守恒吗？

【知识点 1】

(1) 动量守恒描述的对象是_____。

(2) 动量守恒的三种情景：

①当系统_____外力；

②当系统受到外力，但外力的合力_____；

③当系统受到外力合力不为零，但系统_____时，外力相对系统而言，可以_____，因而系统动量近似守恒。

2. 验证动量守恒

【问题探究】

2.1 请用公式描述 A、B 小球碰撞过程动量守恒的关系

2.2 若要验证动量守恒关系，需要测量哪些物理量？

2.3 如何测量速度？

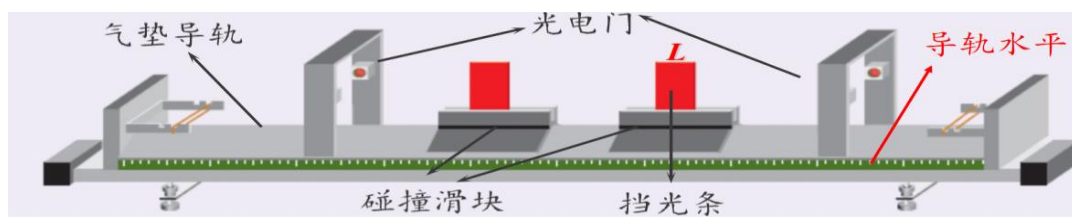
2.4 如何设计“验证动量守恒”的实验方案？

3. 验证动量守恒的方案设计

【情景导入】光电门、频闪照相机、打点计时器常见的测速仪器。借助于平抛运动的等时性，也可以测量平抛的初速度。

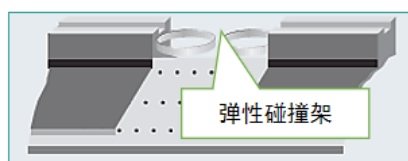
【问题探究】

方案一：采用光电门，结合气垫导轨研究动量守恒。为了简化研究，可以让运动的滑块碰撞，另一个处于静止状态的滑块。

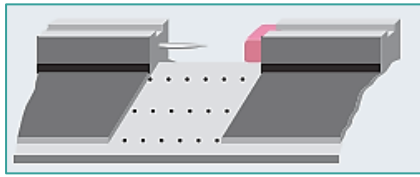


3.1 如何调节使得系统合外力为零？

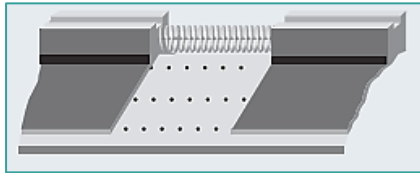
3.2 实验可以分成几类情景？又该如何说明系统动量是守恒的？



(1) $m_A > m_B$ ，运动滑块 A 撞击静止滑块 B。

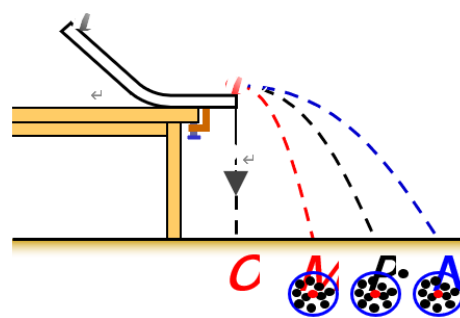
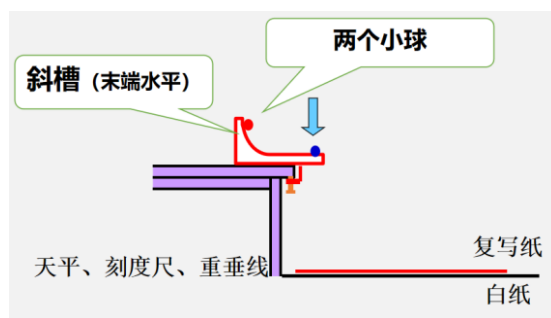


