

中学物理小丛书

ZHONGXUE

WULI

XIAOCONGSHU

# 静力学

朱福源 编

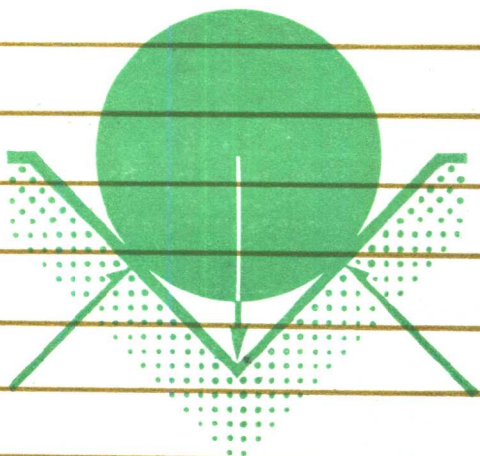
中

国

3.7

版

北



# 静力学

朱福源 编

中国青年出版社

## 内 容 提 要

本书是《中学物理小丛书》的第一册。根据教学大纲要求，内容紧密联系课本，包括力的概念、力的合成和分解、物体受力分析和平衡。对于学习《静力学》应分清的问题和一般分析方法也作了叙述。本书语言通俗易懂、简明扼要，示例典型，配图说明，启发思考，能帮助学生学好中学物理。本书适合中学生、自学青年、中学物理教师作参考用书。

封面设计：王 跃 忠

## 静 力 学

朱 福 源 编

中国青年出版社出版

中国青年出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

787 × 1092 1/32 3.25 印张 42 千字

1983 年 11 月北京第 1 版 1983 年 11 月北京第 1 次印刷

定价 0.32 元

## 前 言

物理学是中学一门重要的课程。为了帮助中学同学和同等程度的自学青年学好这门功课,我们计划编写一套《中学物理小丛书》。目的是想帮助读者在课堂学习的基础上继续自学,比较系统地复习、巩固物理学知识,加深对物理学基础知识正确理解,并且适当地开阔眼界,扩展深度和广度。

中国青年出版社支持我们的计划,并和我们反复讨论了具体的编写方案。

为了编好这套丛书,由王惠和同志负责联系和召集,我们成立了《中学物理小丛书》编写组。编写组的成员是:朱福源、李安椿、王惠和、钟振炯、柳云蛟、瞿东、陈岳、马国昌、陈晋,共九人。

小丛书根据教学大纲共分十五册。朱福源、柳云蛟、王惠和三位同志任主编,负责草拟编写提纲和全面审阅各册手稿。各册虽是分工执笔,但是在整个编写过程中,全组同志相互反复磋商、提供有益意见或协助校阅、誊抄等工作,各册字里行间都倾注了同志们的汗水、辛劳。

编写组的同志都是从事中学物理教学多年的教师,懂得

课外读物对学生的重要作用,力求把小丛书编好,写得更加通俗一些、生动活泼一些、启发性更强一些,符合读者的实际需要。但是,在着手编写的过程中,我们深感水平有限,书中不足之处在所难免。编写组全体同志恳切希望广大读者提出批评和指正。

## 中学物理小丛书总目

- |       |             |
|-------|-------------|
| 第 一 册 | 静力学         |
| 第 二 册 | 运动学         |
| 第 三 册 | 动力学         |
| 第 四 册 | 圆周运动和万有引力   |
| 第 五 册 | 功和能         |
| 第 六 册 | 动量          |
| 第 七 册 | 振动和波        |
| 第 八 册 | 气态方程和热学第一定律 |
| 第 九 册 | 静电学         |
| 第 十 册 | 直流电         |
| 第十一册  | 磁场          |
| 第十二册  | 电磁感应和交流电    |
| 第十三册  | 电磁振荡和电磁波    |
| 第十四册  | 光学基础        |
| 第十五册  | 原子物理基础      |

