

## 双基限时练(一) 实验：探究碰撞中的不变量

1. (多选题)在利用气垫导轨探究碰撞中的不变量的实验中,哪些因素可导致实验误差( )

- A. 导轨安放不水平
- B. 小车上的挡光板倾斜
- C. 两小车质量不相等
- D. 两小车碰后连在一起

**解析** 在探究碰撞中的不变量实验时,物体只受到碰撞过程中的相互作用,而不应有其他力的作用,故应调整气垫导轨的水平.在测水平速度时,是利用挡光板的宽度与计时器所记录时间的比值,所以如果挡光板倾斜,测量速度就会产生误差,故 A、B 选项符合题意.

**答案** AB

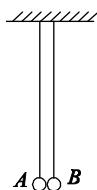
2. (多选题)在利用悬线悬挂等大小球探究碰撞中的不变量的实验中,下列说法正确的是( )

- A. 悬挂两球的细绳长度要适当,且等长
- B. 由静止释放小球以便较准确地计算小球碰前的速度
- C. 两小球必须是刚性的,且质量相同
- D. 两小球碰后可粘在一起共同运动

**答案** ABD

3. (多选题)用如图所示的装置探究碰撞中的不变量时,必须注意的事项是( )

- A. A 到达最低点时,两球的球心连线可以不水平

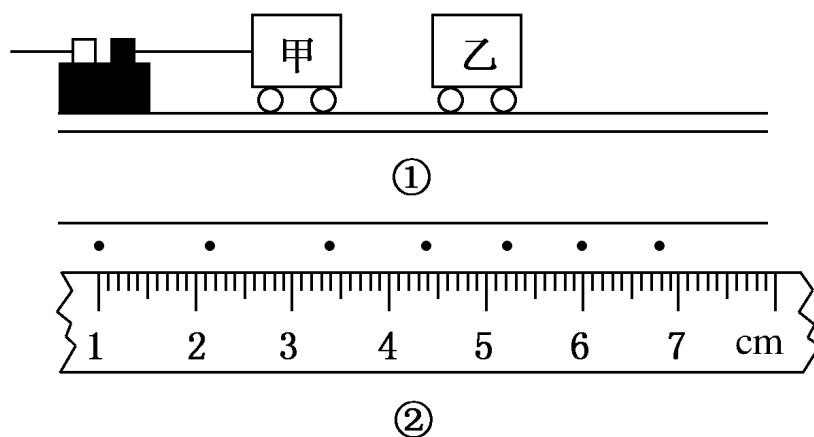


- B.  $A$  到达最低点时，两球的球心连线要水平
- C. 多次测量减小误差时， $A$  球必须从同一高度下落
- D. 多次测量减小误差时， $A$  球必须从不同高度下落

**解析** 要保证一维对心碰撞，必须在碰撞时球心在同一高度；多次测量求平均值，必须保证过程的重复性， $A$  球必须从同一高度下落。

**答案** BC

4. 如图①所示，在水平光滑轨道上停着甲、乙两辆实验小车，甲车系着一条穿过打点计时器的纸带，当甲车以某一速度向乙运动时，并随即启动打点计时器，甲车运动一段距离后，与静止的乙车发生正碰并粘在一起运动，纸带上记录下碰撞前和碰撞后两车的运动情况如图②所示，电源频率为 50 Hz，则碰前甲车速度大小 \_\_\_\_\_ m/s，碰后的共同速度大小 \_\_\_\_\_ m/s.

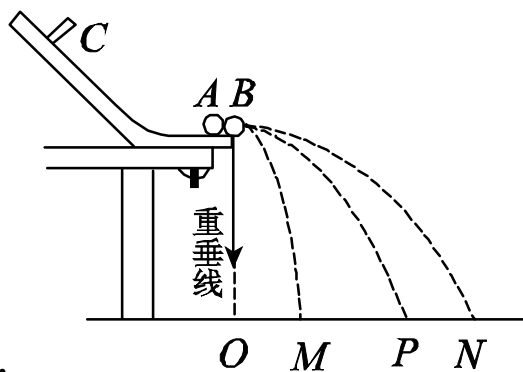


**解析** 由题图可知碰前甲车做匀速运动，取前两个时间间隔内的位移为  $x$ ，则  $v_{甲} = \frac{x}{T} = \frac{1.2 \text{ cm}}{0.02 \text{ s}} = 0.6 \text{ m/s}$

取最后两个时间间隔的位移为  $x'$

则  $v' = \frac{x'}{T} = \frac{0.4 \text{ cm}}{0.02 \text{ s}} = 0.4 \text{ m/s}$ .

