

普通物理自学丛书

力学基础

山东人民出版社

普通物理自学丛书

力学基础

徐士高 编
桂学同

山东人民出版社

一九八一年·济南

普通物理自学丛书

力学基础

徐士高 桂学同 编

*

山东人民出版社出版

山东省新华书店发行

山东新华印刷厂印刷

*

787×1092毫米32开本 11.5印张 241千字

1981年9月第1版 1981年9月第1次印刷

印数：1—7,000

书号 7099·1007 定价 0.96 元

前 言

为提高我省中学教师的物理知识水平，适应国民经济发展的需要，今特组织了我系部分教师编写了这套《普通物理自学丛书》。全书共分五册：力学基础、分子物理学基础、电学基础、光学基础和原子物理学基础。我们期望具有高中文化水平的读者，系统地学习这套书后，能达到大学专科的水平。

在编写过程中，我们力求在中学物理的基础上，系统地阐述基本概念、基本原理，并通过对典型例题的分析，加深理解。书中每章都附有小结和适量的思考题、习题；书后附有答案，以供复习巩固之用。

这套《丛书》除供中学教师自学，或作教师进修教材外，还可供高等院校理科学生学习普通物理时参考和知识青年阅读。

这本《力学基础》是在中学物理课程的基础上加深的。我们除着重叙述经典力学外，也适当地介绍了力学在现代科学技术中的应用，如宇宙航行及火箭运动等。

由于我们水平有限，其中可能有缺点和错误，希望读者批评指正。

山东师范学院物理系

1981年1月

目 录

第一章 物体的平衡

第一节	力	1
第二节	力学中常见的几种力	2
第三节	共点力的合成和分解	5
第四节	矢量的加减法	9
第五节	牛顿第三定律	14
第六节	物体的受力分析	17
第七节	共点力的平衡	20
第八节	力矩和力偶	29
第九节	重心	33
第十节	平面一般力系的平衡	36
本章小结		42
思考题		43
习 题		44

第二章 直线运动

第一节	参照系	50
第二节	质点和刚体	51
第三节	路程和位移	52
第四节	匀速直线运动 速度	54
第五节	变速直线运动 平均速度 瞬时速度	56

第六节	加速度	60
第七节	匀变速直线运动	62
第八节	牛顿第一运动定律	67
第九节	牛顿第二运动定律	68
第十节	力学单位制 质量和重量	70
第十一节	牛顿运动定律的应用	73
第十二节	相对运动	80
第十三节	惯性系	84
第十四节	非惯性系 惯性力	85
本章小结		91
思考题		93
习 题		94

第三章 曲线运动

第一节	曲线运动中的速度	100
第二节	曲线运动中的加速度	102
第三节	抛射体运动	104
第四节	匀速圆运动	110
第五节	变速圆运动	112
第六节	向心力	115
第七节	万有引力定律	121
第八节	人造卫星	123
第九节	地球自转对物体重量的影响	126
本章小结		128
思考题		129
习 题		130

第四章 功和能

第一节 功和功率	133
第二节 动能 动能定理	140
第三节 势能	144
第四节 机械能守恒定律	151
本章小结	160
思考题	162
习 题	163

第五章 动量和动量守恒定律

第一节 动量 动量定理	168
第二节 动量守恒定律	172
第三节 火箭的运动	178
第四节 球的正碰	181
第五节 经典力学的适用范围	190
本章小结	192
思考题	194
习 题	195

第六章 刚体力学

第一节 刚体的平动	198
第二节 刚体的定轴转动	200
第三节 刚体定轴转动时各点的速度和加速度	204
第四节 刚体绕定轴的转动定律	208
第五节 力矩的功 刚体的转动动能	216

第六节 动量矩和动量矩守恒定律	221
第七节 回转仪	226
第八节 质心和质心的运动	230
第九节 圆轮的滚动	235
本章小结	238
思考题	242
习 题	244