(2) 运动滑块 A 撞击静止滑块 B，撞后两者粘在一起



(3) 两静止滑块被弹簧弹开，一个向左，一个向右

方案二：利用平抛演示仪装置验证动量守恒



3.3 若采用上述装置验证动量守恒，实验需注意什么？

3.4 如何简化实验研究？又该如何如何减小实验误差？

4. 实验：验证动量守恒定律

(1) 实验仪器：天平、两小球、斜槽、重锤线、白纸、复写纸等

(2) 实验装置及原理：如上述

(3) 实验步骤：

①先用天平称量出两个小球的质量 m_1 、 m_2 ；

②安装好实验装置，注意使斜槽末端点的切线水平；

③在地上铺一张白纸，白纸上铺放复写纸；

④在白纸上记下重垂线所指的位置 O，它表示入射小球 m_A 碰撞前球心的竖直投影点；

⑤先不放被碰小球，让入射小球从斜槽上同一位置处静止滚下，重复 10 次，用圆规画尽可能小的圆把所有的小球落点圈在里面，圆心就是入射小球不碰撞时的落地点；

⑥把被碰小球放在斜槽轨道末端，让入射小球从同一位置静止滚下，使它们发生正碰，重复 10 次，同理求出入射小球落点的平均位置 M 和被碰小球落点的平均位置 N。

(4) 实验数据及处理：

实验次数	入射小球的质量 m_1/g	被碰小球的质量 m_2/g	OP (cm)	OM (cm)	ON (cm)	碰前动量	碰后动量
1							
2							
3							

(5) 实验结论：_____。

(6) 实验注意事项：

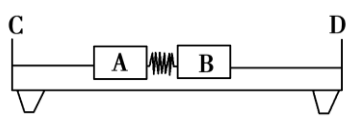
- ①斜槽末端要切线要水平；
- ②每次小球下滑要从同一位置处由静止释放；
- ③要保证对心碰撞，两球必须大小相等；
- ④小球的诸多落点要用圆规画尽可能小的圆把所有的小球落点都圈在里面，该小圆的圆心即为小球的平均落点；
- ⑤ 入射小球的质量 m_A 和被碰小球的质量 m_B 的大小关系是 $m_A > m_B$ 。

三、课后练习

1.气垫导轨是常用的一种实验仪器，它是利用气泵使带孔的导轨与滑块之间形成气垫，使滑块悬浮在导轨上，滑块在导轨上的运动可视为没有摩擦。我们可以用带竖直挡板 C 和 D 的气垫导轨以及滑块 A 和 B 来验证动量守恒定律，实验装置如图所示(弹簧的长度忽略不计)。

实验步骤如下：

- a. 用天平分别测出滑块 A、B 的质量 m_A 、 m_B ；
- b. 调整气垫导轨，使导轨处于水平；
- c. 将 A、B 静止放置在气垫导轨上，在 A 和 B 间放入一个被压缩的轻质弹簧，用电动卡销锁定；
- d. 用刻度尺测出滑块 A 的左端至挡板 C 的距离 L_1 ；



e. 按下电钮放开卡销，同时使分别记录滑块 A、B 运动时间的计时器开始工作，当 A、B 滑块分别碰撞 C、D 挡板时停止计时，记下滑块 A、B 分别到达挡板 C、D 的运动时间 t_1 和 t_2 。

(1) 实验中还应测量的物理量是_____；

(2) 利用上述测量的实验数据，验证动量守恒定律的表达式是_____，上式中算得 A、B 两滑块的动量大小并不完全相等，产生误差的原因是：

①_____；

②_____。

2. 如图所示，斜槽末端水平，小球 m_1 从斜槽某一高度由静止滚下，落到水平面上的 P 点。今在槽口末端放一与 m_1 半径相同的球 m_2 ，仍让球 m_1 从斜槽同一高度滚下，并与球 m_2 正碰后使两球落地，球 m_1 和 m_2 的落地点分别是 M 、 N 。已知槽口末端在白纸上的投影位置为 O 点。则：

(1) 两小球质量的关系应满足_____；

A. $m_1 = m_2$ B. $m_1 > m_2$ C. $m_1 < m_2$

(2) 实验必须满足的条件_____；

A. 轨道末端的切线必须是水平的

B. 斜槽轨道必须光滑

C. 入射球 m_1 每次必须从同一高度滚下

D. 入射球 m_1 和被碰球 m_2 的球心在碰撞瞬间必须在同一高度

(3) 实验中必须测量的是_____；

A. 两小球的质量 m_1 和 m_2

B. 两小球的半径 r_1 和 r_2

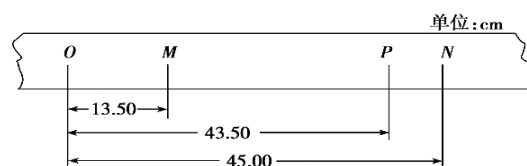
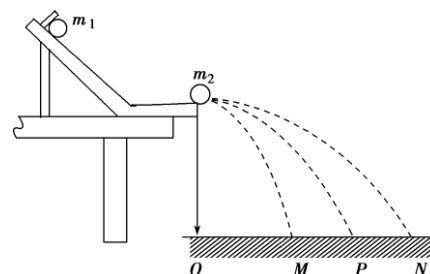
C. 桌面离地的高度 H