**答案** 0.6 0.4

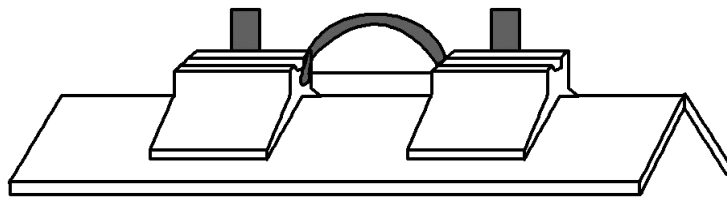


5. O M P N

用半径相同的两小球  $A$ 、 $B$  的碰撞验证碰撞中不变量，实验装置如图所示，斜槽与水平槽圆滑连接。实验时先不放  $B$  球，使  $A$  球从斜槽上某一固定点  $C$  由静止滚下，落到位于水平地面的记录纸上留下痕迹。再把  $B$  球静置于水平槽前端边缘处，让  $A$  球仍从  $C$  处由静止滚下， $A$  球和  $B$  球碰撞后分别落在记录纸上留下各自的痕迹。记录纸上的  $O$  点是垂直线所指的位置，若测得各落点痕迹到  $O$  点的距离  $OM = 2.68 \text{ cm}$ ， $OP = 8.62 \text{ cm}$ ， $ON = 11.50 \text{ cm}$ ，并知  $A$ 、 $B$  两球的质量比为  $2:1$ ，则未放  $B$  球时  $A$  球落地点是记录纸上的\_\_\_\_\_点，系统碰撞前质量与速度的积的矢量和  $p$  与系统碰撞后质量与速度的积的矢量和  $p'$  的误差 = \_\_\_\_\_%(结果保留一位有效数字)。

**答案**  $P$   $2$

6. 在用气垫导轨做“探究碰撞中的不变量”实验时，左侧滑块质量  $m_1 = 170 \text{ g}$ ，右侧滑块质量  $m_2 = 110 \text{ g}$ ，挡光片宽度为  $3.00 \text{ cm}$ ，两滑块之间有一压缩的弹簧片，并用细线连在一起，如图所示。开始时两滑块静止，烧断细线后，两滑块分别向左、右方向运动。挡光片通过光电门的时间分别为  $\Delta t_1 = 0.32 \text{ s}$ 、 $\Delta t_2 = 0.21 \text{ s}$ 。则两滑块的速度分别为  $v_1' =$  \_\_\_\_\_  $\text{m/s}$ ， $v_2' =$  \_\_\_\_\_  $\text{m/s}$ 。烧断细线前  $m_1 v_1 + m_2 v_2 =$  \_\_\_\_\_  $\text{kg}\cdot\text{m/s}$ ，烧断细线后  $m_1 v_1' + m_2 v_2' =$  \_\_\_\_\_  $\text{kg}\cdot\text{m/s}$ 。可得到的结论是\_\_\_\_\_。



**解析** 取向左方向为正，两滑块速度

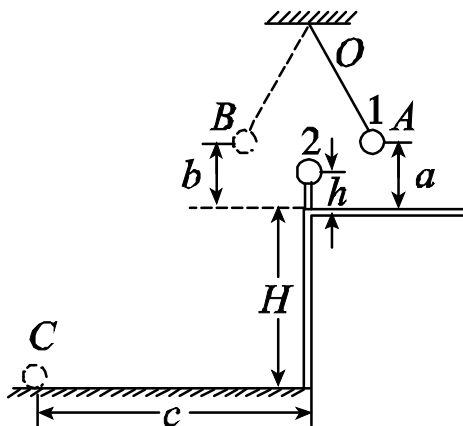
$$v_1' = \text{m/s} \approx 0.094 \text{ m/s},$$

$$v_2' = \text{m/s} \approx -0.143 \text{ m/s}.$$

烧断细线前  $m_1 v_1 + m_2 v_2 = 0$

烧断细线后  $m_1 v_1' + m_2 v_2' = (0.170 \times 0.094 - 0.110 \times 0.143) \text{ kg}\cdot\text{m/s}$   
 $= 2.5 \times 10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{m/s}$ ，在实验允许的误差范围内， $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ 。

