

## 5

## 牛顿运动定律的应用

## 问题



为了尽量缩短停车时间，旅客按照站台上标注的车门位置候车。列车进站时总能准确地停靠在对应车门的位置。这是如何做到的呢？



牛顿第二定律确定了运动和力的关系，使我们能够把物体的运动情况与受力情况联系起来。因此，它在许多基础科学和工程技术中都有广泛的应用。中学物理中我们只研究一些简单的实例。

## 从受力确定运动情况

如果已知物体的受力情况，可以由牛顿第二定律求出物体的加速度，再通过运动学的规律确定物体的运动情况。

## 【例题1】

运动员把冰壶沿水平冰面投出，让冰壶在冰面上自由滑行，在不与其他冰壶碰撞的情况下，最终停在远处的某个位置。按比赛规则，投掷冰壶运动员的队友，可以用毛刷在冰壶滑行前方来回摩擦冰面，减小冰面的动摩擦因数以调节冰壶的运动。

(1) 运动员以  $3.4 \text{ m/s}$  的速度投掷冰壶，若冰壶和冰面的动摩擦因数为  $0.02$ ，



图 4.5-1



冰壶能在冰面上滑行多远？ $g$ 取 $10\text{ m/s}^2$ 。

(2) 若运动员仍以 $3.4\text{ m/s}$ 的速度将冰壶投出，其队友在冰壶自由滑行 $10\text{ m}$ 后开始在其滑行前方摩擦冰面，冰壶和冰面的动摩擦因数变为原来的 $90\%$ ，冰壶多滑行了多少距离？

**分析** (1) 对物体进行受力分析后，根据牛顿第二定律可以求得冰壶滑行时的加速度，再结合冰壶做匀减速直线运动的规律求得冰壶滑行的距离。

(2) 冰壶在滑行 $10\text{ m}$ 后进入冰刷摩擦后的冰面，动摩擦因数变化了，所受的摩擦力发生了变化，加速度也会变化。前一段滑行 $10\text{ m}$ 的末速度等于后一段运动的初速度(图4.5-2)。根据牛顿第二定律求出后一段运动的加速度，并通过运动学规律求出冰壶在后一段过程的滑行距离，就能求得比第一次多滑行的距离。

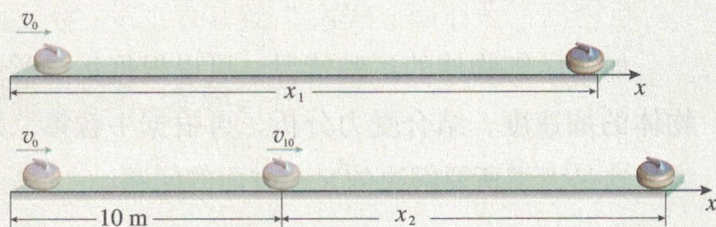


图 4.5-2

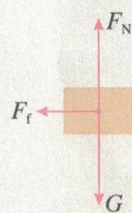


图 4.5-3

**解** (1) 选择滑行的冰壶为研究对象。冰壶所受的合力等于滑动摩擦力 $F_f$ (图4.5-3)。设冰壶的质量为 $m$ ，以冰壶运动方向为正方向建立一维坐标系，滑动摩擦力 $F_f$ 的方向与运动方向相反，则

$$F_f = -\mu_1 F_N = -\mu_1 mg$$

根据牛顿第二定律，冰壶的加速度为

$$a_1 = \frac{F_f}{m} = -\frac{\mu_1 mg}{m} = -\mu_1 g = -0.02 \times 10\text{ m/s}^2 = -0.2\text{ m/s}^2$$

加速度为负值，方向跟 $x$ 轴正方向相反。

将 $v_0 = 3.4\text{ m/s}$ ， $v = 0$ 代入 $v^2 - v_0^2 = 2a_1 x_1$ ，得冰壶的滑行距离为

$$x_1 = -\frac{v_0^2}{2a_1} = -\frac{3.4^2}{2 \times (-0.2)}\text{ m} = 28.9\text{ m}$$

冰壶滑行了 $28.9\text{ m}$ 。

(2) 设冰壶滑行 $10\text{ m}$ 后的速度为 $v_{10}$ ，则对冰壶的前一段运动有

$$v_{10}^2 = v_0^2 + 2a_1 x_{10}$$

冰壶后一段运动的加速度为