

## 2

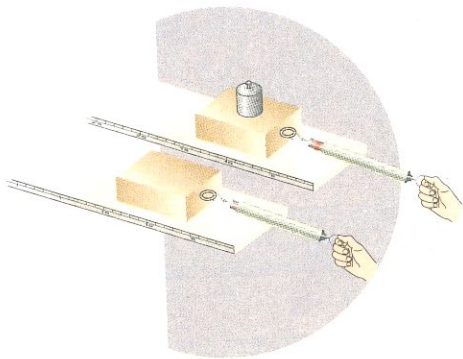
## 摩擦力

## 问题



用弹簧测力计拖动水平固定木板上的木块，使它做匀速运动，测力计的示数等于木块所受摩擦力的大小。改变木块和木板之间的压力，摩擦力的大小也随之改变。

如果摩擦力的大小跟压力的大小存在某种定量关系的话，它们可能是怎样的关系呢？



## 滑动摩擦力

我们知道，两个相互接触的物体，当它们相对滑动时，在接触面上会产生一种阻碍相对运动的力，这种力叫作**滑动摩擦力** (sliding frictional force)。滑动摩擦力的方向总是沿着接触面，并且跟物体相对运动的方向相反。

我们还知道，滑动摩擦力的大小跟接触面上压力的大小有关，对同一接触面来说，压力越大，滑动摩擦力越大；滑动摩擦力的大小还跟接触面的粗糙程度、材质等有关，在相同压力下，不同接触面间的滑动摩擦力的大小一般不同。

通过进一步的定量实验，测量同一接触面不同压力下的滑动摩擦力大小，结果表明：**滑动摩擦力的大小跟压力的大小成正比**。如果用  $F_f$  表示滑动摩擦力的大小，用  $F_{\text{压}}$  表示压力的大小，则有

$$F_f = \mu F_{\text{压}}$$

其中， $\mu$  是比例常数，叫作**动摩擦因数** (dynamic friction factor)。它的值跟接触面有关，接触面材料不同、粗糙程度不同，动摩擦因数也不同。

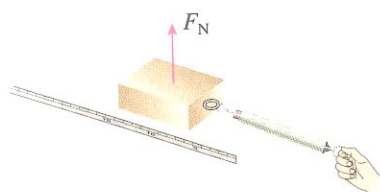


图 3.2-1

在图 3.2-1 中, 以木块在水平木板上滑动为例, 木块所受的支持力为  $F_N$ 。由于木块对木板的压力大小等于  $F_N$ ,<sup>①</sup> 所以动摩擦因数  $\mu$  也可以表示为

$$\mu = \frac{F_f}{F_N}$$

$F_f$  和  $F_N$  是接触面上木块所受的两个力,  $F_f$  在接触面内且与相对运动方向相反,  $F_N$  与接触面垂直。

表 几种材料间的动摩擦因数

材料	动摩擦因数	材料	动摩擦因数
钢—钢	0.25	钢—冰	0.02
木—木	0.30	木—冰	0.03
木—金属	0.20	橡胶轮胎—路面(干)	0.71
皮革—铸铁	0.28	木—皮带	0.40

### 【例题】

在我国东北寒冷的冬季, 有些地方用雪橇作为运输工具。一个有钢制滑板的雪橇, 连同车上木料的总质量为  $4.9 \times 10^3 \text{ kg}$ 。在水平的冰道上, 马要在水平方向用多大的力, 才能够拉着雪橇匀速前进?  $g$  取  $10 \text{ N/kg}$ 。

**分析** 将雪橇抽象为一个物体, 如图 3.2-2, 雪橇在重力  $mg$ 、支持力  $F_N$ 、马的拉力  $F$  和滑动摩擦力  $F_f$  四个力的作用下, 沿水平面匀速前进。根据二力平衡条件, 拉力  $F$  与滑动摩擦力  $F_f$  的大小相等, 而  $F_f$  与  $F_N$  有关,  $F_N$  的大小又等于  $mg$ , 故可以求得拉力  $F$ 。

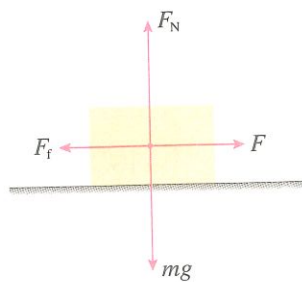


图 3.2-2

**解** 雪橇所受重力  $mg = 4.9 \times 10^4 \text{ N}$ , 查表得  $\mu = 0.02$ 。

雪橇匀速运动, 拉力  $F$  与滑动摩擦力  $F_f$  大小相等, 即

$$F = F_f$$

<sup>①</sup> 下节会学到这一知识。

由于

$$F_N = mg$$

$$F_f = \mu F_N = \mu mg$$

故

$$F = \mu mg = 0.02 \times 4.9 \times 10^3 \times 10 \text{ N} = 980 \text{ N}$$

马要在水平方向用 980 N 的力，才能够拉着雪橇匀速前进。

## 静摩擦力

相互接触的物体处于相对静止时，是不是也可能存在摩擦力？

如图 3.2-3，人用平行于地面的力推沙发，沙发有相对地面运动的趋势，但它没有被推动，沙发与地面仍然保持相对静止。根据二力平衡的知识可知，这时一定有一个力与推力平衡。这个力与人对沙发的推力大小相等、方向相反。这个力就是沙发与地面之间的摩擦力。



