

16.3 动量守恒定律

【学科素养与目标要求】

物理观念：

1. 知道系统、内力和外力的概念。
2. 掌握动量守恒定律的含义、表达式和守恒条件。
3. 了解动量守恒定律的普适性。

科学思维：

1. 会用动量定理和牛顿运动定律推导动量守恒定律的表达式。
2. 会用动量守恒定律解释生活中的实际问题。

【教学过程】

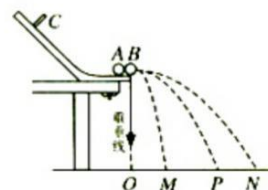
一、**新课导入：**观看天宫一号点火升空视频，思考并回答以下问题：

1. 点火前，天宫一号有动量吗？
2. 点火后，天宫一号向尾部喷气，天宫一号和喷出的气体有动量吗？
3. 他们的动量变化服从什么规律呢？



二、演示实验

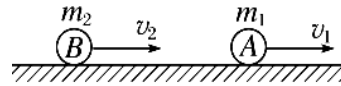
已测得 A 球和 B 球质量比为 $m_1 : m_2 = 2 : 1$ ，根据测量的相关数据进行分析，碰撞前 A 球动量与碰撞后 A 球动量和 B 球动量的和相等吗？



三、理论推导

1. 如图所示，光滑水平桌面上质量分别为 m_1 、 m_2 的球 A、B，沿着同一直线分别以 v_1 和 v_2 的速度做同向运动，而且 $v_2 > v_1$ ，当 B 球追上 A 球时发生碰撞，碰撞后 A、B 两球的速度分别为 v_1' 和 v_2'

试用动量定理和牛顿第三定律推导碰撞前 $m_1 v_1 + m_2 v_2$ 与碰撞后 $m_1 v_1' + m_2 v_2'$ 的关系。



2. 上面情景中, 如果对 B 球施加一个水平向右的恒力 F。

试用动量定理和牛顿第三定律推导碰撞前 $m_1 v_1 + m_2 v_2$ 与碰撞后 $m_1 v_1' + m_2 v_2'$ 的关系。

3. 若推力 F 远小于 A、B 间的相互作用力, 碰撞前 $m_1 v_1 + m_2 v_2$ 与碰撞后 $m_1 v_1' + m_2 v_2'$ 的关系如何?

四、几个基本概念

1. 系统: 相互作用的_____物体组成的一个力学系统。
2. 内力: _____物体间的相互作用力。
3. 外力: 系统_____的物体对系统内物体的作用力。

五、动量守恒定律

1. 内容: 如果一个系统_____, 或者_____, 这个系统的总动量保持不变。
2. 表达式: $m_1 v_1 + m_2 v_2 =$ _____ (作用前后总动量相等)。
3. 适用条件: 系统_____或者所受外力的_____。
4. 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。

【即学即用】判断下列说法的正误。

- (1) 一个系统初末状态动量大小相等, 即动量守恒。()
- (2) 系统动量守恒也就是系统的动量变化量为零。()
- (3) 只有重力做功或弹力做功的系统内动量守恒。()
- (4) 动量守恒定律既适用于低速运动问题, 也适用于高速运动问题。()
- (5) 靠摩擦力相互作用的两个物体, 系统动量守恒, 但机械能不守恒。()

2. 如图所示, A、B 两个小球在光滑水平面上沿同一直线相向运动, 它们的动量大小分别为 p_1 和 p_2 , 碰撞后 A 球继续向右运动, 动量大小为 p_1' , 此时 B 球的动量大小为 p_2' , 则下列等式成立的是()

- A $p_1 + p_2 = p_1' + p_2'$
- B $p_1 - p_2 = p_1' - p_2'$
- C $p_1' - p_1 = p_2' + p_2$
- D $-p_1' + p_1 = p_2' + p_2$



