

自然常识教学参考丛书

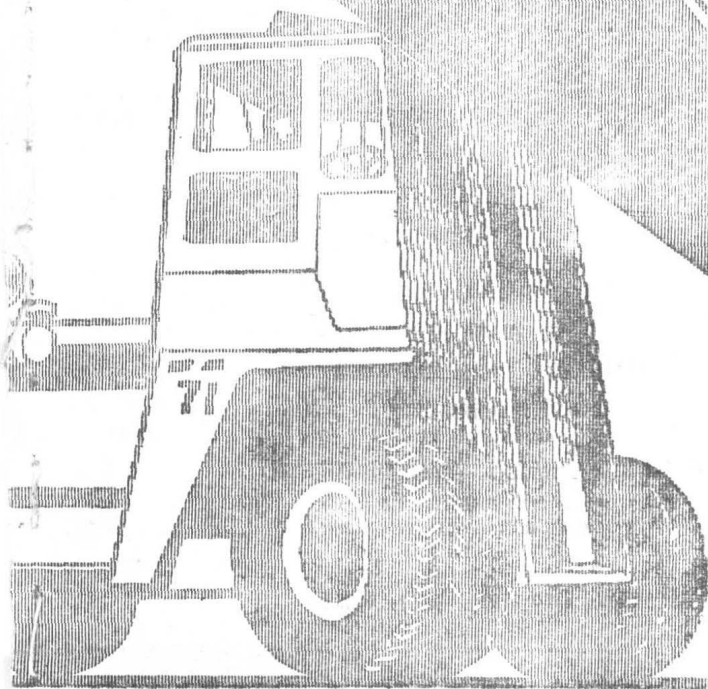
力和机械



上海教育出版社

力和机械

许德明 汪宗锐 丁定一 金明华 编著



自然常识教学参考丛书

力和机械

许德明 汪宗锐 丁定一 金明华 编著

上海教育出版社出版

(上海永福路123号)

新华书店上海发行所发行 上海崇明印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 3.25 字数 68,000

1981年10月第1版 1981年10月第1次印刷

印数 1—20,500本

统一书号: 7150·2501 定价: 0.25元

目 录

一 力的基础知识	1
(一) 什么是力	1
(二) 力的量度和图示	3
(三) 力学中常见的三种力	6
(四) 3 加 4 一定等于 7 吗	12
(五) “四两拨千斤”	14
(六) 牛顿运动定律	17
二 功和能	21
(一) 从“劳而无功”谈起	21
(二) 大水牛和小铁牛的比赛	24
(三) 飞鸟炮弹	27
(四) 重锤可作时钟的动力	30
(五) 弓箭中的物理学	33
(六) 能量的转化和守恒	35
三 简单机械	38
(一) “秤锤虽小，能压千斤”的道理	38
(二) 形形色色的杠杆	46
(三) 古老的提水工具——辘轳	54
(四) 神仙葫芦的秘密	56
(五) 劈柴的知识	63
四 动力及传动	69
(一) 动力种种	69
(二) 汽车的“心脏”——	74
(三) 火箭能上天的秘密	79

(四) 向原子核要动力	83
(五) 皮带的妙用——传动	89
(六) 原动机的发展概况	97



一 力的基础知识

简单机械是小学自然常识课程中的一个重要内容，也是学习复杂机械的基础。在学习简单机械时，遇到最多的是有关力的知识。因此，我们必须掌握一点有关力的基础知识。

(一) 什么是力

人们对力的认识，是从劳动中获得的。用锄头锄地要用力；推动一辆车要用力。用力时我们会感到肌肉紧张，这样就把力和肌肉紧张的感觉联系在一起，并从肌肉的感觉中初步形成力的概念。随着生产的发展，人类在生产斗争中不断加深了对力的认识，逐步建立并完善了力的概念。

物理学所讨论的力的概念，就是从日常经验中抽象出来的，因此更本质、更科学。锄地、推车时，手对锄头、车产生作用。不仅人对物体能产生作用，物体对物体也能产生作用。例如，汽锤锻打工件时，锤对工件产生作用；机车拉着列车前进，机车对列车产生作用……。所以力是物体对物体的一种作用。离开物体讨论力，是毫无意义的，这就是力的物质性。只要有力的作用，一定有两个物体同时存在。我们把受到力的作用的物体叫做受力物体，而把施加这种作用的物体叫做施力物体。为了简便起见，通常只说物体受到了力，而不特别指明施加力的物体。在受力物体受到施力物体的作用时，施力物体是否也同时受到受力物体的作用呢？现在举例进行讨论。

