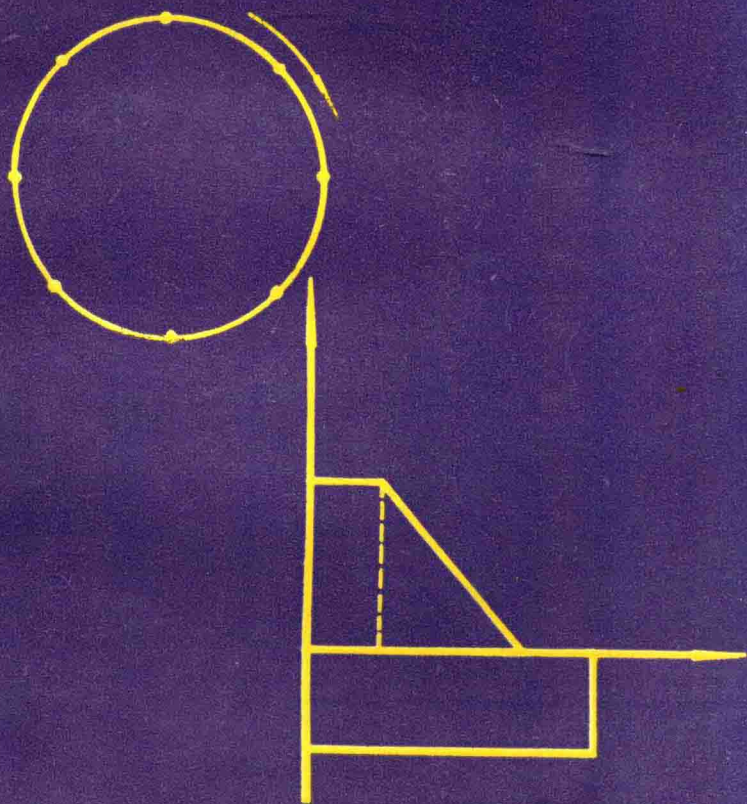


全国中学生力学竞赛辅导

中国力学学会科普工作委员会 编



科学普及出版社

全国中学生力学竞赛辅导

中国力学学会科普工作委员会编

科学普及出版社

内 容 提 要

本书是一本提高中学生力学水平的辅导读物。它既适用于初学阶段逐章巩固所学知识,又适用于学完力学之后的总复习,并为参加力学、物理竞赛及考试提供辅导。内容包括学习指导、力学竞赛大纲、历届全国中学生力学竞赛试题汇编及其评解。本书知识要点概括完整,疑难问题辨析清楚,例题和习题典型、新颖,并突出解题思路和方法的指导。

全国中学生力学竞赛辅导 中国力学学会科普工作委员会 编 责任编辑 张 力

科学普及出版社出版(北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京京东印刷厂印刷

开本: 787×1092 毫米 1/32 印张: 8.25 字数: 180千字

1993年4月 第一版 1993年4月第一次印刷

印数: 0001—10000册 定价: 5.00元

ISBN 7-110-0294-7/G·904

前 言

本书是一本提高中学生力学水平的辅导读物。它既适用于初学阶段逐章巩固所学知识，又适用于学完力学之后的总复习；既适用于高考复习，又适用于准备力学竞赛和物理竞赛。

本书共分三部分，第一部分是学习指导，第二部分是力学竞赛大纲，第三部分是全国历届中学生力学竞赛（包括全国少数民族力学竞赛）试题汇编及其评解。

在编写过程中力求做到：知识要点概括完整，疑难问题辨析清楚，例题和习题典型、新颖，并突出解题思路和方法的指导。

参加本书第一部分编写人员：第一章张静甫，第二章张明森，第三章王祖善，第四章张主方，第五章张越，第六章向大国。

全书由张梦心、汪思谦审阅。

由于编写仓促，难免有疏漏不当之处，请读者谅解并予指正。

中国力学学会科普工作委员会

目 录

前 言

竞赛辅导

一、运动学 静力学	(3)
1. 基础知识	(3)
2. 疑难辨析	(5)
3. 典型例题	(8)
4. 习题精选	(19)
5. 习题参考答案及提示	(24)
二、动力学	(25)
1. 基础知识	(25)
2. 疑难辨析	(25)
3. 典型例题	(27)
4. 习题精选	(37)
5. 习题参考答案及提示	(43)
三、圆周运动 万有引力	(45)
1. 基础知识	(45)
2. 疑难辨析	(46)
3. 典型例题	(49)
4. 习题精选	(55)
5. 习题参考答案及提示	(60)
四、机械能	(61)
1. 基础知识	(61)
2. 疑难辨析	(65)
3. 典型例题	(70)

