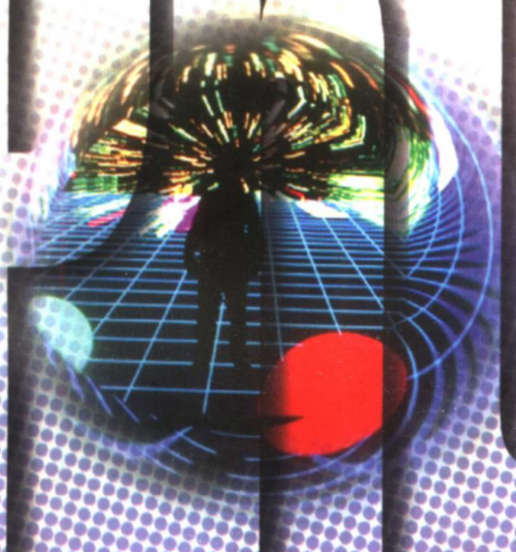
中学生精典文库

OLYMPIAD

中学生物理奥林匹克辅导讲座

中国物理学会教学委员会中学分会
宓子宏主编



湖南教育出版社

奥林匹克竞赛系列书目

中学生物理奥林匹克辅导讲座（16.40元）　宓子宏主编
奥林匹克物理1（12.60元）　舒幼生主编
奥林匹克物理2（14元）　舒幼生主编
奥林匹克物理3（12.40元）　舒幼生主编
90年代国际物理奥赛试题及解答（12.90元）　舒幼生主编
初中物理奥林匹克竞赛辅导（11.80元）　王殖东主编
中学化学奥林匹克（21.30元）　张灿久 杨慧仙主编
中学物理上当题析（15.20元）　张永生主编

ISBN 7-5355-1676-9
9 787535 516763
ISBN7—5355—1676—9/G · 1671
定　价：16.40元

中学生精典文库

中学生
物理奥林匹克
辅导讲座

中国物理学会教学委员会中学分会
宓子宏主编

湖 南 教 育 出 版 社

中学生物理奥林匹克辅导讲座
宓子宏　主编
责任编辑：谭清莲
湖南教育出版社出版发行
湖南省新华书店经销
湖南常德滨湖印刷股份有限公司印刷
850×1168毫米　32开　印张：11.125　字数：290000
1993年9月第1版　　1999年5月第2版第8次印刷
印数：30001—33000
ISBN7－5355－1676－9/G・1671
定价：16.40元
本书若有印刷、装订错误，可向承印厂调换

再版说明

《中学生物理奥林匹克辅导讲座》出版以来，受到了读者的广泛好评，认为本书内容全面，题目精当，是中学生参加物理竞赛的一本很有价值的辅导书。本书年年重印，1994 年出版至今已重印 6 次。今年，在中国物理学会教学委员会中学分委员会主任、华东师大宓子宏教授的主持下，我们组织作者对原书进行了修订，更新了综合题内容、增加了知识含量，并由曾长年担任中学生物理国际奥赛主教练、北京大学的舒幼生教授重新精编了三套模拟赛题，使本书更加符合近年竞赛的要求，适合于优秀人才的培养。希望本书能伴随着读者获得成功。

编　者

1998. 6.

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

前　言

多年来实践证明，中学生物理竞赛活动有助于促进中学生提高学习物理的兴趣和水平，有助于改进中学物理教学，活跃中学校内学习空气，更有助于发现和选拔具有突出才能的学生，为今后造就优秀人才打下良好的基础。为此各省市都很重视此项工作，而且纷纷成立省、市物理奥林匹克业余学校。1994年将在我国北京举行第25届国际物理奥林匹克竞赛。全国广大中学生都“摩拳擦掌”、跃跃欲试，夺冠的欲望相当强烈。为了迎接第25届国际物理奥林匹克竞赛，湖南教育出版社出版《中学生物理奥林匹克辅导讲座》、《奥林匹克物理》、《国际物理奥林匹克竞赛题及解答》，重版《中学物理奥林匹克趣题选及解答》等系列著作，其中《中学生物理奥林匹克辅导讲座》一书的内容曾部分连载于中国物理学会主办的《物理教学》杂志上，受到读者普遍的欢迎。