D. 小球起始高度

E. 从两球相碰到两球落地的时间

F. 小球 m_1 单独飞出的水平距离

G. 两小球 m_1 和 m_2 相碰后飞出的水平距离



(4) 若两小球质量之比为 $m_1 : m_2 = 3 : 2$ ，两球落点情况如上图所示，则碰撞前后动量是否守恒？

3. 某科学兴趣小组同学用如图所示的装置验证“动量守恒定律”。实验步骤如下：

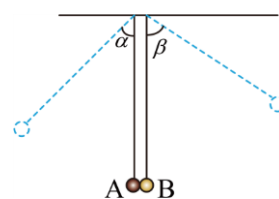
① 用细绳将大小相同、质量分别为 m_A 和 m_B 的小球 A 和 B 悬挂在天花板上；

② 在 A、B 两球之间放入少量炸药，引爆炸药，两球反方向摆起，

用量角器记录两细绳偏离竖直方向的最大夹角分别为 α 、 β ；

试回答下列问题：

(1) 实验中所用两细绳长度应_____ (填“相等”或“不相



等”);

(2)若两球爆炸过程动量守恒,应满足的表达式为____(用 m_A 、 m_B 、 α 、 β 表示);

(3)另一小组同学用该实验装置想探究两小球间的碰撞是否是弹性碰撞,实验步骤如下:

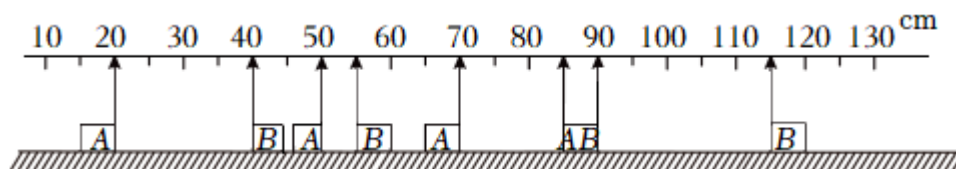
①小球 B 竖直静止,将小球 A 拉起一定角度 α ,由静止释放;

②小球 A 和小球 B 发生正碰之后,小球 A 被弹回,用量角器测出悬挂小球 B 的细绳能摆起的与竖直方向的最大夹角 β ;

③多次改变初始 α 的值,使得悬挂小球 B 的细绳摆起的最大角度发生变化,记录多组 α 、 β 值,以 $1 - \cos\beta$ 为纵轴, $1 - \cos\alpha$ 为横轴,绘制 $(1 - \cos\beta) - (1 - \cos\alpha)$ 图像;

④若两球碰撞确为弹性碰撞,则上述图像的斜率 k 满足: k ____1(选填“>”、“<”或“=”)。

4. 如图所示是验证动量守恒定律实验中获得的频闪照片,已知 A 、 B 两滑块的质量分别是 m_A 、 m_B , A 滑块向右运动,与原来处于静止状态的 B 滑块碰撞;碰撞前后共进行了四次拍摄,第一次是在两滑块相撞之前,以后的三次是在碰撞之后。并且 A 、 B 滑块在拍摄频闪照片的这段时间内是在20 cm至115 cm这段范围内运动(以滑块上的箭头位置为准),试根据频闪照片(闪光时间间隔为0.5 s)回答问题。



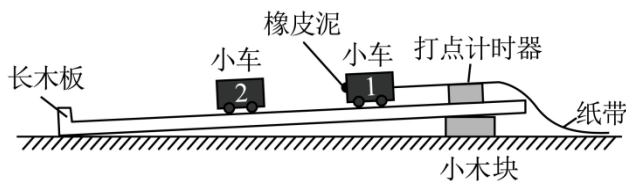
(1)根据频闪照片分析可知碰撞发生位置在____cm刻度处;

