

物理

# 一题多解

杜祥珩 卢浩然 邵继良 编著  
张有光 谢 凯 施桂芬



河南科学技术出版社

# 物理一题多解

杜祥珂 卢浩然 邵继良 编著  
张有光 施桂芬 谢 凯

河南科学技术出版社

## 物理一题多解

杜祥珪 卢浩然 邵继良 编著  
张有光 施桂芬 谢 凯  
责任编辑 刘 嘉

河南科学技术出版社出版

河南省农牧厅印刷厂印刷

河南省新华书店发行

787×1092毫米 32开本 9.25印张 187千字

1992年3月第1版 1992年3月第1次印刷

印数: 1— 5,204册

ISBN 7-5349-0822-1/G·205

---

定价: 3.70 元

# 前 言

我们在解答物理问题的时候，由于所采取的思维方法不同，或所选的物理规律不同（或所选的研究对象不同，或所选的参照系不同），或所用的数学方法不同，因而对同一个题目会有多种不同的解法。读者在物理知识的学习中，若能经常进行“一题多解”的训练，那就不仅有利于熟练掌握物理知识，而且能有效地开拓思路，大大提高自己的思维能力和灵活运用知识解决问题的能力。同时，又可学会从多种解法中选取简捷的解法，以提高解题效率。本书正是为此而编写的。

本书以现行高中物理课本为依据，分力学、热学、电磁学、光学四个部分。在每一部分中，均通过例题阐明解题的多种思路和方法，并另附有练习题，供读者进行“一题多解”训练之用。全书选例典型，思路清晰，有较强的启发性。它既是高中学生和社会青年学习物理知识时的解题指导书，又可作为高中物理教师的教学参考书。

书中有哪些不妥之处，希望读者给以批评指正。

编著者

1990年10月

# 目 录

|              |         |
|--------------|---------|
| 一、力学部分.....  | ( 1 )   |
| 二、热学部分.....  | ( 112 ) |
| 三、电磁学部分..... | ( 143 ) |
| 四、光学部分.....  | ( 268 ) |
| 练习题参考答案..... | ( 297 ) |

## 一、力学部分

当我们解答力学问题时，如果展开思维的方式不同，同一个题目就会有不同的解法，例如分析法、综合法、归纳法、演绎法、等效法、对称法、假设推理法等。在展开思维的方式确定之后，如果应用的数学方法不同，又会形成不同的解法，例如代数法、几何法、解析法、图像法等。即使展开思维的方式和数学方法都一定，如果解题时选用的力学规律不同，或选取的研究对象不同，研究的物理过程不同，采用的参照物不同，还会形成不同的解法。下面将提供一些多方位展开思路解答力学问题的实例。

**【例1】**四个力同时作用于O点，已知 $F_1=2$ 牛顿， $F_2=6$ 牛顿， $F_3=2$ 牛顿， $F_4=5$ 牛顿，它们之间的夹角如图1—1

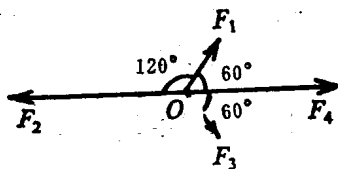


图1—1

所示，求这四个力的合力的大小和方向。

**【解1】**平行四边形法

根据平行四边形法则，先求出 $F_1$ 与 $F_3$ 的合力 $F_{13}$ （图1

—2)，由几何知识可知 $F_{13}=2$ 牛顿，方向与 $F_4$ 相同。然后求 $F_{13}$ 与 $F_2$ 、 $F_4$ 的合力，由于它们在同一直线上，所以合力为

