

GAOZHONG WULI AOLINPIKE TONGBU JIAOCAI



高中物理

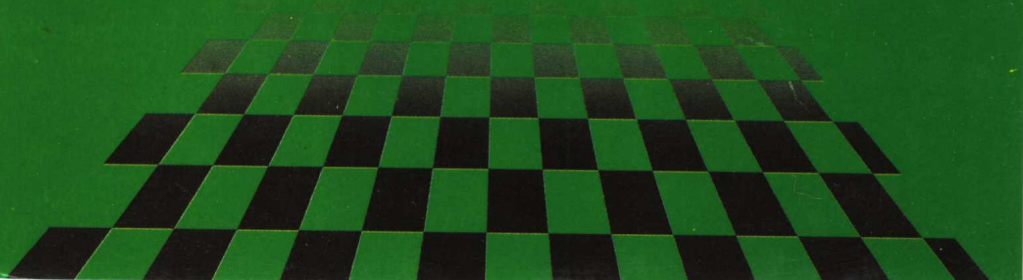
主编 轩植华 范小辉

综合卷

奥林匹克

同步教材

西南师范大学出版社





高中物理

必修 1 必修 2 必修 3



奥林匹克

高中物理奥林匹克竞赛

清华大学出版社

GAOZHONG WULI AOLINPIKE TONGBU JIAOCAI



高中物理

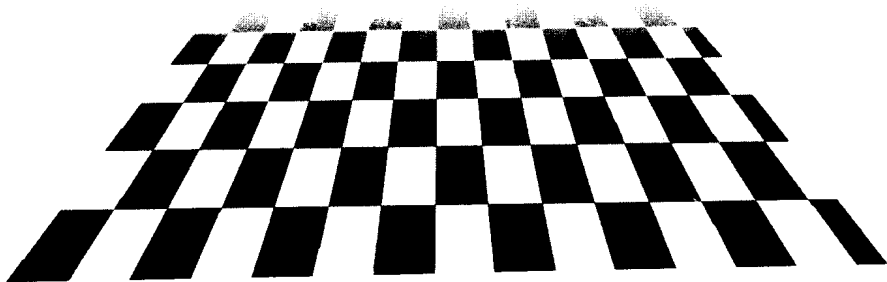
综合卷

主 编 轩植华 范小辉
编 者 轩植华 钟小平
 龚霞玲 范小辉

奥林匹克

同步教材

西南师范大学出版社



责任编辑 李 红

封面设计 王 煤

高中物理奥林匹克同步教材(综合卷)

轩植华 范小辉 主编

西南师范大学出版社出版、发行

(重庆 北碚)

重庆科情印务有限公司

开本:850×1168 1/32 印张:13.75 字数:345千
2000年9月 第1版 2001年1月 第2次印刷

印数:10 001~15 000

ISBN 7-5621-2374-8/G·1402

定价:15.00元

奥林匹克金、银、铜牌得主指导教师

部分作者简介

吴国庆

多位金、银、铜牌得主的指导教师之一
担任数十届国际化学奥林匹克竞赛中国队领队
第27届国际化学奥林匹克学术委员会主任和命题组组长
中国化学会科普工作委员会主任
全国化学竞赛命题组组长
中国化学会理事
中国化学会化学教育委员会副主任
教育部高师教改指导委员会委员兼化学学科组组长

曹居东

多位金、银牌得主的指导教师之一
北京市化学奥林匹克竞赛集训队主教练
中国化学会理事
中国化学会化学教育委员会副主任
中国化学会有机化学学科委员会委员
教育部高校有机化学及高分子专业指导组成员

严宣申

多位金、银、铜牌得主的指导教师之一
第 27 届、第 28 届、第 29 届
国际中学生化学奥林匹克竞赛国家集训队主教练
全国化学竞赛命题组成员

轩植华

多位金、银、铜牌得主的指导教师之一
第 28 届、第 29 届、第 30 届
国际中学生物理奥林匹克竞赛国家队主教练
第 28 届、第 29 届、第 30 届
国际中学生物理奥林匹克竞赛国家队教学领队