4. 习题精选	(79)
5. 习题参考答案及提示	(87)
五、动 量	(95)
1. 基础知识	(95)
2. 疑难辨析	(97)
3. 典型例题	(103)
4. 习题精选	(113)
5. 习题参考答案及提示	(120)
六、机械振动和机械波 流体静力学	(121)
1. 基础知识	(121)
2. 疑难辨析	(128)
3. 典型例题	(135)
4. 习题精选	(144)
5. 习题参考笔案及提示	(151)
历届全国竞赛试题及解答	(155)
第一届全国中学生力学竞赛初赛试题	(157)
第一届全国中学生力学竞赛初赛试题解答	(165)
第一届全国中学生力学竞赛决赛试题	(171)
第一届全国中学生力学竞赛决赛试题解答	(174)
第二届全国中学生力学竞赛初赛试题	(181)
第二届全国中学生力学竞赛初赛试题解答	(190)
第二届全国中学生力学竞赛决赛笔试试题	(196)
第二届全国中学生力学竞赛决赛笔试试题解答	(200)
第二届全国中学生力学竞赛决赛实验试题	(217)
第二届全国中学生力学竞赛决赛实验试题评分标准	(218)
第一届全国少数民族中学生力学竞赛初赛试题	(219)

第一届全国少数民族中学生力学竞赛初赛试题解 答	(227)
第二届全国少数民族中学生力学竞赛决赛试题...	(236)
第二届全国少数民族中学生力学竞赛决赛试题解 答	(242)
全国中学生力学竞赛大纲(1993年起实行)	(251)

竞赛辅导

三 林 氏

一、运动学 静力学

1. 基础知识

运动学的任务是研究物体位置随时间变化的规律。

(1) 参照物、平动和转动、质点和刚体。

(2) 描写运动的物理量：位移和路程、速度和速率、平均速度和即时速度、加速度、线速度和角速度、周期和频率。

(3) 匀变速直线运动的规律：

公 式	图 像	说 明
$v_t = v_0 + at$		(1) $a=0$ 匀速
$S = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$		(2) a 为正值, a 与 v 同向 a 为负值, a 与 v 反向
$v = v_0^2 + 2as$		(3) 自由落体 向下为正 $v_0=0$ $a=g$
$\vec{v} = \frac{v_0^2 + v_t^2}{2}$		(4) 竖直上抛, 向上为正 $a=-g$

图1-1

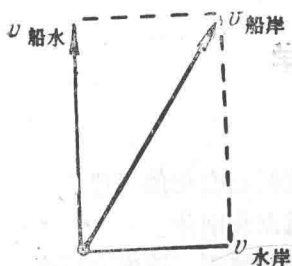
(4) 运动的合成和分解。一个复杂的运动可以看成是由几个比较简单的运动组成的合运动，而这几个简单的运动叫做分运动。从已知分运动来求合运动，叫做运动的合成。从已知合运动来求分运动叫做运动的分解。位移和速度的合成遵从矢量合成的平行四边形法则。

$$\vec{S} = \vec{S}_1 + \vec{S}_2 \quad \vec{V} = \vec{V}_1 + \vec{V}_2$$



(图 1-1)

(5) 相对运动。运动的合成也可以从另外一个角度来认识。以



(图 1-2)

小船渡河为例。设水流对岸的速度为 $v_{\text{水岸}}$ 向东，船对水的速度为 $v_{\text{船水}}$ 向北，因船同时参与这两种运动，所以船对岸的速度 $v_{\text{船岸}}$ 是 $v_{\text{船水}}$ 和 $v_{\text{水岸}}$ 的合速度。