$$\begin{aligned} F &= F_{13} + F_4 - F_2 \\ &= 1 \text{ 牛顿。} \end{aligned}$$

$F$ 的方向与 $F_4$ 相同。

### 【解2】正交分解法

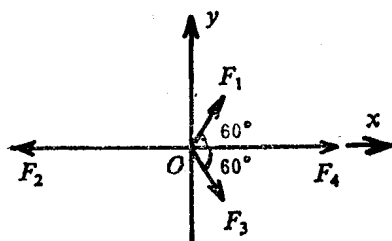


图1—3

各力沿 $y$ 轴方向的分量之和为

$$F_y = F_1 \sin 60^\circ - F_3 \sin 60^\circ = 0;$$

这四个力的合力为

$$F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = 1 \text{ 牛顿。}$$

$F$ 的方向与 $F_4$ 相同。

### 【解3】等效代换法

首先求出 $F_2$ 与 $F_4$ 的合力 $F_{24}$ ，其大小为1牛顿，方向与 $F_2$ 相同；于是可用图1—4等效代换图1—1。然后根据对称共点力的性质（大小相等、方向互成 $120^\circ$ 角的三个力的合力

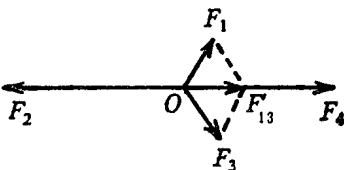


图1—2

以 $O$ 为原点，建立直角坐标系如图1—3所示。各力沿 $x$ 轴方向的分量之和为

$$\begin{aligned} F_x &= F_1 \cos 60^\circ + \\ &F_4 + F_3 \cos 60^\circ - F_2 \\ &= 1 \text{ 牛顿；} \end{aligned}$$

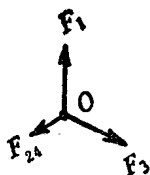


图1—4

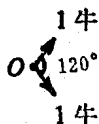


图1—5

为零)，再用图1—5等效代换图1—4。最后根据平行四边形法则求出合力 $F=1$ 牛顿，方向与 $F_4$ 相同。

【小结】求共点的几个力的合力时，平行四边形法和正交分解法是基本方法。

解3虽然十分简捷，但是有很大局限性。

【例2】图1—6所示的直角三角形支架，是由轻杆 $AB$ 和 $BC$ 利用铰链连接组成的。若在 $B$ 点处悬挂着一个重10牛顿的物体，求 $AB$ 和 $BC$ 杆所受的弹力各是多大。

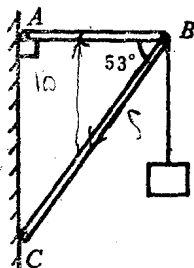


图1—6

【解1】共点力分解法

先选重物为研究对象，根据平衡条件可知，悬线上的张力 $T=G=10$ 牛顿。悬线对 $B$ 点的拉力对两个轻杆的作用效果是：沿 $AB$ 方向拉 $AB$ 杆和沿 $BC$ 方向压 $BC$ 杆，于是可将悬线对 $B$ 点的拉力分解为沿 $AB$ 方向的拉力 $F_1$ 和沿 $BC$ 方向的压

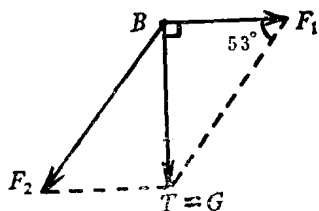


图1—7

力 $F_2$ （图1—7）。根据数学知识得

$$F_1 = T \tan 37^\circ = G \tan 37^\circ = 7.5 \text{ 牛顿,}$$

$$F_2 = \frac{T}{\cos 37^\circ} = \frac{G}{\cos 37^\circ}$$

$$= 12.5 \text{ 牛顿.}$$



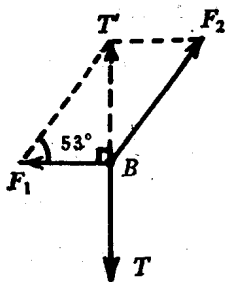


图1—8

### 【解2】共点力平衡法

选B点为研究对象，它受到三个力的作用：悬线的拉力 $T$ ， $AB$ 杆的拉力 $F_1$ 和 $BC$ 杆的支持力 $F_2$ （图1—8）。根据共点力的平衡条件， $F_1$ 与 $F_2$ 的合力 $T'$ 必与 $T$ 等值反向。根据图1—8和数学知识可得

$$F_1 = T' \operatorname{tg} 37^\circ = T \operatorname{tg} 37^\circ$$

$$= G \operatorname{tg} 37^\circ = 7.5 \text{ 牛顿,}$$

$$F_2 = \frac{T'}{\cos 37^\circ} = \frac{T}{\cos 37^\circ} = \frac{G}{\cos 37^\circ} = 12.5 \text{ 牛顿.}$$

