

## 3

## 牛顿第三定律

## 问题



力的作用是相互的。相互作用的力其大小有什么关系？

例如，大人跟小孩掰手腕，很容易就把小孩的手压在桌面上。那么，他们施加给对方的力，大小相等吗？



## 作用力和反作用力

力是物体对物体的作用。只要谈到力，就一定存在着受力物体和施力物体。

用手拉弹簧，弹簧受到手的拉力 $F$ ，同时弹簧发生形变，手也就受到弹簧的拉力 $F'$ （图3.3-1）。坐在椅子上用力推桌子，会感到桌子也在推我们，我们的身体要向后仰。我们常说，地面上及地球附近的物体受到地球的吸引（重力）。其实，地球也受到它们的吸引，地球和物体之间的作用也是相互的（图3.3-2）。如此等等，不胜枚举。

观察和实验的结果表明，两个物体之间的作用总是相互的。当一个物体对另一个物体施加了力，后一个物体一定同时对前一个物体也施加了力。物体间相互作用的这一对力，通常叫作**作用力**（acting force）和**反作用力**（reacting force）。作用力和反作用力总是互相依赖、同时存在的。我们可以把其中任何一个力叫作作用力，另一个力叫作反作用力。



图 3.3-1 弹簧和手受力示意图



图 3.3-2 地球和人造卫星受力示意图

## 牛顿第三定律

作用力和反作用力的大小之间、方向之间有什么样的关系？这又是一个定量的问题，而定量的问题通常只靠观察和经验是解决不了的，它需要通过实验测量来回答。

## 实验

### 用弹簧测力计探究作用力和反作用力的关系

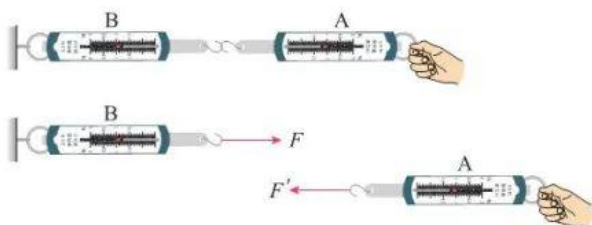


图 3.3-3 实验装置示意图

如图 3.3-3，把 A、B 两个弹簧测力计连接在一起，B 的一端固定，用手拉测力计 A。可以看到两个测力计的指针同时移动。这时，测力计 B 受到 A 的拉力  $F$ ，测力计 A 则受到 B 的拉力  $F'$ 。 $F$  与  $F'$  有什么关系呢？

从实验中可以发现，两个弹簧测力计的示数是相等的，方向相反。

大量事实表明：**两个物体之间的作用力和反作用力总是大小相等，方向相反，作用在同一条直线上。**这就是**牛顿第三定律**（Newton's third law）。

在生活和生产中应用牛顿第三定律的例子是很多的。

人在划船时，桨向后推水，水就向前推桨，将船向前推进（图 3.3-4）。与此类似，轮船的螺旋桨旋转时也是向后推水，水同时给螺旋桨一个反作用力，推动轮船前进。

汽车的发动机驱动车轮转动，由于轮胎和地面之间的摩擦，车轮向后推地面，地面给车轮一个向前的反作用力，使汽车前进（图 3.3-5）。汽车受到的驱动力就是这样产生的。若把驱动轮架空，不让它跟地面接触，这时车轮虽然转动，但车轮不推地面，地面也就不会产生向前推车的力，汽车就不会前进。陷在泥泞中的汽车，尽管车轮飞转，但是如果泥和车轮之间太滑，车轮得不到足够的摩擦力，车也是出不来的。许多越野车可以按需要分别由前轮或后轮驱动，必要时甚至可以四轮同时驱动，以便根据车轮与地面接触的不同情况来获得足够的动力。



图 3.3-4 划龙舟



图 3.3-5 汽车受驱动力的示意图

## 拓展学习

### 用力传感器探究作用力和反作用力的关系

力传感器可以把它所受力的大小、方向随时间变化的情况，由计算机屏幕显示出来。

把两个互相钩着的力传感器，同时连在计算机上，其中，一个系在墙壁上固定，另一个握在手中

(图3.3-6甲)。图3.3-6乙中上下两条图线分别表示两个力传感器受力的大小。用手拉一个力传感器,可以看到在一个力传感器受力的同时,另一个力传感器也同时受到力的作用,而且在任何时刻两个力的大小相等、方向相反。

两位同学各持一个力传感器,互相钩着。一人用力拉力传感器朝自己方向运动。从计算机屏幕可以看到,在运动的过程中,尽管力的大小随运动时间不断变化,但在运动中的任何时刻,作用力和反作用力总是大小相等、方向相反的。