如图1-2所示，即船对岸的运动等于船对水的运动和水对岸的运动的矢量和。一般有：

$$\begin{aligned} \text{相对运动} \quad \vec{S}_{AC} &= \vec{S}_{AB} + \vec{S}_{BC} & \vec{S}_{AB} &= \vec{S}_{AC} - \vec{S}_{BC} \\ \vec{v}_{AC} &= \vec{v}_{AB} + \vec{v}_{BC} & \vec{v}_{AB} &= \vec{v}_{AC} - \vec{v}_{BC} \end{aligned}$$

绝对速度等于相对速度和牵连速度的矢量和。

相对速度等于绝对速度和牵连速度的矢量差。

(6) 曲线运动及其规律：

运 动 现 象		运 动 规 律	运 动 条 件
曲 线 运 动	平抛运动 ($v_x = v_0$)	$x = vt$ $y = \frac{1}{2} gt^2$	(mg 与 v_0 不在一直线)
	$a = g$ 斜抛运动 (v_0 与水平 方向成 θ 角)	$x = v_0 \cos \theta \cdot t$ $y = v_0 \sin \theta t - \frac{1}{2} gt^2$	
	匀速圆周运动 (v, a 大小一定, 方向时刻 在变)	$v = \omega R$ $a_{\text{向}} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = \frac{4\pi^2}{T^2} R$	(合力 F 与 v 垂直, 且 指向圆心)
	行星运动	开普勒三定律	万有引力作为向心力

静力学的任务是研究物体的平衡和平衡力系的规律。

(7) 重力、弹力、摩擦力、滑动摩擦系数及静摩擦系数。

(8) 物体在共点力作用下的平衡条件是合力为零, $\vec{\Sigma F} = 0$ 。即 $\vec{\Sigma F}_x = 0, \vec{\Sigma F}_y = 0$ (各力的作用线都在同一平面内), 也就是把各力 $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3 \dots$ 等用图示法首尾相接起来构成一个封闭的多边形。

若三力平衡, 则每个力和其它两个力夹角的正弦成正比。这一规律叫做拉密定律。

见图 1-3。

$$\frac{F_1}{\sin \theta_1} = \frac{F_2}{\sin \theta_2} = \frac{F_3}{\sin \theta_3}$$

(9) 一般物体的平衡条件是合力为零和合力矩为零,

即 $\vec{\Sigma F} = 0, \vec{\Sigma M} = 0$

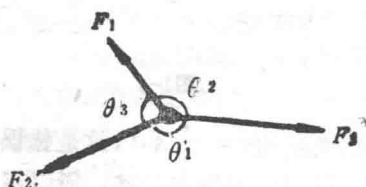


图1-3

2. 疑难辨析

(1) 同一物体的运动, 相对于不同的参照物描述出的运动情况可以是不同的, 因此在描述和研究物体的运动时, 首先必须确定参照物。一般以地面为参照物, 但有时为了解题方便, 宁可选用别的适当的参照物, 使问题变得比较容易解决。例如, 以速度 v_1 行驶在平直轨道上的火车 A 上的司机, 发现前方距离 d 处有一货车 B 以较小速度 v_2 在同一轨道上同向行驶。为了避免相撞, A 车上的司机立即刹车, 试问刹车时与 v 反向的加速度的值必须满足什么要求? 若取 B 为参照物, A 相对于 B 的速度为 $v = v_1 - v_2$, 只要 A 相对于 B 行驶

的距离 $S \leq d$ 时, A 相对于 B 的速度减为零, 则 A 、 B 不会相撞。 B 是匀速运动, A 对 B 的加速度跟 A 对地的加速度相同, 有

$$a = \frac{v^2 - 0}{2S} = \frac{(v_1 - v_2)^2}{2S} \geq \frac{(v_1 - v_2)^2}{2d}$$

(2) 速度的分解要根据实际情况进行, 例如岸上通过

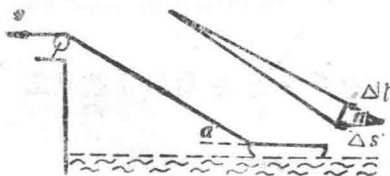


图1-4

定滑轮以不变的速度 v 收绳子时, 问当船头上绳子与水平方向夹角为 α 时, 船速 u 为多大? 不少同学会将绳的速度 v 分解为竖直分速度 $v_y = v \sin \alpha$ 和水平分速度 $v_x = v \cos \alpha$,

