

G633.7/74

GZ

¹⁰高中物理基础

山东教育出版社

库存书

高中物理基础

上册

任守乐 程绍康 卫人国 编

•

山东教育出版社出版

山东省新华书店发行

山东新华印刷厂德州厂印刷

•

787×1092毫米32开本 11.25印张 287千字

1983年12月新1版 1984年6月第2次印刷

印数：34,601—84,500

书号 T275·184 定价 1.10元

说 明

为了加强高中学生的双基训练，帮助社会青年系统地学习高中阶段的基础知识，我们在原有的基础上修订了高中政治、语文、数学、物理、化学、历史、地理、英语、生物等基础读物。

这套书中的每一种分若干专题（或章）。每个专题包括“基础知识”、“重点和方法”、“习题”三部分，编写力求系统、完整、简明、通俗，并注意指导读者运用科学的方法，抓住重点、难点，系统地进行学习，以便掌握各科的基础知识和基本技能，提高运用各科知识的能力。

《高中物理基础》分上、下两册。上册包括力学、热学两部分。下册包括电磁学、光学、原子结构和原子核三部分。本书由任守乐、程绍康、卫人国同志编写。

因水平所限，书中难免有缺点错误，恳请读者批评指正。

编 者

一九八三年八月

目 录

第一编 力 学

第一章 力 物体的平衡.....	1
第二章 变速运动.....	43
第三章 运动定律.....	78
第四章 圆周运动 万有引力	113
第五章 机械能	144
第六章 动量	178
第七章 机械振动和机械波	212
第八章 流体静力学	246

第二编 热 学

第九章 热量	265
第十章 物态变化	274
第十一章 气态方程	282
第十二章 热力学第一定律	313

第一编 力 学

第一章 力 物体的平衡

【学习重点和方法】

本章内容是力学的基础知识，其中心内容是力的概念和物体在力的作用下的平衡问题。学习的主要内容是以下三部分：

(1) 力的概念，牛顿第三定律和物体受力分析的方法。

(2) 力的合成和分解：掌握力的平行四边形法则、三角形法则和正交分解法，会运用图解方法和计算方法解决实际问题。

(3) 理解物体的平衡概念，掌握共点力平衡条件。理解力矩的概念，掌握有固定转动轴的物体的平衡条件。其中力的概念是贯穿力学乃至整个物理学的重要概念；物体的受力分析是研究力学问题的基础；熟练掌握力的正交分解法是解答力学问题的关键，也是整个中学物理中的基本功之一，学习时应予以重视。

【基础知识】

一、力

1. 力的概念 力是物体间的相互作用，其作用效果可使物体的运动状态或物体的形状发生变化。

有力作用时，必有两个物体同时存在，其中任何一个既是“受力体”，又是“施力体”。

力是矢量，有三个要素，即大小、方向和作用点。力可以用带箭头的有一定长度的线段来表示。

日常生活和生产实际中量度力的大小常用千克(力)做单位。在国际单位制中，力的单位常用牛顿、达因等，千克(力)、牛顿、达因间的换算关系如下：

$$1 \text{ 千克(力)} = 9.8 \text{ 牛顿}, \quad 1 \text{ 牛顿} = 10^5 \text{ 达因}.$$

力的大小可以用测力计来测量。弹簧秤就是一种测力计。

2. 力的种类 根据物体相互作用的性质的不同，力可分为重力、弹力、摩擦力、电磁力、核力等；按照作用方式的不同力又可归结为场力和直接接触力两大部分。详见表 1—1。

表 1—1

种 类	力 的 产 生	决定力大小的定律	力的作用方向
场 力	重力 由于地球对物体的吸引所产生的作用	$F = G_0 \frac{Mm}{r^2}$ $G = mg$	竖直向下
	电场力 由于电荷通过电场对电荷所产生的(同种电荷相斥，异种电荷相吸)相互作用	$F = k \frac{Q_1 Q_2}{\epsilon r^2}$	在两个电荷的连线上
力	洛伦兹力 由于磁场对运动电荷所产生的作用	$f = qvB \sin \alpha$	由左手定则确定

直接 接 触 的 力	弹 力	由于物体形变所产生的作用	$f = -Kx$	与使物体产生形变的外力的方向相反
	摩 擦 力	互相接触的物体由于相对运动或有相对运动的趋势在接触面间所产生的阻碍作用	$f = \mu N$ (滑动摩擦力) $f_m = \mu_0 N$ (最大静摩擦力)	阻碍物体间的相对运动
	浮 力	流体(气体、液体)对浸在其中的物体所产生的作用(浮力从本质上说也是一种弹力)	$F = V \gamma$	与物体所受重力的方向相反