缪钟英

第 26 届、第 28 届国际中学生物理奥林匹克竞赛
2 位金牌得主的指导教师之一
全国中学生物理奥林匹克竞赛委员会委员

范小辉

第 26 届
国际中学生物理奥林匹克竞赛 1 位金牌得主的指导教师
全国“五一”劳动奖章获得者

刘凯年

第 37 届国际中学生数学奥林匹克竞赛
金牌得主的指导教师
全国初中数学联赛组委会委员

施 华

第 29 届、第 30 届
国际中学生化学奥林匹克竞赛 2 位银牌得主的指导教师

卷首语

亲爱的读者,我们正在迈向一个崭新的世纪,怎样树立创新意识,跟上时代前进的步伐,已成为广大青少年面临的富有挑战性的课题。面对世界范围方兴未艾的奥林匹克竞赛,我们把视角投向挖掘广大青少年的创新潜力,推崇发现、发明、革新、开拓、进取的百折不挠的奥林匹克精神。该系列教材在选材和编写结构上,对推进中学学科素质教育,拓展中学生的知识视野,训练中学生的实验操作能力以及培养中学生的社会活动参与意识等方面做出了有益的尝试,并在保持该系列教材初中版优势的基础上再创新特色:

同步 与课堂教学同步进行初赛训练,使竞赛训练既是课堂教学的巩固和延伸,又有利于中学生参与高考角逐。

递进 知识水平由浅入深、循序渐进地拓宽和提高,能力训练由初赛的热身训练(见各分册)自然过渡到初赛实战训练(见综合卷),并在保持每分册相对

独立的基础上体现出较强的系统性。

融合 知识生长点注重与新教学思想和新课程标准融合,能力训练注重与社会生活和科研情景融合。

新颖 人有我新的魅力所在

——《高中数学奥林匹克同步教材》注重数学方法的渗透,提高数学竞赛的综合素质能力和应变技能。

——《高中物理奥林匹克同步教材》专题点拨竞赛难点,浓缩物理竞赛解题方法精华,启迪发展多向思维。

——《高中化学奥林匹克同步教材》追踪最新竞赛动态,提问式地分析归纳重点、难点、热点,独具新颖、直观的思维训练匠心。

——《高中英语奥林匹克同步教材》知识水平高于现行人教版教材,能力训练模拟新高考题型,其综合卷与即将实施的新课程标准接轨,听力试题配有录音磁带。

该系列教材凝结着一大批为我国奥林匹克竞赛事业做出成绩的教练员们的热情与心智,他们为了使奥赛训练的宝贵经验连同他们对奥林匹克竞赛内涵的深刻理解尽可能完美地跃然纸上,不辞辛劳地几易其稿,用爱与心的奉献沐浴奥林匹克竞赛的花蕾。

亲爱的读者,我们衷心祝愿高中奥林匹克同步教材伴你走向成功!

前 言

为了提高我国奥林匹克竞赛初赛训练的整体水平,我们依据物理竞赛初赛大纲,在《高中物理奥林匹克同步教材》(第一册、第二册)的基础上针对高中物理竞赛初赛培训的需要编写了此书。本书相对《高中物理奥林匹克同步教材》(第一册、第二册)而言,更具有综合性,尤其适合高中生中成绩优秀者课外阅读和初赛训练使用。

本书具有明显优于同类读物的如下特点:

1. 权威性

本书作者多系为我国物理竞赛做出突出贡献的教练员和指导教师。他们的热情参与和精心编写,他们高屋建瓴的点拨和智慧闪烁的讲解,使本书站到了同类读物的前沿。

2. 前瞻性

本书渗透了编写者最新的科研教学成果,透彻地评析了国际、国内物理竞赛理论命题的发展趋势,并从发展的角度就如何学好物理进行了科学的总结,体现了竞赛的知识水平和训练方向,对学生竞赛夺魁具有很强的指导意义。

3. 可读性

本书在编写上十分重视新问题、新题型的收集与最佳解法的探讨。同时,十分重视用朴素亲切的语言将深奥的道理娓娓道来,将繁杂的解题过程具体明晰地展示出来。具有较强的可读性。