# 目 次

## 一 力的概念..... 1

人类对力的认识(1) 力是物体间的相互作用(2) 力的作用效果——使物体的机械运动状态发生变化(2) 力是矢量——同时具有大小和方向(4) 力的图示法(5) 矢量加法 平行四边形法则(5) 牛顿第三定律——作用力和反作用力定律(7) 作用力和反作用力同时产生,同时消失,是一对同种性质的力(8) 受力物体和施力物体(8) 重力近似地等于地球的引力(9) 弹力(10) 常见的一种形变——长变(11) 胡克定律(13) 静摩擦力没有一定的数值,但是有最大值(16) 判断静摩擦力的方向是关键问题(17) 滑动摩擦力(20) 产生摩擦的原因(21) 滚动摩擦远远小于滑动摩擦(22)

## 二 力的合成和分解.....26

力的合成和分解(26) 力的平行四边形法则(27) 力的三角形法则(27) 力的多边形法则(27) 力的正交分解 合成法则(29) 力矩(32) 平面平行力的合成(33) 掌握物体重心的实际意义(35) 重心的实验测定法(35) 重心的计算(36) 几种常见的简单几何形状均质物体的重心(37) 分割法和负面积法(39) 浮心(41) 力偶只会引起单纯的转动(43)

## 三 物体受力情况的分析.....45

约束和约束反力的几种类型(45) 受力分析的第一步——确定受力对象(47) 受力分析——隔离体法(47) 摩擦力的分析(50) 怎样

画质点受力图(52) 力的平移—— $\mathbf{F} = \mathbf{F}' + \mathbf{M}$ (54)

#### 四 物体的平衡.....57

物体平衡和平衡条件(57) 平面共点力系作用下物体的平衡条件(58) 三个共点力的平衡条件——拉密定理(58) 平面共点力平衡的解析条件(59) 有固定转轴的物体的平衡条件(61) 平面平行力作用下物体的平衡条件(63) 一般平面力作用下物体的平衡条件(66)

#### 五 应该注意的几个问题.....70

质点——不计物体的形状和大小(70) 刚体——不发生形变的固体(71) 力的可传性(72) 二力平衡和作用力、反作用力的区别(74) 平衡力同作用力和反作用力的关系(75) 内力和外力(76)

#### 六 静力学问题的一般分析方法.....80

要重视分析问题的方法(80) 简单迅速解三个共点力的平衡问题的方法(80) 平行力平衡问题——矩心的选取(82) 重心计算用分割法和负值法(84) 平面任意力系的平衡问题(87) 注意区别摩擦和摩擦力的方向(89) 关于梯子的问题(91) 平衡在什么位置(92) 物体不转动的平面任意力系都可以转化成三个共点力的平衡(95)



# 一 力的概念

## 人类对力的认识

力学是物理学中最早开始研究的一门学科，对于力的认识一直可以追溯到遥远的古代。

古埃及人所从事的体力劳动迫使他们去研究杠杆、螺旋、滑轮、斜面等简单机械，从而丰富了人们对力的认识。希腊人发展了比重、重心等概念，一定形状的物体重心的计算，在古代没有微积分知识的情况下，是一个需要有聪敏智慧和计算技巧的有趣的问题。事实上古代人们总是用重量来量度力的。特别值得提出的是比利时物理学家斯台文(1548-1620)，他在研究了斜面上的物体平衡后，1605年发现了力的平行四边形法则，奠定了人们对力可以分解的认识。

然而在十六世纪以前，对力的认识始终停留在平衡理论和静力学之中，因此不可能真正理解什么是力。古希腊的亚里士多德(前384-前322)关于力的一些错误论述，例如“力是产生速度的原因”等被奉为不容争辩的真理，成为十六世纪萌芽的科学发展的最大障碍。意大利的物理学家、天文学家伽利略(1564-1642)通过比萨斜塔实验，对亚里士多德的束缚科学发展的错误观点提出了挑战。以后，又有荷兰的惠更斯

(1629-1695), 英国的牛顿(1642-1727)等许多科学家的努力, 经历了一个多世纪, 到了 1687 年, 牛顿的《自然哲学的数学原理》一书出版, 宣告经典力学的创建。

近代力学已发展到相对论力学和量子力学阶段, 力学知识也被广泛地应用到自然科学的许多领域里, 日益显出它的重要作用。

### 力是物体间的相互作用

究竟什么是力呢?