图 3.2-3 推沙发

由于这时相互接触的两个物体之间只有相对运动的趋势，而没有相对运动，所以这时的摩擦力叫作**静摩擦力** (static frictional force)。静摩擦力的方向总是跟物体相对运动趋势的方向相反。只要沙发与地面间没有产生相对运动，静摩擦力的大小就随着推力的增大而增大，并与推力保持大小相等。

### 演示

#### 静摩擦力的大小随拉力的变化

把木块放在水平长木板上，用弹簧测力计沿水平方向拉木块。在拉力  $F$  增大到一定值之前，木块不会运动，此种情况下静摩擦力的大小等于拉力的大小。

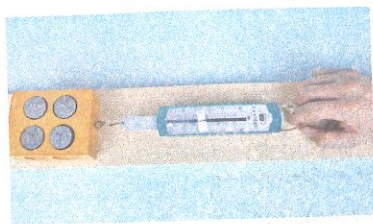


图3.2-4 测量静摩擦力的实验装置

在弹簧测力计的指针下轻塞一个小纸团，它可以随指针移动，并作为指针到达最大位置的标记（图3.2-4）。继续用力，当拉力达到某一数值时木块开始移动，此时拉力会突然变小。

如果用力传感器代替弹簧测力计做这个实验，能够在计算机屏幕上直接得到拉力随时间变化的 $F-t$ 图像（图3.2-5）。

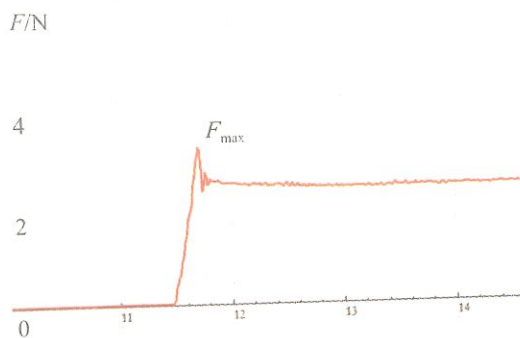


图3.2-5  $F-t$ 图像

静摩擦力的增大有一个限度。图3.2-5中木块所受静摩擦力的最大值 $F_{\max}$ 在数值上等于物体即将开始运动时的拉力。两物体之间实际产生的静摩擦力 $F$ 在0与最大静摩擦力 $F_{\max}$ 之间，即

$$0 < F \leq F_{\max}$$

瓶子可以拿在手中，靠的是静摩擦力的作用。皮带运输机能把货物送往高处，也是静摩擦力作用的结果。



## 流体的阻力

气体和液体都具有流动性，统称为流体。物体在流体中运动时，要受到流体的阻力，阻力的方向与物体相对于流体运动的方向相反。汽车、火车和飞机等在空气中运动，要受到空气的阻力。轮船、潜艇在水面或水下航行，要受到水的阻力。

流体的阻力跟物体相对于流体的速度有关，速度越大，阻力越大。雨滴在空气中下落，速度越来越大，所受空气阻力也越来越大。当阻力增加到跟雨滴所受的重力相等时，二力平衡，雨滴匀速下落。

流体的阻力还跟物体的横截面积有关，横截面积越大，阻力越大。跳伞运动员、飞船返回舱



在空中张开降落伞，凭借降落伞较大的横截面积获得较大的空气阻力，安全落地。

流体的阻力还跟物体的形状有关系。头圆尾尖的物体所受的流体阻力较小，这种形状通常叫作流线型。为了减小阻力，轮船的水下部分采用了流线型（图3.2-6）。

一般来说，空气阻力比液体阻力、固体间的摩擦力都要小。气垫船靠船下喷出的气体，浮在水面航行，受到的阻力小。磁浮列车靠电磁力使列车悬浮在轨道上，速度可达500 km/h。



图3.2-6 水下流线型船体

## 练习与应用

1. 手压着桌面向前移动，会明显地感觉到有阻力阻碍手的移动。手对桌面的压力越大，阻力越大。试一试，并说明道理。

2. 一只玻璃瓶，在下列情况下是否受到摩擦力？如果受到摩擦力，摩擦力朝什么方向？

(1) 瓶子静止在粗糙水平桌面上。

(2) 瓶子静止在倾斜的桌面上。

(3) 瓶子被瓶口朝上握在手中静止。

(4) 瓶子压着一张纸条，扶住瓶子把纸条抽出。

3. 所受重力为100 N的木箱放在水平地板上，至少要用35 N的水平推力，才能使它从原

地开始运动。木箱从原地移动以后，用30 N的水平推力，就可以使木箱继续做匀速直线运动。

由此可知：木箱与地板之间的最大静摩擦力  $F_{\max} = \underline{\hspace{2cm}}$ ；木箱所受的滑动摩擦力  $F_f = \underline{\hspace{2cm}}$ ，木箱与地板之间的动摩擦因数  $\mu = \underline{\hspace{2cm}}$ ；如果用20 N的水平推力推这个静止的木箱，木箱所受的摩擦力大小为  $\underline{\hspace{2cm}}$ 。

4. 所受重力为500 N的雪橇，在平坦的雪地上用10 N的水平拉力恰好可以拉着空雪橇做匀速直线运动。如果雪橇再载重500 N的货物，那么，雪橇在该雪地上滑行时受到的摩擦力是多少？