本书第1讲至第13讲由钟小平执笔;第14讲和第15讲由龚霞玲执笔;第16讲至第36讲及三套竞赛模拟题由范小辉执笔;“物理竞赛理论命题的发展趋势”及“怎样提高解题能力,学好物理”由轩植华执笔。最后由轩植华、范小辉审定、统稿。

由于时间仓促,书中不足之处在所难免,祈盼读者不吝指教,以便再版时修改。

目 录

MU LU

第 1 讲	力的概念与受力分析	(1)
第 2 讲	有固定转动轴物体的平衡	(9)
第 3 讲	一般物体的平衡	(17)
第 4 讲	平衡的种类与液体静平衡	(27)
第 5 讲	直线运动	(34)
第 6 讲	曲线运动	(41)
第 7 讲	直线运动中的牛顿定律	(49)
第 8 讲	曲线运动中的牛顿定律	(57)
第 9 讲	功和功率	(67)
第 10 讲	动能定理和机械能守恒定律	(75)
第 11 讲	天体运动	(84)
第 12 讲	动量定理和动量守恒定律	(92)
第 13 讲	碰撞	(99)
第 14 讲	振动	(107)
第 15 讲	波动	(115)
第 16 讲	固体和液体的性质	(122)
第 17 讲	气体性质	(129)

第18讲	热力学第一定律	(136)
第19讲	物态变化	(144)
第20讲	电场与电场强度	(152)
第21讲	电势	(160)
第22讲	电场中的导体和电介质	(168)
第23讲	电容器	(176)
第24讲	闭合电路欧姆定律	(185)
第25讲	混联电路的处理	(194)
第26讲	电表改装 电桥平衡 电势差计 ..	(204)
第27讲	磁场对电流的作用	(212)
第28讲	磁场对运动电荷的作用	(221)
第29讲	法拉第电磁感应定律	(231)
第30讲	自感与互感	(242)
第31讲	交流电 电磁振荡 电磁波	(251)
第32讲	光的反射与折射	(258)
第33讲	光在球面上的反射和折射	(267)
第34讲	光具的组合与光学仪器	(276)
第35讲	波动光学	(284)
第36讲	原子物理	(293)
物理竞赛理论命题的发展趋势		(301)
怎样提高解题能力,学好物理		(305)
模拟竞赛试题	初赛试题	(325)
模拟竞赛试题	复赛试题	(328)
模拟竞赛试题	决赛试题	(330)
参考答案与简解		(333)

第 1 讲

力的概念与受力分析

【竞赛知识精讲】

1. 重力

由于地球的吸引而使物体受到的力,其方向竖直向下.在地球表面附近可认为重力保持不变.重力的实质是地球对物体万有引力的一个分力.万有引力的另一个分力提供了物体随地球自转所需的向心力,其大小

$$f_2 = m\omega^2 r.$$

其中 $\omega = \frac{2\pi}{24 \times 3600} \text{ rad/s} = 7.3 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$, r 为自转半径.可以看出 f_2 为一极小量,故重力与地球对物体的万有引力近似相等.

2. 弹力

直接接触的物体,在发生弹性形变时出现的力称为弹力,其方向和接触面的法线方向相同,作用点在两个物体的接触处.在弹性限度内,弹簧的弹力与弹簧的形变(伸长量或缩短量)成正比.即

$$f = -kx.$$

式中 k 为弹簧的劲度系数,由弹簧本身的性质决定(如匝数、材料及弹簧的几何尺寸等);负号表示弹力的方向与形变 x 的方向相反,弹簧伸长时 x 取正.

3. 摩擦力

(1) 静摩擦力

两个物体相互接触且有相对运动趋势时,物体之间可能出现静摩擦力,且

$$0 < f \leq f_m.$$

其中 $f_m = \mu_s N$, μ_s 为静摩擦因数. f 的大小由运动状态决定.

(2) 滑动摩擦力

相互接触的两个物体之间有相对运动时,两物体之间可能出现滑动摩擦力,其大小

$$f = \mu N.$$

其中 μ 为动摩擦因数. 一般情况下 μ 略小于 μ_s , 但通常在解题时,我们将其视为相等. 其方向与相对运动方向相反.

