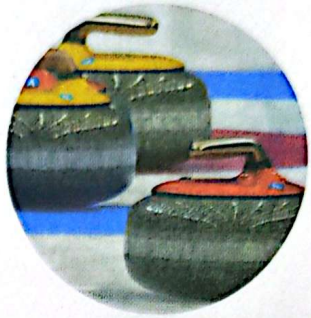
3 动量守恒定律

问题

第一节中我们通过分析一辆运动的小车碰撞一辆静止的小车，得出碰撞前后两辆小车的动量之和不变的结论。对于冰壶等物体的碰撞也是这样的吗？怎样证明这一结论呢？这是一个普遍的规律吗？



动量定理给出了单个物体在一个过程中所受力的冲量与它在这个过程始末的动量变化量的关系，即 $F\Delta t = p' - p$。如果我们用动量定理分别研究两个相互作用的物体，会有新的收获吗？

相互作用的两个物体的动量改变



图 1.3-1　分析碰撞过程

如图 1.3-1，在光滑水平桌面上做匀速运动的两个物体 A、B，质量分别是 m_1 和 m_2，沿同一直线向同一方向运动，速度分别是 v_1 和 v_2，$v_2 > v_1$。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很短，用 Δt 表示。

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

$$F_1\Delta t = m_1v_1' - m_1v_1$$

物体 B 动量的变化量等于它所受作用力 F_2 的冲量，即

$$F_2\Delta t = m_2v_2' - m_2v_2$$

根据牛顿第三定律 $F_1 = -F_2$，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

CS 扫描全能王
3亿人都在用的扫描App

$$m_1v_1' - m_1v_1 = -(m_2v_2' - m_2v_2)$$

$$m_1v_1' + m_2v_2' = m_1v_1 + m_2v_2 \qquad (1)$$

这说明，两个物体碰撞后的动量之和等于碰撞前的动量之和，并且该关系式对过程中的任意两时刻的状态都适用。

那么，碰撞前后满足动量之和不变的两个物体的受力情况是怎样的呢？两个物体各自既受到对方的作用力，同时又受到重力和桌面的支持力，重力和支持力是一对平衡力。两个碰撞的物体在所受外部对它们的作用力的矢量和为0的情况下动量守恒。

动量守恒定律

一般而言，碰撞、爆炸等现象的研究对象是两个（或多个）物体。我们把由两个（或多个）相互作用的物体构成的整体叫作一个力学系统，简称**系统**（system）。例如，研究炸弹的爆炸时，它的所有碎片及产生的燃气构成的整个系统是研究对象。

系统中物体间的作用力，叫作**内力**（internal force）。系统以外的物体施加给系统内物体的力，叫作**外力**（external force）。

理论和实验都表明：**如果一个系统不受外力，或者所受外力的矢量和为0，这个系统的总动量保持不变。**这就是**动量守恒定律**（law of conservation of momentum）。

思考与讨论

如图1.3-2，静止的两辆小车用细线相连，中间有一个压缩了的轻质弹簧。烧断细线后，由于弹力的作用，两辆小车分别向左、右运动，它们都获得了动量，它们的总动量是否增加了？

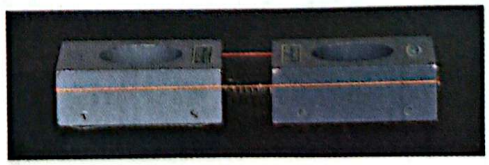


图1.3-2　弹簧使静止小车分开

CS 扫描全能王
3亿人都在用的扫描App

【例题1】

如图1.3-3，在列车编组站里，一辆质量为1.8×10^4 kg的货车在平直轨道上以2 m/s的速度运动，碰上一辆质量为2.2×10^4 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。

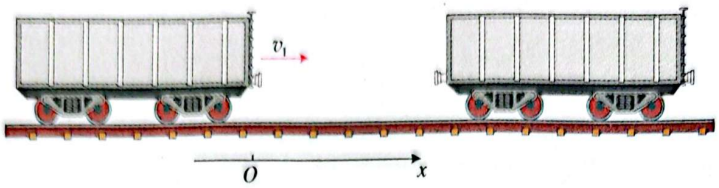


图 1.3-3

分析 两辆货车在碰撞过程中发生相互作用，将它们看成一个系统，这个系统是我们的研究对象。系统所受的外力有：重力、地面支持力和摩擦力。重力与支持力之和等于0，摩擦力远小于系统的内力，可以忽略。因此，可以认为碰撞过程中系统所受外力的矢量和为0，动量守恒。

为了应用动量守恒定律解决这个问题，需要确定碰撞前后的动量。

解 已知$m_1=1.8\times10^4$ kg，$m_2=2.2\times10^4$ kg。沿碰撞前货车运动的方向建立坐标轴（图1.3-3），有$v_1=2$ m/s。设两车结合后的速度为v。两车碰撞前的总动量为

$$p=m_1v_1$$

碰撞后的总动量为

$$p'=(m_1+m_2)v$$

根据动量守恒定律可得

$$(m_1+m_2)v=m_1v_1$$

解出

$$v=\frac{m_1v_1}{m_1+m_2}$$

$$=\frac{1.8\times10^4\times2}{1.8\times10^4+2.2\times10^4}\ \text{m/s}$$

$$=0.9\ \text{m/s}$$

两车结合后速度的大小是0.9 m/s；v是正值，表示两车结合后仍然沿坐标轴的方向运动，即仍然向右运动。

CS 扫描全能王
3亿人都在用的扫描App