第七章 流体力学

第一节 流体的静压强	249
第二节 静止流体内两点的压强差	251
第三节 理想流体	254
第四节 稳定流动	255
第五节 伯努利方程	259
第六节 伯努利方程的应用	263
第七节 粘滞流体的运动	267
本章小结	272
思考题	274
习 题	274

第八章 振动

第一节 简谐振动	277
第二节 描述简谐振动的物理量	281
第三节 简谐振动的速度和加速度	287
第四节 简谐振动的能量	291
第五节 同方向同频率两个简谐振动的合成	295

第六节 同方向不同频率两个简谐振动的合成 拍	299
第七节 阻尼振动	301
第八节 受迫振动	304
本章小结	309
思考题	310
习 题	311

第九章 波

第一节 波的产生和传播	314
第二节 波长 频率和波速的关系	318
第三节 波动的表达式	320
第四节 波的迭加 驻波	325
第五节 音调和音品	330
第六节 声压和声强 分贝	332
第七节 都卜勒效应	335
本章小结	338
思考题	341
习 题	342
习题答案	344
附录 I 力学量符号	353
附录 II 力学单位表	355

第一章 物体的平衡

本章从叙述力的概念出发,讨论牛顿第三定律,分析物体的受力情况,并通过例题说明如何应用平衡条件解决力学问题。

第一节 力

人们对力的认识最初是从推、提、拉等肌肉的活动中得来的。例如,用手推动小车、提起重物、拉长弹簧等,肌肉就会感到紧张。这时,我们就说,人对小车、重物、弹簧作用了力,结果使小车和重物改变了运动状态,或者使弹簧改变了形状。

通过实践,人们又进一步认识到,不仅人对物体能产生力的作用,而且物体对物体也能产生力的作用。例如,机车牵引列车前进,是机车的牵引力使列车的运动状态发生变化;汽锤锻压工件,是汽锤的压力使工件的形状发生变化。

由此可见,力是一个物体对另一个物体的一种作用,这种作用的效果是使物体的运动状态发生变化,或者使物体的形状发生变化。当一个物体受到力的作用时,一定有别的物体对它施加这种作用。可见,力是不能离开物体而独立存在的。

力是有大小的。度量力的大小常以千克力或公斤力(简

称千克或公斤) 等为单位。在下一章里我们将学到力的另一单位——“牛顿”。

力是矢量，它不仅有大小，而且还有方向。例如起重机吊起货物时，货物受到的拉力是向上的。

力的作用效果还跟力在物体上的作用点有关。手握扳手拧紧螺帽时，用同样大小的力作用在 A 点就比作用在 B 点更容易把螺帽拧紧（如图

1·1）。由此可见，力的作用效果是由力的大小、方向和作用点三个因素确定的。三个因素

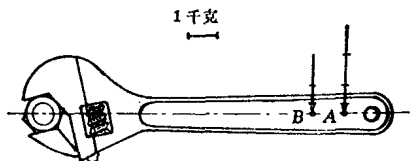


图 1·1

中任何一个改变了，力的作用效果就会随之改变。

我们常用一根带有箭头并具有一定长短的线段来表示力。此线段是按一定比例画出的，它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。

图 1·1 表示扳手上 A 点受到 3 千克力的作用，作用方向垂直于扳手下。

第二节 力学中常见的几种力

力学中常见的几种力为弹性力、摩擦力和重力。

（一）弹性力

我们把弹簧的一端固定，用手拉弹簧的另一端，弹簧被拉长，同时我们感觉到伸长的弹簧对手有拉力作用，这种由

于物体发生形变而产生的作用力叫做弹性力。

图 1·2 表示一重物放置在水平面上。由于重物与平面相互挤压，使重物与平面都发生形变，因而产生弹性力。

平面以竖直向上的弹性力 $\vec{N}$ 作用于重物上，使重物不致下落。重物以竖直向下的压力 $\vec{N}'$ 作用于平面上。 $\vec{N}$ 和 $\vec{N}'$