《中学生物理奥林匹克辅导讲座》一书的内容，按知识体系以力学、热学、电磁学、光学和原子物理为顺序分为九讲，加上物理实验和综合讲座共十一讲，每讲内容又分为“知识介绍”、“疑难分析”、“典型例题”、“习题精选”四大部分。“知识介绍”部分是以全国中学生物理竞赛内容提要为依据，凡是超过高考大纲的内容，加以扼要介绍，以利于扩大知识面，适应竞赛的要求。“典型例题”和“疑难分析”中注意题目新颖，辨析难点，侧重于解题方法和技巧。“综合”和“模拟试题”是让学生能将物理内容融会贯通，自己检验掌握知识的程度。此外还精编三套模拟赛题及解答。这三套模拟题是特请国际

物理奥林匹克竞赛中国队领队、主教练舒幼生教授精编，颇具难度，很适用于优秀学生攻关磨炼。

本书的特色可以概括为：内容全面、题目精选、启发思维、自学方便。我们要感谢作者为参加物理竞赛的学生提供了一本很有价值的辅导书。该书对于各省、市物理奥林匹克业余学校来说，也是一本合适的参考教材。

参加本书编写的有（按撰稿顺序）：荘起黎、袁哲诚、王若安、张越、张大同、舒幼生。宓子宏任主编。

宓子宏

1993.6

目　　录

第一讲 物体的平衡与运动

一、知识介绍

这里主要对在教学大纲之外，但属竞赛考纲范围之内的内容作一个简要的介绍。

1. 物体的平衡

物体的平衡包括静平衡与动平衡。具体是指物体处于静止、匀速直线运动和匀速转动这三种平衡状态。

(1) 弹簧的组合使用

把倔强系数分别为 k_1、k_2 的两根弹簧串联一起使用时，则作为一整根弹簧而言，其倔强系数 k 可用公式 $\frac{1}{k}=\frac{1}{k_1}+\frac{1}{k_2}$ 来求得；若该两根弹簧等长，则并联一起作一整根弹簧使用时，其倔强系数 $k=k_1+k_2$。

(2) 摩擦力与摩擦角

当相互接触的两个物体彼此有相对运动或相对运动趋势时，在两物体接触表面之间，出现的与相对运动方向相反的力称为滑动摩擦力，其大小可用 $f=\mu N$ 来计算；出现的与相对运动趋势方向相反的力称为静摩擦力，其大小则可随外力的改变在零与最大静摩擦力的区间范围内发生改变，最大静摩擦力可用 $f_m=\mu_0 N$ 来计算。以上两式中，N 是正压力，μ_0 为静摩擦系数，μ 为滑动摩擦系数。对相同的物体与接触表面，应有 $\mu_0>\mu$。若令 $\mu_0=\frac{f_m}{N}=$

$\operatorname{tg}\phi$，则 ϕ 称为摩擦角。摩擦角 ϕ 是正压力 N 与最大静摩擦力 f_m 的合力与接触面法线间的夹角。

(3) 共点力 F_1 与 F_2 的合力计算式（见图 1-1）

$$F_{合}=\sqrt{F_1^2+F_2^2+2F_1F_2\cos\theta}$$

$$\phi=\operatorname{arc\ tg}\frac{F_2\cdot\sin\theta}{F_1+F_2\cos\theta}$$

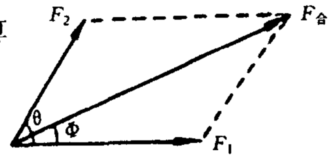


图 1-1

(4) 共点力作用下物体的平衡条件

平衡条件是：合力为零。即有：$\Sigma \boldsymbol{F}=0$。

或是说：$\Sigma F_x=0$，$\Sigma F_y=0$，$\Sigma F_z=0$。

(5) 刚体的平衡条件

(a) 合力为零，即 $\Sigma \boldsymbol{F}=0$。

(b) 对任一转轴的力矩的代数和为零，即 $\Sigma \boldsymbol{M}=0$。

(6) 物体平衡的种类

分为稳定平衡、不稳平衡和随遇平衡三种类型。

(7) 力的多边形法则

多个共面共点力合成时，可把每个力的始端依次画到另一个力的终端（即箭头）上去，那么从第一个力的始端到最后一个力的终端的连线就表示这些力的合力。图 1-2 中虚线 OR 所示的即为 $\boldsymbol{F}_1$、$\boldsymbol{F}_2$、$\boldsymbol{F}_3$、$\boldsymbol{F}_4$、$\boldsymbol{F}_5$、$\boldsymbol{F}_6$ 的合力。

