

自然科学小丛书

牛顿定律古今谈



北京出版社



自然科学小丛书

牛顿定律古今谈

张三慧

北京出版社

自然科学小丛书
牛顿定律古今谈

张 三 慧

*

北京出版社出版
新华书店北京发行所发行
北京印刷三厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 3.25印张 49,500字
1979年9月第1版 1979年9月第1次印刷
印数1—280,000

书号：13071·83 定价：0.25元

编辑说明

为了帮助广大青年、学生和工农群众学习自然科学知识，更好地为社会主义现代化建设服务，我们编辑了《自然科学小丛书》。

这套小丛书是科学普及读物，它以马克思主义、列宁主义、毛泽东思想为指导，用辩证唯物主义和历史唯物主义的观点，结合生产斗争和科学实验的实际，介绍自然科学基础知识。在编写上，力求做到深入浅出，通俗易懂，适合具有初中文化水平的广大读者阅读。

由于我们水平有限，又缺乏编辑科学普及读物的经验，难免有缺点和错误，恳切希望读者批评指正。

目 录

- 一 力和机械运动…………… (3)
什么是力? (3) 运动和参照系(10) 运动的快慢——速度(11) 运动改变的快慢——加速度(13) 鸡毛和石子哪个落得快? (15) 略谈圆周运动(18)
- 二 维持运动需要力吗?——牛顿第一定律…… (21)
亚里斯多德的断言(21) 伽里略的结论(23) 物体的惯性(25) 二力平衡(26)
- 三 改变运动需要外力——牛顿第二定律…… (29)
为什么会有加速度?(29) 质量和重量(31) 骑车拐弯的道理——向心力(35) 人造地球卫星的运动(39)
- 四 作用和反作用——牛顿第三定律…………… (42)
有作用必定有反作用(42) 马为什么能拉动车?(46) 什么是超重?(49) 失重又是怎么回事?(52) 打击力和动量(54) 动量守恒(57)

五	天上地上规律一样——行星运动和牛顿定律.....	(60)
	地球为中心和圆形轨道(61) 太阳是中心(63) 椭圆的轨道(65) 行星为什么会这样运动?(67) 真理没有穷尽(73)	
六	牛顿定律的适用条件.....	(75)
	要看参照系——惯性系(75) 高速低速,差别明显——相对论的初步介绍(79) 微观宏观,大不相同——量子论的简略说明(92)	

在我们周围，不论是自然界里，还是人类活动的各个领域，运动(包括各种变化)是极为普遍的现象。例如，车辆的行进，天体的运行，冷热变化，化学反应以及动植物的生长等都是运动。这些还都是人们能直接看到的运动。实际上还有更多的人们不能直接看到的运动。在遥远的星体内部，在组成物体的分子原子以至原子核的内部深处，都存在着永不停息的运动。

为了改造自然使它为人类服务，就需要掌握各种运动的规律。

对自然界各种运动加以比较，就可以看出它们有的简单有的复杂。最常见的而且最简单的运动是物体的升降、车辆的奔驰、机器的转动、日月的运行等(图1)。这类运动都是物体的位置在不断的变化，都叫做机械运动。

机械运动(以后我们讲到运动，都是指的机械运动)和物体受力的情况有密切的关系。例如，静止的车子不推不动，推了才动；要它更快地前进，就要用更大的力推它；而要使它停下来，就需要向后拉它。运

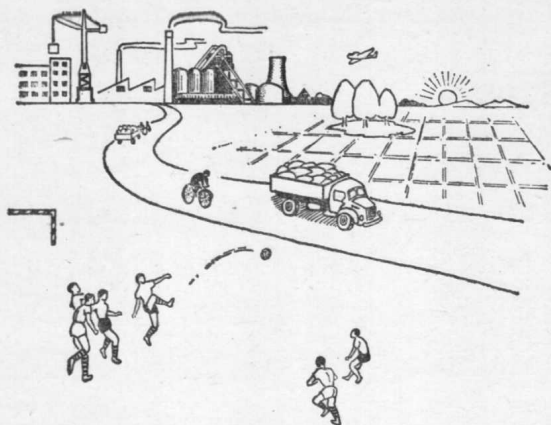


图1 机械运动

动的状况和力有关，这种认识虽然平常，但确实接触到了机械运动的规律的实质。当然，这还需要更深入的探讨和更严格的论证。关于运动与力的关系的规律组成了一部专门的学问，叫做力学。它的基本规律是英国科学家牛顿大约在三百年前总结的三条定律，叫做牛顿三定律。这本小册子就向大家介绍这三条定律的基本内容，以及它们的发现和发展的知识。