### 【解3】相似比例法

由于 $AB$ 杆所受的拉力 $F_1$ 、 $BC$ 杆所受的压力 $F_2$ 和悬线的拉力 $T$ 所组成的矢量三角形与支架三角形 $ABC$ 相似（图1—9），所以有

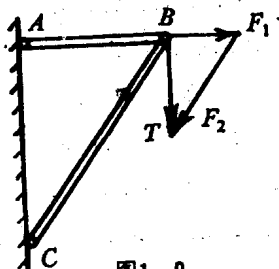


图1—9

$$\frac{F_1}{T} = \frac{AB}{AC}, \quad \frac{F_2}{T} = \frac{BC}{AC}.$$

解得

$$F_1 = T \frac{AB}{AC} = G \operatorname{tg} 37^\circ = 7.5 \text{ 牛顿,}$$

$$F_2 = \frac{T}{\cos 37^\circ} = \frac{G}{\cos 37^\circ} = 12.5 \text{ 牛顿.}$$

#### 【解4】拉密原理法

根据正弦定理，可以推导出如下结论：如果共点的三个力平衡，那么各力的大小分别与另外两个力夹角的正弦成正比。这就是拉密原理。选B点为研究对象，其受力情况如图1—10所示。根据拉密原理有

$$\frac{F_1}{\sin 143^\circ} = \frac{F_2}{\sin 90^\circ} = \frac{G}{\sin 127^\circ}.$$

解得

$$F_1 = \frac{\sin 143^\circ}{\sin 127^\circ} G = 7.5 \text{ 牛顿};$$

$$F_2 = \frac{\sin 90^\circ}{\sin 127^\circ} G = 12.5 \text{ 牛顿}.$$

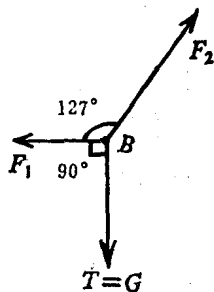


图1—10

#### 【解5】正交分解法

选B点为研究对象，其受力情况如图1—11所示。以B为原点建立直角坐标系，根据共点力作用下物体的平衡条件有

$$\Sigma F_x = F_2 \cos 53^\circ - F_1 = 0;$$

$$\Sigma F_y = F_2 \sin 53^\circ - G = 0.$$

解得

$$F_2 = \frac{G}{\sin 53^\circ} = 12.5 \text{ 牛顿};$$

$$F_1 = F_2 \cos 53^\circ = 7.5 \text{ 牛顿}.$$

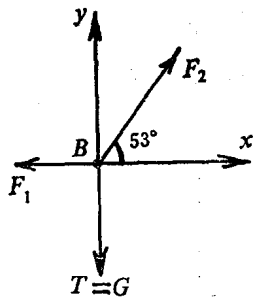


图1—11

#### 【解6】力矩平衡法

选轻杆、悬线和重物组成的系统为研究对象，其受力情

况如图1—12所示。如果以C点为转动轴，则根据力矩平衡条件有

$$\Sigma M_c = F_1 \cdot \overline{AC} - G \cdot \overline{AB} = 0,$$

解得

$$F_1 = \frac{\overline{AB}}{\overline{AC}} \cdot G = G \tan 37^\circ = 7.5 \text{ 牛顿};$$

如果以A点为转动轴，则根据力矩平衡条件有

$$\Sigma M_A = F_2 \cdot \overline{AB} \cdot \sin 53^\circ - G \cdot \overline{AB} = 0,$$

