

# 新编高中 物理解题途径

张正大 何福山 朱家宝等编

华东师范大学出版社

# 新编高中物理解题途径

张正大 何福山 朱家宝 等编

华东师范大学出版社

## 新编高中物理解题途径

张正大 何福山 朱家宝 等编

---

华东师范大学出版社出版发行

(上海中山北路3663号)

邮政编码: 200062

新华书店上海发行所经销 江苏省句容市排印厂印刷

开本:  $787 \times 1092$  1/32 印张: 14.5 字数: 330千字

1995年3月第一版 1996年4月第三次印刷

印数: 37,001—48,000本

---

ISBN 7-5617-1248-0/G·535 定价: 11.50元

# 前 言

本书宗旨：切实帮助高中学生和自学青年学好高中物理。内容有三部分：

概念部分。按章对重点物理知识进行整理、归纳和串联，对容易混淆的概念进行对比、分析和辨别。使读者对各章物理内容形成一个完整、正确，又简明、清晰的印象。

例题部分。精选各种类型的典型例题。通过分析，使读者在思考方法、解题技巧和解题规律方面得到启迪和帮助。

练习部分。选题覆盖面大，灵活新颖。有利于基础知识的全面巩固，有利于开阔思路和培养能力。

本书既可供高三同学总结性复习使用，也可供高一、高二同学同步学习使用。

本书编写：张正大(第一、二章)，何福山(第三到第七章)，顾育祎(第八章)，朱家宝(第九到第十三章)，符杰普(第十四到第十六章)。

编者 1994 年 9 月

于华东师大一附中

# 目 录

|      |         |     |
|------|---------|-----|
| 第一章  | 力, 力的平衡 | 1   |
| 第二章  | 直线运动    | 39  |
| 第三章  | 运动和力    | 69  |
| 第四章  | 曲线运动    | 101 |
| 第五章  | 机械能     | 130 |
| 第六章  | 动量      | 160 |
| 第七章  | 振动和波    | 186 |
| 第八章  | 气体定律    | 203 |
| 第九章  | 电场      | 239 |
| 第十章  | 直流电     | 274 |
| 第十一章 | 磁场      | 312 |
| 第十二章 | 电磁感应    | 335 |
| 第十三章 | 交流电     | 367 |
| 第十四章 | 几何光学    | 385 |
| 第十五章 | 物理光学    | 419 |
| 第十六章 | 原子和原子核  | 429 |
| 答案   |         | 438 |

# 第一章 力,力的平衡

## (一) 概念综述

### 一、力

1. 力是物体与物体之间的相互作用。

作用的方式有两大类：一类是直接接触作用，如弹力、摩擦力。另一类是通过“场”的作用，如重力、电场力、磁场力。

力的作用是相互的，有作用力时，必有反作用力，且大小相等，方向相反(牛顿第三定律)。

2. 力是矢量，不但有大小，而且有方向。

物理量可分为矢量和标量两大类。不但有大小而且有方向的物理量叫矢量，只有大小没有方向的物理量叫标量。在力学中，力、位移、速度、加速度、动量、冲量等为矢量，时间、路程、速率、质量、能量、功等为标量。

矢量的大小和方向可以用带箭头的线段来表示。线段的长短表示矢量的大小，箭头的指向表示矢量的方向。

3. 力的分类。按性质分类：有重力，弹力，摩擦力，分子力，电场力，磁场力，核力等。

按效果分类：有压力，支持力，拉力，推力，动力，阻力，合力，分力，共点力，平行力，平衡力，向心力，回复力等。

### 二、重力

1. 重力是由于地球对物体有吸引作用产生的，方向竖直向下。

## 2. 重力的作用点,叫物体的重心。

任何物体的重心位置,均可用“两次悬挂法”确定。而形状规则、且由同种均匀物质组成的物体,重心位置就在几何中心。

同一物体形状发生改变,其重心位置也随着改变。如一条均匀直棒,当弯成圆环,或弯成等臂的折角棒时,其重心位置就变了(图 1.1.1~图 1.1.3)。要指出的是,重心位置往往可能不在物体身上。

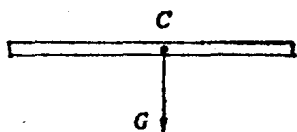


图 1.1.1

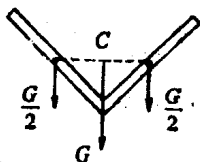


图 1.1.2

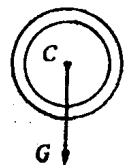


图 1.1.3

## 三、弹力

1. 弹力产生在直接接触、且发生弹性形变的物体之间。

换言之,两个物体并未直接接触,则它们之间一定没有弹力。两个物体虽直接接触,但并未发生弹性形变,则也没有弹力(虚接触)。如放在水平地面上的球体与竖直墙壁为虚接触(图1.1.4),在竖直悬线下的球与斜面也为虚接触(图1.1.5)。

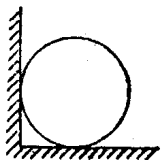


图 1.1.4

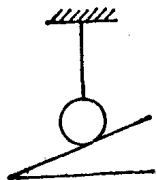


图 1.1.5

2. 弹力的方向。物体间的弹力，方向一定跟接触面垂直，或跟接触点的切面垂直(图 1.1.6~图 1.1.8)。绳子上产生的弹力，方向一定沿着绳子。

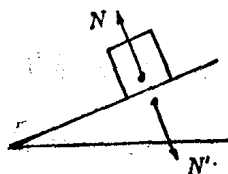


图 1.1.6

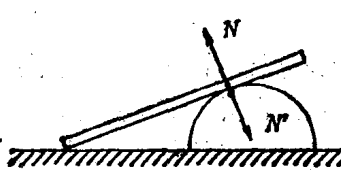


图 1.1.7

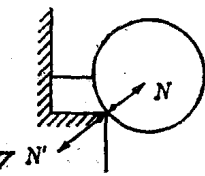


图 1.1.8

3. 胡克定律。在弹性限度内，弹簧产生的弹力与伸长(或缩短)成正比：

$$F=kx,$$

式中比例系数  $k$  叫倔强系数。国际单位：牛/米。

倔强系数  $k$  的物理意义，表示弹簧每伸长(或缩短) 1 米能产生多少牛的弹力。它是一个反映弹簧本身性质的量，对一个特定的弹簧， $k$  是一个常数。

4. 解题中不要把弹力和重力混淆起来。

首先是性质上不要混淆。如图 1.1.9，三角支架  $A$  点受到的向下的拉力，是绳子的弹力  $T$ ，不是物体的重力  $G$ 。但分析后可知， $T$  的大小等于  $G$ 。

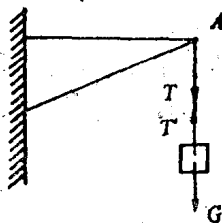


图 1.1.9

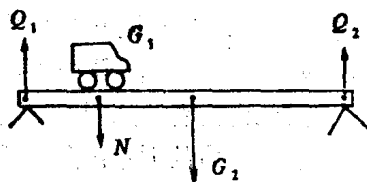


图 1.1.10

如图 1.1.10, 车停在桥面上, 车对桥面的压力, 应该是弹力  $N$ , 不是车的重力  $G_1$ . 但分析后可知,  $N$  的大小等于  $G_1$ .

所以, 桥面的受力情况是: 三个弹力  $Q_1$ 、 $Q_2$ 、 $N$  和一个自身的重力  $G_2$ , 而不能误认为是两个弹力  $Q_1$ 、 $Q_2$  和两个重力  $G_1$ 、 $G_2$ .

其次是数值上不要混淆. 一般情况下, 物体所受的弹力 (拉力或压力), 数值上也并不等于重力.

图 1.1.11 中, 物块对斜面的压力小于物块重力, 为  $N = G \cos \alpha$ . 图 1.1.12 中, 物块对水平地面的压力大于物块重力, 为  $N = G + F \sin \alpha$ . 图 1.1.13 中, 物块对墙的压力与物块重力完全无关, 为  $N = F$ .

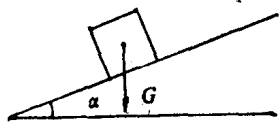


图 1.1.11

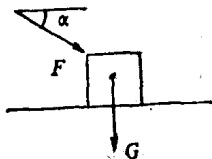


图 1.1.12

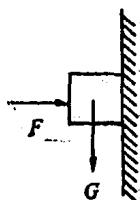


图 1.1.13

#### 四、摩擦力

1. 滑动摩擦力的产生, 必须同时具备三个条件: 两个物体接触面间有弹力 ( $N \neq 0$ ), 接触面粗糙 ( $\mu \neq 0$ ), 有相对运动.

滑动摩擦力的方向, 总是要阻碍相对运动.

如图 1.1.14, 木块  $B$  保持静止, 木块  $A$  向右滑动时,  $A$  受  $f$  与运动方向相反, 而  $B$  受  $f'$  与运动方向相同. 但  $f$  和  $f'$  的方向都是阻碍两者发生相对运动的.

滑动摩擦力的大小:  $f = \mu N$ .

2. 静摩擦力的产生, 必须同时具备三个条件: 两个物体

接触面间有弹力,接触面粗糙,有相对运动的趋势。

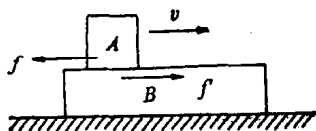


图 1.1.14

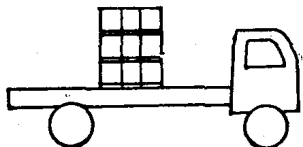


图 1.1.15

静摩擦力的方向,总是要阻碍发生相对运动。

如图 1.1.15,货车装着集装箱前进,两者始终保持相对静止。当车加速起动时,箱受 $f_{\text{静}}$ 向前,车受 $f'_{\text{静}}$ 向后,两个静摩擦力的方向都是阻碍两者发生相对运动的。当中途匀速运动时,箱和车无相对运动趋势,故此时无静摩擦力。当货车刹车减速时,箱受 $f_{\text{静}}$ 向后,车受 $f'_{\text{静}}$ 向前,两个静摩擦力的方向同样都是阻碍两者发生相对运动的。

静摩擦力的大小,等于使物体产生运动趋势的外力。故 $f_{\text{静}}$ 是随外力而变化的,变化范围为 $0 < f_{\text{静}} \leq f_m$ (最大静摩擦力)。

当使物体运动的外力超过 $f_m$ 时,物体间就产生相对运动,这时为滑动摩擦力了。滑动摩擦力的值总是小于最大静摩擦力。

## 五、力的合成和分解

1. 某个力作用在物体上,产生的效果跟几个力共同作用效果相同,这个力就叫做那几个力的合力。

求几个已知力的合力,叫力的合成。用平行四边形法则。

两分力间夹角 $\theta=0$ 时,合力最大,为两分力之和;两分力间夹角 $\theta=\pi$ 时,合力最小,为两分力之差。这是平行四边形法则的两个特殊情况。

2. 两个力作用在物体上,产生的效果跟一个力的作用效果相同,这两个力就叫做那一个力的分力。

由合力求分力,叫力的分解。它是力的合成的逆运算,同样用平行四边形法则。

要注意的是,同一个力可以分解为无数对大小、方向不同的分力,因此为了有确定的解,还必须附加知道:一个分力的方向和大小,或两个分力的方向。

3. 不仅是力,任何矢量的合成,都必须用平行四边形法则,这也叫“几何加法”。而任何标量相加时,则用“代数加法”。这是矢量和标量的一个重要区别。

## 六、共点力的平衡

1. 共点力。几个力作用在同一点,或虽不作用于同一点,但力的作用线延长后交于同一点。

若一个物体能被看作质点,则它所受的力当然属共点力。

2. 平衡的意义。物体保持静止,或保持匀速直线运动状态。

3. 平衡的条件。合力为零,即  $\sum F=0$  (牛顿第一定律)。两力平衡,必满足:大小相等,方向相反,在同一直线上。这两个力叫做一对平衡力。

数力平衡,必满足:其中任意一个力必与其余几个力的合力大小相等,方向相反,在同一直线上。

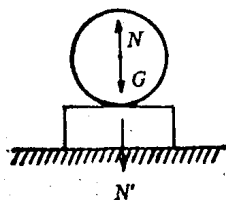


图 1.1.16

其中任意一个力都可称作是另外几个力的平衡力。

4. 一对平衡力与一对作用力和反作用力的比较。如图1.1.16,圆球静止在水平平台上。 $N$  和  $G$  是一对平衡力,  $N$  和  $N'$  为一对作用力和反

作用力。

这两对力的相同点：都是大小相等，方向相反，在同一直线上。

这两对力的不同点：(1)作用力和反作用力必是作用在不同物体上，平衡力必是作用在同一物体上。(2)作用力和反作用力必是同一性质的力(图中都是弹力)，平衡力则不一定是同一性质的力(图中一是重力，一是弹力)。(3)作用力和反作用力必定同生同灭，平衡力则不然(若将平台抽去， $N$ 和 $N'$ 同时消失，但 $G$ 仍存在)。

### 七、有固定转动轴物体的平衡

1. 力臂  $L$ 。从转动轴到力的作用线的垂直距离，叫这个力的力臂。

2. 力矩  $M$ 。力和力臂的乘积，即  $M=FL$ ，叫做这个力对该转轴的力矩。国际单位：牛·米。

力矩有顺时针和逆时针之分。

3. 平衡的意义。物体保持静止，或保持匀速转动。

4. 平衡的条件。因为转动效应决定于力矩，故平衡条件是：合力矩为零，即  $\sum M=0$ 。

也可以说是顺时针力矩之和等于逆时针力矩之和，即  $\sum M_{\text{顺}} = \sum M_{\text{逆}}$ 。

要注意的是：若按  $\sum M=0$  列方程时，要考虑力矩的正负。若规定顺时针力矩为正，则逆时针力矩为负。反之也可以。

## (二) 例题解析

【例1】两物块  $A$  和  $B$  叠放在水平地面上，在水平拉力

$F$  的作用下,两者仍保持静止。求图 1.2.1~图 1.2.3 的三种情况中,各接触面间的静摩擦力。

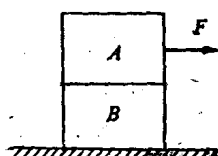


图 1.2.1

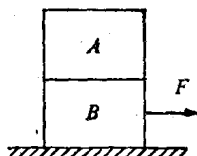


图 1.2.2

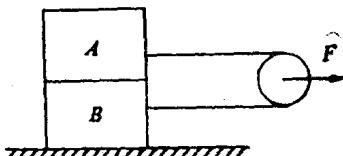


图 1.2.3

**解:** 为了判断有无静摩擦力,并进一步判定其方向,就要去分析两个物体有没有相对运动的趋势?有怎样的相对运动趋势?在许多情况下,这是件很困难的事!好的办法则是运用牛顿定律的知识去分析,问题往往能迎刃而解。本例就用此法进行剖析。

(1) 如图 1.2.4,先看物块  $A$  (隔离法)。  $A$  是静止的,根据牛顿第一定律,合力应为零。故除受拉力  $F$  外,  $A$  的下表面必受静摩擦力  $f_1$ 。方向与  $F$  相反,即向左,大小与  $F$  相等,即  $f_1 = F$ 。

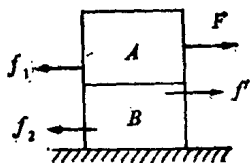


图 1.2.4

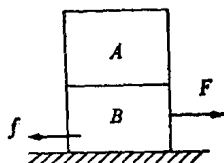


图 1.2.5

再看物块  $B$  (隔离法)。因为  $A$  下表面受向左静摩擦力  $f_1$ ,根据牛顿第三定律,  $B$  上表面必受同样大小的向右静摩擦力  $f'$ 。由于  $B$  保持静止,故  $B$  的下表面必受地面静摩擦力  $f_2$ ,方向向左,大小为  $f_2 = f' = f_1 = F$ 。

不妨再用整体法检验一下： $A$ 、 $B$ 整体受到的外力为 $F$ 和 $f_2$ ，由于两者大小相等、方向相反，故整体保持静止（当考虑整体时， $A$ 、 $B$ 间的一对 $f_1$ 、 $f'$ 为内力，不影响整体的运动状态）。

(2) 如图 1.2.5。先看物块  $A$ 。它下表面不可能受静摩擦力，否则  $A$  所受合力不为零，就不能保持静止了。

再看物块  $B$ 。它上表面当然也无静摩擦力。由于  $B$  受  $F$  力作用而又保持静止，故它的下表面必受地面的静摩擦力  $f$ ，方向向左，大小为  $f=F$ 。

(3) 如图 1.2.6，先看滑轮部分。设绳上张力为  $T$ （注意：质量可以不计的绳子，各处张力大小都相等）。由于滑轮静止，故有  $2T=F$ ，得  $T=F/2$ 。

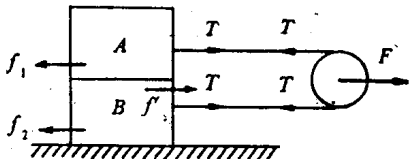


图 1.2.6

再看物块  $A$ 。由于  $A$  保持静止，故下表面必受静摩擦力  $f_1$ ，方向向左，大小为  $f_1=T=F/2$ 。

再看物块  $B$ 。 $B$  上表面必受反作用静摩擦力  $f'$  向右， $f'=f_1=F/2$ 。由于  $B$  保持静止，故  $B$  的下表面必受地面的静摩擦力  $f_2$ ，方向向左，大小为  $f_2=f'+T=F$ 。

最后，用整体法检验一下：整体所受的外力为  $F$  和  $f_2$ ，两者大小相等、方向相反，故整体静止。

**【例 2】** 均匀球重力为  $G$ ，光滑斜面倾角  $\theta$ 。(1) 光滑挡板竖直放置，(2) 光滑挡板垂直于斜面放置。求以上两种情况下，球对斜面的压力和对挡板的压力。

**解：**虽然要求的是斜面和挡板所受的压力，但不能取斜面和挡板作研究对象，因为已知条件不足。应该取球为研究对象，求出斜面和挡板给球的弹力，则根据牛顿第三定律，斜

面和挡板所受的压力也就知道了。所以,正确选取研究对象,在解题中是极重要的。

(1) 第一步,取球为研究对象,作出球的受力图(图 1.2.7)。重力  $G$ , 竖直向下; 斜面弹力  $N$ , 与斜面垂直; 挡板弹力  $Q$ , 与挡板垂直。

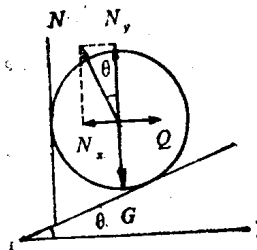


图 1.2.7

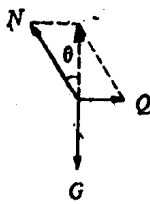


图 1.2.8

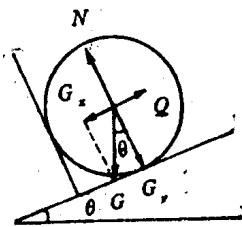


图 1.2.9

第二步,对力图进行适当的加工。最常用的是正交分解法。本例最简单的是将  $N$  正交分解为  $N_x$  和  $N_y$ 。

第三步,建立方程求解。

$$x \text{ 方向: } Q = N_x = N \sin \theta.$$

$$y \text{ 方向: } G = N_y = N \cos \theta.$$

$$\text{解得: } N = G / \cos \theta, \quad Q = G \tan \theta.$$

对力图进行加工时,也可以用合成法(图 1.2.8): 作出  $N$  和  $Q$  的合力,其大小必定等于  $G$ 。由直角三角形,可直接得出:

$$N = G / \cos \theta, \quad Q = G \tan \theta.$$

(2) 第一步,以球为研究对象,作出球的受力图(图 1.2.9)。

第二步,对力图进行适当的加工。本例最简单的是将  $G$  正交分解为  $G_x$  和  $G_y$ 。

第三步, 建立方程求解。

$$x \text{ 方向: } Q = G_x = G \sin \theta,$$

$$y \text{ 方向: } N = G_y = G \cos \theta.$$

加工力图时, 同样可以用合成法(图 1.2.10): 作出  $N$  和  $Q$  的合力, 其大小必定等于  $G$ 。由直角三角形, 可直接看出:

$$Q = G \sin \theta, \quad N = G \cos \theta.$$

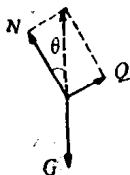


图 1.2.10

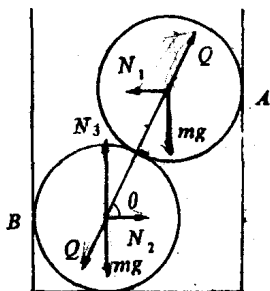


图 1.2.11

**【例 3】** 图 1.2.11 中, 两个圆柱体  $A$  和  $B$ , 质量都是  $m$ , 截面半径都是  $R$ , 放在一个宽为  $3R$  的槽内, 一切光滑。求槽壁和槽底所受的压力。

解:  $A$  和  $B$  圆心间距离为  $2R$ , 两圆心的水平距离为  $R$ , 所以两圆心连线与水平方向夹角  $\theta = 60^\circ$ 。

以  $A$  为对象。受重力  $mg$ ,  $B$  球弹力  $Q$ , 槽右壁弹力  $N_1$ 。

将  $Q$  正交分解成水平分力和竖直分力。

$$\text{列方程为: } N_1 = Q \cos 60^\circ,$$

$$mg = Q \sin 60^\circ,$$

$$\text{解得: } Q = \frac{2\sqrt{3}}{3}mg, \quad N_1 = \frac{\sqrt{3}}{3}mg.$$

以  $B$  为对象, 受重力  $mg$ ,  $A$  球反作用弹力  $Q$ , 槽左壁弹力

$N_2$ , 槽底弹力  $N_3$ .

将  $Q$  正交分解成平行分力和竖直分力.

列方程为:  $N_2 = Q \cos 60^\circ$ ,

$$N_3 = Q \sin 60^\circ + mg,$$

解得:  $N_2 = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$ ,  $N_3 = 2mg$ .

用整体法检验一下: 水平方向, 受向左弹力  $N_1 = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$ , 受向右弹力  $N_2 = \frac{\sqrt{3}}{3}mg$ , 所以整体在水平方向平衡. 竖直方向, 受向下重力  $2mg$ , 受向上弹力  $N_3 = 2mg$ , 所以整体在竖直方向也平衡.

【例 4】斜面倾角  $\theta = 30^\circ$ , 物体  $A$  的  $G_1 = 2$  牛, 物体  $B$  的  $G_2 = 3$  牛. 各接触面均粗糙, 两物无相对运动, 一起匀速下滑. 试求图 1.2.12 和图 1.2.13 所示的两种情况下, 它们所受的弹力和摩擦力.

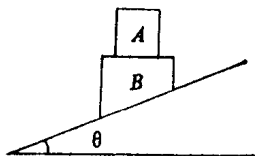


图 1.2.12

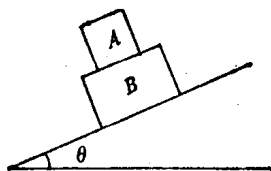


图 1.2.13

解: (1) 如图 1.2.14 所示, 物体  $A$  受重力  $G_1$ , 支持力  $N$ . 下表面一定无静摩擦力, 否则  $\sum F \neq 0$ , 物体  $A$  不会作匀速运动了, 所以有:

$$N = G_1 = 2 \text{ 牛}.$$

如图 1.2.15 所示, 物体  $B$  受重力  $G_2$ , 受  $A$  的压力  $N'$ , 斜面的支持力  $Q$ ,  $B$  的上表面无静摩擦力,  $B$  的下表面受滑动摩