以为船速 $u = v \cos \alpha$, 这是错误的。因为实际上, 船在运动时, 在竖直方向没有位移。所以不会有竖直分速度, u 也不等于 $v \cos \alpha$ 。怎样求 u 呢? 可以设想在极短时间 Δt 内, 船前进了

ΔS , 绳子收去长度 Δl , 由于 Δt 极小, 可认为 $\frac{\Delta l}{\Delta S} = \cos \alpha$,

而 $\frac{\Delta l}{\Delta S} = \frac{v}{u}$, 得出船速 $u = \frac{v}{\cos \alpha}$ 。可以看到, 虽然收绳子的

速度大小不变, 船靠岸的速度却随着 α 的增大而增大。

(3) 一个复杂的运动可以看成是由几个比较简单的运动的合运动。如小船在流水中行驶、平抛运动和斜抛运动等, 要注意掌握 1) 运动的独立性, 即各分运动彼此独立, 互不干扰; 2) 运动的等时性, 即各分运动与合运动总是同时进行的, 它们运动的时间总相等。

(4) 正确分析物体所受的力是解力学问题的关键。不要认为只要物体间有“接触”, 物体间就一定有弹力, 有无

弹力，要从有无形变或者物体的运动状态来判断。如小球靠在墙脚边静止不动，墙对小球有没有弹力、有无形变是不易判断的，但从运动状态可以判断小球没有受到墙的弹力，因为如果有弹力，小球就不可能平衡。不要认为物体在粗糙面上滑动，就一定受到滑动摩擦力。例如物体在斜向上拉力作用下沿粗糙水平面运动时，当拉力在竖直方向的分量等于物体的重力时，地面对物体的弹力等于零，滑动摩擦力 $f = \mu N$ ， $\mu \neq 0$ ， $N = 0$ ，所以滑动摩擦力等于零。

(5) 要正确判断摩擦力的方向，不要认为摩擦力总是阻力、总是阻碍物体运动的，摩擦力的方向总是阻碍物体间的相对运动或相对运动趋势的、总是跟相对运动或相对运动趋势相反。至于是否跟物体运动或运动趋势相反，应作具体分析。如物块 A 以速度 v 正好从小车 B 的表面擦过，在 B 的表面滑行一段距离后两者以同一速度前进（设小车与地面的摩擦不计） A 受 B 的摩擦力是和 A 的运动方向相反的， B 受到 A 的摩擦力是和 B 的运动方向一致的，是 B 作加速运动的动力。又如汽车在地面上行驶时，牵引力实际上是地面对车轮的向前的静摩擦力，汽车发动机产生的力矩使后轮转动，后轮着

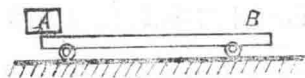


图1-5

地处相对地面有向后运动的趋势，所以地面给后轮一个向前的静摩擦力，作用在汽车上即是推动汽车的牵引力。

(6) 要正确理解平衡的概念和条件，不要认为物体即时速度为零物体就处于平衡，物体在运动变化的过程中，某一瞬间，物体“静止”，但加速度、合力不为零，物体不是处于平衡状态。如果物体没有固定转动轴，所受的力都在一个平面内，原来静止的物体在平面力作用下如果合力为零，就

会发生平动；如果合力矩不为零，就会发生转动。因此，一般物体的平衡条件是合力为零和合力矩为零。运用上述的一般物体的平衡条件，可以分析处理比较复杂的平衡问题，在分析受力时，特别要注意摩擦力的方向；在计算力矩时，关键在于找出力臂和物体的转动方向。

