

# 第3节 动量守恒定律

## 导学案

班级: \_\_\_\_\_ 姓名: \_\_\_\_\_

### 【学习目标】

- 1.能运用动量定理和牛顿第三定律分析碰撞现象中的动量变化。
- 2.在了解系统、内力和外力的基础上,理解动量守恒定律。
- 3.能够运用动量守恒定律分析生产生活中的有关现象。
- 4.了解动量守恒定律的普遍适用性和牛顿运动定律适用范围的局限性。

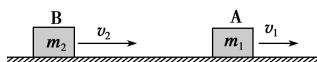
### 【学习重难点】

- 1.教学重点:理解动量守恒成立的条件及定律的表达式的推导及应用。
- 2.教学难点:理解动量守恒的物理内涵,动量守恒定律方程的矢量性,应用动量守恒定律解决问题。

### 【自主预习】

#### 一、相互作用的两个物体的动量改变

##### 1. 建构碰撞模型:



如图中在光滑水平桌面上做匀速运动的两个物体 A、B,当 B 追上 A 时发生碰撞。碰撞后 A、B 的速度分别是  $v_1'$  和  $v_2'$ 。碰撞过程中 A 所受 B 对它的作用力是  $F_1$ , B 所受 A 对它的作用力是  $F_2$ 。碰撞时,两物体之间力的作用时间 \_\_\_\_\_, 用  $\Delta t$  表示。

##### 2. 推导过程:

- (1) 以物体 A 为研究对象,根据动量定理,物体 A 动量的变化量等于它所受作用力  $F_1$  的冲量,即

$$F_1 \Delta t = \text{_____} \quad \textcircled{1}$$

- (2) 以物体 B 为研究对象,物体 B 动量的变化量等于它所受作用力  $F_2$  的冲量,即

$$F_2 \Delta t = \text{_____} \quad \textcircled{2}$$

- (3) 根据牛顿第三定律可知两个物体碰撞过程中的每个时刻相互作用力  $F_1$  与  $F_2$  大小相等、方向相反,故有

$$F_1 \text{_____} - F_2. \quad \textcircled{3}$$

- (4) 整理①②③得:

$$m_1 v_1' + m_2 v_2' = \text{_____}.$$

##### 3. 归纳总结

两个物体碰撞后的动量之和 \_\_\_\_\_ 碰撞前的动量之和。

#### 二、动量守恒定律

##### 1. 系统、内力和外力

###### (1) 系统

相互作用的两个或几个物体组成一个力学 \_\_\_\_\_。

###### (2) 内力

系统 \_\_\_\_\_ 物体间的相互作用力。

###### (3) 外力

系统 \_\_\_\_\_ 的物体对系统 \_\_\_\_\_ 的物体的作用力。

##### 2. 动量守恒定律

###### (1) 内容

如果一个系统不受 \_\_\_\_\_, 或者所受 \_\_\_\_\_ 的矢量和为零, 这个系统的总动量保持不变。

###### (2) 表达式

对两个物体组成的系统,常写成:

$$p_1 + p_2 = \text{_____} \text{ 或 } m_1 v_1 + m_2 v_2 = \text{_____}$$

###### (3) 适用条件

系统不受 \_\_\_\_\_ 或者所受 \_\_\_\_\_ 之和为零。

#### 三、动量守恒定律的普适性

动量守恒定律是一个独立的实验规律，它适用于目前为止物理学研究的\_\_\_\_\_领域。

### 【课堂探究】

### 【新课导入】

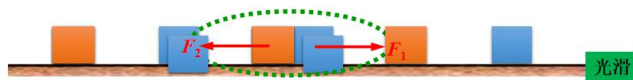
观看视频，猜一下冰壶碰撞前后两冰壶的动量之和不变的结论是否还适用，怎样证明这一规律普遍适用？

### 【新课教学】

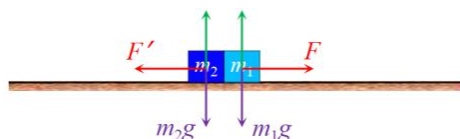
#### 任务一、动量定理

##### (一) 相互作用的两个物体的动量改变

情景：如图中在光滑水平桌面上做匀速运动的两个物体 A、B，当 B 追上 A 时发生碰撞。碰撞后 A、B 的速度分别是  $v'_1$  和  $v'_2$ 。碰撞过程中 A 所受 B 对它的作用力是  $F_1$ ，B 所受 A 对它的作用力是  $F_2$ 。碰撞时，两物体之间力的作用时间用  $\Delta t$  表示。你能根据以上信息推导 A、B 碰撞之后动量之和的变化情况吗？