六、动量守恒定律的理解及应用

(1) 动量守恒定律的成立条件

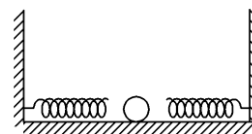
- ①系统不受外力或所受合外力为零。
- ②系统受外力作用, 但内力远远大于合外力. 此时动量近似守恒。
- ③系统所受到的合外力不为零, 但在某一方向上合外力为零(或某一方向上内力远远大于外力), 则系统在该方向上动量守恒。

(2) 动量守恒定律的性质

- ①矢量性: 公式中的 v_1 、 v_2 、 v_1' 和 v_2' 都是矢量, 只有它们在同一直线上, 才能用代数方法运算。
- ②相对性: 速度具有相对性, 公式中的 v_1 、 v_2 、 v_1' 和 v_2' 应是相对同一参考系的速度, 一般取相对地面的速度。
- ③普适性: 动量守恒定律不仅适用于两个物体组成的系统, 也适用于多个物体组成的系统; 不仅适用于宏观物体组成的系统, 也适用于微观粒子组成的系统。

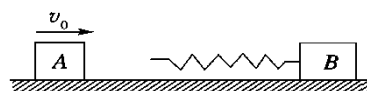
【例 1】 如图所示, 竖直墙壁两侧固定着两轻质弹簧, 水平面光滑, 一弹性小球在两弹簧间往复运动, 把小球和弹簧视为一个系统, 则小球在运动过程中()

- A. 系统的动量守恒, 动能守恒
- B. 系统的动量守恒, 机械能守恒
- C. 系统的动量不守恒, 机械能守恒
- D. 系统的动量不守恒, 动能守恒



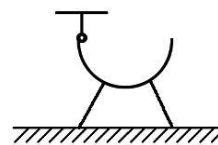
【跟踪练习 1】 如图所示, 在光滑水平面上放置 A、B 两物体, 质量均为 m , 其中 B 物体带有不计质量的弹簧静止在水平面内。A 物体以速度 v_0 向右运动, 并压缩弹簧。求:

- (1) 弹簧压缩量达到最大时 A、B 两物体的速度 v_A 和 v_B 。
- (2) 弹簧弹性势能的最大值 E_p 。



【跟踪练习 2】 如图所示，光滑圆槽的质量为 M ，静止在光滑的水平面上，其内表面有一小球被细线吊着，恰位于槽的边缘处。如将线烧断，小球滑到另一边的最高点时，圆槽的速度为()

- A. 0 B. 向左
C. 向右 D. 无法确定

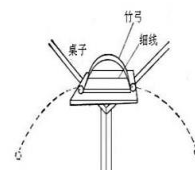


七、课后练习

1. 质量为 m ，速度为 v 的质子，与静止的中子发生正碰，中子质量为 $2m$ ，质子碰后以速率 v 沿原路返回，求中子的速度？

2. 动手小实验

在一块短木板上钉上两条剖成两半的铅笔，除去笔芯作为滑槽，把一条轻竹片弯成 u 形。中间用细线拴住成为竹弓，将他倒置于短板上的滑槽里，紧挨竹弓两端各放置一个小球。实验时，把这套装置放在桌子的一角上，在木板两头的地上个铺一张白纸并盖上复写纸，用火柴烧断细线，竹弓立即将两小球弹出，小球落在复写纸上，在白纸上打出两个痕迹。请思考：



- (1) 烧断细线后要想得出两球的动量，需要测量的物理量有哪些？
(2) 通过测量数据计算两球动量的有什么关系？

八、课堂小结

1. 动量守恒定律不同表现形式的表达式及含义：

- (1) $p=p'$ ：系统相互作用前的总动量 p 等于相互作用后的总动量 p' 。
(2) $m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$ ：相互作用的两个物体组成的系统，作用前动量的矢量和等于作用后动量的矢量和。
(3) $\Delta p_1 = -\Delta p_2$ ：相互作用的两个物体组成的系统，一个物体的动量变化量与另一个物体的动量变化量大小相等、方向相反。
(4) $\Delta p=0$ ：系统总动量增量为零。
(5) 某一方向上动量守恒问题的求解。
(6) 爆炸类问题中动量守恒定律的应用。

2. 应用动量守恒定律的解题步骤：

