

物理

W U L I

中学生丛书 ZHONGXUESHENG XUEXI CONGSHU

福建人民出版社

中学生学习丛书

物 理

修 订 本

主 编

莆田地区师训班

编 者

黄明哲 张泽邦 钟学信 王宛赓

张清明 王椿松 林天泉 陈金坤

罗文濂 林文光

福 建 人 民 大 学 出 版 社

内 容 提 要

《中学生学习丛书》是一套基础知识读物。它是在集体讨论、认真总结各科教学经验的基础上，参照教育部各科教学大纲试行草案的精神，参考全国高等学校招生考试复习大纲的内容，以现行教材为依据编写而成的。它以中学生和知识青年为主要对象，也可供准备升大学的高中毕业生和知识青年复习参考；着重帮助他们掌握和巩固各科基本理论和基础知识，提高分析解决问题的能力。为了便于自学，内容力求深入浅出，明白易懂。并配置一定数量的习题，以供练习；书末还附有习题答案。

这套丛书共六种：《语文》、《数学》、《物理》、《化学》、《历史》、《地理》，已于一九七八年四、五月间陆续出版，现根据广大读者的意见和要求，进行修订、补充、再版，并增加《政治》、《英语》两种。

本书包括力学、分子物理学和热学、电学、光学和原子核物理学等五章。学习时，要着重基础知识的掌握，理解各部分知识之间的联系，并能综合应用。如对于物理现象，应了解它的产生条件和变化过程；对于物理实验，应懂得它的目的要求，能正确使用有关仪器；对于物理概念、定律，应着重于理解，并能正确使用物理量的单位；对于物理公式，应理解它的物理意义，明确它的适用范围或条件，并能熟练地进行文字运算和数字计算等。

这套丛书编写和修订都比较仓促，缺点、错误在所难免，希望读者批评指正，以便再修订时参考。

目 录

第一章 力 学	(1)
第一节 静力学	(5)
第二节 质点的运动	(27)
第三节 运动定律	(51)
第四节 功和能	(82)
第五节 曲线运动和万有引力	(114)
第六节 振动与波	(138)
第七节 流体力学	(154)
第二章 分子物理学和热学	(164)
第一节 分子运动论	(164)
第二节 热和功	(166)
第三节 气体的性质	(190)
第四节 热 机	(208)
第三章 电 学	(212)
第一节 静电学	(212)
第二节 直流电路	(232)
第三节 电磁感应	(259)
第四节 交流电	(284)
第五节 无线电	(302)
第四章 光 学	(324)
第一节 几何光学	(324)
第二节 物理光学	(344)
第五章 原子和原子核物理	(355)
附 录	(367)

第一章 力 学

一、力的概念

力是物体间的相互作用。由于一个物体对另一个物体的作用方式不同，力的表现形式也不同。力有重力、弹力、摩擦力、分子力、电场力和磁场力等几种形式。在力学部分，着重学习重力、弹力和摩擦力的性质。

力是矢量，有三个特征，即大小、方向和作用点，它可以用带箭头的有一定长短的线段表示。对待任何一个具体力，必须注意它的由来，标明它的大小、方向和作用点。力的大小，不但由数值决定，还跟所取的单位有关。