在力学中经常遇到的三种力是重力、弹力和摩擦力。

(1) 重力：重力也叫做重量，是由于地球吸引而使物体受到的力，方向竖直向下。一个物体的各部分都要受到地球对它的作用力，这些力的合力的作用点叫做物体的重心。质量分布均匀，形状规则的物体的重心在它的几何中心处。

(2) 弹力：当物体发生形变时，它就对使它发生形变的物体产生力的作用，这种力叫做弹力。弹力的方向总是与作用在物体上，使物体发生形变的外力的方向相反。

在弹性限度内，弹簧的弹力 f 和弹簧的伸长(或缩短)的长度 x 成正比。

$$f = -kx.$$

式中 k 为弹簧的倔强系数，它与弹簧的材料和形状有关。单位：牛顿/米。负号表示弹力的方向和形变时的位移方向(或外力方向)相反。

相接触的物体间的拉力、推力、压力、支持力以及液体对浸在其中的物体的浮力都是弹力。

注意：①物体对地面的压力，吊悬的物体对绳的拉力等

都是弹力，而不是重力。两者只是方向相同，就大小而言，两者有时相等，有时不相等，必须具体分析。②通常所说的压力是正压力，它是指垂直于接触表面的弹力。

(3) 摩擦力：摩擦力是在相互接触的物体作相对运动或者有相对运动趋势时产生的。

静摩擦力：若物体之间没有相对运动，但有相对运动趋势时，这时存在的摩擦力叫做静摩擦力。静摩擦力阻碍物体之间产生相对运动。判定静摩擦力是否存在的方法是若解除物体间摩擦力时，则物体之间将产生相对运动。这个相对运动的方向就是存在静摩擦时“相对运动的趋势”。静摩擦力的方向与相对运动的趋势相反，其大小随着外界条件的变化而变化，而且总是与解除摩擦力后物体受到的其它外力的合力大小相等，方向相反。

注意：①物体间的静摩擦力不是一个固定不变的力，它的大小和方向是随物体的受力情况和运动状态的变化而变化的。当两物体接触面的情况给定，正压力 N 给定时，它有一个可能的最大值 $f_m = \mu_0 N$ ，叫做最大静摩擦力。式中 μ_0 为静摩擦系数，它由接触面的性质决定。当外力（不包括摩擦力的所有外力的合力）大于这个最大静摩擦力时，物体将发生相对滑动。当外力小于最大静摩擦力时，静摩擦力与外力的大小相等，方向相反，所以静摩擦力的大小可在0与 f_m 之间变化。应特别强调的是，上述规律只适用于相互接触的两个物体原来处于相对于地面静止或作匀速直线运动的情况，不适用于原来一起作加速运动的情况。②静摩擦力总是阻碍物体间发生相对运动。这里的“物体间”是指被研究的物体与其相接触的“物体间”。然而，静摩擦力不一定阻碍物体

发生相对于地面的运动，相反地，静摩擦力往往会成为物体相对于地面运动的动力。如图 1—1 所示，一质量为 m 的物体在以加速度为 a ，向右运动的小车上。

若物体与小车保持相对静止，则根据牛顿第二定律可知，物体受到的静摩擦力 f 水平向右，大小为 ma 。若没有静摩擦力的存在，物体将获得相对于

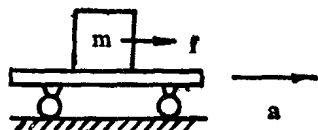


图1—1

小车向左的加速度 a ，所以静摩擦力的存在阻碍了物体发生相对于小车的运动，但静摩擦力使物体获得了相对于地面向右的加速度 a ，所以静摩擦力又是物体 m 与小车一起向右加速运动的动力。还应强调的是，作用于物体 m 上的静摩擦力的作用点相对于地面是向右移动的，所以静摩擦力对物体做了正功，而这个作用点相对于小车并没有移动，所以静摩擦力的功不能转变成热能，这一点与滑动摩擦力不同。

滑动摩擦力：相接触的两个物体间由于沿着接触面的方向存在着相对运动而产生的相互作用力叫做滑动摩擦力。一个物体所受到的滑动摩擦力的方向总是与它相对于另一个物体运动的方向相反，因此滑动摩擦力总是阻碍物体相对于另一个与其相接触的物体的运动。它的大小为 μN 。其中 N 为正压力； μ 为滑动摩擦系数，它由接触面的性质决定。一般说来，当 N 给定之后，滑动摩擦力的大小是一个定值。 μ 略小于 μ_0 ，在某些要求不严格的情况下，可近似地认为两者相等。

