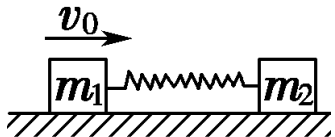


## 碰撞类问题(动量、能量综合应用)

碰撞的物理特征是相互作用时间短暂，作用力大，相互作用的两个物体在很多情况下可当作碰撞来处理，如各种打击现象、车辆的挂接、绳的绷紧过程等，那么对相互作用中两物体相距“最近”、相距“最远”或上升到“最高点”等一类临界问题，求解的关键都是抓住“速度相等”这一条件。

模型分类	特点及满足的规律
<div>弹簧模型</div> <div></div>	<p>弹簧处于最长(最短)状态时两物体速度相等，弹性势能最大，系统满足动量守恒、机械能守恒，<math>m_1v_0=(m_1+m_2)v_{\text{共}}</math>；</p> $\frac{1}{2}m_1v_0^2=\frac{1}{2}(m_1+m_2)v_{\text{共}}^2+E_{\text{pm}}.$ <p>弹簧再次处于原长时弹性势能为零，系统满足动量守恒、机械能守恒.</p> $m_1v_0=m_1v_1+m_2v_2,$ $\frac{1}{2}m_1v_0^2=\frac{1}{2}m_1v_1^2+\frac{1}{2}m_2v_2^2,$ $v_1=\frac{m_1-m_2}{m_1+m_2}v_0, \quad v_2=\frac{2m_1}{m_1+m_2}v_0$

子弹打木块模型

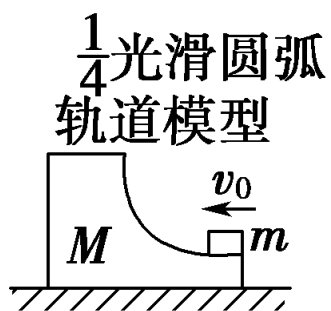


系统动量守恒、能量守恒：

$$mv_0 = (m + M)v,$$

$$fL_{\text{相对}} = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}(M + m)v^2.$$

木块固定和放于光滑面上，一般认为子弹受阻力相等，子弹完全穿出时系统产生的热量相等



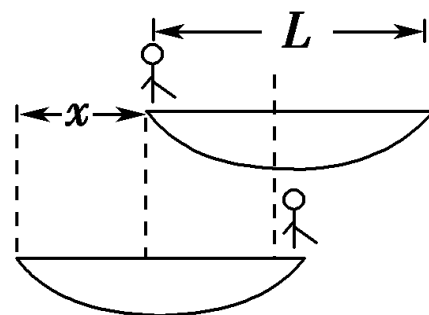
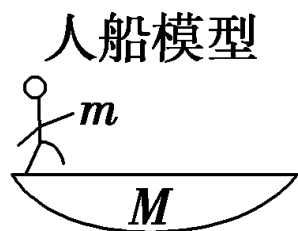
最高点： $m$  与  $M$  具有共同水平速度，且  $m$  不可能从此处离开轨道，系统水平方向动量守恒，系统机械能守恒.

$$mv_0 = (M + m)v_{\text{共}}, \quad \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}(M + m)v_{\text{共}}^2 + mgR.$$

最低点： $m$  与  $M$  分离点. 水平方向动量守恒，系统机械能守恒.

$$mv_0 = mv_1 + Mv_2,$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}Mv_2^2$$



$$Mx = m(L - x)$$

特点：①两个物体

②总动量为零

③动量守恒

$$\text{得: } \frac{m_A}{m_B} = \frac{\frac{1}{3}v_0}{\frac{3}{2}v_0} = \frac{2}{9}.$$

**点拨** 动量守恒定律是系统式、矢量式, 在应用时一定要选定研究系统, 设定正方向。

**例3** 如图1-8所示, 将两条完全相同的磁铁同名磁极相对地分别固定在质量相等的小车上, 并且让两车在光滑水平面上沿同一直线相向运动。

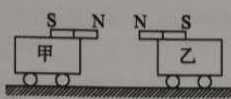


图1-8

开始时甲车速度大小为  $3 \text{ m/s}$ , 向右运动, 乙车速度大小为  $2 \text{ m/s}$ , 向左运动。当乙车的速度减为零时, 甲车速度为  $\underline{\hspace{1cm}} \text{ m/s}$ , 方向  $\underline{\hspace{1cm}}$ 。

**分析与解** 以甲车 (含磁铁, 设总质量为  $m$ , 速度大小为  $v_1$ ) 和乙车 (含磁铁, 设总质量为  $m$ , 速度大小为  $v_2$ ) 为研究系统, 它们所受的合外力为零, 则两车的总动量守恒。以向右为正方向, 则:  $mv_1 + m(-v_2) = mv'_1 + 0$ , 代入数据得  $v'_1 = 1 \text{ m/s}$ , 因为结果为正数, 所以甲车此时的速度方向为正方向, 向右。