##### (二) 推导过程



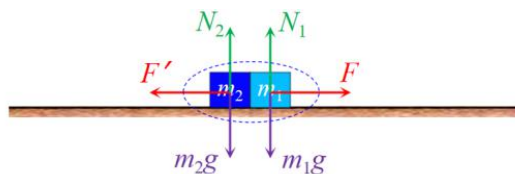
##### (三) 归纳总结

碰撞前后满足动量之和不变的两个物体的受力情况是怎么样的呢？

#### 任务二 动量守恒定律

##### (一) 系统及系统的内力和外力

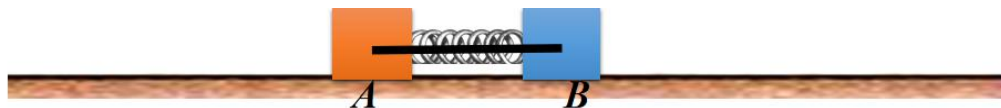
- 1.系统：相互作用的\_\_\_\_\_物体构成一个系统。
- 2.内力：系统\_\_\_\_\_物体相互之间的作用力。
- 3.外力：\_\_\_\_\_物体对系统内部物体的作用力。



##### (二) 动量守恒定律

- 1.内容：
- 2.表达式：
- 3.条件：

##### (三) 思考与讨论



如图所示，静止的两辆小车用细线相连，中间有一个压缩了的轻弹簧。

- (1) 烧断细绳后，由于弹力作用，两辆小车分别向左、右运动，它们获得了动量，它们总动量是否增加了？
- (2) 烧断细绳后，按住左边的小车，由于弹力的作用，右边小车向右运动，右边小车获得了动量，那么它们的总动量是否守恒？
- (3) 烧断细绳后，按住左边的小车，由于弹力的作用，右边小车向右运动，当弹簧恢复原长时，松开左边小车，哪个过程它们的总动量不守恒，哪个过程它们的总动量守恒？

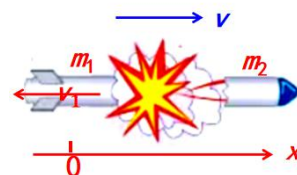
#### (四) 典例精析

【例题 1】在列车编组站里，一辆  $m_1 = 1.8 \times 10^4 \text{ kg}$  的货车在平直轨道上以  $v_1 = 2 \text{ m/s}$  的速度运动，碰上一辆  $m_2 = 2.2 \times 10^4 \text{ kg}$  的静止货车，它们碰撞后结合在一起继续运动，求货车碰撞后的运动速度。

分析：(1) 本题中相互作用的系统是什么？

(2) 分析系统受到哪几个外力的作用？是否符合动量守恒的条件？

【例题 2】一枚在空中飞行的火箭，质量为  $m$ ，在某点的速度为  $v$ ，方向水平，燃料即将耗尽。火箭在该点突然炸裂成两块，其中质量为  $m_1$  的一块沿着与  $v$  相反的方向飞去，速度为  $v_1$ 。求炸裂后另一块的速度  $v_2$ 。



#### 任务三、动量守恒定律的普适性

提问：阅读课文，为什么说动量守恒定律具有普适性？

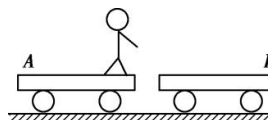
#### 【自我测评】

1. 下列情形中，满足动量守恒条件的是 ( )

- A. 用铁锤打击放在铁砧上的铁块，打击过程中，铁锤和铁块的总动量
- B. 子弹水平穿过放在光滑桌面上的木块的过程中，子弹和木块的总动量
- C. 子弹水平穿过墙壁的过程中，子弹和墙壁的总动量
- D. 棒击垒球的过程中，棒和垒球的总动量

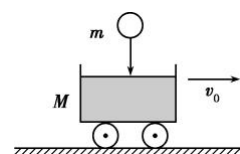
2. 如图所示，两辆质量相同的小车置于光滑的水平地面上，有一人静止站在 A 车上，两车静止，若这个人自 A 车跳到 B 车上，接着又跳回 A 车，静止于 A 车上，则 A 车的速率 ( )

- A. 等于零
- B. 小于 B 车的速率
- C. 大于 B 车的速率
- D. 等于 B 车的速率



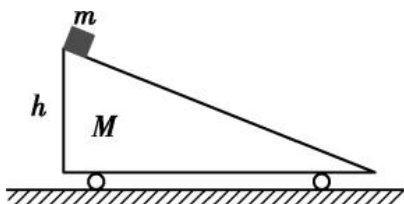
3. 质量为  $M$  的砂车，沿光滑水平地面以速度  $v_0$  做匀速直线运动，此时从砂车上方落下一个质量为  $m$  的铁球，如图所示，则铁球落入砂车后，砂车将 ( )