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, 最初的意义是人的肌肉的一种感觉。但是推广开来, 力的概念就不只限于人的肌肉的一种感觉。马拉车、机车拉车厢、子弹出膛、球的反跳等事例说明, 力是和物体分不开的。力实际上就是物体对物体的作用, 离开物体就无法谈力。

没有脱离物体而凭空存在的力, 力是物体间的相互作用, 这就是力的概念。

### 力的作用效果——使物体 的机械运动状态发生变化

图 1 表示一段浮在水面上的木材, 现在用细长的树枝使它运动, 我们将会看到, 只有当树枝弯曲的时候, 木材的速度才会变化。树枝和木材间的相互作用, 使树枝(弯曲)和木材(速度变化)的机械运动状态都发生了变化。

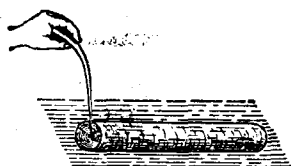


图 1. 树枝和木材间的相互作用。

力对物体的作用效果一般可以分做两种：

一种是物体受到外力作用的时候会产生形状和体积的变化，就是形变。力的这种作用效果叫做静力效应（内部效果）。如图 2 的测力计、图 3 的轧钢、图 1 中的被弯曲的树枝就都是静力效应。

另外一种，力可以使物体产生加速度，使物体的运动状态发生改变（如速度、动量等变化），力的这种作用效果，叫做力的动力效应（外部效果），图 4 的自由落体就是动力效应。

力的两种效应往往同时发生，在不同情况下，只不过是忽略了一种效应而突出研究另一种效应罢了。

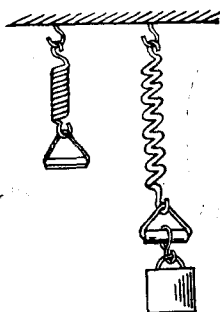


图 2. 测力计。

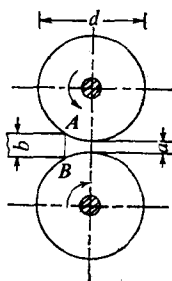


图 3. 轧钢。

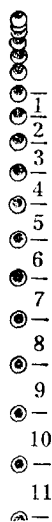


图 4. 自由落体。

## 力是矢量——同时具有大小和方向

假使有两辆汽车从同一点出发,沿着不同的道路行驶,速率表上所指示的速率都是每小时50公里,通常便说它们的速率或速度相等。但是物理学中对这两个概念有严格的区别,不象日常语言中表达得那样含糊不清。

在物理学中,速率是只考虑大小,就是表示运动的快慢,而不表示方向;速度这个概念不但考虑运动的快慢,它还考虑运动的方向。

我们把只由大小来确定的量叫做标量;同时要有大小和方向才能确定的量叫做矢量。在书写的时候,要表示某个量是矢量,可以在代表这个量的符号上加一个箭头“ $\rightarrow$ ”或“ $\rightarrow$ ”,如“ $\vec{F}$ ”,在印刷的时候,常用黑体字来表示,如“ $\mathbf{F}$ ”。不加箭头,又不是黑体的符号 $F$ ,只代表矢量的大小,而不管方向。

同样大小、不同方向的力作用在物体上,所产生的静力效应或动力效应是不同的,也就是说作用效果除了和力的大小有关,还和力的方向有关,所以说力是矢量。

还应该提出的是力的作用点不同,产生的效果也不一样。因此,力这个矢量包含三个要素,就是大小、方向和作用点。

为了计量力的大小,就要规定力的单位。在国际单位制中,力的单位是牛顿,代号是N。在实用中力的另一个常用单位是千克。

$$1 \text{ 千克(力)} = 9.8 \text{ 牛顿。}$$

## 力的图示法

矢量可以用带箭头的线段来表示,线段的长度(按一定的比例尺)表示力的大小,线段的方位(例如和水平线成夹角 $\theta$ )和箭头的指向表示力的方向,线段的起点(或终点)表示力的作用点。