甲、乙两人分别站在两辆小车上，各拿着一根绳的一端。当两人同时用力收缩绳子时，可以看到两人同时运动，相互靠近。如果只有一个人收缩绳子，另一个人拿住绳子不放，两人仍旧同时运动，相互靠近。这说明，当甲用力拉乙，使乙运动时，乙也拉甲，使甲运动。可见，甲对乙有力的作用时，乙对甲也有力的作用，甲和乙同时都受到了力。对于甲、乙两个人来说，他们都是施力者，又都是受力者，这就是力的作用的相互性。汽车能向前跑，是由于汽车的动力轮——后轮在转动时，

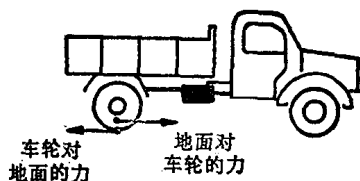


图 1.1

与地面接触的轮胎边缘不断地给地面一个向后的力，同时地面也不断地给轮胎一个向前的力。这个力推动汽车向前运动(图1.1)。用桨划船时，桨对水有一个向后的力，

同时水对桨有一个向前的力。这个力推动桨连同船向前行进。

力既然是物体对物体的作用，作用的效果总要以一定的形式表现出来。力作用在物体上有两种效果：第一，力能使物体发生形变。例如，用手拉弹簧，弹簧受到拉力而发生伸长形变；火车行驶时，钢轨受到火车的压力而发生弯曲形变。第二，力能改变物体的运动状态。例如，用力推一辆停放着的小车，小车就会从静止变为运动；行驶中的汽车，关闭发动机后，因受到摩擦力的作用，它的运动状态由运动最终变为静止。

两千多年前，我国伟大的思想家墨翟，在他所著的《墨经》中说过：“力，形之所以奋也”。这里讲的“形”是指物体，“奋”是讲运动。这句话的意思是说，物体所以能从静止变为运动(即运动状态发生变化)，是因为受到力的缘故。

(二) 力的量度和图示

力能使物体产生形变或改变它的运动状态。这两种效果的大小，取决于作用在物体上的力的大小。因此，我们可以按其作用效果的大小来确定力的大小。测力计就是根据物体在力的作用下，所产生的弹性形变的大小来量度力的大小的仪器。图 1.2 所示的弹簧秤就是一种测力计。我们在自制弹簧秤时，它的刻度方法是将重量为 1 千克（公斤）的物体悬挂在弹簧下面，弹簧被拉长到某一长度，标明刻度，这刻度就表示 1 千克的力。然后用 2 千克的重物悬挂在弹簧下面，弹簧被拉长到另一长度，同样标明刻度，这刻度表示 2 千克。按上述方法，

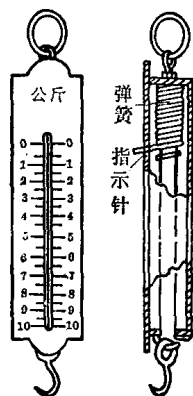


图 1.2

可以作出所有的刻度，零点是弹簧在未挂重物时的自然长度，于是这个附有刻度的弹簧便可以用来测量力的大小。

自制弹簧的方法是，把细钢丝密绕在圆铁棒上，一起放在火中加热，当钢丝烧红时，立即投入机油（也可用食用油代替）内淬火，冷却后取出即成。

图 1.3 所示的是一种牵引测力计，可以用来测量车辆、拖拉机、牲畜的牵引力，也可用它来测定绳索、弹簧的拉力。图 1.4 是这种测力计的构造

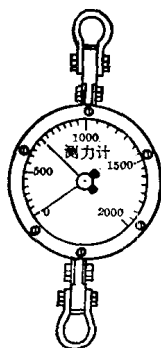


图 1.3

示意图。当外力将弯曲的弹性钢片 A 拉伸时,通过杆 B 带动齿轮 C 转动, C 又带动与它啮合的齿轮 D 转动,从而使指针转动,在刻度盘上指示出力的大小。

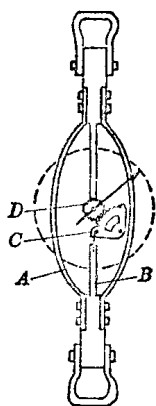


图 1.4

在国际单位制(SI)中,力的单位是牛顿,牛顿与千克的关系是:

$$1 \text{ 牛顿} = \frac{1}{9.8} \text{ 千克}.$$

一般还以“吨”、“千克”、“克”作为力的单位:

$$1 \text{ 吨} = 1000 \text{ 千克},$$

$$1 \text{ 千克} = 1000 \text{ 克}.$$

力不但有大小,而且还有方向。例如起重机用钢丝绳起吊货物时,钢丝绳对货物的拉力是沿钢丝绳向上的;放在桌子上的杯子压桌面的力是向下的。

在物理学中,把只有大小没有方向的量,叫做无向量或标量,如长度、面积、时间、温度等等。把既有大小又有方向的量,叫做向量或矢量,如速度、加速度、电场强度等。力是矢量。

力对物体的作用效果不仅与力的大小有关,而且还与力的方向有关。例如,用同样大小的力去拉弹簧与压弹簧,所产生的效果不一样:拉只能使弹簧伸长,而压却使弹簧缩短(图 1.5)。又如,用一个同小车运动方向一致的力去推小车,小车

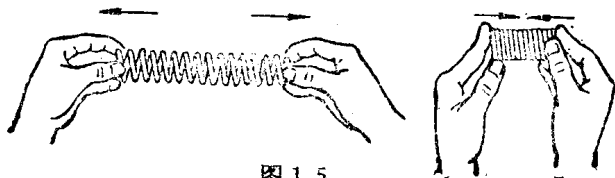


图 1.5

的速度将不断增大；如果推力大小不变，方向相反，小车的速度将渐渐减小。

物体上承受力的作用部位，称作力的作用点。力对物体的作用效果除了与力的大小、方向有关外，还与力的作用点的所在位置有关。例如，用同样大小的两个力沿同一方向拉两个相同的圆盘。一个力作用在 A 点，如图 1.6 (a) 所示，这个力的作用只能使圆盘沿力的方向移动。另一个力作用在圆盘边缘上的 B 点，如图 1.6 (b) 所示，这个力不仅使圆盘移动，同时还会使圆盘转动。可见大小和方向都相同的力，作用在相同

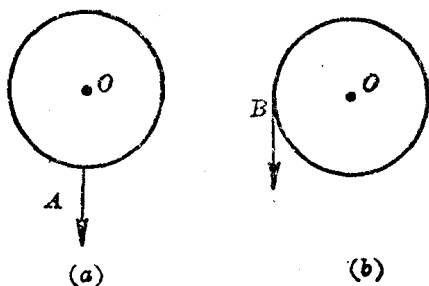


图 1.6

的物体上，由于作用点位置的不同，产生的效果也不一样。

通常把力的大小、方向、作用点叫做力的三要素。为了直观地说明力的作用，一般用一根按一定比例画出的带有箭头的线段来表示力的三要素，线段的长短表示力的大小，箭头的指向表示力的方向，箭头或箭尾表示力的作用点。这种表示力的方法叫做力的图示法。力的图示作法是：从作用点起，沿力的方向画一根线段，使线段的长度跟力的大小成正比。例如，用 1 厘米的长短表示 1 千克的力，那么 3 千克的力就用 3 厘米长的线段来表示。最后在线段的末端或前端画一个箭头，表示力的方向。图 1.7 (a) 表示扳手上 A 点受 3 千克的力，力的方向垂直于扳手；图 1.7 (b) 表示锄刀柄上 B 点受到 50 牛顿的作用力，力的方向垂直于锄刀柄；图 1.7 (c) 表示活塞上受到 2 吨