**答案** 0.094 0.143 0  $2.5 \times 10^{-4}$  在实验允许的误差范围内，两滑块质量与各自速度的乘积之和为不变量



7. 如图所示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， $O$  点正下方桌子的边沿有一竖立柱。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  $c$ 。此外：

(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)

**解析** (1) 要验证动量守恒必须知道两球碰撞前后的动量变化，根据弹性球 1 碰撞前后的高度  $a$  和  $b$ ，由机械能守恒可以求出碰撞前后的速度，故只要再测量弹性球 1 的质量  $m_1$ ，就能求出弹性球 1 的动量变化；根据平抛运动的规律只要测出立柱高  $h$  和桌面高  $H$  就可以求出弹性球 2 碰撞前后的速度变化，故只要测量弹性球 2 的质量和立柱高  $h$ 、桌面高  $H$  就能求出弹性球 2 的动量变化。

(2) 根据(1)的解析可以写出动量守恒的方程为

$$2m_1 = 2m_1 + m_2.$$

**答案** (1) 弹性球 1、2 的质量  $m_1$ 、 $m_2$  立柱高  $h$  桌面高  $H$

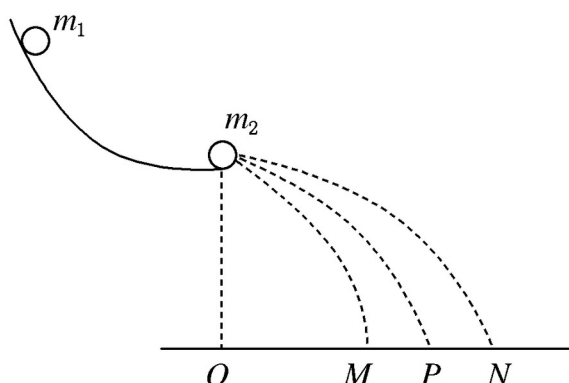
(2)  $2m_1 = 2m_1 + m_2$

8. 某同学利用两个半径相同的小球和斜槽探究碰撞中的不变量，主要步骤如下：

① 用天平测出两小球的质量  $m_1 = 32.6 \text{ g}$ ， $m_2 = 20.9 \text{ g}$ ，记下斜槽末端在水平面上的投影  $O$ ，调整斜槽末端呈水平。

② 不放置被碰小球  $m_2$ ，让入射小球  $m_1$  从某位置由静止释放，记下  $m_1$  的落点  $P$ 。

③ 把被碰小球  $m_2$  放置于斜槽末端，如图所示，让小球  $m_1$  从同一位置由静止释放，记下小球  $m_1$ 、 $m_2$  的落地位置  $M$ 、 $N$ 。



④ 把被碰小球  $m_2$  的左面粘上一块胶布，然后重复步骤③.

⑤ 测量各自的水平射程，记录在下表中.

	$OP$	$OM$	$ON$
不粘胶布时	56.0 cm	12.5 cm	67.8 cm
粘胶布时	56.0 cm	20.4 cm	55.3 cm

关于碰撞中的不变量，该同学有如下猜想

A .  $\mathbf{v}_1 = \mathbf{v}_1' + \mathbf{v}_2'$

B .  $m_1\mathbf{v}_1 = m_1\mathbf{v}_1' + m_2\mathbf{v}_2'$

C .  $m_1\mathbf{v} = m_1\mathbf{v}_1'^2 + m_2\mathbf{v}_2'^2$

其中  $\mathbf{v}_1$  指不放  $m_2$  时入射小球  $m_1$  做平抛运动时的初速度， $\mathbf{v}_1'$ 、 $\mathbf{v}_2'$  指放置被碰小球  $m_2$  后， $m_1$ 、 $m_2$  做平抛运动的初速度。

由实验数据分析计算，判断哪一种猜想正确。

**解析** 小球做平抛运动的水平位移  $x = vt$ ；在本题中小球从同一位置即斜槽末端离开斜槽做平抛运动，落点在同一水平面上，故各球做平抛运动的时间相同，各小球离开斜槽末端时的速度可用水平位移来表示，即  $\mathbf{v}_1 = \mathbf{v}_1' + \mathbf{v}_2'$  等价于  $OP = OM + ON$ ； $m_1\mathbf{v}_1 = m_1\mathbf{v}_1' + m_2\mathbf{v}_2'$  等价于  $m_1OP = m_1OM + m_2ON$ ； $m_1\mathbf{v} = m_1\mathbf{v}_1'^2 + m_2\mathbf{v}_2'^2$  等价于  $m_1(OP)^2 = m_1(OM)^2 + m_2(ON)^2$ 。