(7) 开普勒三定律不仅适用于行星，也适用于其它天体。例如对任何行星的不同卫星来说， $\frac{R^3}{T^2}$ 也是定值，只是

$\frac{R^3}{T^2} = K$ 不同而已，对一定的“母星”， K 值是一定的，对不同的“母星”， K 值不同，

这对处理有关人造地球卫星的问题往往方便不少， R^3 与 T^2 成正比。

3. 典型例题

(1) 一匀质细杆长为 l ，上下两端 A 、 B 分别靠在竖直墙和水平地面上，如图 1-6 所示，当 A 端以速度 v_0 匀速向着墙脚 O 点移动，

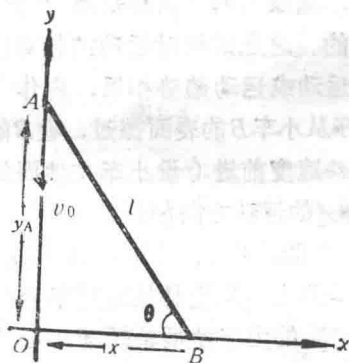


图 1-6

相距 O 点为 y 时，求 B 端的速度。

解 B 端在水平方向的速度 v_B 是 B 沿杆方向的速度 u 和绕 A 转动引起的速度 v 的矢量和。

B 端沿杆方向的速度 u 等于 A 端速度 v_0 沿杆方向的投影，

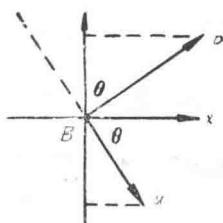


图 1-7

即 $u = v_0 \sin \theta = v_0 \frac{y}{l}$

v 是转动引起的, 因为方向垂直于杆, 见图 1-7, 其大小是 v 在 y 轴上的投影, 正好等于 u 在 y 轴上的投影, 方向相反。这样才保证 B 端沿 ox 移动, 因此

$$v \cos \theta = u \sin \theta, \quad v = u \operatorname{tg} \theta$$

$$v_B = u \cos \theta + v \sin \theta = u (\cos \theta + \sin \theta \operatorname{tg} \theta) = u \left(\frac{\cos^2 \theta + \sin^2 \theta}{\cos \theta} \right)$$

$$= \frac{u}{\cos \theta} = v_0 \operatorname{tg} \theta = v_0 \frac{y}{x}$$

从上述解可知, A 端匀速下滑, B 端是非匀速移动的, 而且在运动过程中, 随着 θ 角的减少, v_B 不断减小。

(2) 一人骑自行车向东行, 当车速为 4 m/s 时, 感到风从正南方吹来, 当车速为 6 m/s 时, 感到风从东南方吹来, 求风速。

解 所求风速是风对地的绝对速度, 等于风对骑车人的相对速度和骑车人对地的牵连速度的矢量和, 有

$$\vec{v}_{\text{风地}} = \vec{v}_{\text{风人}} + \vec{v}_{\text{人地}} = \vec{v}_{\text{风人2}} + \vec{v}_{\text{人地2}}$$

本题中, 已知两个牵连速度的大小和方向、两个相对速度的方向, 要求绝对速度的大小和方向。这相当于作两个平行四边形的共同对角线, 如图 1-8 中 $\vec{OC}$

$$\begin{aligned} v_{\text{风地}} &= \vec{OC} \\ &= \sqrt{OA^2 + AC^2} \\ &= \sqrt{OA^2 + AA'^2} \end{aligned}$$

$$= \sqrt{4^2 + 2^2} \text{ m/s}$$

$$= 4.5 \text{ m/s}$$

$$\tan \alpha = \frac{1}{2}$$

$$\alpha = 26.6^\circ, \text{ 方向东偏北 } 26.6^\circ$$

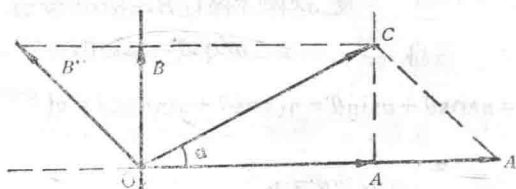


图1-8

(3) 打活动靶子(猎猴问题), 当子弹从地面瞄准空中靶子(猴子)发射的瞬间, 靶子同时自由下落, 试求当子弹的动速度满足什么条件时, 子弹总能击中靶子。

解 子弹击中靶子, 即经过某一段相同时间, 子弹的位置和猴子的位置重合。

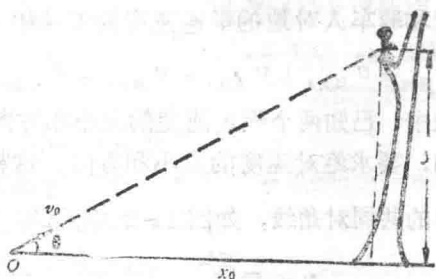


图1-9

解法(1) 以地面为参考物, 取枪口为平面直角坐标系原点, 经时间 t ,