

物理教学

智能开拓

梁新灿 主编



杭州大学出版社

物理教学智能开拓

梁新灿 主编

杭州大学出版社

(浙)新登字第12号

物理教学智能开拓

梁新灿 主编

*

杭州大学出版社出版

(杭州天目山路34号)

*

浙江省新华书店发行

浙江上虞科技外文印刷厂排版 浙江浦江印刷厂印刷

787×1092 毫米 1/32 9.5 印张 235 千字

1992年9月第1版 1992年9月第1次印刷

印数: 0001—20000

书号: ISBN 7-81035-205-9/O·008

定价: 4.00元

前 言

本书以国家教委 1990 年修订的高中必修和选修大纲为依据,以新编高中物理教材为基本内容编写。全书共十八章,每章都包括概念和规律、方法与技巧、智能训练三个部分。

概念和规律部分,着重从理解和掌握知识的方法和规律上,阐述物理概念和规律,不仅有利于读者深入理解各知识的特点、深层结构及相互联系,而且有利于指导和优化学习方法,从而使读者掌握学习物理的一般规律,提高学习能力和理解层次。

方法与技巧部分,重点介绍应用知识的基本思路和程序,解决问题的基本方法和规律,简解习题的特殊思路和技巧。例题新而典型,题后的智能总结与开拓语,“画龙点睛”,启发性、指导性和扩展性均含其中,有助于读者开拓思路和发展智能。

智能训练题部分,分三个层次精选了足够数量的练习题。训练题 A 全为必修内容,基本上属识记、理解和运用层次,供基础练习使用。训练题 B 的层次侧重于运用、分析和综合,是学生进一步深化提高的必练题。扩展提高题新颖、灵活,技巧性较强,供学有余力的学生练习,以发展他们较高层次的智能水平。

本书编写方法新颖,重点突出,内容生动,启发性强,适合高中各年级学生和社会自学青年使用,也可供中学物理教师参

考。

本书编者为浙江省有关重点中学的中、高级教师、特级教师和县、市教研室的教学研究人员。第一、第三章的前两部分和第五、第六章由梁新灿编写,其余各章由梁新灿系统整理和修改定稿。全书由特级教师杨明志先生审阅。在本书的编写过程中,李和平做了大量的工作,蔡玉斗、李国强、王湘霆绘制了全部插图,黄南华同志对本书的出版给予了一定的帮助。在此谨向他们表示衷心的感谢!

对于本书存在的问题,欢迎读者批评指正。

编 者

1992年初夏于绍兴

目 录

第一章	力	(1)
第二章	物体的运动	(20)
第三章	牛顿运动定律	(38)
第四章	匀速圆周运动、万有引力定律	(57)
第五章	机械能	(71)
第六章	动量	(93)
第七章	机械振动和机械波	(111)
第八章	分子运动论、热和功、固体和液体的性质	(128)
第九章	气体的性质	(138)
第十章	电场	(155)
第十一章	稳恒电流	(173)
第十二章	磁场	(192)
第十三章	电磁感应	(209)
第十四章	交流电	(225)
第十五章	电磁振荡和电磁波	(236)
第十六章	光的反射和折射	(245)
第十七章	光的本性	(263)
第十八章	原子和原子核	(272)
参考答案		(282)

第一章 力

本章必修内容是：力，重力，弹力和摩擦力，力的合成与分解，力矩，共点力平衡。选修内容是：受力分析。

力学不仅是物理学的重要组成部分，而且是整个物理学的基础。而研究物体受力并进行受力分析又是力学的基础。因此，本章教学重点是力的基本概念和受力分析。

一、概念和规律

(一)基本概念

1. 力

(1) 定义：力是物体对物体的作用。

(2) 理解关键：① 力的物质性：任何一个力必有其施力物体和受力物体，力不能脱离物体而独立存在，并且至少同时有两个物体，才能产生力（在遥远的自由空间只有一个物体，对它则无力可言）。② 力作用的相互性：一个物体对另一个物体施加力，则后一物体对前一物体必施加等大反向力（牛顿第三定律）。③ 力的矢量性：力是不仅有大小，而且有方向的物理量，是矢量。④ 力的三要素：大小、方向和作用点。力的图示可形象地表示出力的三要素。⑤ 力的作用效果：改变物体运动状态和使物体发生形变。

(3) 单位：力的国际单位制单位是牛顿，常用单位是千克

力。关系为 1 千克力 = 9.8 牛顿。

2. 力的分类

(1) 按性质分：力学中有重力、弹力、摩擦力等，电学中有电力、磁力等等。

(2) 按效果分：有拉力、压力、支持力、动力和阻力等等。

(3) 按相互作用物体的关系分：有内力和外力两种。内力和外力的概念对今后解题很重要。① 定义：所谓内力就是研究对象内部的相互作用力。如绳子内部的张力，人体内脏之间的相互作用力或关节间的支撑力等等。外力就是外界物体对研究对象的作用力。如人受到的重力，地面对人的支持力。② 相对性：内力和外力是相对的。人手上下臂关节之间的力对整只手来说是内力，而对上臂或下臂单独来说就是外力了。

3. 力学中常见的三种性质力

(1) 重力

① 定义：地球对物体吸引而产生的一种力。

② 理解关键：i) 重力的大小可用弹簧秤测量，竖直悬挂于弹簧秤下端的物体在静止或匀速运动时，弹簧秤的示数即为该物体重力的数值，也可用公式 $G = mg$ 计算。ii) 重力的方向总是竖直向下。iii) 重力的作用点称为重心。质量分布均匀几何形状规则的物体的重心在它的几何中心，不均匀物体的重心与物体的形状有关，还与质量分布情况有关。重心不一定在物体上。

(2) 弹力

① 定义：发生弹性形变的物体，由于要恢复原状，对跟它接触的物体施加的一种力。

② 理解关键：i) 产生条件：相互接触，并且发生弹性形

变。只接触而无形变的两物体之间不存在弹力。如，图 1-1 所示中的斜侧壁对圆球就没有弹力作用。

ii) 弹力的大小与形变程度有关。对于弹簧当发生弹性形变时，弹力大小与形变量（伸长量或缩短量）成正比，即 $f = kx$ 。其他情况弹力由计算得到。

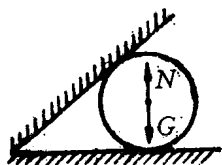


图 1-1

iii) 弹力的方向，原则上说总是与作用在物体上使物体发生形变的外力方向相反。具体地说，绳或链的弹力方向沿它们的收缩方向，支持物的弹力的方向总是垂直于接触面或通过接触点的切面，并且与形变复原的方向相同。弹力作用在使之形变的物体上。如图 1-2(a)(b) 中的 N_1 和 N_2 (接触面光滑)。

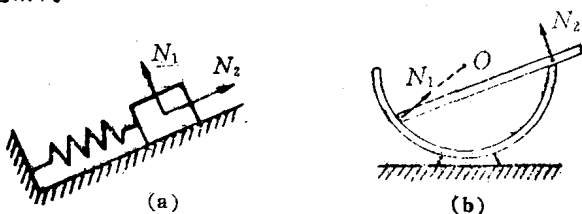


图 1-2

(3) 摩擦力

① 定义：相互接触并有形变的两个物体之间阻碍相对运动或相对运动趋势的一种力。前者称滑动摩擦力，后者称静摩擦力。

② 理解关键：i) 产生条件：两个物体相互接触，接触面不光滑，并有相对运动或相对运动趋势，还必须相互挤压才能产生摩擦力。图 1-3 中的物体 A 贴壁自由下滑，由于与墙之间没有压力作用，故不受摩擦力。ii) 大小：静摩擦力的大小与使

物体具有运动趋势的外力的大小相等，而且随外力而变化，但又不能超过某一最大值——最大静摩擦力（等于推动物体即将

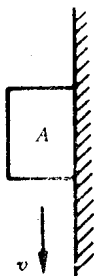


图 1-3

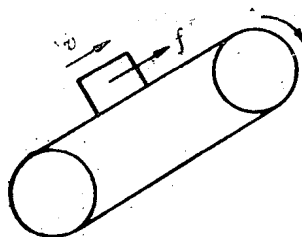


图 1-4

开始运动时的外力)。滑动摩擦力大小总与压力成正比，与物体的运动状态（匀速或变速）无关，公式为 $f = \mu N$ （注意：压力 N 不一定等于重力，只有在物体水平放置且无非水平方向上的任何附加外力时，其数值才等于重力）。iii) 方向：摩擦力的方向与压力垂直，沿接触面或接触点的切面，与物体相对于施力体的运动方向或运动趋势方向相反，不一定与物体对地面的运动方向相反。如图 1-4 所示，物体随皮带一起斜向上运动，物体受的摩擦力与速度就是同向的。又如，人走路，向前跨的脚落地时相对地面具有短时的向前运动趋势，受到的摩擦力方向向后；而后脚因蹬地具有向后的运动趋势，故受到的摩擦力方向向前，与人前进方向相同（正是此摩擦力才使人前进。如在光滑的冰面上走动时，所产生的摩擦力极小，故人很难前进）。

4. 力矩

(1) 定义：力和力臂的乘积叫做力对转动轴的力矩。定义式为 $M = FL$ 。

(2) 物理意义：力矩是反映力的转动效果大小和方向的物

理量。

(3) 理解关键：① 力臂表示转轴到力作用线的距离。注意不一定是转轴到力的作用点的距离。② 单位：国际单位制单位是牛顿·米。注意，决不能认为与功的单位相同。

(二) 基本规律

1. 力的合成、分解规律

合力与分力的概念体现了力学等效思想，而力的合成和分解则是力学等效原理的具体应用。

(1) 力的合成

① 定义：求几个已知力的合力叫力的合成。

② 规律：力合成遵循平行四边形法则，图 1-5 所示。

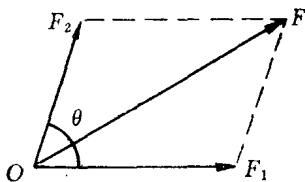


图 1-5

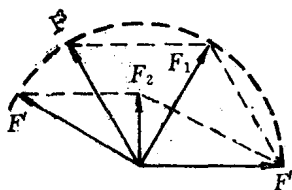


图 1-6

③ 掌握关键：i) 合力的大小：

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2 F_1 F_2 \cos \theta}.$$

当两个已知力 F_1 、 F_2 大小一定时，合力 F 的大小随 θ 角的增大而减小，合力的变化范围是： $|F_1 - F_2| \leq F \leq F_1 + F_2$ 。合力与分力大小之间没有必然的关系，合力当然可以大于分力，但也可以等于或小于分力。图 1-6 中，两个大小相等的分力 F' 。当两分力夹角为 120° 时，合力 F_2 就等于分力；当夹角大于 120° 时，合力 F_2 即小于分力。若夹角增大至 180° ，则

合力为零。ii) 合力、分力互为等效，故分析问题时，考虑了合力就不能再考虑分力，反之亦然。

(2) 力的分解

① 定义：求一个已知力的分力叫力的分解。

② 规律：原则上说，分解出来的两个分力与已知力要满足平行四边形法则。对具体问题，先要搞清已知力产生的实际效果，然后再进行分解。

分解力要有一定的目的，不可随心所欲。如图 1-7 所示，已知物 A 重为 G ，在其上加一竖直向下的力 F ，求物 A 对水平面和墙壁的压力。此例本来是十分简单，但若把 F 分解为 F_1 和 F_2 ，则问题反将复杂起来，还可能会得出“物 A 对墙有压力或物 A 将向右运动”的错误结论。因此，不研究力 F 的作用效果，随心所欲地把它分解为 F_1 和 F_2 是毫无实际意义

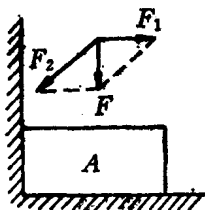


图 1-7

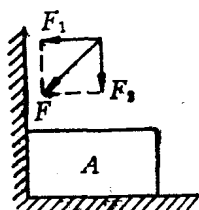


图 1-8

的。事实上，由于力 F 只能产生一个效果：加大物 A 对水平面的压力，故不能分解它。若力 F 斜向推物 A ，图 1-8 所示，则因其产生两个效果：使物 A 紧压墙和加大对水平面的压力，故这时就可把力 F 分解为水平向左的分力 F_1 和竖直向下的分力 F_2 （把一个力分解为互相垂直的两个力的方法叫做力的正交分解法）。由此可知，一个力一定要根据它产生的实际效果进行分解。

2. 共点力平衡规律

若物体的运动状态不发生变化(静止或匀速运动), 则说物体处于平衡状态。物体处于平衡状态时外力所满足的条件叫平衡条件。共点力作用下物体的平衡条件是: $F_{\text{合}} = 0$ 。具体地说即

(1) 二力平衡: 二力必共线, 且等大反向;

(2) 三力平衡: 三力必交于一点, 且任何二个力的合力与第三个力等大反向;

(3) 多力平衡: 常取正交坐标系, 联立 $F_{\text{合}x} = 0$ 、 $F_{\text{合}y} = 0$ 求解。

二、方法与技巧

(一) 基本方法

1. 受力分析方法

(1) 基本要求: 正确分析物体的受力情况是研究力学问题的关键, 是必须掌握的基本功。所谓受力分析正确, 即要将研究对象受到的力“一个不漏、一个不多、一个不错”地全部找出, 作成受力图(受力图是受力分析的最终成果)。

(2) 分析程序——受力分析“三部曲”: ① 确定对象: 认定分析对象(明确目标); ② 寻找作用: 一般按先重力, 再弹力, 最后摩擦力的顺序进行(避免漏力), 有时还需考虑其他力, 如浮力、牵引力等。要特别注意弹力和摩擦力的产生条件和方向(避免错力)。③ 检查力图: 对受力图中每个力检查其施力体(避免多力), 找不到施力体的力是不存在的(或是虚构或是重复)。

(3) “四个防止”: ① 防止把物体的惯性表现误认为是受

到前进力；②防止把某个力与其分力同时并列；③防止把物体对别的物体的力考虑进来；④防止内、外力相混。

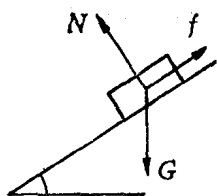


图 1-9

例如，图 1-9 所示，静止在斜面上的物体受到的力有：重力 G 、弹力 N 和摩擦力 f 。不能说物体还受一个下滑力，因下滑力是重力的一个分力，已包含在重力之内。也不能说还有一个正压力，正压力是物体对斜面的力，不是物体受的力。

2. 静摩擦力的判断方法

假设法：假设接触面光滑，根据物体能否发生相对运动判断静摩擦力是否存在。若发生相对运动，则此相对运动方向就是原先静止时的相对运动趋势方向，于是根据静摩擦力的方向特点即可判知其方向。

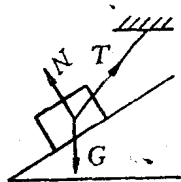


图 1-10

例如，图 1-10 所示，物体用绳斜挂于天花板，拉紧绳子将物体轻放在粗糙的斜面上。假设物体与斜面之间光滑，由于绳子的作用，物体仍然静止，故物体相对斜面无运动趋势，不受摩擦力。剪断绳子物体静止在斜面上。这时若假设斜面光滑，则物体沿斜面下滑，可知原先物体对斜面具有向下的运动趋势，故物体所受静摩擦力方向沿斜面向上。

3. 用共点力平衡条件解题的思路和方法

(1) 定对象；(2) 分析力；(3) 列方程；(4) 得结论。

例 1 光滑球重力为 G ，用一根轻绳悬挂在墙壁上，绳与墙成 α 角，图 1-11 所示。求小球对墙的压力 N' 。

解 (1) 定对象：球；

(2) 分析力: 球受重力 G 、绳子拉力 T 和 墙的弹力 N ;

(3) 列方程:(方法有三)

方法 1 (合成法) 把 T 和 G 合成为 F , 图 1-12(a), 由三力平衡特点知 F 与 N 等大反向, 故

$$N = F = G \tan \alpha.$$

根据牛顿第三定律(参见第三章), 小球对墙壁的压力 $N' = G \tan \alpha$, 方向水平向左。

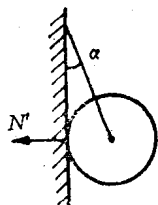
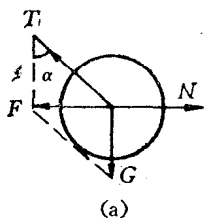
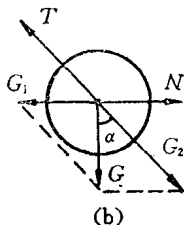


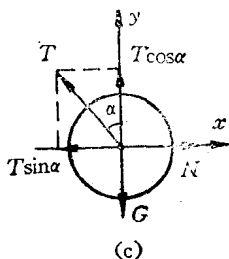
图 1-11



(a)



(b)



(c)

图 1-12

方法 2 (分解法) 将 G 分解为 G_1 和 G_2 , 图 1-12(b)所示。因球静止任意方向上的合力均应为零。故由水平方向合力为零(当然绳子方向也为零)得 $N = G_1 = G \tan \alpha$ 。

方法 3 (正交分解法) 因 G 与 N 互相垂直, 故建立图 1-12(c)的坐标系较好。由 $F_{\text{合}x} = 0$ 得: $N = T \sin \alpha$; 由 $F_{\text{合}y} = 0$ 得: $T \cos \alpha = G$ 。故 $N = G \tan \alpha$ 。

智能总结与开拓 合成法与分解法是解平衡问题的两种基本方法, 常用来求解较简单的三力平衡问题。正交分解法虽属分解法, 但具有普遍性, 是一种重要方法, 在求解较复杂的问题(受力数较多)时有其显著的优越性。

(二)特殊技巧

1. 巧用整体法

例 2 在粗糙的水平面上有一个三角形木块 abc ，在它的两个粗糙斜面上分别放两个质量 m_1 和 m_2 的木块， $m_1 > m_2$ ，图 1-13 所示。已知三角形木块和两个木块都是静止的，则水平面对三角形木块：

A. 有摩擦力作用，方向水平向右；B. 有摩擦力作用，方向水平向左；C. 有摩擦力作用，但摩擦力的方向不能确定，因为 m_1 、 m_2 、 θ_1 、 θ_2 的数值未给出；D. 没有摩擦力。

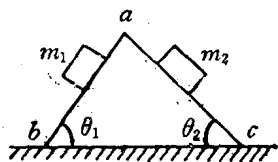


图 1-13

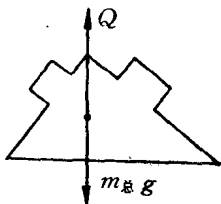


图 1-14

解 把三个木块看成一个整体(形状不规则的物体)，图 1-14 所示。显然，整体在竖直方向上受重力和支持力作用，合力为零。水平方向无外力作用，没有任何的运动趋势。故不受摩擦力，D 正确。

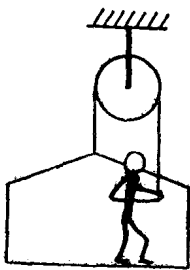


图 1-15

智能总结与开拓 整体法对研究对象而言。当问题涉及到多个物体，但无需求各物体之间的作用力时，就可把其中的几个物体或全部物体看成一个物体用整体法分析，迅速准确，事半功倍！
拓宽思考：图 1-15 所示，人重 G_1 ，吊台重 G_2 ，绳的质量和绳与滑轮的摩擦不计，人和吊台均保持静止状态。求

人对绳子的拉力($T = (G_1 + G_2)/2$)。

2. 巧用等效法

例3 $F_1 = 20$ 牛、 $F_2 = 30$ 牛、 $F_3 = 40$ 牛顿的三个力同时作用于一点,且夹角互为 120° 角。求合力的大小和方向。

解 本题若按一般方法解(先求 F_1 与 F_2 的合力,再与 F_3 求出最终合力)较繁复,现用等效法简解如下:把 F_2 看作是两个同向力 $F'_2 = 20$ 牛和 $F''_2 = 10$ 牛的合力, F_3 看作是同向力 $F'_3 = 20$ 牛和 $F''_3 = 20$ 牛的合力,则可将图 1-16 中(a)等效为(b)。因 F_1 、 F'_2 和 F'_3 等大且夹角互为 120° ,合力为零。故又可将(b)等效为(c)。于是容易求出 F''_2 和 F''_3 的合力 $F = 17.3$ 牛,与 F''_2 的夹角 $\alpha = 30^\circ$,此即为所求合力的大小和方向。

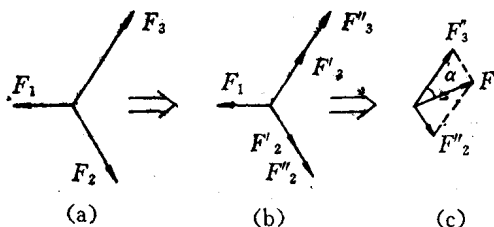


图 1-16

智能总结与开拓 等效法是物理学中常用的一种思想方法,其实质是将原有较复杂或较难处理的模式等效变换为一个容易处理的模式,从而使问题迅速得解。

例4 如图 1-17 所示,质量为 $m = 5$ 千克的物体,置于一粗糙斜面体 M 的斜面上,用平行于斜面的大小为 30 牛的力 F 推物体,使物体沿斜面向上匀速运动(斜面体保持静止)。求地面对斜面体 M 的静摩擦力(g 取 10 米/秒²)。

解 因为匀速运动与静止从受力角度看是完全等效的(均属平衡状态, $F_{合} = 0$)。故可把问题变换为“ m 受推力 F 而静止在斜面上不动”这样一个静止问题用整体法来考虑。显然整体所受外力如图 1-18 所示,于是,根据水平方向合力为零立即可得: $f = F \cos 30^\circ = 15\sqrt{3} \approx 26$ 牛。