注意：①滑动摩擦力的方向总是与物体间相对运动的方向相反，但不一定与物体相对于地面的运动方向相反。②滑

动摩擦力阻碍物体间的相对运动，但不一定阻碍物体相对于地面的运动。若图 1—1 中，小车的加速度为 a_1 ，物体 m 由于与小车间的静摩擦力还不够大，而相对于小车向左加速滑动的话，那么，这时滑动摩擦力向右，即与物体相对于小车运动的方向相反，阻碍物体与小车间的相对运动。但物体在向右的滑动摩擦力的作用下，获得向右的相对于地面的加速度 a_2 ， $a_2 < a_1$ ，滑动摩擦力的方向与物体相对于地面运动的方向相同，因而滑动摩擦力是物体相对于地面运动的动力。

③摩擦力是成对出现的。例如，相接触的 A 、 B 两物体，若 A 对 B 作用以 f_1 的摩擦力，则 B 对 A 必然作用以 f_2 的摩擦力， f_2 和 f_1 同时出现或消失，且两者大小相等，方向相反，分别作用在 A 、 B 两物体上。

二、牛顿第三定律

两个物体间的作用是相互的。一个物体对另一个物体有力的作用时，另一个物体必然同时对这个物体有力的作用。这一对力叫做作用力和反作用力。

两个物体间的作用力和反作用力总是大小相等，方向相反，作用在一条直线上。这就是牛顿第三定律。可表示为

$$F = -F'$$

牛顿第三定律说明：对每一个作用力，必然有一等值反向的反作用力，作用力与反作用力是成对出现的。

注意：①作用力和反作用力分别作用在两个不同的物体上，因此尽管它们大小相等，方向相反，但绝不会互相抵消。不要把作用力、反作用力与作用在同一物体上的大小相等，方向相反的两个平衡力混淆起来。②有作用力必然有反

作用力，作用力与反作用力同时产生，同时消失。③作用力和反作用力不仅大小相等，而且是相同性质的力。例如，作用力是弹力，反作用力也应是弹力。④牛顿第三定律是最基本的力学定律之一，无论相互作用的两个物体是静止的，还是运动着的，这个定律都是适用的。

三、物体受力分析

用分析的方法找出物体所受到的全部力，叫做物体受力分析。物体受力分析是解决力学问题的基础。其方法是：

（1）根据题意选出适当的研究对象，把研究对象从周围物体中隔离出来，分别分析每个对象所受到的力。隔离出的对象可以是一个物体或一个质点，也可以是节点或由几个物体组成的物体系统。选择研究对象的原则是使解决问题的途径简单、清楚。

（2）分析某个物体受力时，一般可先找出该物体所受到的场力，然后再找出该物体所受到的接触力，凡与该物体相接触或以某种形式与该物体相联系的物体，一般说来，对该物体都有力的作用。

注意：①不要把某物体所受到的力与它对其他物体的作用力相混淆。②在分析物体受力时，要坚持按力的性质分类来确定物体的受力。不能遗漏，也不能重复；不要把某一个力与其分力当成两个独立的力。③对于作用在物体上的每一个力，都必须明确它的来源，不能无中生有。例如，不要把惯性表现，错误地认为物体在运动方向上一定受到力的作用。④每分析出一个力，要在图中正确地标出它的方向。在物体间光滑接触（面与面接触、点与面接触）的情况下，弹

力方向与接触面垂直。物体间的摩擦力总是与接触面平行。

四、共点力的合成和分解

1. 共点力 作用在同一点上的几个力，或虽不作用在同一点上，但各力的作用线相交于一点的各个力，叫做共点力。

2. 力的替换概念

(1) 力的合成：一个力，如果它作用在物体上所产生的效果与原来几个力共同作用时所产生的效果相同，那么，这个力就叫做原来几个力的合力。求几个已知力的合力叫做力的合成。力的合成实际上就是要找一个力去代替几个已知的力，而不改变其作用效果。

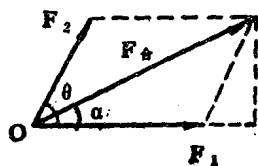
(2) 力的分解：力的分解是力的合成的逆运算，力的分解就是要用几个力去代替一个已知的力，而不改变其效果。