让我们从怎样认识力和机械运动说起。

一 力和机械运动

什么是力？

力的概念是从日常生活、生产中的推、拉、举、投等动作中建立起来的。它的直观意义是人的肌肉的一种感觉。但推而广之，力的概念就不只限于人的肌肉的一种感觉。马拉车，我们说马对车用了力。车头拉车厢，我们说车头对车厢用了力。子弹飞出枪膛，是火药爆炸产生的气体对子弹有推力的结果。乒乓球落到桌面上又回升，是桌面对它有弹力的缘故。

从这些实例中，对力的概念能总结出些什么呢？

首先，力是和物体分不开的。力实际上就是物体对物体的作用。人推车的力就是人手对车的作用，车头拉车厢的力就是车头对车厢的作用，等等。离开物体是无从谈到力的，没有脱离物体而凭空存在的力。力是物体间的相互作用，这道出了力的本质。

根据对力的本质的这一认识，在实际问题中谈到任何一个具体的力时，就必须明确每个力是哪个物体对哪个物体的作用，哪个是施力者，哪个是受力者。例如，手推车的力，手是施力者，车是受力者。锤子

砸钉子的力，锤子是施力者，钉子是受力者，等等。

其次，力是有方向的。如推车起动的力，它的方向与车行方向相同；想要煞车时，必须沿与车行方向相反的方向施力。起重机的钢丝绳拉货物的力方向向上；大锤砸木桩的力方向向下，等等(图2)。

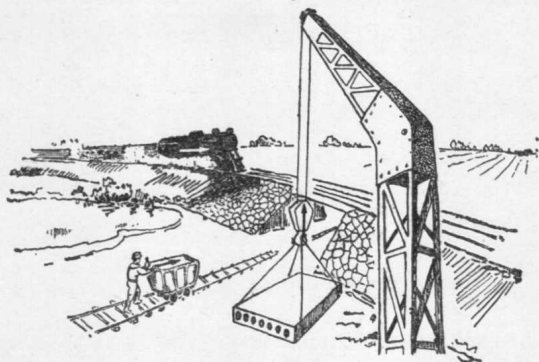


图2 力有方向

再其次，力是有大小的。例如想使车起动得快些，就要用大些的力。火车头拉车厢的力比马拉车的力大得多。乒乓球落到桌面上砸桌面的力比大锤砸木桩的力小得多，等等。

在表示力的大小时，国际上通用的单位叫〔牛顿〕，简称〔牛〕。我国也已决定今后正式使用这一单位。目前大家习惯用的力的单位是〔公斤力〕即〔千克力〕。我国习惯上还用〔市斤〕来作为力的单位。这些单位之间的关系是：

1 千克力 = 9.8 牛 \approx 10 牛

1 千克力 = 2 市斤力

由此可以算出，由于 1 市斤 = 10 两力，所以

1 牛 \approx 2 两力

力既然有方向又有大小，所以画图时可以用箭头表示：箭头的指向就是力的方向，箭头长短按一定比例表示力的大小，箭头画的位置通常是使箭尾落在受力物体上(如图 2)。

根据物体相互作用的性质不同，日常碰到的力可以分作三类。

弹性力 把几块砖放到木板上，木板就把砖支承起来了。但是可以看出木板这时也明显地弯曲了(图 3)。木板被砖压弯后，它本身就产生一种要恢复原状的力，这种力叫弹性力。木板对砖的支承力就是这种弹性力。