(3) 摩擦角

如摩擦因数 μ 等于某一角度 φ 的正切值,即 $\mu = \tan \varphi$ 时,称这个 φ 角为摩擦角. 对动摩擦因数 μ , 称为滑动摩擦角, 记为 φ ; 对静摩擦因数 μ_s , 称为最大静摩擦角, 记为 φ_m .

由于接触面的正压力 N 与摩擦力总是互相垂直的,其合力 R 称为全反力,因此全反力 R 与 N 的夹角 θ 满足

$$\tan \theta = \frac{f}{N} = \mu.$$

这就是摩擦角的定义,也就是说,在图 1-1 中的 θ 角即为摩擦角 φ . 故摩擦角的几何意义是:全反力 R 与 N 之间的夹角,且最大静摩擦角 φ_m 对应于最大静摩擦力.

对于静摩擦力,有 $f \leq f_m$, 且

$$\tan \theta = \frac{f}{N} \leq \frac{f_m}{N} = \mu_s = \tan \varphi_m,$$

即 $\theta \leq \varphi_m$.

对于滑动摩擦力,有 $f = \mu N$, 且

$$\tan \theta = \frac{f}{N} = \mu = \tan \varphi,$$

$$\theta = \varphi.$$

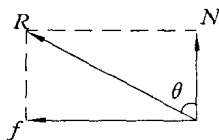


图 1-1

【典型赛题分析】

【例 1】 如图 1-2 所示,一个半径为 R 的四分之一光滑球面放

置在水平桌面上. 球面上置一光滑均匀铁链, 其 A 端固定在球面的顶点, B 端恰与桌面不接触, 单位长度质量为 ρ . 试求铁链 A 端所受的拉力以及铁链所受球面的支持力的合力.

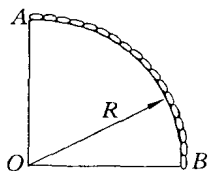


图 1-2

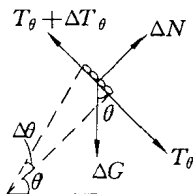


图 1-3

【析】 以链条为研究对象, 它受到重力、拉力、支持力作用而处于平衡状态. 若先求出拉力的大小, 则弹力 N 的大小和方向就容易求解了.

【解法一】 取链条中的一小段(微元)为研究对象, 它的受力情况如图 1-3 所示. 由于该微元处于平衡状态, 故其所受的合力应为零. 对微元在切线方向列式, 有

$$T_{\theta} + \Delta T_{\theta} = \Delta G \cos \theta + T_{\theta},$$

$$\Delta T_{\theta} = \rho R \Delta \theta g \cos \theta,$$

$$\Delta T_{\theta} = \rho R g \cos \theta \Delta \theta.$$

这里就涉及到了微元叠加的问题. 为了对

$\sum \cos \theta \Delta \theta$ 求和, 可以在图 1-4 的单位圆中

进行分析. 由于 $AB = \widehat{AB} = R \Delta \theta = \Delta \theta$, 则 $AB \cos \theta = \Delta \theta \cos \theta = BC$. 于是

$$\sum_{\theta=0}^{\theta} \cos \theta \Delta \theta = \sin \theta,$$

$$T_{\theta} = \sum \Delta T_{\theta} = \rho g R \sin \theta.$$

取 $\theta = 90^{\circ}$, 有 $T = \rho g R$.

由于 T 水平向左, G 竖直向下, 则支持力的合力为 T, G, N 组

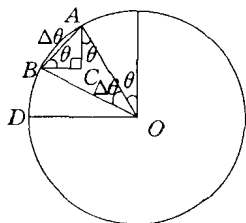


图 1-4

成的矢量三角形的斜边,且 T 垂直 N , 故

$$\begin{aligned} N &= \sqrt{T^2 + G^2} = \sqrt{(\rho g R)^2 + [\rho(\frac{\pi}{2}R)g]^2} \\ &= \rho g R \sqrt{1 + \frac{\pi^2}{4}}. \end{aligned}$$

【解法二】 若取 O 为支点,链条受到的合力矩应为零. 由于支持力方向经过 O 点,故其力矩为零. 于是有 $M_T = M_G$, 但链条的重心不一定在链条的中点,所以应先求质心的 x 坐标(水平方向为 x 轴).