二、重力、弹力和摩擦力

一、重力

地球使附近物体向地面掉落的力叫做重力。它的方向竖直向下，作用点在物体的重心；它的大小等于物体的重量。

注意：地球上任何物体都受到力的作用。在研究地球表面上的物体受力的情况时，不要忘记物体所受的重力。

二、弹力

物体在发生形变时所产生的力叫做弹力，物体发生形变时就产生弹力，形变消失时，弹力就跟着消失。拉力和压力都是弹力，弹力的大小是随着形变情况的不同而不同；弹力的

方向，就是使受力物体恢复原来形状的方向。

三、胡克定律

在弹性限度内，物体的相对伸长（缩短）跟所受的外力成正比，即

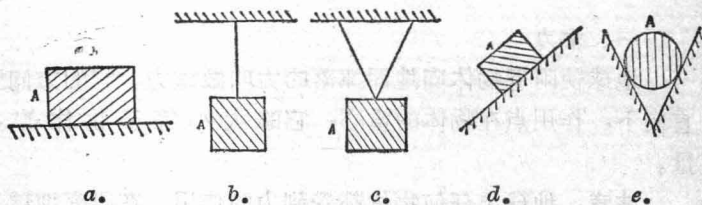
$$\Delta L = KF,$$

式中 K 是比例恒量，叫做伸长系数。 $\Delta L = L - L_0$ 是物体的相对伸长（缩短）。

思考题

1. 有没有在外力作用下不发生形变的物体？物体发生形变和出现弹力时，有没有先后的区别？

2. 在下图的各种不同情况下，用箭号标出物体 A 受力的情况，并指出是些什么力？



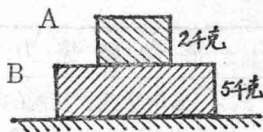
第2题

3. 地上放着一个10千克重的物体，一个孩子把物体竖直向上提，但他所施的力只有7千克。问物体一共受到哪几个力作用？是些什么力？各等于多少？

4. 如图所示, 求 A、B 两物体所受的力。

5. 弹簧下端挂 250 克的物体时伸长 6 毫米, 取下物体后用手拉弹簧的下端, 使它伸长 1.8 厘米, 手的拉力是多少?

6. 车厢自重 1 吨, 它下面的弹簧被压缩 2 毫米。如果弹簧被压缩 6 毫米, 在车厢里所载的货物有多重?



第 4 题

四、摩擦力

相互接触的两部分物体在接触面上发生的阻碍相对运动的力叫做摩擦力。它的方向与原有运动趋势相反。固体摩擦有静摩擦、滑动摩擦和滚动摩擦三种。

1. 静摩擦: 一个物体在另一个物体上有运动趋势时所产生的摩擦叫做静摩擦。例如, 当我们推一个放在水平地板上的箱子, 如果水平推力很小, 箱子虽有运动趋势, 仍然保持静止状态。因为箱子跟地板间产生了静摩擦力阻止物体开始运动。如果推力逐渐增加, 静摩擦力随着推力的增大而增大, 它和推力是大小相等, 方向相反的。当推力增大到一定程度时, 箱子开始运动, 可见静摩擦力随着推力的增大而增大是有限度的, 这个限度叫做最大静摩擦力。静摩擦力的最大值, 等于使箱子开始运动所需的最小力; 它的方向总是跟作相对运动趋势的方向相反的。

2. 滑动摩擦: 一个物体在另一个物体上滑动时所产生的摩擦叫做滑动摩擦。滑动摩擦力 f , 跟正压力 N 的比值叫做滑动摩擦系数 μ 。

$$\mu = f_r / N。$$

滑动摩擦力跟正压力的关系式是:

$$f_r = \mu N。$$

3. 静摩擦跟滑动摩擦的比较:

	滑 动 摩 擦 力	静 摩 擦 力
存 在	当两个互相接触的物体发生相对运动时, 在两个接触面产生一对阻碍相对运动的力(分别作用在两个物体上)。	两个互相接触的物体, 虽没有相对运动, 但有相对运动趋势时, 在两接触面间产生一对阻止物体开始运动的力(分别作用在两个物体上)。
大 小	跟两个物体接触面之间的正压力 N 成正比, 即 $f_r = \mu N$ 。	静摩擦力随外力增大而增大, 但有个最大值。可根据物体的平衡条件确定。
方 向	与相对运动的方向相反。	与物体所要产生运动趋势的方向相反。