的力,方向向上垂直于活塞。

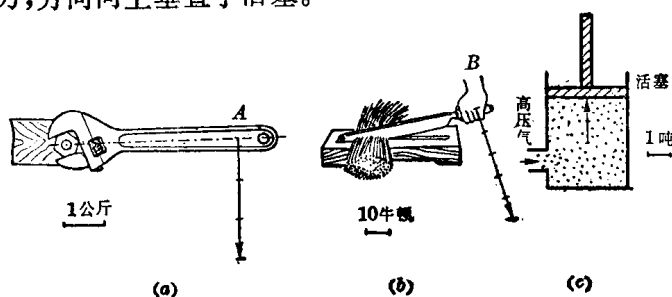


图 1.7

(三) 力学中常见的三种力

1. 重力

科学已经证明,在宇宙万物之中,任何物体彼此之间都有相互吸引的力。例如,太阳与地球之间、天上星星与星星之间、地球与地球上的物体之间、物体与物体(如桌子、台子、车辆)之间。这种万物之间的相互吸引的力称作万有引力。

既然任何物体间都有万有引力,为什么我们感觉不出物体对我们有吸引力呢?因为力太小了。两个体重都是85千克的大胖子,相隔1米时,他们之间的万有引力值是 0.5×10^{-6} 牛顿,相当于1千克力的二千万分之一。

地面上两个物体之间的吸引力虽然很小,但是对天体来说,它们之间的万有引力就非常大。例如,太阳与地球之间的吸引力达 3.6×10^{18} 吨! 如果把这个力作用在直径是9000公里的钢柱的两端,钢柱将被拉断!

因为万物之间存在着万有引力,所以地球上的一切物体

都要受到地球的吸引力。重力是地球对物体的吸引而产生的。

重力的方向总是竖直向下。建筑工人利用重力的这一特性,做成重锤来检验墙壁是否竖直(图1.8)。

物体有轻有重,这是因为地球作用在不同物体上的重力有大有小,重力的大小叫做重量。

同一个物体在地球上不同纬度的地方测得的重量是不同的。例如在纬度 45° 海平面上的一个重1千克的物体,在赤道处,它的重量变成0.9973千克,拿到北极去却有1.0026千克。

一个物体的重量还要随着离开地面高度的增加而变小。例如,在地面上重1千克的物体,拿到6400千米(等于地球的半径)的高空处,它的重量只有0.25千克了。

地球各处的地质构造不同,也能引起物体重量的变化。例如,在地下埋着密度较大的矿石的地方,物体的重量就比周围其它地区要大。地下密度较小的地方,物重就比周围其它地区要小。重力探矿就是根据这个道理来寻找各种矿藏的。

2. 弹力

我们知道,一切物体都是由许多不断作无规则运动的微粒(如分子、原子、离子等)组成。当物体受到力的作用时,微粒间的相对位置发生变化,不是靠拢就是离开,即引起物体的形状与体积的变化,物体就发生形变。

物体发生形变时,它就会产生一个反抗外力来恢复它原来形状的力,这种由形变而产生的力叫做弹力。例如,手拉弹

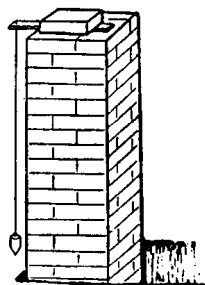


图 1.8

簧，弹簧形变的同时就有一个弹力作用在手上，如果放手，弹簧恢复原来形状，弹力也就消失。从这里可以看出，弹力并不是原来就存在的，而是物体受到外力作用时，物体发生了形变才产生的。

胡克定律指出：弹力的大小只要不超过弹性限度，弹性形变所产生的弹力 F 和形变的大小 x （如弹簧的伸长和压缩量）成正比。

3. 摩擦力

摩擦现象在生产实际和日常生活中是普遍存在的。例如，鞋穿久了要磨损；关闭汽车或机器的发动机，由于摩擦，汽车的前进速度和机器的运转速度都会逐渐变慢直到停止。常见的摩擦有下面三种。

静摩擦：

用一个较小的力 F 去拉放置在水平地面上的物体图(1.9)，

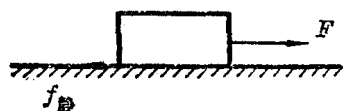


图 1.9

物体保持静止。这是由于物体在力 F 的作用下，相对于地面有一个向右的滑动趋势，物体和地面之间便产生

了摩擦作用。这时，作用在物体上的拉力 F 和作用在物体上的摩擦力 $f_{\text{静}}$ 相等，物体保持静止。这种摩擦力发生在物体开始滑动之前，阻止物体开始滑动，所以叫做静摩擦力。静摩擦力的方向总是跟滑动趋势的方向相反。例