对于力的图示务必准确,不仅箭头所指的方向要符合实际情况,而且在同一问题中标度的确定也要一致,不可随便画。例如一个物体同时受几个力的作用(图5),受力的个数、每个力的大小、方向都要表示得确切,这样直观性就强,对分析问题起很大作用。

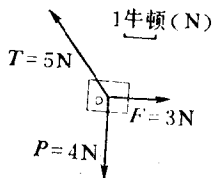


图5. 一个物体同时受三个力作用。

## 矢量加法平行四边形法则

上节图5表示一个物体同时受到三个力的作用,它们的大小分别是 $3\text{ N}$ 、 $4\text{ N}$ 和 $5\text{ N}$ 。那么,我们能不能说物体一共受到 $3\text{ N} + 4\text{ N} + 5\text{ N} = 12\text{ N}$ 的力呢?不能这样说,因为三个力“相加”不同于三个数相加。

实验证明:两个矢量的“加法”是符合平行四边形法则的,也就是几何加法。图6表示物

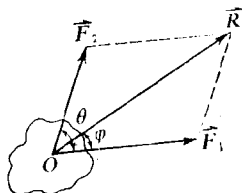


图6. 物体受两个共点力的作用。

体受到两个共点力的作用,  $\vec{F}_1 = 4\text{ N}$ ,  $\vec{F}_2 = 3\text{ N}$ , 方向如图所示。 $\vec{F}_1$ 、 $\vec{F}_2$  的合力就是  $\vec{R}$ , 也就是  $\vec{R}$  一个力的作用效果和  $\vec{F}_1$ 、 $\vec{F}_2$  两个力共同作用的效果相同, 用矢量式表示就是:

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2。$$

这个式子只是两个矢量和的表示方法, 并不是指  $\vec{R}$  的大小就是等于  $\vec{F}_1$  和  $\vec{F}_2$  的大小的和。

至于  $\vec{R}$  的大小和方向可以从余弦定理和正切公式求得:

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 F_1 F_2 \cos \theta}, \quad (1)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{F_2 \sin \theta}{F_1 + F_2 \cos \theta}。 \quad (2)$$

只有当  $\theta = 0^\circ$  的时候 (也就是  $\vec{F}_1$  和  $\vec{F}_2$  同方向),  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$  才是  $7\text{ N}$ 。矢量的加法也符合交换律, 就是  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_2 + \vec{F}_1$ 。

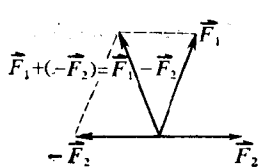
两个矢量相减, 也可以用同样方法求出。

因为

$$\vec{F}_1 - \vec{F}_2 = \vec{F}_1 + (-\vec{F}_2),$$

所以只要求出一个跟矢量  $\vec{F}_2$  的数值相等而方向和它相反的矢

量  $-\vec{F}_2$ , 然后再和矢量  $\vec{F}_1$  求和, 就可以得到  $\vec{F}_1$  和  $\vec{F}_2$  的差, 如图 7 所示。



总之, 矢量不仅有大小和方向, 运算的时候还必须符合平行四边形

图 7. 两个矢量的差。 法则。

还必须注意, 物理上有些量虽然也有方向 (如电流强度), 但它们并不是矢量而是标量。

## 牛顿第三定律——作

### 用力和反作用力定律

英国物理学家牛顿最早阐明了力学的三条定律，其中的第三定律是反映物体间相互作用关系的。力既然是两物体的

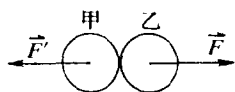


图 8. 两个物体相撞。

相互作用，那么必然是成对出现的。譬如两个物体相撞(图 8)，物体甲以力  $\vec{F}$  作用在物体乙上，物体乙同时也有力  $\vec{F}'$  作用在物体甲上， $\vec{F}$  和  $\vec{F}'$  的大小相等，方向相反，力的作用线在同一条直线上。