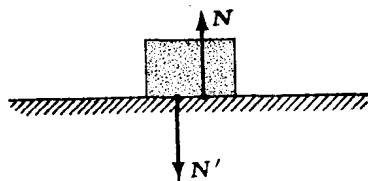


图 1·2

与接触面相垂直，因此叫做正压力。（实际上， $\vec{N}$ 和 $\vec{N}'$ 应位于一直线上，为了清楚起见，这里特把二力作用线挪开一些）

（二）摩 擦 力

如图 1·3 所示，我们用弹簧秤沿水平方向拉静止在水平桌面上的重物。当拉力 $\vec{F}$ 很

小时，重物静止不动。这说明重物在弹簧秤的水平拉力 $\vec{F}$ 作用下并未发生运动，它

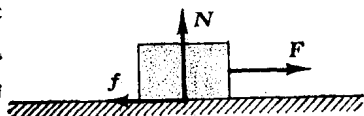


图 1·3

一定还受到一个阻碍它运动

的力 $\vec{f}$ 。这个由桌面引起，并阻碍重物运动的力叫做静摩擦力。静摩擦力 $\vec{f}$ 的大小和外力 $\vec{F}$ 的大小相等，它的方向沿接触面的切线方向并跟重物相对滑动的趋势方向相反。如果只有外力 $\vec{F}$ 作用，重物将向右滑动，但滑动实际上没有发生，所以图中的滑动趋势向右，而静摩擦力的方向向左。逐渐增加拉力 F ，重物仍然静止不动，此时静摩擦力 f 的大小随拉力 F 的增加而增加。当拉力增加到某一数值时，重物将开始

滑动，这时静摩擦力达到最大值，叫做最大静摩擦力，以 f_M 表示。实验证明，最大静摩擦力 f_M 和正压力 N 成正比，即

$$f_M = \mu_0 N. \quad (1-1)$$

式中 μ_0 叫做静摩擦系数，它由相互接触的物体的质料和表面情况（粗糙程度等）决定。

一个物体在另一个物体上滑动时受到的摩擦力叫做滑动摩擦力。例如图 1.3 中，重物相对桌面的滑动开始后，重物受到桌面的阻力就是滑动摩擦力。实验证明，滑动摩擦力和正压力成正比，即

$$f = \mu N. \quad (1-2)$$

式中 μ 叫做滑动摩擦系数。在通常情况下，对于给定的一对接触面来说，滑动摩擦系数 μ 稍小于静摩擦系数 μ_0 。由于摩擦力的作用效果总是阻碍相对滑动的，所以滑动摩擦力的方向永远与相对滑动的方向相反。

应当注意静摩擦力的大小随外力而定，只有最大静摩擦力才由 (1-1) 式给出。

摩擦力产生的原因比较复杂，除了接触面的凸凹不平所引起的啮合作用外，还与分子间作用力等有关。

(三) 重 力

重力就是物体的重量。地面上任何物体，如果没有别的东西支持，就会下落，这是因为受到地球对它的吸引力的缘故，这种引力通常叫做重力。重力是万有引力（详见第三章第七节万有引力定律）的一个特例。

摩擦力、弹性力都是在物体相互接触时才产生的。重力（万有引力）却不需要两物体的直接接触，例如，在空中的

自由落体，它不与地球接触，但仍受到重力的作用。这三个力的方向如下：摩擦力的方向沿接触面的切线方向；弹性的方向与接触面相垂直；重力的方向是竖直向下的。

第三节 共点力的合成和分解

如果几个力作用在物体的同一点上，或者它们的作用线相交于一点，那么，这些力就叫做共点力。为简单起见，我们在这章只讨论力的作用线都位于同一平面内的共点力。

物体同时受到几个力共同作用时，我们可以用另一个力来代替，这个力作用在物体上所产生的效果与原来几个力共同作用在物体上所产生的效果完全一样。我们把这个力叫做那几个力的合力，而那几个力叫做这个力的分力。由分力求合力叫做力的合成，由合力求分力叫做力的分解。