力的合成和分解都遵循平行四边形法则。

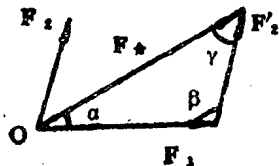
3. 共点力的合成和分解

(1) 互成角度的两个共点力的合成：合力的大小和方向可以应用平行四边形法则来确定。如图 1—2 (1) 所示：

$$\text{合力大小 } F_{\text{合}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta},$$



(1)



(2)

图1—2

$$\text{合力方向 } \operatorname{tg} \alpha = \frac{F_2 \sin \theta}{F_1 + F_2 \cos \theta};$$

合力作用点在 F_1 与 F_2 两作用线的交点 O 上。

若 $\theta = 0^\circ$ (F_1 与 F_2 同向) 时, $F_{\text{合}} = F_1 + F_2$;

若 $\theta = 90^\circ$ (F_1 与 F_2 垂直) 时, $F_{\text{合}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$;

若 $\theta = 180^\circ$ (F_1 与 F_2 反向) 时, $F_{\text{合}} = F_1 - F_2$ 。

对共点力的合成,也可以采用三角形法则。设有两个共点力 F_1 、 F_2 ,如图(2)所示。我们在 F_1 的末端作一带箭头的线段 F_2' ,其大小与 F_2 相等,且与 F_2 平行。

从 F_1 的始端到 F_2' 的末端用一带箭头的线段连接起来,这段带箭头的线段即为 F_1 、 F_2 的合力。这种方法不但与平行四边形法则的合成效果相同,而且有时更为方便。

在 F_1 、 F_2' 和 $F_{\text{合}}$ 所围成的三角形(称为力的三角形)中, F_1 、 F_2' (等于 F_2) 和 $F_{\text{合}}$ 所对应的角分别是 γ 、 α 和 β ,它们之间的关系可用正弦定理表示。

$$\frac{F_1}{\sin \gamma} = \frac{F_2'}{\sin \alpha} = \frac{F_{\text{合}}}{\sin \beta}.$$

(2) 一个力分解成为两个互成角度的分力:根据平行四边形法则,把已知力分解成为互成角度的分力,是一个不确定的问题。为了得到确定的答案,必须给出下面三种条件之一,即给出两个分力的方向;给出两个分力的大小;给出一个分力的大小和(或另一个分力的)方向。

(3) 正交分解法:在很多情况下,为解题方便,常把一个力分解成互相垂直的两个分力,如图1—3所示。两个分力的大小为

$$F_x = F \cos \theta, \quad F_y = F \sin \theta.$$

将力沿互相垂直的方向分解，叫做正交分解法。求若干个共点力的合成时，可按正交分解法把各力向同一 x 轴和 y 轴的方向上分解，

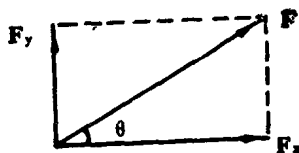


图1-3

分别用代数法求出各轴上的

合力，然后用平行四边形法则求出合力的大小和方向。

注意：①力的合成和分解，都是根据力的等效原则，解决力的相互替换问题。找一个力来代替几个已知力，是力的合成；找几个力来代替一个已知力，是力的分解。解题时，哪些力需要合成、哪些力需要分解，要根据问题的性质、解题的需要来确定。一般来说，合成或分解都是解题的一种手段，而不是最终的目的。②如果一个物体同时受到几个力的作用，可把所有外力进行正交分解。沿相互正交的力的方向选取坐标轴，可使问题简化，但不论沿任何方向正交分解，对于计算结果并无影响。

五、物体的平衡

1. 共点力作用下物体的平衡

(1) 平衡的概念：如果物体同时受到几个力的作用仍保持相对静止或作匀速直线运动（即 $a=0$ ），那么这时称这物体处于平衡状态。从这几个力的相互关系来说，叫做力的平衡（或称这几个力相互平衡，也叫做这几个力互相抵消），其中任何一个力对于其余的力来说，叫做平衡力。

(2) 共点力作用下物体的平衡条件：在共点力作用下物体的平衡条件是合力等于零；反之，如果物体处于平衡状

态，那么，它所受到的外力的合力必定等于零，即

$$F_1 + F_2 + \dots = 0, \text{ 或 } \Sigma F = 0. \quad (1)$$

如果把各力都沿x轴和y轴分解，则以上平衡条件改变为各力在x、y轴上的分量的代数和分别等于零。

$$\Sigma F_x = 0, \Sigma F_y = 0. \quad (2)$$

推论：①如果作用力只有两个，那么这两个力必然大小相等，方向相反，且在同一直线上。②如果作用力有三个时，则三个力必在同一平面内，其中两个力的作用线相交于一点，则第三个力的作用线也必定相交于这一点，且其中任何两个力的合力的大小必和第三个力的大小相等，方向相反，即任何两个力的合力必和第三个力平衡。