**点拨** 使用动量守恒定律时遇到事先不确定的方向, 可以先设定一个正方向, 再根据求出结果的正负来判定该方向。另外, 同学们对系统运动的总体情况应有所考虑, 不仅有可能让我们判定出未知的方向, 还有助于发现并防止计算错误。本题两车总质量相等, 甲车速度较大, 可见系统的总初动量向右。而由系统动量守恒则可推知此后任意时刻系统的总动量都向右。因此当乙车动量为零时, 甲车必然向右运动。

### 基础演练

1. 有一艘小船静止地漂浮在平静水面上 (忽略水对船在水平方向上的任何作用力), 船上固定一支枪, 枪口水平地瞄准不远处岸上足够大的光滑水平台面上的一个木制靶块。枪水平地发射出一枚子弹, 极短时间 (忽略子弹的竖直分

运动) 后, 子弹水平击入并最终留在靶块中一起沿台面滑动。在靶块离开光滑台面前, 下列说法正确的是 ( )。

- A. 在枪射出子弹的阶段, 枪和子弹组成的系统水平方向动量守恒
- B. 在子弹射入靶块的阶段, 子弹和靶块组成的系统水平方向动量守恒
- C. 全过程, 子弹和靶块组成的系统水平方向动量守恒
- D. 全过程, 枪、子弹和靶块组成的系统水平方向动量守恒

2. 如图1-9所示, 质量为  $M$  的小船在静止水面上以速率  $v_0$  向右匀速行驶, 一质量为  $m$  的救生员站在船尾, 相对小船静止。若救生员以相对水面速率  $v$  水平向左跃入水中, 则救生员跃出后小船的速率为 ( )。



图1-9

- A.  $v_0 + \frac{m}{M}v$
- B.  $v_0 - \frac{m}{M}v$
- C.  $v_0 + \frac{m}{M}(v_0 + v)$
- D.  $v_0 + \frac{m}{M}(v_0 - v)$

3. 在水平气垫导轨上有  $a$ 、 $b$  两个滑块, 其质量分别是  $m_a$  和  $m_b$ , 在某次试验中用传感器记录下两滑块碰撞前后的速度随时间变化的过程, 如图1-10所示, 则两滑块的质量关系是 ( )。

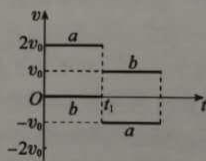


图1-10

- A.  $m_a = 3m_b$
- B.  $3m_a = m_b$
- C.  $m_a = 2m_b$
- D.  $2m_a = m_b$

4. 足够长的平板车  $B$  静止在光滑水平面上, 有一物体  $A$  以水平初速度  $v_0$  从其左端向右端滑行, 如图1-11所示。由于  $A$ 、 $B$  间存在摩擦, 因而  $A$  在  $B$  上滑行后,  $A$  开始做减速运动,  $B$  做加速运动, 则  $B$  速度达到最大时刻应出现在 ( )。

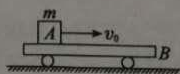


图1-11

## 学案P<sub>9</sub>

- A. A 的速度大于 B 的速度时
- B. A 的速度小于 B 的速度时
- C. A、B 速度相等时
- D. A 对地速度减为零时

5. 如图 1-12 所示的装置

中, 木块 B 与水平桌面

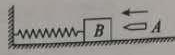


图 1-12

间的接触是光滑的, 子弹 A 沿水平方向射入木块后留在木块内, 将弹簧压缩到最短。现将子弹、木块和弹簧合在一起作为系统, 则此系统在从子弹开始射入木块到压缩弹簧至最短的整个过程中 ( )。

- A. 动量守恒, 机械能也守恒
- B. 动量不守恒, 机械能也不守恒
- C. 动量守恒, 机械能不守恒
- D. 动量不守恒, 机械能守恒

6. 如图 1-13 所示, 设车厢长为  $L$ , 质量为  $M$ , 静止在光滑水平面上, 车厢内有一质量为  $m$  的物体, 以

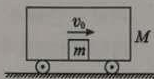


图 1-13

速度  $v_0$  向右运动, 与车厢壁来回碰撞几次后, 最后静止于车厢中, 这时车厢的速度为 ( )。

- A.  $v_0$ , 水平向右
- B. 0
- C.  $\frac{mv_0}{M+m}$ , 水平向右
- D.  $\frac{mv_0}{M-m}$ , 水平向左

7. 质量为 30 kg 的小孩推着质量为 10 kg 的冰车, 在水平冰面上以 2 m/s 的速度滑行, 不计冰面摩擦, 若小孩突然以 5 m/s 的速度 (相对于地面的速度) 将冰车向前推出。冰车被推出后, 求: (1) 小孩的速度变为多大? (2) 这一过程中, 小孩对冰车所做的功是多少?