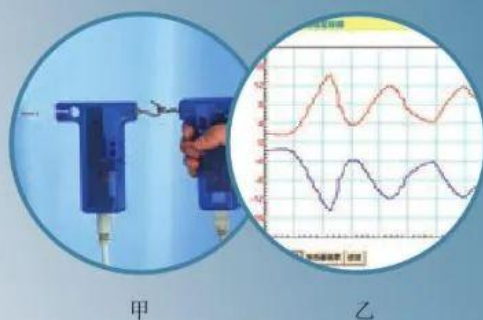


图 3.3-6 作用力和反作用力的关系

## 物体受力的初步分析

分析物体的受力,有两条思路。一是根据物体运动状态的变化来分析和判断其受力情况,这是下一章学习的内容;二是根据各种力的特点,从相互作用的角度来分析物体的受力。下面我们先从后一思路来分析物体的受力情况,为力与运动关系的分析奠定必要的基础。在高中物理的力学部分,我们遇到的力主要是重力、弹力和摩擦力。

例如,一个木块静止在粗糙斜面上,我们按重力、弹力和摩擦力的顺序来分析它的受力情况。木块受到重力 $G$ ,方向竖直向下;木块和斜面接触并相互挤压,木块受到垂直于斜面向上的弹力 $F_N$ ;假设木块和斜面之间没有摩擦,木块就会向下滑动,由此可以判断,静止的木块相对斜面有向下滑动的趋势,所受的静摩擦力 $F_f$ 是沿斜面向上的(图3.3-7)。

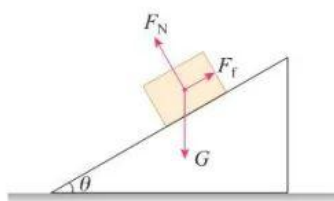


图 3.3-7 斜面上物体受力示意图

需要强调的是,必须明确我们是在分析哪个物体所受的力。在上面的例子中,涉及木块的作用力和反作用力共有三对:重力 $G$ 和木块对地球的引力、弹力 $F_N$ 和木块对斜面的压力、静摩擦力 $F_f$ 和木块对斜面的静摩擦力。由于我们是在对木块的受力情况进行分析,所以只把这六个力中木块所受的三个力画出来了。

在分析物体的受力情况时,不要把某个力的反作用力跟这个力的平衡力混淆。



例如，在图3.3-8甲中，猴子吊在空中，我们分析猴子所受的力。猴子受到重力 $G$ ，还受到树枝对它的拉力 $F$ 。由于猴子是静止的，而且不再受到其他力的作用，所以拉力 $F$ 和重力 $G$ 这两个力是一对相互平衡的力，它们“大小相等、方向相反，作用在同一条直线上”。应该注意，这两个力作用在**同一物体**（猴子）上。

另一方面，不但树枝在以拉力 $F$ 向上拉着猴子，猴子同时也在以向下的拉力 $F'$ 拉着树枝，这是一对作用力和反作用力，它们的关系也是“大小相等、方向相反，作用在同一条直线上”（图3.3-8乙）。但不同的是，它们分别作用在**两个物体**（猴子和树枝）上。

这两种情况，很容易混淆，因此要注意区分。

“一对相互平衡的力”和“一对作用力和反作用力”还有一个区别：后者一定是同一种类的力（例如 $F$ 和 $F'$ 都是弹力），而前者则不一定是同一种类的力（例如 $F$ 是弹力，而 $G$ 是重力）。



图 3.3-8 平衡力与作用力、反作用力的区别

## 练习与应用

1. 一个物体静止地放在台式弹簧秤上（图3.3-9），试证明物体对弹簧秤的压力大小等于物体所受的重力大小。证明时，请在图上标出所涉及的力。



图 3.3-9

2. 小强说：“我记得在初中学过，如果两个力的大小相等、方向相反，这两个力就会互相平衡，看不到作用的效果了。既然作用力和反作用力也是大小相等、方向相反的，它们也应该互相平衡呀！”

应该怎么解答小强的疑问？

3. 如图3.3-10，油桶放在汽车上，汽车停于水平地面。涉及油桶、汽车、地球三个物体之间的作用力和反作用力一共有几对？这几对

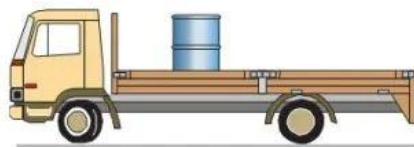


图 3.3-10

力中，油桶受哪几个力？汽车受哪几个力？地球受哪几个力？

4. 如图3.3-11，粗糙的长方体木块A、B叠在一起，放在水平桌面上，B木块受到一个水平方向的力的牵引，但仍然保持静止。问B木块受到哪几个力的作用？

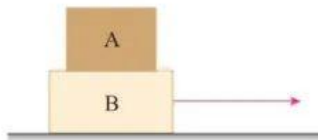


图 3.3-11