解得

$$F_2 = \frac{G}{\sin 53^\circ} = 12.5 \text{ 牛顿}.$$

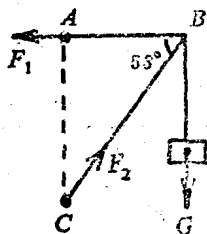


图1—12

【小结】对于共点的三个力作用下的平衡问题，可以任选上述解法中的一种方法解答。当支架是任意三角形结构，且三个内角都不是特殊角，但杆长和两铰链间距离已知时，用相似比例法最佳。解答物体平衡问题的基本方法是正交分解法和力矩平衡法的混合应用，也就是同时利用  $\Sigma F = 0$  和  $\Sigma M = 0$  建立方程组，来解答物体平衡问题。

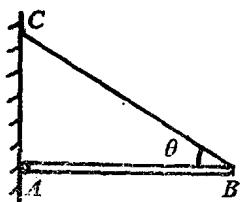


图1—13

【例3】均匀的水平杆AB，左端用铰链固定在墙壁上，右端与轻绳相连，绳的另一端也固定在墙壁上（图1—13）。已知  $\theta = 37^\circ$ ，AB杆的质量为6千克，且处于平衡状态，求铰链对A端的作用

用力 ( $g$ 取 $10\text{米/秒}^2$ )。

【解1】等效代换法

选 $AB$ 杆为研究对象，它受到三个力作用：重力 $mg$ 、绳的拉力 $F$ 和铰链对 $A$ 端的作用力 $N$ （如图1—14所示，用相互正交的两个分力 $N_x$ 和 $N_y$ 等效代换大小和方向均未知的 $N$ ）。

设 $AB$ 杆的长度为 $L$ ，根据物体的平衡条件有

$$\Sigma F_x = N_x - F \cos \theta = 0; \quad (1)$$

$$\Sigma F_y = N_y + F \sin \theta - mg = 0; \quad (2)$$

$$\Sigma M_A = FL \sin \theta - mg \frac{L}{2} = 0. \quad (3)$$

由③式得

$$F = \frac{mg}{2 \sin 37^\circ} = 50 \text{ 牛顿}.$$

将 $F$ 的值分别代入①式和②式解得

$$N_x = F \cos 37^\circ = 40 \text{ 牛顿};$$

$$N_y = mg - F \sin 37^\circ = 30 \text{ 牛顿}.$$

铰链对 $A$ 端的作用力

$$N = \sqrt{N_x^2 + N_y^2} = 50 \text{ 牛顿};$$

$$\tan \alpha = \frac{N_y}{N_x} = \frac{3}{4}.$$

【解2】共点力平衡法

选 $AB$ 杆为研究对象，由于它在三个力的作用下处于平衡状态，所以这三个力一定汇交于一点。在图1—15中， $O$ 点是重力 $G$ 和拉力 $F$ 的作用线的交点，则铰链对 $A$ 端的支持

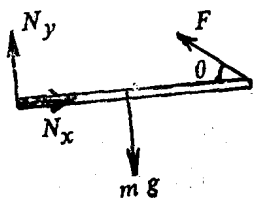


图1—14

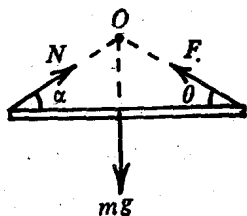


图1—15

力 $N$ 的作用线一定与 $AO$ 重合。由几何关系得

$$\alpha = \theta = 37^\circ.$$

根据平衡条件有

$$N \cos 37^\circ - F \cos 37^\circ = 0,$$

$$N \sin 37^\circ + F \sin 37^\circ - mg = 0.$$

联立解得

$$N = 50 \text{ 牛顿}, \quad F = 50 \text{ 牛顿}.$$

【小结】支架平衡问题中的杆件，可以分成“二力杆件”和“多力杆件”两类。所谓“二力杆件”就是只有两端受力（每一端所受力的个数可多可少）的杆件；二力杆件平衡时，杆件两端所受诸力的合力方向一定沿着杆件两端点的连线。所谓“多力杆件”就是除两端受力外，中间其它点（不一定是中点）也受力的杆件；多力杆件平衡时杆件两端所受诸力的合力一定不沿杆件两端点连线的方向。例2中的 $AB$ 杆和 $BC$ 杆都是二力杆件，本题中的 $AB$ 杆是多力杆件。