注意：①（1）式所表示的是矢量和，而（2）式（两个代数求和）所表示的是代数和。②作用在同一平面上的共点力的平衡条件必须由 $\Sigma F_x = 0$ 和 $\Sigma F_y = 0$ 两式来限定，缺一不可。

2. 有固定转动轴的物体的平衡

（1）力矩：力和力臂的乘积叫做力对转动轴的力矩。力的作用线到转轴的垂直距离叫做力臂。如果用F表示力，L表示力臂，M表示力矩，则

$$M = F \cdot L.$$

力矩的单位：牛顿·米、千克·米。

力矩是使物体转动状态发生变化的原因，作用在物体上的力矩越大，物体转动状态的变化也越大。力矩可以使物体向不同的方向转动。一般规定，使物体沿逆时针方向转动的力矩为正；使物体沿顺时针方向转动的力矩为负。

注意：所谓力臂是指转动轴或支点到力的作用线的垂直

距离，而不是转动轴到力的作用点的距离。力矩是矢量。

(2) 有固定转动轴的物体的平衡条件：有固定转动轴的物体，如果保持静止或在绕轴作匀速转动（即在任何相等的时间里转过相等的角度）时，我们就说这个物体处于平衡状态。有固定转动轴的物体的平衡条件是力矩的代数和等于零。

$$\Sigma M = 0。$$

3. 物体的一般平衡条件 一般情况下，物体受到多个力的作用时，这些力不一定是共点力。在这种情况下，物体既能平动，又能转动，物体要保持平衡，必须同时满足以下两个条件：

(1) 所有力的合力等于零，即 $\Sigma F = 0$ ；

(2) 对任意转动轴，所有力的力矩的代数和等于零，即 $\Sigma M = 0$ 。

共点力平衡条件也可以理解为一般平衡条件的一种特殊情况。对于共点力而言，当合力为零时，对于任一转动轴，其合力矩（合力乘力臂）当然也为零，所以只有一个限定条件 $\Sigma F = 0$ 就够了。但如果不是共点力，合力虽为零，但还有力偶存在的可能，所以必须还有 $\Sigma M = 0$ 这一条件予以限制，才能保证物体平衡。

大小相等，方向相反，但不是作用在一条直线上的一对力叫做力偶。力偶只产生转动效果。

【例题】

〔例1〕质量为50千克的木箱放在水平桌面上，木箱与桌面间的摩擦系数为0.2，问分别用20千克和7千克的水平

拉力去拉它，木箱受到的摩擦阻力是否相同？

分析：首先必须判断物体是静止，还是滑动，才能确定物体是受滑动摩擦力，还是静摩擦力。

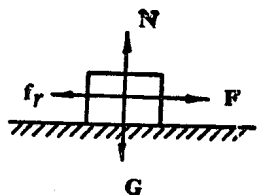


图1—4

解：木箱共受到四个力的作用（如图1—4）即水平拉力 F ，摩擦阻力 f_r ，方向与 F 相反；木箱的重力 G ，方向竖直向下；桌面对木箱的弹力 N （即正压力），方向竖直向上。因为 N 和 G 互相平衡，所以 $N = G = 50$ （千克），则

$$f_r = \mu N = 0.2 \times 50 = 10 \text{（千克）}。$$

（这里，近似地认为滑动摩擦力与最大静摩擦力相等）

当 $F = 20$ 千克时，则 $F > f_r$ ，所以木箱受到的摩擦阻力是滑动摩擦力。 $f_r = \mu N = 10$ （千克）。

当 $F = 7$ 千克时，则 $F < f_r$ ，所以木箱所受到的摩擦阻力是静摩擦力，在这种情况下，静摩擦力 f_s 和拉力 F 相平衡， $F - f_s = 0$ ，即 $f_s = F = 7$ （千克）。

可见，物体在相对滑动时，受到的滑动摩擦力是不变的，而静摩擦力则由物体受到的除静摩擦力以外的其他力的情况决定。

〔例2〕一根7尺长的细绳，它的抗拉能力是50千克，两端固定在天花板上相距5尺的A、B两点（如图1—5）。在绳上距离A端为4尺的C点处悬挂砝码盘，不断增加砝码。问当绳子恰被拉断时，砝码（连砝码盘）的总重量是多少？并指出是哪一段绳先被拉断？