由于 $x_c = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}$, 有 $\sum m_i x_i = \sum \rho R \Delta\theta R \cos\theta = \rho R^2 \sum \cos\theta \Delta\theta = \rho R^2$, 得

$$x_c = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i} = \frac{\rho R^2}{m} = \frac{\rho R^2}{\rho \frac{\pi}{2} R} = \frac{2R}{\pi}.$$

又由于 $M_T = TR$, $M_G = Gx_c = \rho(\frac{\pi}{2}R)g \frac{2}{\pi}R = \rho g R$. 而由于 $M_T = M_G$, 得 $T = \rho g R$. 所以

$$N = \sqrt{T^2 + G^2} = \frac{\rho g R}{2} \sqrt{\pi^2 + 4}.$$

【点评】 本题解法中用到的微元法是物理竞赛中常用的方法,用该法可使一些复杂的问题得以简化. 对于本题的 N 也可用微元法先求出 ΔN_x 和 ΔN_y , 然后叠加后得出 N_x 和 N_y , 再行求解.

【例 2】 如图 1-5, 一均匀直棒倾斜地放在半空心球形碗内. 若球心到直棒两端所张的圆心角为 2α , 而直棒与球碗表面的静摩擦因数为 $\mu_s = \tan\beta$, 试证明直棒与水平面间的倾角 θ 满足

$$\tan\theta = \frac{\tan(\alpha + \beta) - \tan(\alpha - \beta)}{2}.$$

其中 θ 为最大的倾角.

【析】 直棒在 A 、 B 两点受到的弹力与摩擦力合成为全反力. 因杆受三个力作用而趋于平衡, 则该三力必为共点力.

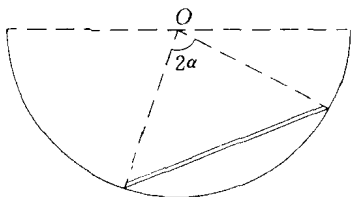


图 1-5

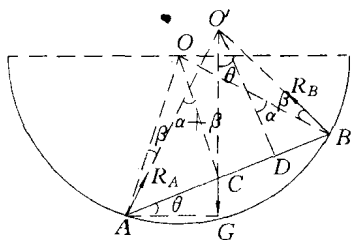


图 1-6

【解】 根据三力平衡汇交的特点, 棒的两端受到的全反力 R_A 、 R_B 与重力 G 的作用线相交于一点 O' , 如图 1-6 所示. 在杆将要向下滑动其倾角 θ 达最大时, 图中 $\angle OAO'$ 与 $\angle OBO'$ 为最大静摩擦角 β , 即

$$\begin{aligned}\tan\theta &= \frac{\overline{CD}}{\overline{O'D}} = \frac{\frac{1}{2}(\overline{AD} - \overline{DB})}{\overline{O'D}} = \frac{1}{2}\left(\frac{\overline{AD}}{\overline{O'D}} - \frac{\overline{DB}}{\overline{O'D}}\right) \\ &= \frac{1}{2}[\tan\angle AO'D - \tan\angle BO'D] \\ &= \frac{1}{2}[\tan(\alpha + \beta) - \tan(\alpha - \beta)].\end{aligned}$$

【点评】 有关摩擦的问题, 若能运用全反力并结合力的矢量图及几何关系, 能使解题过程大为简化.

【初赛训练】

1. 如图 1-7 所示, 重为 P 和 Q 的两个小环 A 和 B 套在一个竖直光滑的大圆环上, 大圆环固定在地上. 长为 l 的质量不计的细绳的两端分别拴在小环 A 和 B 上, 然后将细绳挂在光滑的钉子 O' 上, 且 O' 位于大环环心 O 的正上方. 当它们不动时, A 环和 B 环到钉子 O' 的距离分别为 r 和 r' , 试证明:

$$\frac{r}{Q} = \frac{r'}{P} = \frac{l}{P+Q}.$$

2. 设多级滑轮组由 n 个定滑轮组成, 如图 1-8 所示. 下悬重物