(8) 力偶、力偶矩

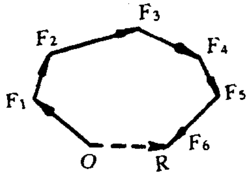


图 1-2

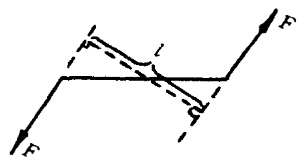


图 1-3

二个大小相等、方向相反而不在一直线上的平行力称为力偶。力偶中的一个力与力偶臂（两力作用线之间的垂直距离）的乘积

叫做力偶矩（见图 1-3）。在同一平面内诸力偶的合力偶矩等于诸力偶矩的代数和。

（9）重心和质心

组成物体的各微粒都要受到重力作用，这些重力的合力就是物体的重力。这个合力的作用点就称为该物体的重心。知道了重心以后，就可以不管物体的形状，把整个物体的重力当作是集中在重心一点上来处理。物体的重心只跟物体的形状和质量分布有关，与物体如何放置及放置在何处无关，且一般认为重心与质心的位置是重合的。均匀质量分布的物体的重心（或质心）位置就在其几何中心处。重心（或质心）的位置可以在物体外。

2. 物体的运动

（1）运动的合成和分解

一个运动可以看成几个各自独立进行的运动叠加而成，这就是运动的独立性原理或运动叠加原理。据此，可以将运动进行合成和分解。如斜上抛运动可以看成是水平方向上的匀速直线运动和竖直方向上的竖直上抛运动的合成。速度、位移、加速度都可以合成和分解，它们都遵循矢量的合成和分解法则。

（2）运动的相对性

同一物体相对于不同的参照系其运动情况不相同，速度也不一样，这就是运动的相对性。如船甲相对于河水乙的速度为$\boldsymbol{v}_{甲对乙}$，河水乙相对于地面丙的速度为$\boldsymbol{v}_{乙对丙}$，则船甲相对于地面丙的速度$\boldsymbol{v}_{甲对丙}$应是按矢量合成法则，用$\boldsymbol{v}_{甲对乙}$和$\boldsymbol{v}_{乙对丙}$为邻边的平行四边形的对角线来表示。遇到这一类习题时，可以运用以下解题原则：

【原则一】 $\boldsymbol{v}_{甲对丙}=\boldsymbol{v}_{甲对乙}+\boldsymbol{v}_{乙对丙}$

【原则二】 $\boldsymbol{v}_{甲对乙}=-\boldsymbol{v}_{乙对甲}$，$\boldsymbol{v}_{乙对丙}=-\boldsymbol{v}_{丙对乙}$

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

二、疑难分析

1. 测定重心的方法

不少习题，若能运用重心（或质心）来解，会方便得多。但有的物体其重心位置并不能直接求出，故要首先学会测定重心的方法。课本中已介绍过“悬吊法”测重心，这里再介绍计算中最常用的三种方法。

【方法一】填补法。这是把“残缺”部分“补全”后使解题过程化难为易的一种思考、实践的方法。

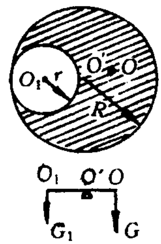


图 1-4

如求图 1-4 中重 G 的匀质板（阴影部分）的重心位置 O 时，可设想先“填补”挖去的那部分内切圆，此圆重心在小圆圆心 O_1，重 G_1，而填满后大圆的重心必在大圆圆心 O' 处。则应有 G_1 对 O' 的力矩应等于 G 对 O' 的力矩。