一般生活和生产技术中遇到的推力、拉力、压力、

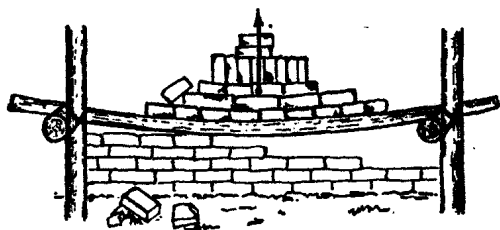


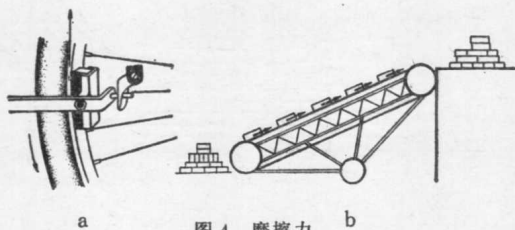
图 3 木板对砖的支承力

支承力等，都属于弹性力。例如，铁轨对车厢的支承力，钢丝绳对重物的拉力，推土机推土的力，压路机压路的力等都是弹性力，但是，在这些情况下，施力物体的形状或长度的改变并不明显。

摩擦力 在地板上推箱子，所以很费劲，是因为地面和箱底都很粗糙，地面对箱底产生的摩擦力阻碍箱子的运动。骑自行车刹车时，要利用闸块对钢圈的摩擦力，传送带传送砖块是靠了皮带对砖块的摩擦力（图4）。

对上述例子加以分析，可以看出两个物体间的摩擦力总是在这样的条件下产生的：这两个物体相互接触的表面比较粗糙，而且它们作相对的运动（如闸块与钢圈）或有相对运动的倾向（如皮带和砖块）。摩擦力的作用方向平行于两物体的接触表面，和它们的相对运动的方向相反，总是阻碍它们的相对运动的。这一点在推箱子、刹车的例子中是十分明显的。

摩擦力的大小和两物体的接触面的状况有关。接



触面越粗糙，摩擦力就越大，这是大家都知道的。摩擦力的大小还和两物体相互压紧的力的大小成正比。刹车时，捏闸的力越大，闸块对钢圈的摩擦力也越大，就是这个缘故。摩擦力的大小还和物体的运动形式有关。一个物体在另一个物体表面上滚动时就比滑动时受的摩擦力小。

重力和万有引力 河水总向下流，吊灯总向下垂。提起水桶手臂觉得下坠，扛起麻袋肩头感到下压。谁都知道，这是物体有重量的缘故。重量是怎么产生的呢？这是因为地球对在它上面的物体都有吸引力的缘故。地球对物体的吸引力又叫重力，所谓重量就是重力的大小，所谓“铅垂方向”（或竖直方向）就是重力的方向。

不但地球对它上面的物体有吸引力，而且任何两物体之间，大至星球天体，中至汽车轮船，小至原子电子，它们之间都有类似的吸引力作用着。因此，就把这种力叫做万有引力。

早在十七世纪，英国科学家牛顿在研究天体运动的规律时，就发现了关于万有引力的规律，现在就叫做牛顿万有引力定律。这个定律说的是：两个物体之间的万有引力和它们每一个的质量都成正比，和它们之间的距离的平方成反比（图5）。定律所说的“质量”

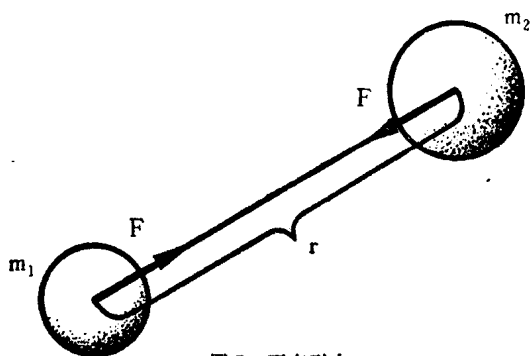


图5 万有引力

是指物体中所含物质的多少，含有物质多的质量大。例如大石头比小石子的质量大，大铁块比小滚珠的质量大等。

这个定律可以用下面的公式表示：

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

式中 m_1 和 m_2 分别表示某两物体的质量，以千克为单位； r 表示它们之间的距离，以米为单位； F 表示它们之间万有引力的大小，以牛为单位。式中 G 是一个比例常数，叫万有引力常数，它的数值是

$$G = 0.667 \times 10^{-10} \text{ 牛} \cdot \text{米}^2 / \text{千克}^2$$

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？可以举例说明。两个体重各 85 千克的大胖子相隔 1 米时，他们相互吸引力有多