(1) 不粘胶布时， $OP = 0.560 \text{ m}$ ， $OM + ON = 0.803 \text{ m}$

粘胶布时， $OP = 0.560 \text{ m}$ ， $OM + ON = 0.757 \text{ m}$

所以猜想 A 不正确。

(2)不粘胶布时， $m_1OP = 0.0183 \text{ kg}\cdot\text{m}$

$m_1OM + m_2ON = 0.0182 \text{ kg}\cdot\text{m}$

粘胶布时， $m_1OP = 0.0183 \text{ kg}\cdot\text{m}$

$m_1OM + m_2ON = 0.0182 \text{ kg}\cdot\text{m}$

以上两种情况都可以认为  $m_1OP = m_1OM + m_2ON$ ，所以猜想 B 正确。

(3)不粘胶布时， $m_1(OP)^2 = 5.11 \times 10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

$m_1(OM)^2 + m_2(ON)^2 = 5.06 \times 10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

粘胶布时， $m_1(OP)^2 = 5.11 \times 10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

$m_1(OM)^2 + m_2(ON)^2 = 3.87 \times 10^{-3} \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

可见不粘胶布时，总动能可以认为不变，粘胶布时总动能就明显减少，所以总动能不是碰撞中的守恒量。

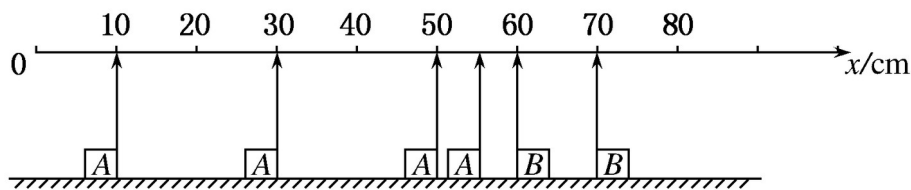
**答案 B**

9. (拓展创新)  $A$ 、 $B$  两滑块在同一水平直气垫导轨上相向运动发生碰撞(碰撞时间极短)，用闪光相机照相，闪光 4 次得到闪光照片如图所示。已知闪光的时间间隔为  $\Delta t$ ，而闪光本身持续时间极短，在 4 次闪光的瞬间， $A$ 、 $B$  两滑块均在  $0 \sim 80 \text{ cm}$  刻度范围内，且第一次闪光时， $A$  恰好通过  $x = 55 \text{ cm}$  处，滑块  $B$  恰好通过  $x = 70 \text{ cm}$  处，且  $m_A = 40 \text{ g}$ ， $m_B = 60 \text{ g}$ 。

问：(1)碰撞发生在何处？

(2)碰撞发生在第一次闪光后多长时间？

(3)验证碰撞中  $m_A\mathbf{v}_A + m_B\mathbf{v}_B$  与  $m_A\mathbf{v}'_A + m_B\mathbf{v}'_B$  是否守恒。



**解析** (1)根据题意分析可判定：碰撞发生在第1、2两次闪光时刻之间，碰撞后B静止，故碰撞发生在 $x = 60\text{ cm}$ 处。

(2)碰撞后A向左做匀速运动，设其速度为 $v_A'$ ，则 $v_A' \Delta t = 20\text{ cm}$ ，从碰撞到第二次闪光时A向左运动了 $10\text{ cm}$ ，时间为 $t'$ ，则有 $v_A' t' = 10\text{ cm}$ ，设第一次闪光到碰撞的时间为 $t$ ，有

$$t + t' = \Delta t, \text{ 由以上各式得, } t = .$$

(3)取向右速度为正，碰前A的速度

$$v_A = \text{ cm/s}$$

$$B \text{ 的速度 } v_B = - = - \text{ cm/s}$$

$$\text{碰后 } A \text{ 的速度 } v_A' = - \text{ cm/s}$$

$$v_B' = 0$$

$$\text{则碰前 } m_A v_A + m_B v_B = 40 \times 10^{-3} \times \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m/s} - 60 \times 10^{-3} \times \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$= \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$= - \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$\text{碰后 } m_A v_A' + m_B v_B' = - 40 \times 10^{-3} \times \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m/s} + 0 = - \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

根据上面计算可得，碰撞中 $m_A v_A + m_B v_B$ 和 $m_A v_A' + m_B v_B'$ 守恒。

**答案** (1) $x = 60\text{ cm}$ 处

(2) $t =$

(3)守恒