即有：　　$G_1 \cdot \overline{O_1O'} = G \cdot \overline{OO'}$

即：　　$\overline{OO'} = \dfrac{G_1}{G} \cdot \overline{O_1O'} = \dfrac{\pi r^2 \cdot r}{\pi(R^2 - r^2)} = \dfrac{r^3}{R^2 - r^2}$

【方法二】分割法。这是把整体“分割”为重心易求的部分体，然后使解题简化的一种思考、实践方法。

如图 1-5 所示装置，A、B 均由同一匀质材料制成，A 为半径为 a 的半圆柱体，B 为半径为 $a/2$ 的小圆柱体，B 中轴线过 A 重心，已知 A 重心在顶面中心下方 $\dfrac{4a}{3\pi}$ 处。若要求使整个系统处于随遇平衡时 B 高 h 的值，可以把装置“分割”成 A、B 两部分。根据随遇平衡条件可知其整体重心必在 B 中轴线与 A 顶面的交点处，且这时两部分重力对装置重心的力矩应是相等的。用体积表

示重力，由力矩平衡条件有：

$$\frac{1}{2}\cdot\pi a^2\cdot 5a\cdot\frac{4a}{3\pi}=\pi\left(\frac{a}{2}\right)^2\cdot h\cdot\frac{h}{2}$$

可解得：$h=4a\sqrt{\frac{5}{3\pi}}$

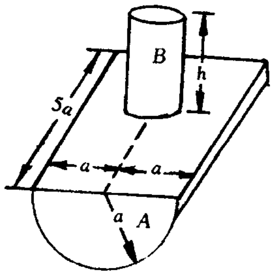


图 1-5

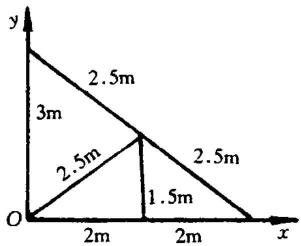


图 1-6

【方法三】坐标法。该法是建立在以上两方法基础上的。它是解决由匀质体组成的较为复杂的“集合体”的一种通用的方法，当然也适用于简单体。

如要求图 1-6 所示的由每米长质量为 M 的 7 根匀质杆件构成的平面衍架的重心。可如图示一样选择好平面坐标系后设衍架重心坐标为 $\overline{x}$、$\overline{y}$，则根据各杆件重心位置对 x 轴或 y 轴的力矩之和等于衍架重心位置对 x 轴或 y 轴的力矩数值这一原则，可以分别求出衍架重心的坐标 $\overline{x}$、$\overline{y}$。

$$\overline{x}=$$

$$\frac{(2\times1+2.5\times1+2.5\times1+1.5\times2+2\times3+2.5\times3+3\times0)M}{(2+2.5+2.5+1.5+2+2.5+3)M}$$

$$=\frac{23.5}{16}\ \mathrm{m}\approx1.47\ \mathrm{m}$$

$$\overline{y}=$$

$$\frac{[(2+2)\times0+3\times1.5+(2.5+2.5+1.5)\times0.75+2.5\times2.25]M}{(2+2+3+2.5+1.5+2.5+2.5)M}$$

$$=\frac{15}{16}\ \mathrm{m}\approx0.94\ \mathrm{m}$$

2. 刚体平衡类习题求解手段

（1）巧妙选择转动轴

解答此类习题时，转动轴的选择技巧将直接影响解题的难易程度。如要证明三人搬运匀质三角形金属板、施力点在三个顶点位置时所施力相等，可选用三角形的边为转动轴，能消除两个未知力，而使证明过程得到简化。