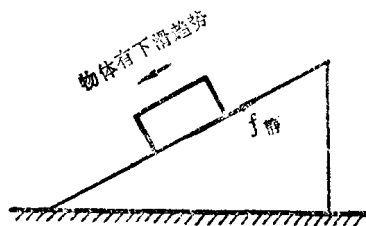


图 1.10

如静止在斜面上的物体(图1.10)，有沿斜面向下滑动的趋势，

所以它受到的静摩擦力是沿斜面向上的。

一个物体所受到的静摩擦力的大小是变化的。在图 1.9 所示的例子中,当拉力 F 还没有加到物体上时,因为物体没有滑动趋势,所以这时的静摩擦力为零。当拉力 F 很小时,物体有滑动趋势,但没有被拉动,这时它受到的静摩擦力的大小等于拉力 F 。逐渐增大拉力 F ,我们发现,在拉力 F 逐渐增大的过程中,物体并不立即开始滑动。这表明物体受到的静摩擦力随拉力 F 的增大也在增大,并且总是与拉力 F 的大小相等、方向相反,使物体继续保持静止。但当外力增大到一定的数值时,物体就开始滑动。这说明,物体在开始滑动前,静摩擦力是随着外力的增大逐渐增大的,但在增大到一定的数值以后物体就滑动了。这个数值叫做最大静摩擦力。

生产实际中经常利用静摩擦。如放在皮带运输机上的货物(图1.11),相对于皮带来说有一个下滑的趋势,因此货物受到一个向上的静摩擦力,在它的作用下,货物随着皮带被送到高处。

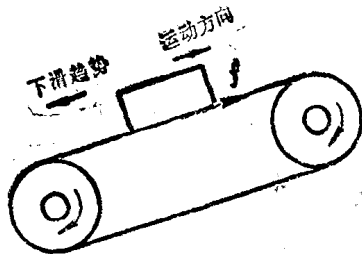


图 1.11

滑动摩擦:

互相接触的物体在相

对滑动时也要产生摩擦,这种摩擦叫做滑动摩擦。如活塞和汽缸内壁的摩擦、犁面跟泥土的摩擦等,这些都是滑动摩擦。

滑动摩擦力的方向总是跟物体运动的方向相反,所以它阻碍物体的运动。向上擦黑板时,黑板擦受到的滑动摩擦力是向下的,对黑板擦的向上运动起着阻碍作用;向前滑冰的人,

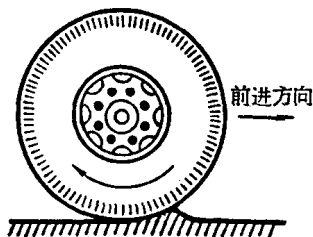
滑冰鞋上的冰刀受到向后的滑动摩擦力，这个力对滑冰人的向前运动起着阻碍作用。

实验证明滑动摩擦力总是小于最大静摩擦力。

产生静摩擦和滑动摩擦的原因主要是由于物体表面的粗糙不平。即使磨得非常光滑的表面，用显微镜观察也是凹凸不平的。因此，当一个物体沿着另一个物体表面有运动趋势时，由于两个物体表面的凹凸部分互相啮合，阻碍物体开始运动，因此产生了静摩擦力。当外力克服最大静摩擦力后，物体开始滑动。由于它们之间的凸起部分相互碰撞等原因，形成了对运动的阻碍，这就产生了滑动摩擦力。

滚动摩擦：

当一个物体在另一个物体表面滚动时，所产生的摩擦叫



做滚动摩擦。滚动摩擦是一种较为复杂的现象，产生这种摩擦的原因主要是车轮与支承面接触处发生形变，形变突出部分阻碍车轮前进，如图 1.12 所示。

图 1.12

当车轮与路面接触处形变

越大，那末车轮在滚动时受到的滚动摩擦力也就越大，反之则小。有一些交通工具，例如车轮的轮胎要打足气，火车用钢轮在钢轨上行驶等，就是为了减小滚动摩擦力。

实验证明，滚动摩擦比滑动摩擦小得多（一般可以减小到 $\frac{1}{20} \sim \frac{1}{30}$ ），所以在一般情况下用滚动来代替滑动，可以达到