注意: ①在计算物体所受的摩擦力时, 要先分清是滑动摩擦力还是静摩擦力。

②正压力是指垂直于接触表面的压力, 它是一种弹力, 而不是物体的重量, 计算时要注意避免把二者混同起来。

4. 滚动摩擦: 一个物体在另一个物体上滚动时产生的摩擦叫做滚动摩擦。车轮、圆桶或圆木在地面上滚动时, 地面由于被压而在滚动前方发生微小的凸起, 阻碍滚动, 这是产生滚动摩擦的起因。滚动摩擦力比滑动摩擦力小得多。所以我们要移动物体时常采用滚动的方法。

例题 质量为50千克的木箱放在水平的桌面上, 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：木箱一共受到四个力的作用(图1·1),即：水平拉力 F ；摩擦阻力 f_r ，方向与 F 相反；木箱的重力 $P=50$ 千克，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。

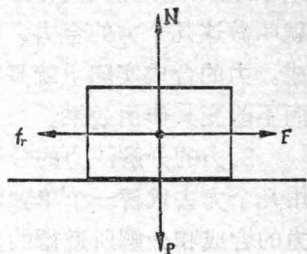


图1·1

【解】 N 和 P 互相平衡，
 $\therefore N = P = 50$ 千克。

则 $\mu N = 0.2 \times 50 = 10$ 千克。

①当 $F = 20$ 千克时，则 $F > \mu N$ ，所以木箱所受的摩擦力是滑动摩擦力，它的值为： $f_r = \mu N = 10$ 千克。

②当 $F = 7$ 千克时，则 $F < \mu N$ ，所以木箱所受的摩擦力是静摩擦力，在这种情况下，摩擦力 f_r 和拉力 F 相平衡，即 $f_r = F = 7$ 千克。

可见，在这两种不同情况下，木箱所受到的摩擦阻力不相同。

注意：为了减少篇幅，本书的例题都省略“已知”、“求”、“答”的解题格式。读者在自学练习时，应严格按照格式要求，做到一丝不苟。

第一节 静力学

一、力的合成与分解

一、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

果跟原来几个力共同作用时所产生的效果相同，那么这个力就叫做这几个力的合力。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反面问题。就是要用几个力去代替一个单独的力，而不改变其效果。由此可见力的合成和分解所遵循的基本法则是一样的。

解题时，究竟哪些力要进行合成，哪些力要进行分解，不是盲目的，而是根据问题的性质和解题的需要来决定的。

二、共点力的合成和分解

1. 互成角度的两个共点力的合成，其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 所示。

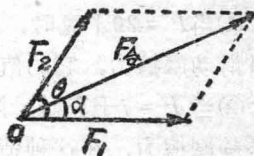


图 1·2

注意：只有方向相同或相反的力才能应用代数的方法确定其合力。

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

合力方向： $\alpha = \arctg \frac{F_2 \sin\theta}{F_1 + F_2 \cos\theta}$ 。

合力作用点：在 F_1 与 F_2 两作用线的交点上。

①若 $\theta = 0^\circ$ (F_1 和 F_2 同向) 时，

$$\begin{aligned} F_{\text{合}} &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos 0^\circ} \\ &= F_1 + F_2。 \end{aligned}$$

②若 $\theta = 90^\circ$ (F_1 和 F_2 垂直) 时，

$$F_{\text{合}} = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}。$$

③若 $\theta = 180^\circ$ (F_1 和 F_2 反向) 时，

$$F_{\text{合}} = F_1 - F_2。$$

对共点力的合成，我们也可以采用矢量合成方法来求合力。

设有两共点力 F_1 、 F_2 ，如图1·3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。然后从 F_1 的始端到 F_2' 的末端用一带箭头的线段连接起来，如图所示，这段带箭头的线段即为 F_1 、 F_2 的合力。这种方法与平行四边形法则的合成效果相同，有时更为方便。