由于选某点为转轴，则通过该点的所有力的力矩都为零，因此选多个未知力通过的点为转轴，就能使解题简化。

（2）正确画出受力图

正确画出受力图，是解刚体平衡类习题的先决条件，必须做到"不多力、不少力、不错方向"。如图 1-7 中已知 A、B 为无摩擦铰链及匀质杆 AB、BC 杆的质量，求使系统平衡时在 C 点所加的力的大小与方向。解本题的关键是确定好 C 点所加力的大致方向。由于 A、B 两点的受力大小及方向未知，可先以整体为研究对象并以 A 为转轴来分析，可知 $\boldsymbol{F}$ 的方向不能向竖直线左方，否则系统受同方向力矩无法平衡；再以 AB 为研究对象以 B 为转动轴分析，可知 $\boldsymbol{F}$ 的方向不能向 AB 杆下方，否则 AB 受同方向力矩也无法平衡。这样可确定 $\boldsymbol{F}$ 的方向必指向竖直线右方且又处于 AB 上方如图所示方向。确定了 F 力方向，分别以 $\Sigma M_A=0$ 及 $\Sigma M_B=0$ 列出方程，就能求出 F 与 θ 两个未知量了。

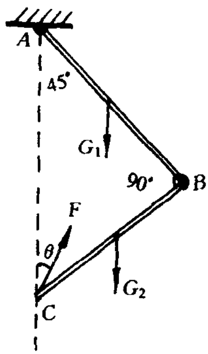


图 1-7

（3）整体分析法与隔离体分析法

若遇相关联的二个以上物体时，应注意灵活地选用整体分析法或隔离体分析法来解题。一般，根据题设条件与求解目标选用恰当的方法能使解题过程简洁。上面一例在分析中就是同时使用了两种分析方法，这也是常用的手段。当然不少习题分别用不同

方法也都能殊途同归，而且繁简的差别也并不明显。

如图 1-8 装置中物体系处于静平衡状态，A 为铰链，AB 为长 L 的轻木板，球 O 的半径为 r、重为 G，所有接触光滑。问 θ 多大时拉力 F 最小？

解此题可用隔离体法先对小球作受力分析，解出球对板的正压力 $N=\dfrac{G}{\sin\theta}$，再以板为研究对象，由 $\Sigma M_A=0$ 列出方程 $FL\cdot\cos\theta=\dfrac{G}{\sin\theta}\cdot r\cdot \mathrm{ctg}\,\dfrac{\theta}{2}$. 经化简和求极值过程可得最后结果：当 $\theta=60^\circ$ 时，F 有最小值 $F_{\min}=\dfrac{4Gr}{L}$。

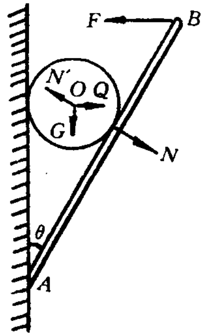


图 1-8

本题也可用整体法解。把球与板看成一个整体，由 $\Sigma M_A=0$ 列出一个整体分析方程：$FL\cdot\cos\theta=G\cdot r+G\cdot \mathrm{ctg}\theta\cdot r\cdot \mathrm{ctg}\,\dfrac{\theta}{2}$。该方程与上一方程看似两样，但经化简后则应是同一个方程，当然答案也是一样的了。

应该说明的是：要求两个物体间的相互作用力，则必须把这两个物体“隔离开来”分析，不然是无法求出这对力的大小与方向来的。因为“内力”对整体而言是不起作用的。也正是这一点“优越性”，使整体分析法在解某些习题中不失为一种优越而简洁的方法。

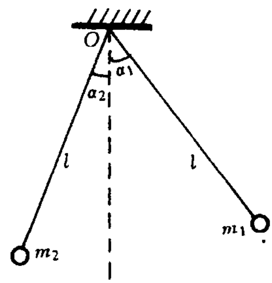


图 1-9

如图 1-9 所示两个质量分别为 m_1、m_2 的小球，用等长丝线悬挂于同一点，使两球分别带上 $+q_1$、$+q_2$ 的电量，两球张开与竖直方向夹角为 α_1、α_2。试证：若 $m_1<m_2$，则必有 $\alpha_1>\alpha_2$。