（一）共点力的合成

在图1.4中，橡皮筋的一端固定在C点，另一端与通过滑轮的两根线相连接，在两根线的另一端分别挂上三个和四个相同的砝码后，橡皮筋就在力 $\vec{F}_1$ 和 $\vec{F}_2$ 的作用下沿着水平方向伸长到E点〔如图(a)〕。如果在水平方向改用一根线，并在线的一端挂上六个相同的砝码后，橡皮筋在拉力 $\vec{F}$ 的作用下也沿着水平方向伸长到E点〔如图(b)〕。这表明，力 $\vec{F}$ 所产生的效果与力 $\vec{F}_1$ 和 $\vec{F}_2$ 共同作用的效果相同，所以 $\vec{F}$ 就是 $\vec{F}_1$ 和 $\vec{F}_2$ 的合力。

现在我们来研究合力 $\vec{F}$ 与 $\vec{F}_1$ 、 $\vec{F}_2$ 的关系。取单位长度代表一个砝码对橡皮筋的拉力。从O点作平行于EM和EL的

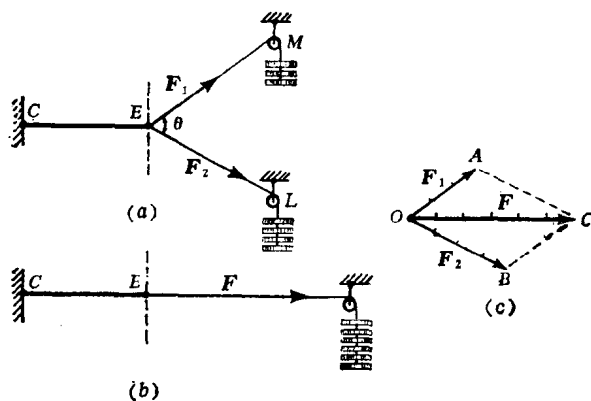


图 1.4

两矢量 $\overrightarrow{OA}$ 和 $\overrightarrow{OB}$ ，它们的长度分别为三个和四个单位长度，用以表示力 $\vec{F}_1$ 和 $\vec{F}_2$ 。再从 O 点沿水平方向作矢量 $\overrightarrow{OC}$ ，使其长度为六个单位长度，表示力 $\vec{F}$ 。然后将 $\overrightarrow{AC}$ 和 $\overrightarrow{BC}$ 连接起来，可以看出 $OACB$ 为一平行四边形〔如图(c)〕。实验证明，上述结果是具有普遍性的。因此可得出这样的结论：作用在物体上的两个力 $\vec{F}_1$ 、 $\vec{F}_2$ 的合力 $\vec{F}$ 的大小和方向，可以用这两个矢量作邻边所画出的平行四边形的对角线来表示。对角线的长度表示合力 $\vec{F}$ 的大小，对角线的方向就是合力 $\vec{F}$ 的方向。这个结论叫做力的平行四边形法则。

因平行四边形的两对边平行且等长〔如图1.5(a)〕，故可用三角形法则求合力。即把力 $\vec{F}_2$ 的末端 B 作为力 $\vec{F}_1$ 的始端，画力 $\vec{F}_1$ ，从 $\vec{F}_2$ 的始端 O 到 $\vec{F}_1$ 的末端 C 引一矢量 $\vec{F}$ ，则 $\vec{F}$ 为 $\vec{F}_1$ 、 $\vec{F}_2$ 的合力〔如图(b)〕。

对于两个以上的共点力，求它们的合力可以连续应用三角形法则进行。例如，有四个共点力 $\vec{F}_1$ 、 $\vec{F}_2$ 、 $\vec{F}_3$ 和 $\vec{F}_4$ ，