8. 如图 1-14 所示, 在列车编组站里, 一辆  $m_1 = 1.8 \times 10^4$  kg 的货车在平直轨道上以

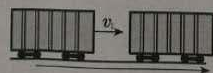


图 1-14

$v_1 = 2$  m/s 的速度运动, 碰上一辆  $m_2 = 2.2 \times 10^4$  kg 的静止的货车, 它们碰撞后结合在一起继续运动。求货车碰撞后运动的速度。

## 演练·评估 能力提升

9. (多选) 在下列几种现象中, 对动量守恒相关判断正确的有 ( )。

- A. 一个人以一定的水平初速度跳上原来静止在光滑水平面上的车。人和车组成系统, 从人即将接触到车开始, 到人车达到共同速度为止, 系统动量守恒
- B. 运动员推铅球。运动员和铅球组成系统, 从运动员发力开始, 到铅球刚脱手为止, 系统动量守恒
- C. 有实验小车原先在光滑水平地面上匀速滑行, 车斗中装有足够深度的干砂; 一钢珠从空中自由落下, 恰好落入车斗中, 然后与车一起继续向前滑行。钢珠和小车组成的系统, 从钢珠开始下落算起, 到钢珠随车一起滑行为止, 系统的水平动量守恒
- D. 光滑水平面上放一光滑斜面, 一个物体沿斜面滑下的过程中, 重物和斜面组成的系统动量守恒

10. (多选) 放在光滑水平面上的 A、B 两小车中间有一被压缩的轻质弹簧, 用两手分别控制小车处于静止状态。下面说法正确的是 ( )。

- A. 两手同时放开后, 两车的总动量为零
- B. 先放开右手, 后放开左手, 两车的总动量向右
- C. 先放开左手, 后放开右手, 两车的总动量向右
- D. 两手不同时放开, 从两手都未放到两手都放开后的全过程动量守恒

11. (多选) 假设一物体被斜向上抛出 (不计空气阻力), 当物体升到最高点时炸裂为  $a$ 、 $b$  两块。已知质量较大的  $a$  块的速度方向仍是水平向前, 则 ( )。

- A.  $b$  块的速度方向一定是水平向后
- B. 从炸裂到落地这段时间里,  $a$  块飞行的水平距离一定比  $b$  块大
- C.  $a$ 、 $b$  两块一定同时到达地面
- D. 炸裂过程中  $a$ 、 $b$  两块受到爆炸力的冲量大小一定相等

12. 一枚在空中飞行的导弹, 质量为  $m$ , 在某点的速度为  $v$ , 方向水平, 如图 1-15 所示。导弹在该点突然炸裂成两块, 其中质

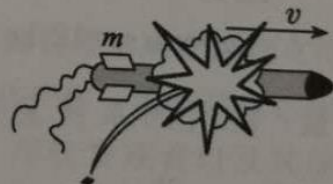


图 1-15

量为  $m_1$  的一块沿着与  $v$  相反的方向飞去, 速率为  $v_1$ 。求炸裂后另一块的速度  $v_2$ 。



1. 光滑水平面上两球相向运动并发生正碰，碰撞后两球均静止，于是可以断定，在碰撞以前（ ）。

- A. 两球的质量相等
- B. 两球的速度大小相同
- C. 两球的动量大小相等
- D. 以上都不能断定

2. 两个物体的质量不同，它们在合外力为零的情况下相向运动并发生正碰，下列说法中正确的是（ ）。

- A. 碰撞后，质量小的物体速度变化大
- B. 碰撞后，质量大的物体速度变化大
- C. 若碰撞后连成整体，则整体运动方向与原来质量大的物体运动方向相同
- D. 若碰撞后连成整体，则整体运动方向与原来速度大的物体运动方向相同

3. 在光滑水平面上，质量为  $M$  的物体  $P$  处于静止状态，现另有一质量为  $m$

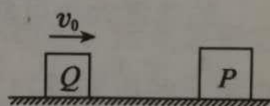


图 1-16

( $m < M$ ) 的物体  $Q$  正以速

度  $v_0$  正对  $P$  向右滑行，如图 1-16 所示，则它们正碰后（ ）。

- A. 物体  $Q$  一定被弹回
- B. 物体  $Q$  可能继续向前滑行
- C. 物体  $Q$  的速度不可能为零

D. 若碰后两物体分离, 则过一段时间可能再碰

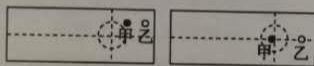
4. 如图 1-17 所示, 物体 A 静止在光滑的水平面上, A 的左边固定有轻质弹簧, 物体 B 以速度  $v$  向 A 运动并与弹簧发生碰撞, A、B 始终沿同一直线运动,  $m_A = 2m_B$ 。当弹簧压缩到最短时, A 物体的速度为 ( )。