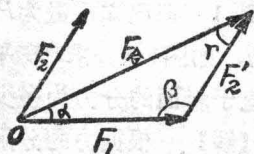


图1·3

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

的角分别为 γ 、 α 和 β ，它们之间的关系，可以应用正弦定理加以计算，即

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

2. 三个或三个以上共点力的合成，可应用平行四边形法则，先求其中任意两个力 F_1 和 F_2 的合力 R' ，再求这个合力 R' 跟另一个力 F_3 的合力 R ，依此逐一合成，直到把所有的力都合进去，最后得到的合力，就是所有这些力的合力。

3. 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，把已知力分解成为两个互成角度的分力，是一个不确定的问题。为了得到确定的答案，一般是先要知道两个分力的方向，或一个分力的大小和方向的。

在很多情况下，为了解题的方便，常把一个力分解为互相垂直的两个分力。如图1·4所示。两个分力的大小如下：

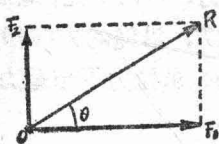


图1·4

$$F_1 = R \cos \theta, F_2 = R \sin \theta.$$

注意：合力或分力都不是作用到物体上另外的力，它们不过是一些力之间的互相替换而已，因此在应用合成或分解来解决实际问题时，如用合力 R 代替分力 F_1 、 F_2 ，就应该认为物体只受一个力 R 作用。不要错误地把物体当做同时受到 F_1 、 F_2 和 R 三个力的作用。

例 1 把已知重量为 P 的物体置于斜面上，斜面的倾斜角为 θ ，如图1.5。求 P 在平行和垂直于斜面的分力为多少？

【解】 根据力的分解：

$$F_1 = P \cdot \sin \theta = P \cdot \frac{BC}{AB}.$$

$$F_2 = P \cdot \cos \theta = P \cdot \frac{AC}{AB}.$$

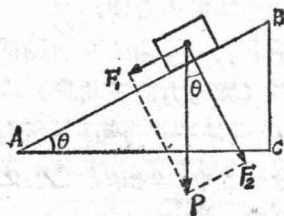


图1.5

例 2 在绳的下端挂一个16千克的物体，若用12千克的拉力 F 与重力方向成 60° 的夹角斜向下方拉这个物体，使它移到另一位置上静止。求：①拉力和重力的合力是多少？方向如何？②绳对物体的拉力是多少？方向如何？③挂绳跟竖直方向的夹角？

【解】 根据题意作物体受力图如图1.6，物体受三个力作用而处于静止状态。重力 $P = 16$ 千克，拉力 $F = 12$ 千克，绳对物体 A 的拉力 T ，沿绳的方向指向 O 点。

①先求拉力 F 与重力 R 的合力大小：

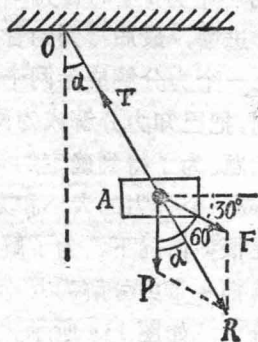


图1.6

$$R = \sqrt{F^2 + P^2 + 2F \cdot P \cos 60^\circ}$$

$$= \sqrt{144 + 256 + 2 \times 12 \times 16 \times \frac{1}{2}}$$

$$= \sqrt{592} = 24.3 \text{ 千克。}$$

合力的方向:

$$\alpha = \arctg \frac{F \sin 60^\circ}{P + F \cos 60^\circ} = \arctg \frac{12 \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{16 + 12 \times \frac{1}{2}}$$

$$= \arctg \frac{6\sqrt{3}}{22} \approx \arctg 0.4718 = 25^\circ 15'.$$

②绳对物体A的拉力T与R是一对平衡力,所以 $T = 24.3$ 千克,沿绳的方向指向O点。

③挂绳跟竖直方向的夹角 $\alpha = 25^\circ 15'$ 。也就是偏离竖直方向的夹角为 $25^\circ 15'$ 时,物体处于静止状态。

三、同向平行力的合成

1. 两个同向平行力的合成:

合力的大小, $R = F_1 + F_2$;

合力的方向, 与 F_1 或 F_2 同向;

合力的作用点O由下式决定:

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{L_2}{L_1} \text{ 或 } F_1 L_1 = F_2 L_2.$$

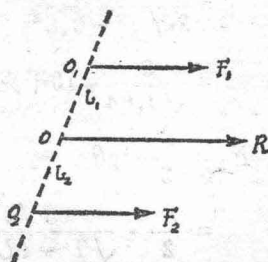


图1.7

如果已知 O_1 , O_2 间的距离, 即可以决定O点的位置, 如图1.7所示。

2. 三个或三个以上同向平行力的合成:

合力的大小, $R = F_1 + F_2 + F_3 \cdots \cdots + F_n$;

合力的方向与 F_1 或 $F_2 \cdots \cdots$ 同向;

合力的作用点要通过计算确定。

例3 有一均匀的铁棒AB重16千克, 长为1.2米, 用两

条等长的绳子 AC 和 BC 挂在 C 点上, 绳子长各为 1 米, 如图 1·8a。求绳子所受的拉力和作用在棒上的压力。

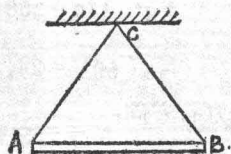


图 1·8a

【解】作用在棒的重心的重力 P 可以用两个作用在棒的两端的相等的力 $\frac{P}{2}$ 去等效替换。 $\frac{P}{2}$ 又可以分解成两个分力, 即沿着绳子 CA 、 CB 方向的分力 F_1 (等于绳子所受的拉力) 和沿着棒长方向并指向棒的中心的作用力 F_2 (即作用在棒上的压力)。由图 1·8b 可知:

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{\frac{P}{2}}{\cos\theta} = \frac{Pl}{2\sqrt{l^2 - (L/2)^2}} \\ &= \frac{16 \times 1}{2\sqrt{1^2 - 0.6^2}} \\ &= \frac{8}{\sqrt{0.64}} = 10 \text{ 千克。} \end{aligned}$$

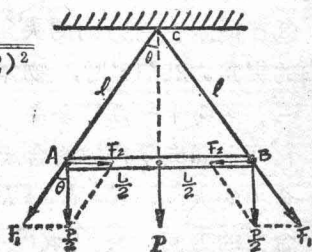


图 1·8b

$$\begin{aligned} F_2 &= \frac{P}{2} \cdot \tan\theta \\ &= \frac{P}{2} \cdot \frac{L/2}{\sqrt{l^2 - (L/2)^2}} = \frac{16 \times 1.2}{4 \times \sqrt{0.64}} = 6 \text{ 千克。} \end{aligned}$$

二、力的平衡

一、共点力的平衡条件

如果一个物体在几个共点力同时作用下, 仍然保持静止或匀速直线运动, 它的加速度 $a=0$, 根据牛顿第二定律可知 $F_{\text{合}}=0$ 。因此, 物体在共点力作用下的平衡条件是: 这几个力的合力必须等于零。反之, 如果物体处于平衡状态, 那

么它所受外力的合力必定等于零。

推论:

1.如果作用力只有二个,那么这两个力必须大小相等方向相反,且在同一直线上,如图1.9。

2.如果作用力有三个时,则三力必在同一平面内,且其中任何两个力的合力的大小必和第三力相等,而方向相反,即任何二个力的合力必和第三个力相平衡。

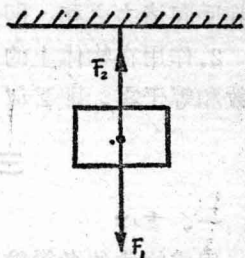


图1.9

二、有固定转动轴的物体的平衡条件

1.力矩:力和力臂的乘积为力矩,即 $M = F \cdot L$ 。力使物体发生转动作用的大小取决于力矩。

注意:所谓力臂 L 是指从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。

力矩的单位有:千克·米,牛顿·米等。

力矩正负的规定:凡是使物体沿顺时针方向转动的力矩是正的;使物体沿反时针方向转动的力矩是负的。

2.有固定转动轴的物体的平衡条件:在有固定转动轴线的物体上,如果所有正的力矩的总和等于所有负的力矩的总和,或者说如果作用在物体上的各个力的力矩的代数和等于零,即 $\Sigma M = 0$,那么物体处于平衡状态。