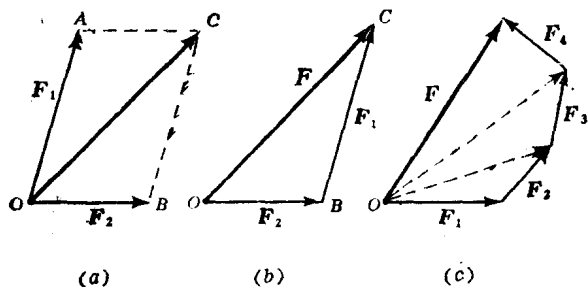


图 1-5

求它们的合力。可把 $\vec{F}_1$ 的末端作为第二矢量的始端，画出力 $\vec{F}_2$ ；把 $\vec{F}_2$ 的末端作为第三矢量的始端，画出力 $\vec{F}_3$ ；把 $\vec{F}_3$ 的末端作为第四矢量的始端，画出力 $\vec{F}_4$ 。最后从 $\vec{F}_1$ 的始端到 $\vec{F}_4$ 的末端所画的矢量就是合力 $\vec{F}$ 〔如图(c)〕。这种求合力的方法叫做多边形法则。计算合力的方法见下节。

(二) 共点力的分解

力的平行四边形法则使我们能够用一个力来代替两个作用在同一点的力。在实际问题中，常常需要解决相反的问题，即用两个相交的力来代替一个力，也就是把一个力分解为两个力的问题。力的分解也应按平行四边形法则进行。我们知道，如果没有其他条件的限制，对于同一条对角线，可以作出无数个不同的平行四边形，也就是说，同一个力可以分解为无数对大小、方向不同的分力。如图 1-6 所示，力 $\vec{F}$ 可以分解为 $\vec{F}_1$ 和 $\vec{F}_2$ 一对分力，也可以

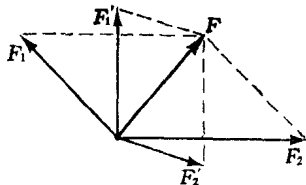


图 1-6

分解为 $\vec{F}_1$ 和 $\vec{F}_2$ 一对分力……等。一个力究竟分解成哪一对分力，这要根据所研究问题的具体情况来决定。

例1 如图1.7所示，一个斜面的倾斜角为 θ 。问重量为 P 的物体放在斜面上所受的下滑力是多少？

解：我们把物体所受重力 $\vec{P}$ 分解为二个分力 $\vec{F}_1$ 和 $\vec{F}_2$ ： $\vec{F}_1$ 的方向平行于斜面， $\vec{F}_2$ 与斜面垂直； $\vec{F}_1$ 就是使物体沿斜面向下滑动的力， $\vec{F}_2$ 的大小等于物体对斜面的正压力。根据直角三角形的性质可知：

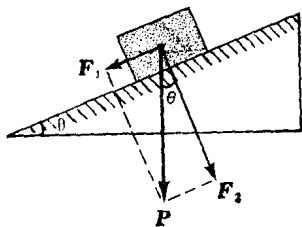


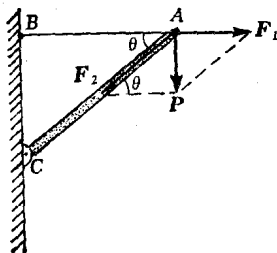
图 1.7

$$F_1 = P \sin \theta;$$

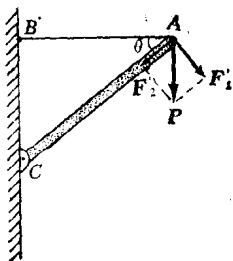
$$F_2 = P \cos \theta.$$

如果不计摩擦力，我们只需用大小为 $P \sin \theta$ 的力就能把物体沿斜面往上拉，显然， θ 越小就越省力。

例2 图1.8(a)中， AB 为绳索， AC 为不计重量的支杆，重量为 P 的重物挂在 A 点。求绳和杆所受的力。



(a)



(b)

图 1.8