【例4】一个质量为 $m=50$ 千克的均匀圆柱体放在台阶旁边，台阶的高度 $h$ 是圆柱体半径 $r$ 的一半（图1—16是横截

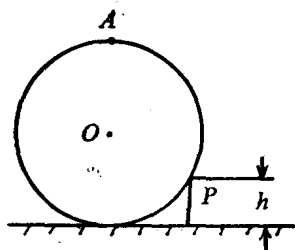


图1-16

【解1】物体平衡法

选圆柱体为研究对象，刚开始以 $P$ 为轴向台阶上滚动时，它受到重力 $G$ 、 $P$ 点的支持力 $N$ 、静摩擦力 $f$ 和 $A$ 处所施的力 $F$ （这时地面对圆柱体的支持力等于零）作用。要使所施的力最小， $F$ 的方向应与 $AP$ 垂直（使 $F$ 的力臂最大）。

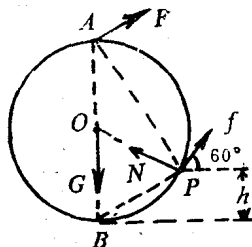


图1-17

在图1-17中，因为 $r=2h$ ，由几何关系可知 $\angle PAO=30^\circ$ ， $\angle POB=60^\circ$ 。根据物体的平衡条件，有

$$\Sigma F_x = F \cos 30^\circ + f \cos 60^\circ - N \cos 30^\circ = 0;$$

$$\Sigma F_y = F \sin 30^\circ + f \sin 60^\circ + N \sin 30^\circ - mg = 0;$$

$$\Sigma M_P = mgr \cos 30^\circ - F \cdot 2r \cos 30^\circ = 0.$$

以上三式联立解得

$$F = 2.5 \times 10^2 \text{ 牛顿},$$

$$N = 3.8 \times 10^2 \text{ 牛顿},$$

$$f = 2.2 \times 10^2 \text{ 牛顿}.$$

面图)，接触点 $P$ 是粗糙的。现要在圆柱体的最上方 $A$ 处施一最小的力，使圆柱体刚开始以 $P$ 为轴向台阶上滚动。求：

(1) 施加力的大小。

(2) 台阶对圆柱体的作用力的大小。

台阶对圆柱体的作用力是 $N$ 和 $f$ 的合力，其大小为

$$Q = \sqrt{N^2 + f^2} = 4.3 \times 10^2 \text{ 牛顿}.$$

【解2】力矩平衡法

研究对象、受力情况和几何关系同解1所述。分别以 $A$ 、 $P$ 、 $O$ 三点为转轴，写出合力矩为零的方程如下：

$$\Sigma M_A = f \cdot \overline{AP} \cdot \sin 60^\circ - N \cdot \overline{AP} \cdot \sin 30^\circ = 0,$$

$$\Sigma M_P = mgr \cos 30^\circ - F \cdot 2r \cos 30^\circ = 0,$$

$$\Sigma M_O = fr - Fr \sin 60^\circ = 0.$$

以上三式联立解得

$$F = 2.5 \times 10^2 \text{ 牛顿};$$

$$f = 2.2 \times 10^2 \text{ 牛顿};$$

$$N = 3.8 \times 10^2 \text{ 牛顿}.$$

台阶对圆柱体的作用力为

$$Q = \sqrt{N^2 + f^2} = 4.3 \times 10^2 \text{ 牛顿}.$$

【解3】拉密原理法

选圆柱体为研究对象，当刚好开始以 $P$ 为轴向台阶上滚动时，受力情况如图1—18所示。根据三力汇交原理，圆柱体处于平衡状态时 $G$ 、 $Q$ 、 $F$ 三个力必共点。将 $G$ 和 $Q$ 的作用点沿着各自的作用线移到 $A$ 点（图1—19），根据拉密原理有

$$\frac{F}{\sin 150^\circ} = \frac{Q}{\sin 120^\circ} = \frac{G}{\sin 90^\circ}.$$