A. 0      B.  $\frac{1}{3}v$       C.  $\frac{2}{3}v$       D.  $v$

5. 冰壶运动深受观众喜爱, 图 1-18 (甲) 为 2014 年 2 月第 22 届索契冬奥会上中国队员投掷冰壶的镜头。在某次投掷中, 冰壶甲运动一段时间后与对方静止的冰壶乙发生正碰, 如图 (乙)。若两冰壶质量相等, 则碰后两冰壶最终停止的位置, 可能是图 (丙) 中的哪一幅图? ( )。

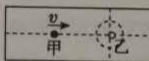


(甲)



A

B



C

D

(乙)

(丙)

图 1-18

6. 如图 1-19 所示, 在光滑的水平面上, 一质量为  $m$ 、速度大小为  $v$  的 A 球, 与质量为  $2m$ 、静止的 B 球相碰撞, 碰撞后, A 球的速度方向与碰撞前相反。则碰撞后 B 球的速度大小可能是 ( )。

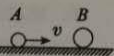


图 1-19

A.  $0.6v$     B.  $0.4v$     C.  $0.3v$     D.  $0.2v$

7. 用小钢球探究弹性碰撞的规律, 需设法调节确保小钢球能发生\_\_\_\_\_碰撞。用一个运动的小钢球碰撞一个静止的小钢球可能会观察到以下现象。

(1) 如果两钢球质量相等, 则碰后入射钢球\_\_\_\_\_ , 被碰钢球\_\_\_\_\_。

(2) 如果入射钢球质量较大, 则碰后入射钢球\_\_\_\_\_ , 被碰

钢球\_\_\_\_\_ ;

(3) 如果入射钢球的质量较小, 则碰后入射钢球\_\_\_\_\_ , 被碰钢球\_\_\_\_\_。

8. 光滑桌面上有 A、B 两个小球。A 球的质量为  $0.3 \text{ kg}$ , 它以  $8 \text{ m/s}$  的速度跟质量为  $0.1 \text{ kg}$  的静止的 B 球发生碰撞, 碰撞后 B 球的速度变为  $9 \text{ m/s}$ , A 球的速度变为  $5 \text{ m/s}$ , 方向与原来相同。基于这些实验现象, 某同学对这次碰撞的规律做了如下几项猜想, 请用实验数据加以检验。

(1) 碰撞后 B 球获得了速度, 是否是 A 球把速度传递给了 B 球?

(2) 碰撞后 B 球获得了动能, 是否是 A 球把动能传递给了 B 球?

(3) 根据所做实验的现象, 你能提出经得起数据检验的猜想吗? 用实验数据加以论证。

## 演练·评估 能力提升

9. (多选) 如图 1-

20 所示, 小车 A 内有一用细线悬挂着的小球 B, 它们相对静止沿光滑水

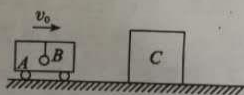


图 1-20

平面向右匀速运动, 与原来静止放置在光滑水平面上的物体 C 发生正碰, 碰撞时间极短, 碰后 A、C 粘在一起运动。则 ( )。

- A. 碰撞瞬间 A、C 组成的系统机械能守恒  
B. 碰撞瞬间 A、C 组成的系统水平方向动量守恒  
C. 碰撞黏合完成的瞬间, 细线拉力与小球所受重力大小相等

D. 从 A、C 碰撞并黏合后算起，到 B 球摆到最高点为止，A、B、C 整个系统机械能守恒，但相当于完全非弹性碰撞

10. (多选) 质量为  $m$  的小球 A 以水平速度  $v$  与原来静止在光滑水平面上的质量为  $2m$  的小球 B 发生正碰，已知碰撞过程中 A 球的动能减少到碰前的  $\frac{1}{9}$ ，则碰撞后 B 球的动能可能为 ( )。

- A.  $\frac{1}{9}mv^2$       B.  $\frac{2}{9}mv^2$   
C.  $\frac{1}{3}mv^2$       D.  $\frac{4}{9}mv^2$

11. 速度为  $10^3$  m/s 的氦核与静止的质子发生正碰，氦核的质量是质子的 4 倍，碰撞是弹性的，求碰撞后两个粒子的速度的大小。