力学中三条基本定律，大概要算这条第三定律最使初学的人疑惑不解了。许多人从初中起就知道这条定律，可是很少能完全明瞭它的意义，往往过了许多年，才能真正理解它。主要是错误地以为“作用和反作用互相抵销了”。譬如马拉车子为什么会向前走呢？马拉车子和车子拉马这两个力确实是一样大，但是它们没有互相抵销，这是因为它们是作用在不同物体上的缘故，如图 9 所示。

一个力作用在车上，一个力作用在马上，车有轮子容易运动，而马却坚定地立足在地面上，因此，车子只好跟着马走。

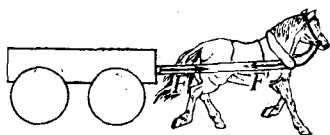


图 9. 马拉车的作用力和反作用力。

大家可能看过《冰海沉船》这部电影，冰山和船体彼此用一样大的力相撞。强大的冰山抵住了船壳的压力（当然也有

冰块碎落),而船身虽然是钢做的,却不是实心的,经不住这种压力,被冰山压坏了,于是就发生了惨剧。这就说明同样大小的力,作用在不同物体上,产生了不同的效果。

因此,对于第三定律除了理解物体相互作用的力是等值、反向、共线外,还必须明确这两个力是分别作用在两个不同的物体上,而不能抵销。

作用力和反作用力同时产生,同时消失,是一对同种性质的力

现在我们来查看图10,它表示一个物体静止放置在水平桌面上,物体和桌面之间相互作用的是一对弹力 $N$ 和 $N'$ ,物体和地球间的相互作用 $P$ 和 $P'$ 是属于万有引力。如果把物体从桌面拿走,那么物体和桌子的相互作用同时消失。

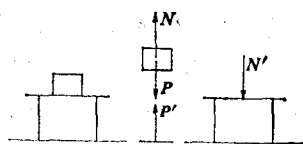


图10. 物体和桌面、地球间的相互作用。

同样的道理,当作用力是摩擦力的时候,反作用力也是摩擦力。譬如一个物体在匀速转动的水平圆盘上,没有相对滑移,是由于它和

圆盘之间存在着静摩擦力。在转动停止后,相互间的摩擦作用也就同时消失了。

### 受力物体和施力物体

力是物体间的相互作用,所以作用双方的每一个物体既是受力者,同时又是施力者。力学中经常遇到根据受力的大



小来回答施力的大小这一类问题，也就是应用牛顿第三定律根据作用力来回答反作用力。

在图 11 中就是从物体所受拉力  $T$  来回答钢丝所受的拉

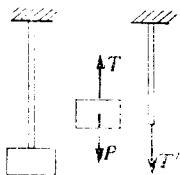


图11. 物体和钢丝的拉力。

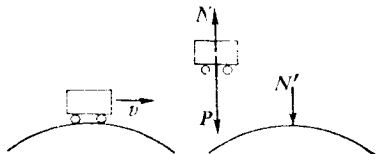


图12. 汽车的压力和拱桥的弹力。

力  $T'$ 。又如图 12 所示，根据汽车所受的弹力  $N$  去回答拱桥受到的压力  $N'$  的大小。

下面我们举出一些问题，请读者思考：

拔河比赛有胜有负，是否双方的作用力不等于反作用力？怎样解释比赛的胜负？

有一根绳子，如果一端固定在墙上，水平拉另一端的时候，用 1000N 的力可以拉断。现在用这根绳子拔河，如果两边都用 600N 的力来拉，那么能不能把这根绳子拉断呢？

### 重力近似地等于地球的引力

自然界里任何两个物体之间都存在着互相吸引的作用，叫做万有引力，地面上一切物体和地球之间当然也同样有这种互相吸引的作用，物体的重力就是由于地球对它的吸引作用而引起的，在理论上重力和地球的引力有严格的区别<sup>①</sup>，但

<sup>①</sup> 重力是地球对物体引力的一个分力，详细说明在“万有引力”部分介绍。