(2) A 滑块碰撞前的速度记为 v_A ,由上图数据可计算得:

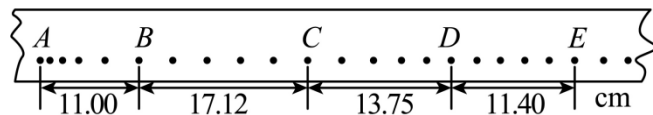
A 滑块碰撞后的速度 $v_A' =$ ____m/s, B 滑块碰撞后的速度 $v_B' =$ ____m/s;

(3)根据频闪照片分析,两滑块组成的系统在相互作用过程中,若满足表达式____(用题干及(2)问所给字母表示)可以得出的结论:在误差范围内,两滑块组成的系统在相互作用过程中动量守恒。

5. 天立的同学借助图所示装置验证动量守恒定律,长木板的一端垫有小木块,可以微调木板的倾斜程度,以平衡摩擦力,使两个小车均能在木板上做匀速直线运动。小车1前端贴有橡皮泥,后端与穿过打点计时器的纸带相连,接通打点计时器电源后,让小车1以某速度做匀速直线运动,与置于木板上静止的小车2相碰并粘在一起,之后继续做匀速直线运动。打点计时器电源频率为50Hz,得到的纸带如图所示,已将各计数点之间的距离标在图上。



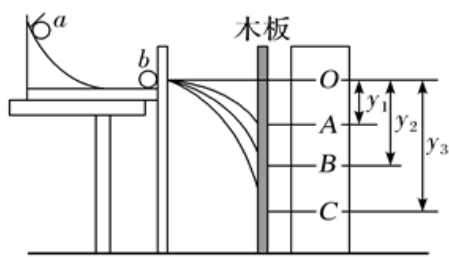
(1)图中的数据有 AB 、 BC 、 CD 、 DE 四段,计算小车1碰撞前的速度大小 $v_1 =$ _____ m/s ,



(2)若小车1的质量(含橡皮泥)为 $0.4kg$, 小车2的质量为 $0.2kg$, 根据纸带数据, 两小车碰前的总动量_____ $kg \cdot m/s$, 碰后两小车总动量_____ $kg \cdot m/s$, (结果保留三位有效数字)。你认为出现此结果的原因可能是_____。

(3)如果在测量小车1的质量时, 忘记粘橡皮泥, 则所测系统碰前的动量与系统碰后的动量相比, 将_____ (填“偏大”或“偏小”或“相等”)。

6. 在验证动量守恒定律实验中, 实验装置如图所示, a 、 b 是两个半径相等的小球, 按照以下步骤进行操作:



①在平木板表面钉上白纸和复写纸, 并将该木板竖立紧靠槽口处, 将小球 a 从斜槽轨道上固定点处由静止释放, 撞到木板并在白纸上留下痕迹 O ;

②将木板水平向右移动一定距离并固定, 再将小球 a 从固定点处由静止释放, 撞到木板上得到痕迹 B ;

③把小球 b 静止放在斜槽轨道水平段的最右端, 让小球 a 仍从固定点处由静止释放, 和小球 b 相碰后, 两球撞在木板上得到痕迹 A 和 C 。

(1)若碰撞过程中没有机械能损失, 为了保证在碰撞过程中 a 球不反弹, a 、 b 两球的质量 m_1 、 m_2 间的关系是 m_1 _____ m_2 。(选填“ $>$ ” “ $=$ ”或“ $<$ ”)

(2)为完成本实验, 必须测量的物理量有_____。

A. 小球 a 开始释放的高度 h B. 木板水平向右移动的距离 l

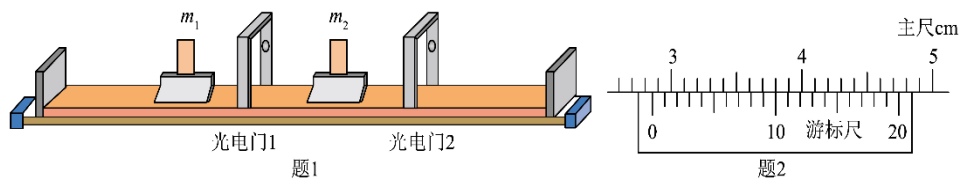
C. a 球和 b 球的质量 m_1 、 m_2 D. O 点到 A 、 B 、 C 三点的距离 y_1 、 y_2 、 y_3