- A. 立即停止运动
- B. 仍匀速运动，速度仍为  $v_0$
- C. 仍匀速运动，速度小于  $v_0$
- D. 做变速运动，速度不能确定



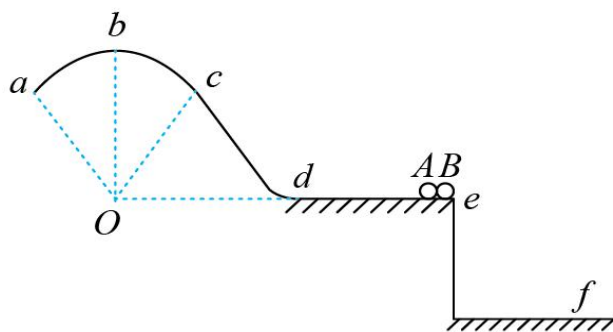
4. (多选) 如图所示光滑水平地面上，静止的斜面光滑的小车质量为  $M$ ，高为  $h$ ，一个质量为  $m$  的物体从小车的顶点由静止滑下。由静止滑到最低点的过程中，将小车和物体看成系统，则下列说法正确的是 ( )

- A. 动量守恒  
B. 动量不守恒  
C. 机械能守恒  
D. 机械能不守恒



5. 如图，竖直固定轨道  $abcd$  段光滑，长为  $L=1.0\text{m}$  的平台  $de$  段粗糙， $abc$  段是以  $O$  为圆心的圆弧。小球 A 和 B 紧靠一起静止于  $e$  处，B 的质量是 A 的 4 倍。两小球在内力作用下突然分离，A 分离后向左始终沿轨道运动，与  $de$  段的动摩擦因数  $\mu=0.2$ ，到  $b$  点时轨道对 A 的支持力等于 A 的重力的  $\frac{3}{5}$ ，B 分离后平抛落到  $f$  点， $f$  到平台边缘的水平距离  $s=0.4\text{m}$ ，平台高  $h=0.8\text{m}$ ， $g$  取  $10\text{m/s}^2$ ，求：

- (1) AB 分离时 B 的速度大小  $v_B$ ；  
(2) A 到达  $d$  点时的速度大小  $v_d$ ；  
(3) 圆弧  $abc$  的半径  $R$ 。



### 【自主预习】

一、 相互作用的两个物体的动量改变

1. 很短

2. (1)  $m_1v'_1 - m_1v_1$  (2)  $m_2v'_2 - m_2v_2$  (3) 相等、相反, = (4)  $m_1v'_1 + m_2v'_2 = m_1v_1 + m_2v_2$ 。

3. 等于

二、动量守恒定律

1. (1) 系统 (2) 内部 (3) 以外、以内

2. 动量守恒定律

(1) 外力 外力 (2)  $p'_1 + p'_2$   $m_1v'_1 + m_2v'_2$  (3) 外力 外力

三、动量守恒定律的普适性

一切

### 【新课教学】

$$(1) F_1\Delta t = m_1v'_1 - m_1v_1 \quad (2) F_2\Delta t = m_2v'_2 - m_2v_2 \quad (3) F_1 = -F_2 \quad p_1 + p_2 = p'_1 + p'_2$$

### 任务二 动量守恒定律

(四) 典例精析

【例题 1】  $v = 0.9 \text{ m/s}$ , 方向向右

【例题 2】 解得:

$$v_2 = \frac{mv - m_1v_1}{m - m_1}$$

### 【自我测评】

1.B          2.B          3.C          4.BC

5、【答案】 (1)  $1 \text{ m/s}$  ; (2)  $2\sqrt{3} \text{ m/s}$  ; (3)  $0.5 \text{ m}$

【详解】 (1) B 分离后做平抛运动,由平抛运动规律可知:

$$h = \frac{1}{2}gt^2$$

$$s = v_B t$$

代入数据得:

$$v_B = 1 \text{ m/s}$$

(2) AB 分离时, 由动量守恒定律得

$$m_A v_A = m_B v_B$$

A 球由 e 到 d 根据动能定理得

$$-\mu m_A g l = \frac{1}{2} m_A v_d^2 - \frac{1}{2} m_A v_A^2$$

代入数据得

$$v_d = 2\sqrt{3} \text{ m/s}$$

(3) A 球由 d 到 b 根据机械能守恒定律得

$$m_A g R + \frac{1}{2} m_A v_b^2 = \frac{1}{2} m_A v_d^2$$

A 球在 b 由牛顿第二定律得

$$m_A g - \frac{3}{5} m_A g = m_A \frac{v_b^2}{R}$$

代入数据得

$$R = 0.5 \text{ m}$$