# 二、动量定理

现在我们进一步证明，如果物体原来就是运动的，已经具有一定的动量，在合外力的作用下，经过一段时间，速度要发生变化，因而动量也发生变化，这时，物体所受的合外力的冲量等于它的动量的变化。

设一个质量为*m*的物体，原来的速度是*v*，在恒定的外力作用下得到加速度*a*＝*F*/*m*，经过时间*t*速度变成*v*ʹ，速度的变化就是*v*ʹ－*v*＝*at*。由此可得

*Ft*＝*mat*＝*mv*ʹ－*mv*。

由于变化前的动量*p*＝*mv*，变化后的动量*p*ʹ＝*mv*ʹ，所以上式可以改写成

*Ft*＝*p*ʹ－*p*。

这就是说，**物体所受合外力的冲量等于它的动量的变化**，这个结论叫做**动量定理**。

从动量定理可以知道，如果一个物体的动量的变化是一定的，那么，它受力作用的时间越短，这个力就越大，力作用的时间越长，这个力就越小。利用这个道理可以解释为什么茶杯掉在石头上立即摔碎，掉在软的东西上不易摔碎。茶杯碰到物体以前，以一定的速度运动着，动量为*mv*，碰到物体后，停止运动，动量变为0。在这个过程中，茶杯动量的变化是－*mv*，这个值等于茶杯受到的作用力的冲量。掉在石头上，茶杯从运动到停止经历的时间短，受到的石头的作用力大，因此碎掉。掉在软的东西上，茶杯从运动到停止经历的时间长，受到的作用力小，因此不易破碎。搬运玻璃等易碎物品时，在木箱里放些纸屑、刨花等物，可以减少搬运中的损坏，也是这个道理。

动量定理不但适用于恒定的外力，而且适用于随时间而变化的变力。在后一种情况下，动量定理中的力*F*应理解为变力在作用时间内的平均值。

【例题】用5.0kg的铁锤把道钉打—拦铁路的枕木里去，打击时铁锤的速度是5.0m/s。如果打击的作用时间是0.01s，求打击时的平均作用力。不计铁锤的重量。

**图8-1**

打击时，铁锤和道钉受到的力如图8-1所示。不计铁锤的重量，只考虑铁锤受到的道钉的作用力*N*。铁锤在这个力的作用下，在*t*＝0.01s内，速度由*v*＝－5.0m/s，变为*v*ʹ＝0，这里取竖直向上的方向为正方向。应用动量定理就可以求出平均作用力：

*N*＝＝

＝N

＝2.5×103N。

道钉所受的打击力*F*，与铁锤所受的力大小相等，方向相反，也是2.5×103N。

讨论：上述计算中没有考虑铁锤的重量，如果把铁锤的重量也考虑在内，那么，这时道钉所受的打击力是上面算出的打击力加上铁锤的重量。而铁锤的重量

*G*＝5.0×9.8N＝49N，

与上面算出的打击力2.5×103N相比，铁锤的重量约为后者的2%，可见在计算打击过程中的平均作用力时，不考虑铁锤的重量是可以的。

## 练习二

（1）10kg的物体以10m/s的速度作直线运动，在受到一个恒力作用4.0s后，速度变为反向2.0m/s。求：①物体在受力前和受力后的动量；②物体受到的冲量；③力的大小和方向。

（2）列车的质量是2.5×106kg，受到的牵引力是4.0×105牛，它的速度由10m/s增加到24m/s需要用多少时间？

（3）一个质量是65kg的人从墙上跳下，以7m/s的速度着地，与地面接触后0.01s停了下来，地面对他的作用力是多大？如果他着地时弯曲双腿，用了1s才停下来，地面对他的作用力又是多大？

（4）跳远时，为什么跳在砂坑里比跳在混凝土路面上安全？钉钉子时，为什么要用铁锤而不用橡皮锤？

（5）质量为4kg的铅球和质量为0.1kg的皮球以相同的速度运动着，要使它们在相同的时间内停下来，作用在铅球上的力和作用在皮球上的力哪个大？为什么？