解该题的最简洁方法莫过于整体分析法。此时绳子拉力及电

场力均已属内力，这一整体对 O 点静止。对 O 点取力矩，

则有：　$m_1 gl\sin\alpha_1 = m_2 gl\sin\alpha_2$

可得：　$m_1\sin\alpha_1 = m_2 \cdot \sin\alpha_2$

则有：　$m_1 < m_2$　必有：$\sin\alpha_1 > \sin\alpha_2$，

因为　$\alpha_1 < 90°$，$\alpha_2 < 90°$，则必有 $\alpha_1 > \alpha_2$ 得证。

3. 相对运动

在涉及相对运动的问题中，选择合适的参照系，有利于对问题的研究和计算。

如：游艇以匀速沿河逆流航行，在某一固定地点丢失了一个救生圈，丢失后经时间 t 后才发现，于是游艇立即返回，在离丢失地点下游距离为 s 处找到了救生圈，求水的流速。设游艇顺流与逆流航行中相对河水的速率相同。

本题救生圈与游艇始终同在流速为 v 的河水中参与了整个运动过程。为此可选河流为参照系，就可以把问题化为相当于静水中的问题了。静水中救生圈落下后的位置始终不变，故游艇返回至追上救生圈时间也必为 t。在水流中，救生圈顺流而下的时间则为 $2t$，这样就很易得到水流的速度为 $v = \frac{s}{2t}$。

不少同学怀疑这类做法的正确性，主要是不明白，在任何参照系中，运动学的一切规律同样都可以适用的道理。

又如：电梯顶板上用绳拴一小球，球离底板高 $h = 1.5$ m。若电梯在以加速度 $a = 2.2\ \text{m/s}^2$ 竖直上升的过程中绳断，求球落到底板所需时间及此时球相对于电梯的速度。

本题若以电梯为参照系，可使解题简化。先解决相对加速度 $a_{合} = a_{球对梯} = a_{球对地} + a_{地对梯} = g + a = 12\ \text{m/s}^2$，根据运动学公式 $h = \frac{1}{2}at^2$ 有 $t = \sqrt{\frac{2h}{a_{合}}} = \sqrt{\frac{2\times 1.5}{12}} = 0.5$ s 而 $v_t = a_{合} \cdot t = 12 \times 0.5 = 6$ m/s，方向由顶板指向底板。

三、典型例题

【例 1】如图 1-10 所示，六块砖一块在另一块上面，而且每块砖都比底下的一块突出一些，当六块砖不用水泥粘结就能保持平衡时，第一块砖最多能比最底层第六块砖突出多长？若如此堆下去，第 n 块砖要比第 $(n+1)$ 块砖前突多长（设砖头匀质，砖长 L）？

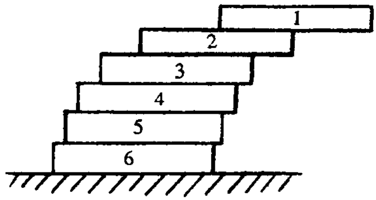


图 1-10

【解】要不翻转，必须使重心在支持面内，最多在边缘。设每块砖比底下一块砖突出的长度为 ΔL，则：

对第一块砖有 $\Delta l_1=\dfrac{L}{2}$

对第二块砖有 $m\cdot\Delta l_2=m\left(\dfrac{L}{2}-\Delta l_2\right)$ 即 $\Delta l_2=\dfrac{L}{4}$

对第三块砖有 $2m\cdot\Delta l_3=m\left(\dfrac{L}{2}-\Delta l_3\right)$ 即 $\Delta l_3=\dfrac{L}{6}$

对第四块砖有 $3m\cdot\Delta l_4=m\left(\dfrac{L}{2}-\Delta l_4\right)$ 即 $\Delta l_4=\dfrac{L}{2\times 4}$

对第五块砖有 $4m\cdot\Delta l_5=m\left(\dfrac{L}{2}-\Delta l_5\right)$ 即 $\Delta l_5=\dfrac{L}{2\times 5}$

$$\Delta l_{1-6}=\Delta l_1+\Delta l_2+\Delta l_3+\Delta l_4+\Delta l_5$$

$$=\frac{L}{2}+\frac{L}{4}+\frac{L}{6}+\frac{L}{8}+\frac{L}{10}=\frac{137}{120}L\approx 1.14L$$

若继续堆下去，则对第六块砖有 $5m\cdot\Delta l_6=\left(\dfrac{L}{2}-\Delta l_6\right)$

即 $\Delta l_6=\dfrac{L}{2\times 6}$

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com