解得

$$F = \frac{\sin 150^\circ}{\sin 90^\circ} G = G \cos 60^\circ = 2.5 \times 10^2 \text{ 牛顿},$$

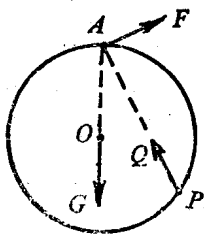


图1-18

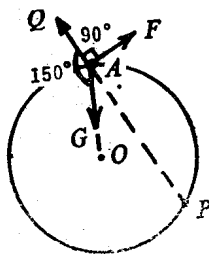


图1-19

$$Q = \frac{\sin 120^\circ}{\sin 90^\circ} G = G \cos 30^\circ = 4.3 \times 10^2 \text{ 牛顿.}$$

#### 【解4】正交分解法

研究对象及其受力情况同解3。以A为原点，水平向右为x轴正方向，竖直向上为y轴正方向，建立直角坐标系，根据共点力作用下物体的平衡条件，有

$$\Sigma F_x = F \cos 30^\circ - Q \sin 30^\circ = 0,$$

$$\Sigma F_y = F \sin 30^\circ + Q \cos 30^\circ - mg = 0.$$

以上两式联立解得

$$F = 2.5 \times 10^2 \text{ 牛顿;}$$

$$Q = 4.3 \times 10^2 \text{ 牛顿.}$$

#### 【解5】矢量合成法

由于G、F、Q是同一平面内的共点力，所以圆柱体处于平衡状态时这三个力的矢量和为零，即这三个力形成一个封闭的三角形（图1-20）。解直角三角形得

$$F = mg \sin 30^\circ = 2.5 \times 10^2 \text{ 牛顿;}$$

$$Q = mg \cos 30^\circ = 4.3 \times 10^2 \text{ 牛顿.}$$

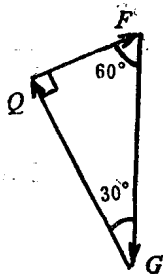


图1-20



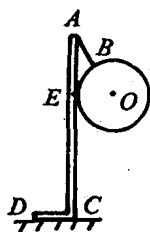


图1-21

**【例5】**如图1—21所示，在水平面上放着一个L型的轻质光滑支架，它的A端用轻绳悬挂着一个质量为 $m$ 的光滑球，轻绳AB和支架CD部分的长度都等于球的半径。试问：在D端至少加一个多大的竖直向下的力，才能使系统保持平衡？

**【解1】**先选小球为研究对象，它受到重力 $G$ 、AB绳的拉力 $T$ 和E点的支持力 $N$ 的作用。建立图1—22所示的直角坐标系，根据物体的平衡条件，有

$$\Sigma F_x = N - T \sin 30^\circ = 0,$$

$$\Sigma F_y = T \cos 30^\circ - mg = 0.$$

解得

$$N = \frac{\sqrt{3}}{3} mg,$$

$$T = \frac{2\sqrt{3}}{3} mg.$$

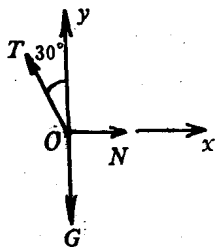


图1-22

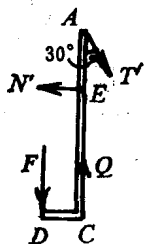


图1-23

再选L形支架为研究对象，它受到AB绳的拉力 $T'$ 、小球的压力 $N'$ 、D端施加的竖直向下的力 $F$ 和地面的支持力 $Q$ （当D端所加的力最小时，地面的支持力作用于C点且竖直向上），受力图如图1—23所示。

选小球与支架的接触点E为转轴，设