反过来说,如果物体已经处于静止状态或匀速转动状态,那么作用在物体上的各个力对于在一指定转动轴的力矩的代数和必等于零。

三、平行力的平衡条件

要使物体在几个平行力的作用下保持静止状态，必须同时具备两个条件：

1. 所有外力的合力为零，即同一方向几个力之和，必等于其反向诸力之和。即 $\Sigma F = 0$ 。

2. 作用在物体上的各个力对于任一指定转动轴的力矩的代数和等于零。即 $\Sigma M = 0$ 。

三、重心和稳度

一、重心

组成物体的各微粒所受重力的合力的作用点称为该物体的重心。根据力的替换概念，可以看出：知道了重心的位置以后，就可以不管物体的形状如何，把整个物体的重量当做是集中在重心这一点上来处理。

注意：①重心的位置对于物体本身来说是固定不变的。但它不一定都是在物体的内部。例如圆圈的重心，是在它的圆心处。

②物体各部分的重力是互相平行的，因此在确定物体重心的位置时，可以用同向平行力的合成法则来解决。

二、稳度

1. 物体的平衡种类：只受到重力和支持物的作用的物体，只有当它的重力的作用线通过支点、支轴或支面的时候，物体才能处于平衡状态。其平衡的种类有：①不稳平衡；②稳定平衡；③随遇平衡。

2. 稳度：物体保持稳定平衡的程度叫做稳度。

3. 稳度的大小是由重心的高低和支持面的大小决定的。重心越低，支持面越大，稳度就越大；重心越高，支持面越小，稳度就越小。

利用“平衡条件”解题时应注意几个问题：

①应该根据题意作草图，表示我们所要研究物体的机构，并确定所要研究的物体（或质点）。

②要仔细分析这个物体的受力情况，找出作用在这个物体（或质点）上的所有外力。找力时要注意只考虑其它物体作用在这个物体上的力，不考虑这个物体作用在其它物体上的力。

③画力图，如果物体是处于运动状态，要注意阻力的方向总是和运动方向相反，因此在力图上最好标出运动方向，以便判断阻力的方向。

④如果物体是静止或作匀速直线运动的，可将各力沿物体的运动方向和垂直于运动的方向进行分解，这时在这两个方面上的所有分力都分别互相平衡。

例 4 在倾斜角为 θ 的斜面上，放一个质量为 M 的物体，用细绳跨过定滑轮与质量为 m 的砝码联结，如图 1.10a。物体 M 与斜面之间的摩擦系数为 μ （细绳和定滑轮的质量和它们之间的摩擦忽略不计）。

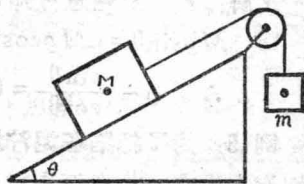


图 1.10a

①要使物体 M 沿斜面向上作匀速运动，求砝码的质量 m 与物体的质量 M 、倾角 θ 和摩擦系数 μ 的关系。

②设 $m = 0$ ，那么要使物体 M 沿斜面向下作匀速运动，倾斜角 θ 为何值？

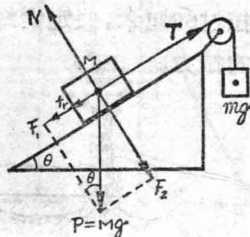


图 1.10b

【解】 ①根据题意画草图如图 1.10b。