(3)在实验误差允许的范围内, 若动量守恒, 其关系式应为_____。

(4)在实验误差允许的范围内, 若机械能守恒, 其关系式应为_____。

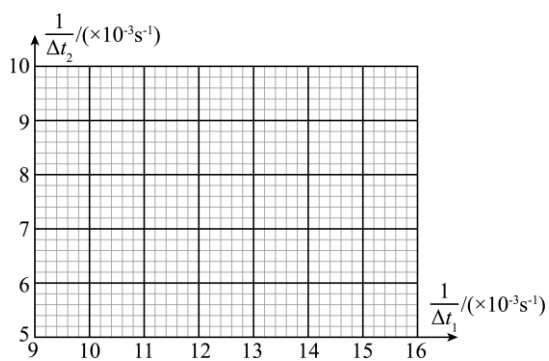
7. 某同学利用气垫导轨上滑块间的碰撞来验证动量守恒定律, 滑块1上安装遮光片, 光电计时器可以测出遮光片经过光电门的遮光时间, 滑块质量可以通过天平测出, 实验装置如题1

图所示。



- (1)游标卡尺测量遮光片宽度如题2图所示，其宽度 $d = \underline{\hspace{2cm}} cm$ 。
- (2)打开气泵，待气流稳定后，将滑块1轻轻从左侧推出，发现其经过光电门1的时间比光电门2的时间短，应该调高气垫导轨的____端(填“左”或“右”)，直到通过两个光电门的时间相等，即轨道调节水平。
- (3)在滑块上安装配套的粘扣。滑块2(未安装遮光片 $m_2 = 120.3g$)静止在导轨上，轻推滑块1(安装遮光片 $m_1 = 174.5g$)，使其与滑块2碰撞，记录碰撞前滑块1经过光电门1的时间 Δt_1 ，以及碰撞后两滑块经过光电门2的时间 Δt_2 。重复上述操作，多次测量得出多组数据如下表：

$\Delta t_1(ms)$	64.72	69.73	70.69	80.31	104.05
$\frac{1}{\Delta t_1}(\times 10^{-3}s^{-1})$	15.5	14.3	14.1	12.5	9.6
$\Delta t_2(ms)$	109.08	121.02	125.02	138.15	185.19
$\frac{1}{\Delta t_2}(\times 10^{-3}s^{-1})$	9.2	8.3	8.0	7.2	5.4



根据表中数据在方格纸上作出 $\frac{1}{\Delta t_2} - \frac{1}{\Delta t_1}$ 图线____。从图像中可以得到直线的斜率为 k_1 ，而从理论计算可得直线斜率的表达式为 $k_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ 。(用 m_1 、 m_2 表示)若 $k_1 = k_2$ ，即可验证动量守恒定律。

- (4)多次试验，发现 k_1 总大于 k_2 ，产生这一误差的原因可能是_____。

- A.滑块1的质量测量值偏小 B.滑块1的质量测量值偏大
C.滑块2的质量测量值偏小 D.滑块2的质量测量值偏

答案：1. (1) B 与 D 的距离 L_2 ； (2) $m_A \frac{L_1}{t_1} = m_B \frac{L_2}{t_2}$ 、导轨不水平、滑块受阻力； 2. (1) B； (2) ACD； (3) AFG； (4) 守恒； 3. (1) 相等； (2) $m_A \sqrt{1 - \cos \alpha} = m_B \sqrt{1 - \cos \beta}$ ； (3) $<$ ； 4. (1) 40； (2) 0.4； (3) 0.6、 $m_A v_A = m_A v_A' + m_B v_B'$ ； 5. (1) 1.712； (2) 0.685、0.684、针孔与纸带之间有摩擦； (3) 偏小； 6. (1) $>$ ； (2) CD (3) $\frac{m_1}{\sqrt{y_2}} = \frac{m_1}{\sqrt{y_3}} + \frac{m_2}{\sqrt{y_1}}$ (4) $\frac{m_1}{y_2} = \frac{m_1}{y_3} + \frac{m_2}{y_1}$ ； 7. (1) 2.850； (2) 左； (3) 图略、 $\frac{m_1}{m_1 + m_2}$ ； (4) AD。