大呢？用上式算出的值是 0.5×10^{-6} 牛顿，即等于一两力的一百万分之一。这个力极其微小，不会对人的活动带来任何影响。这就是通常人们除重力外不感到有其它万有引力作用的原因。

地面上两个物体之间的吸引力虽然很小，但是对于天体来说，由于它们的质量十分巨大，所以它们之间的万有引力也非常大。例如，太阳的质量是 2×10^{30} 千克，地球的质量是 6×10^{24} 千克，它们之间的距离是 1.5×10^{11} 米。按上式计算，它们之间的吸引力就是 3.6×10^{18} 吨力！钢丝绳是比较能经得起较大的力的。要想经得起这样大的力，钢丝绳的直径就需要几千公里，竟和地球的直径差不多了。

自然界还有其它种力存在。例如，两个带电体之间有作用力，同种电相斥，异种电相吸。两个磁铁或两个通电流的导线之间也有作用力，这些力统称电磁力。原子内的电子和电子、电子和质子之间就存在着这种力。

在原子核内部，质子、中子以及其它基本粒子相互间也有一种力存在，这种力统称核力。

万有引力、电磁力和核力是现代自然科学认识到的三种基本力，这三种力的本质是互不相同的。弹力和摩擦力都是物体的原子间的电磁力作用的表现。重

力则是万有引力的一个特例。

运动和参照系

对力有初步认识后,现在我们来讨论运动。首先,怎样判断一个物体是运动的还是不动的呢?只看这个物体本身是不能回答这个问题的。要判断汽车是否开动,就要看它对地面来说,或者对固定于地面上的某个房子来说,它的位置改变了没有。要判断轮船是否开行,就要看它对海岸上某座灯塔或海中某个小岛来说,它的位置改变了没有。一般地说,要判断一个物体是否运动,总是要看它对另外某个物体来说,它的位置改变了没有。这个另外的物体叫做说明运动的参照物或参照系。上面说的地面(或房子)或灯塔(或小岛)就分别是说明汽车或轮船的运动的参照系。

同一物体对不同的参照系,其运动可以有不同的表现。例如,坐在正在开行中的火车车厢内的乘客,对车厢来说,他是静止的;但对站台来说,他的位置随同火车一起变化,他就是运动的了(图6)。

一个物体的运动的表现,随着观察它的运动时所用的参照系的不同而不同。机械运动的这个性质叫运动的相对性。

在观察一个物体的运动时,作为参照系的物体是

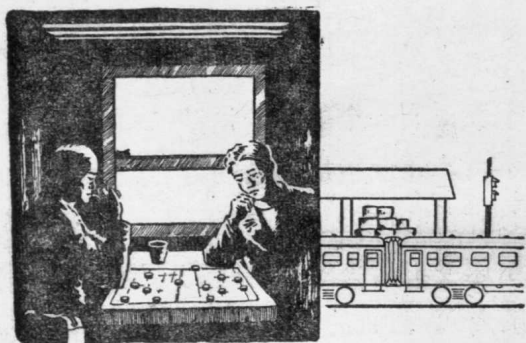


图6 旅客在运动吗?

被认为不动的。当然,这个参照系本身并不是静止的,对于另外的参照系说,它也在运动。例如,观察汽车运动时我们可以地面为参照系,把地面看作不动;但是,如果以太阳作参照系,地面就不断地随地球转动而且绕着太阳转动。在自然界里,不运动的物体是没有的。

在下面讨论运动的时候,如不作特别说明,我们都用地面作参照系。

运动的快慢——速度

物体的运动,有快有慢。运动的快慢用速度表示,速度的大小就等于单位时间内物体走过的距离。以 s 表示物体在 t 秒内走过的距离,则它的速度 v 就可用下式表示: