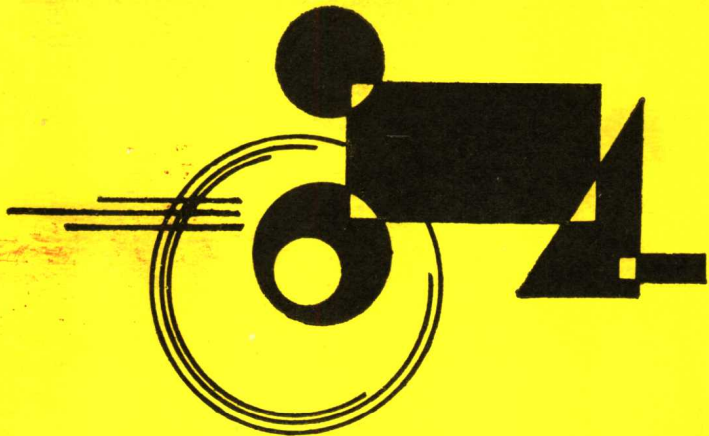




GAO ZHONG LIXUEREXUE BAITI DUOJIEFA

高中力学热学 百题 多解法

广西教育出版社

高中力学热学百题多解法

陈福明 编著

广西教育出版社

高中力学热学百题多解法

陈福明 编著

*

广西教育出版社出版

(南宁市七一路7号)

广西新华书店发行 广西民族语文印刷厂印

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 6.25印张 135千字

1988年6月第1版 1988年6月第1次印刷

印数: 1-12,500册

ISBN 7-5435-0293-3/G·242

定 价: 1.40元

前 言

本书根据现行中学物理教学大纲的要求和课本（甲、乙种本）的内容，结合作者从事中学物理教学多年的实践经验，对高中物理力学和热学的计算题“一题多解”的方法和技巧，进行了分析、讨论和评述。

一题多解，能使高中学生从多层次、多角度研究思考问题，“活化”与“深化”物理知识，进一步培养学生的思维能力和运用物理知识解决问题的能力，提高运用数学工具解决物理问题的能力和解题技巧。

本书从近几年的高考、物理竞赛试题和各种资料中，精选了一百道各种类型的题目，既有基本题又有综合题。每道例题均列出两种以上的解法，每种解法前有分析，阐明采取此种解法的思路，每一题后还有简评，指出此种解法的优劣和关键之处。此外，还渗入少量教学大纲之外的材料，以拓宽和加深学生的物理知识。

本书可供高中学生课外阅读和社会青年自学，也可供中学物理教师参考。

编 者

目 录

力 学

一、内容概述	(1)
二、多解例析	(8)
1. 力的合成与分解 (例1~2)	(3)
2. 物体的平衡 (例3~13)	(12)
3. 匀变速直线运动 (例14~25)	(33)
4. 动力学综合题(一) (例26~39)	(53)
5. 运动的合成与分解 (例40~43)	(78)
6. 圆周运动 (例44~48)	(84)
7. 动力学综合题(二) (例49~67)	(91)
8. 相互作用与碰撞 (例68~75)	(125)
9. 机械振动与机械波 (例76~81)	(142)

热 学

一、内容概述	(155)
二、多解例析	(157)
气体状态变化 (例82~100)	(157)

力 学

一、内容概述

高中物理的力学内容，可以分为四大部分：（一）力和物体的平衡，（二）运动学，（三）动力学，（四）机械振动与机械波。现概述如下：

（一）力和物体的平衡

1. 力是贯穿力学乃至全部物理学的重要概念，要理解和掌握好：（1）物质性——力是物体对物体的作用，力的效果是使受力物体产生形变或加速度。（2）相互性——力总是成对出现的，作用力与反作用力具有等值、反向、共线、同性质、同时、作用点不共物的特点。（3）矢量性——力是矢量，有大小，有方向。

2. 重力、弹力、摩擦力是力学中常见的三种力。

重力属于场力，施力者是地球，作用点在物体的重心，方向总是竖直向下。

弹力的产生条件是：（1）两物体接触。（2）有弹性形变。弹力的方向和接触面垂直。

摩擦力的产生条件是：（1）两物体接触。（2）产生相对滑动或具有相对运动趋势。摩擦力的方向与相对滑动或相对运动趋势相反。要特别注意静摩擦力的特点是“静中有变”，当物体有相对运动趋势但又未动时，静摩擦力的大小随外力

变化且总与外力平衡。静摩擦力的另一特点是“变有极值”，它的增大有极限，叫最大静摩擦力。

3. 力是矢量。力的合成与分解按照平行四边形法则，也可以用三角形法则。三个以上共点力的合成，常用正交分解法，它的特点是“先分后合”，把矢量运算转化为两正交坐标轴上的代数运算。要注意理解合力与分力是一种等效替换关系。

4. 在共点力作用下物体的平衡条件是物体所受的合外力等于零，即 $\Sigma F = 0$ 。

5. 具有固定转轴物体的平衡条件是物体所受的合力矩为零，即 $\Sigma M = 0$ 。

(二) 运动学

运动学是研究物体做机械运动的规律。

1. 直线运动的特点与规律

(1) 匀速直线运动

特点： $v = \text{恒矢量}$ ，或 $a = 0$ 。

规律： $s = vt$

(2) 匀变速直线运动

特点： $a = \text{恒矢量}$ 。

规律：

$$\begin{cases} v_t = v_0 + at \\ s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \\ v_t^2 = v_0^2 + 2as \end{cases} \quad \text{和} \quad \begin{cases} \bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2} \\ s = \bar{v}t \end{cases}$$

对于自由落体， $v_0 = 0$ ， $a = g$ 。对于竖直上抛， $v_0 \neq 0$ ， $a = -g$ 。

2. 曲线运动的特点与规律

(1) 平抛与斜抛运动

特点：是加速度不变（等于 g ）的匀变速曲线运动。

研究方法：分解为水平与竖直方向的两个分运动进行研究。

(2) 匀速圆周运动

特点：速率不变，角速度不变。

性质： a 是变矢量，所以是变加速运动。

规律：
$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{T} = \omega R = 2\pi n R$$

$$\omega = \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = \frac{v}{R} = 2\pi n$$

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{n}$$

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = 4\pi^2 n^2 R$$

3. 要注意区别几对物理量

(1) 位移与路程

位移是矢量，是从初位置指向末位置的矢径。路程是标量，是按轨迹计算的长度。

(2) 时刻与时间

时刻是指一瞬间，时间是两时刻间的一段过程，要明确1秒末、2秒末是指时刻，要区别1秒内、2秒内与第1秒、第2秒的涵义。

(3) 加速度与速度增加量

加速度是速度的变化率（ $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ ），速度增加量是指速度

的变化幅度，即 $\Delta v = v_i - v_0$

4. 要理解速度图象与位移图象的物理意义，一些问题，用图象分析，可使过程清晰，计算简化。

(三) 动力学

动力学研究的是物体运动和力的关系。

1. 分析物体受力的方法。

采用隔离法，即把研究对象（物体或系统）从周围物体中隔离出来，分析周围其它物体对它施加的力的作用。

2. 动力学中各个物理定律的内涵外延。

(1) 牛顿第二定律 $F_{\text{合}} = ma$ 或 $\Sigma F = ma$ 。

研究对象：质点或质点组。

成立条件：宏观物体、低速运动。

注意点：①相对性——相对于惯性参照系。②瞬时性——某一时刻的加速度决定于该时刻所受合外力。③矢量性——加速度方向与合外力方向相同。

(2) 动能定理 $W = E_{k2} - E_{k1}$

研究对象：质点。

注意点：①是标量关系式，②只分析运动的始末态，不涉及运动过程中的加速度与时间。

(3) 机械能守恒定律 $\frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1$

研究对象：系统（物体与地球组成）。

成立条件：只有重力做功。

注意点：①是标量关系式，②只分析运动物体的始末状态，不涉及中间过程。③重力势能是属于物体和地球组成的系统所共有，而且零势能的位置可以任意选择。

(4) 动量定理 $Ft = p' - p$

研究对象：质点。

注意点：①是矢量关系式，要选定正方向。②只分析物体的始末状态，而不涉及中间过程。③若力在作用时间内不是恒力，则公式中的 F 是在 Δt 时间内的平均力。

(5) 动量守恒定律 $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1v_1' + m_2v_2'$

研究对象：系统（相互作用的物体组成）。

成立条件：系统不受外力作用或所受合外力为零（或某个方向上的合外力为零）。

注意点：①是矢量关系式，要选定正方向。②分析系统的始末状态。③分清内力与外力。④公式中的各个速度都相对于同一参照物。

3. 要区别几对容易混淆的物理量

(1) 质量与重量

质量是标量，是物体含有物质的多少，是物体惯性大小的量度。重量是矢量，是由于地球的吸引而受到的力。两者的联系是 $G = mg$ 。

(2) 功与能

功是过程量，能是状态量。功是能的转化的量度。外力（重力、弹力除外）对物体所做的功等于物体机械能的增量

$$W = \Delta E$$

(3) 冲力与冲量

冲力是指作用时间很短而力很大的力，冲量是力和作用时间的乘积，两者概念不同。

(4) 动量变化量与动量变化率

动量变化量是指动量的增量，即 $\Delta p = \Delta mv$ ，动量变化

率是指动量增量对时间的比, 即 $\frac{\Delta p}{\Delta t}$. 动量的增量与冲量联

系, 而动量变化率等于物体所受的合外力。

4. 研究动力学问题的思路和方法

(1) 研究某一时刻的问题或与加速度 a 有关的问题, 一般用牛顿第二定律和运动学公式求解。动力学与运动学间的联系桥梁是加速度 a 。

(2) 研究力对时间的累积作用, 即涉及力作用一段时间之后, 运动状态发生变化的动力学问题, 可以应用动量定理求解。

动量定理, 实质上是牛顿第二定律的积分形式, 但它的应用范围比牛顿第二定律广泛, 它无需考虑物体在运动过程中受力情况的细节, 从而使求解简化。

(3) 研究力对空间的累积作用, 即涉及功和能的问题, 应用动能定理求解。动能定理也可以从牛顿第二定律推导出来, 凡是能用动能定理求解的问题, 当力为恒力时, 都能用牛顿第二定律求解。

(4) 守恒定律十分重要, 只要守恒的条件成立, 不管系统内部如何变化, 都可应用守恒定律求解。它比较简单而应用范围广泛。

要注意机械能守恒定律与动量守恒定律的区别与应用范围不同。

(四) 机械振动与机械波

1. 简谐振动

特点: 回复力 $F = -kx$.

$$\text{加速度 } a = -\frac{k}{m}x.$$

性质：变加速的周期性运动。

周期公式： $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ （弹簧振子）

$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ （单摆）

2. 机械波

机械波是机械振动在媒质中的传播。

特点：波传播的是振动的形式和能量，媒质的质点并不发生迁移。

描述波的物理量的关系是： $v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$ 。

波形图象的变换方法有：

- (1) 质点振动分析法
- (2) 波形平移法
- (3) 坐标轴平移法

求解力学问题的一般步骤是：

- (1) 充分领会题意，明确研究对象。
- (2) 对研究对象进行受力分析，画出受力图，这是解题的关键。
- (3) 分析物体的平衡状态或运动状态。
- (4) 根据条件与求解目标，选用物理公式与物理定律。
- (5) 建立解题方程式或方程组。
- (6) 统一单位，代入数值计算结果，检验结果的合理性。

二、多解例析

1. 力的合成与分解

例1 作用在同一平面上的三个共点力，它们之间的夹角都是 120° ，大小分别是20牛、30牛、40牛，求这三个力的合力。如图1—1。

分析1 力是矢量，两个共点力的合成可以用平行四边形法则求矢量和。对于同一平面上的三个共点力，可以先用作图法求出 F_1 与 F_2 的合力 F_{12} ，再用作图法求出 F_{12} 与 F_3 的合力 F 。 F 就是这三个力的合力。

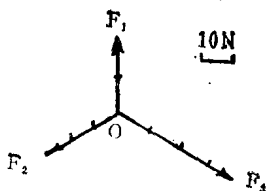


图 1—1

解法1 如图1—2所示，图中取5毫米的长度表示10牛。

量出 F 的长度为8毫米（近似值），故 F 的大小为 $8 \times \frac{10}{5}$ 牛 = 16牛。

F 的方向从图上可量得： F 与 F_2 的夹角为 90° ，与 F_3 的夹角为 30° 。

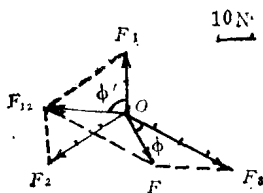


图 1—2

角为 30° 。

分析2 合力的大小与方向，可用以下公式计算。

大小: $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos\theta}$ θ 为 F_1 与 F_2 夹角。

方向: $\operatorname{tg}\phi = \frac{F_2\sin\theta}{F_1 + F_2\cos\theta}$ ϕ 为 F 与 F_1 夹角。

解法2 用公式先计算出 F_1 与 F_2 的合力 F_{12} 的大小和方向:

$$\begin{aligned} F_{12} &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos 120^\circ} \\ &= \sqrt{(20)^2 + (30)^2 + 2 \times 20 \times 30 \times \left(-\frac{1}{2}\right)} \\ &= 10\sqrt{7} \text{ 牛.} \end{aligned}$$

$$\phi' = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{F_2 \sin 120^\circ}{F_1 + F_2 \cos 120^\circ}$$

$$= \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{30 \times \frac{\sqrt{3}}{2}}{20 + 30 \left(-\frac{1}{2}\right)}$$

$$\approx 79^\circ.$$

再用公式计算出 F_{12} 与 F_3 的合力 F 的大小和方向:

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{(F_{12})^2 + F_3^2 + 2F_{12}F_3\cos(240^\circ - 79^\circ)} \\ &= \sqrt{(10\sqrt{7})^2 + 40^2 + 2 \times 10\sqrt{7} \times 40 \cos 161^\circ} \\ &\approx 17.3 \text{ 牛.} \end{aligned}$$

$$\phi = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{F_{12} \sin 161^\circ}{F_3 + F_{12} \cos 161^\circ}$$

$$= \operatorname{arc} \operatorname{tg} \frac{10\sqrt{7} \times 0.3256}{40 + 10\sqrt{7} \times (-0.9455)}$$

$\approx 30^\circ$.

分析3 使用正交分解法把 F_1 、 F_2 与 F_3 沿 x 轴和 y 轴分解，求出沿 x 轴和 y 轴方向的分矢量 F_x 与 F_y ，然后再从分矢量求出合矢量。

解法3 见图1—3， x 轴上的分矢量

$$\begin{aligned} F_x &= F_1 \cos 30^\circ - F_2 \cos 30^\circ \\ &= 40 \times 0.866 - 30 \times 0.866 \\ &= 8.66 (\text{牛}). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_y &= F_1 \sin 30^\circ - F_2 \sin 30^\circ - F_3 \sin 30^\circ \\ &= 20 - 30 \times \frac{1}{2} - 40 \times \frac{1}{2} \\ &= -15 (\text{牛}). \end{aligned}$$

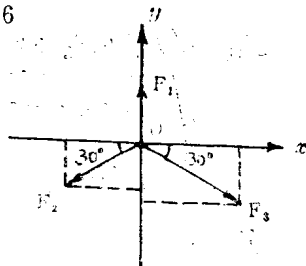


图 1—2

合矢量（合力）的大小为

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{(8.66)^2 + (-15)^2} \text{ 牛} \approx 17.3 \text{ 牛}.$$

合矢量（合力）与 x 轴夹角为

$$\tan \beta = \frac{F_y}{F_x} = \frac{-15}{8.66} = -1.732$$

$\beta \approx -60^\circ$ （第四象限）。

即合矢量 F 与 F_3 的夹角

$$\varphi = \beta - 30^\circ = 30^\circ.$$

分析4 本题还有另一种解法，因三方同面共点，互成 120° 角，若以 O 为圆心，以 $F_1 = 20$ 牛为半径，作一圆如图1—4所示，则圆内部分

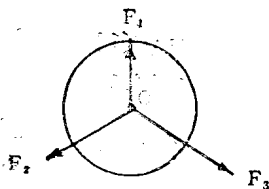


图 1—4

的合力为零。圆外部分余下的两力分别为10牛与20牛。

解法4 按上分析, 这道题可化为求 F_2 方向上10牛的力与 F_3 方向上20牛的力的合力。用平行四边形法则的计算公式可以求出合力的大小为:

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{(F_2')^2 + (F_3')^2 + 2(F_2')(F_3')\cos 120^\circ} \\ &= \sqrt{10^2 + 20^2 + 2 \times 10 \times 20 \times \left(-\frac{1}{2}\right)} \text{ 牛} \\ &= 17.3 \text{ 牛。} \end{aligned}$$

简评 解法1是作图量度法, 直观简单, 但不够精确。解法2虽然计算精确, 但过程较繁。解法3把矢量计算转化为标量计算, 计算精确且过程简单, 是求多个共点力合成的常用方法。解法4是特殊条件下的解法, 只适用于本题。

例2 两个大人和一个小孩沿河岸拉一条小船前进, 两个大人的拉力分别为 $F_1 = 400$ 牛与 $F_2 = 320$ 牛, 方向如图1—5所示。要使小船沿河流中线匀速行驶, 求小孩对船施加的最小的力的大小与方向。

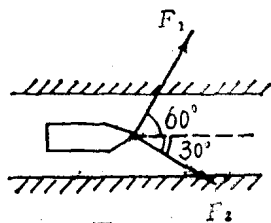


图 1—5

分析1 小孩对船施加拉力 F_3 后, 三力的合力必须沿着河流中线方向。

已知两个分力矢量及合力方向, 可以应用多边形法则求解第三个分力矢量。

解法1 用多边形法则作图, 如图1—6所示, 当分力 F_3 与合力 F

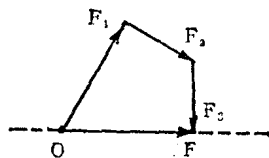


图 1—6

垂直时, F_3 有最小值。

取 1 毫米的长度表示 20 牛, 用量度方法可得 $F_3 \approx 186$ 牛。

分析 2 本题是三个共点力的问题, 因此也可以用正交分解法求解。

解法 2 要使船沿河流流向行驶, 则在垂直于河岸的方向上各分力的代数和必须等于零。

把 F_1 与 F_2 正交分解如图 1—7 所示, 当 F_3 在 y 轴上时, F_3 有最小值。

因为

$$F_1 \sin 60^\circ - F_2 \sin 30^\circ - F_3 = 0$$

所以

$$F_3 = F_1 \sin 60^\circ - F_2 \sin 30^\circ$$

$$= 400 \times 0.866 - 320 \times \frac{1}{2}$$

$$\approx 186.4 (\text{牛}).$$

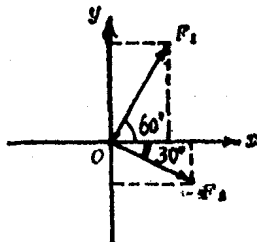


图 1—7

简评 用多边形法则求解本题, 物理意义直观, 易于理解 F_3 的最小值。正交分解法可得精确结果, 但理解 F_3 的最小值需要一定的抽象思维。

2. 物体的平衡

例 3 有半径为 r 的光滑球两个, 重量都是 G , 放在光滑的圆柱形筒内, 如图 1—8 所示, 圆筒半径为 R , 且 $R < 2r$, 求两球间的压力。