减小摩擦的目的。

世界上一切事物无不具有二重性,摩擦也是这样,有有益的一面,也有有害的一面。譬如机器运转时,由于摩擦要发热,不但浪费动力,而且部件还会磨损,缩短使用寿命。在这种有害的场合,应该设法减小它。减小有害摩擦的方法有:提高接触面的光洁度;使用润滑剂;用滚动形式代替滑动形式等。润滑剂一般用液体,也有用固体和气体的。当加了润滑油以后,两个产生摩擦的物体接触面不再直接接触(图1.13),这时摩擦发生在油层之间,使摩擦减小到原来的 $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{10}$ 。

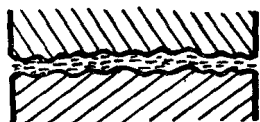


图 1.13

如果用气体作润滑,则摩擦可变得更小。气体轴承是一种滑动轴承(不是一般常见的滚动轴承),轴和轴承之间不是用油膜而是用气膜隔开,适用于要求摩擦小或者高速运转的场合。有一种牙科医生用的高速牙钻,转速达 40 万转/分,它的轴承就是采用气体轴承。

在另一些情况下,摩擦是有利的,甚至是必要的。如一切车辆靠摩擦行驶,又靠摩擦刹车;人靠摩擦行走,又靠摩擦握住东西;布靠摩擦把纱线“结合”在一起而成为一块布;一切物体能放在桌上或地上也是摩擦的作用……,可以说没有摩擦的世界将会发生不堪设想的混乱。摩擦在有利的场合下,我们应该设法增大它。增大摩擦的方法一般是增大压力和把接触面弄得粗糙。平时我们看到火车的机车(火车头)部分造得很重,就是为了增大车轮对钢轨的压力,从而使摩擦变大,可以拉动后面的列车。胶鞋底上的花纹也是为了增大摩擦,避免打滑而特意设计的。

(四) 3 加 4 一定等于 7 吗

在算术运算中, 3 加 4 等于 7。但是在力学中, 300 克的力与 400 克的力“相加”, 就不一定等于 700 克。为了讨论方便, 我们先从一个实验谈起。

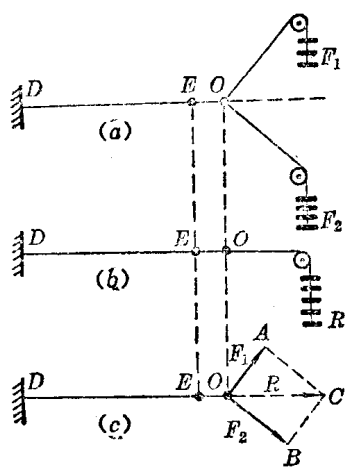


图 1.14

图1.14(a)表示橡筋 DE 在大小为 300 克的力 F_1 和 400 克的力 F_2 共同作用下伸长了 EO 。图 1.14(b) 表示撤去 F_1 和 F_2 后, 用力 R 作用在橡筋上, 使橡筋伸长同样的长度 EO 。这就是说力 R 对橡筋产生的效果跟力 F_1 和 F_2 共同作用产生的效果相同。这里要注意, 力 R 的大小在数值上不是 700 克, 而是

500 克。一个力作用在物体上, 它产生的效果跟几个力共同作用的效果相同, 这个力就叫做那几个力的合力, 而那几个力叫做这个力的分力。在上面实验中, R 是 F_1 和 F_2 的合力, 而 F_1 和 F_2 就是 R 的两个分力。实验说明, 两个分力互成角度时, 合力的大小不等于分力大小的代数和。

那末合力 R 跟分力 F_1 和 F_2 有什么关系呢? 根据力的图示法, 选定某一标度, 在 F_1 、 F_2 的方向上各作带有箭头的线段 OA 、 OB , 使 OA 、 OB 的长度分别表示力 F_1 和 F_2 的大小。用 OA 、 OB 为邻边作平行四边形 $OBCA$ [图 1.14(c)], 可以发