



高中物理

沈建民 编著

竞赛方法指导

GAOZHONG  
WULI  
JINGSAI  
FANGFA  
ZHIDAO



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS  
浙江大学出版社

- ★ 冲刺全国高中数学联赛
- ★ 冲刺全国高中物理联赛
- ★ 冲刺全国高中化学联赛
- ★ 高中数学竞赛解题方法
- ★ 高中物理竞赛解题方法
- ★ 高中化学竞赛解题方法
- ★ 高中生物竞赛解题方法
- ★ 高中物理竞赛方法指导

ISBN 978-7-308-06062-2



9 787308 060622 >

定价：17.00元

# 高中物理竞赛方法指导

沈建民 编著

浙江大學出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

高中物理竞赛方法指导 / 沈建民编著. —杭州: 浙江大学出版社, 2008.7

ISBN 978-7-308-06062-2

I. 高... II. 沈... III. 物理课—高中—教学参考资料  
IV. G634.73

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第093919号

## 高中物理竞赛方法指导

沈建民 编著

- 
- 责任编辑 阮海潮(ruanhc@163.com)  
封面设计 刘依群  
出版发行 浙江大学出版社  
(杭州天目山路148号 邮政编码310028)  
(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)  
(网址: <http://www.zjupress.com>  
<http://www.press.zju.edu.cn>)  
电话: 0571-88925592, 88273066(传真)
- 排 版 浙江大学出版社电脑排版中心  
印 刷 杭州杭新印务有限公司  
开 本 787mm×960mm 1/16  
印 张 13.75  
字 数 285千  
版 次 2008年7月第1版 2008年7月第1次印刷  
书 号 ISBN 978-7-308-06062-2  
定 价 17.00元
- 

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话(0571)88072522

# 前 言

一年一度的全国中学生物理竞赛,在激发学生学习物理的兴趣和主动性,促使学生改进学习方法和增强学习能力等方面起到了重要的导向作用,并产生了积极的影响,因此越来越深受中学师生的重视和喜欢。

普通高中《物理课程标准》在课程目标上提出:高中物理课程旨在进一步提高学生的科学素养,从“知识与技能”、“过程与方法”、“情感态度与价值观”三个方面综合培养学生,为学生的终身学习、可持续发展、应对现代社会和未来发展的挑战奠定基础。然而,传统的物理教学比较注重基础知识和基本技能的掌握和训练,而忽视过程与方法的展开与渗透。虽然高中物理竞赛是以知识为载体的能力竞赛,但要求参赛选手能在透彻分析物理过程(尤其是对陌生的物理情境)的基础上建立起科学的模型,选择适当的方法,才可顺利达到解决问题的目的。从这个意义上来说,知识是基础、方法是关键,“方法在一定程度上比知识更重要”。为此,中学物理的学习既要立足于对基础知识的理解和掌握,又须进行必要的思维方法的训练和指导。

为适应新一轮基础教育课程改革,特别是普通高中物理课程的改革,向对物理竞赛有兴趣的中学生和他们的指导教师提供可读性强、有方法论价值的教学资料,根据2005年修订、2006年实行的最新的《全国中学生物理竞赛内容提要》编著了《高中物理竞赛方法指导》一书。该书是以高中物理解题方法为主线,以高考为起点,以竞赛为目标,在简要概括每一章知识点的基础上,针对该章竞赛题的主要特点,通过对典型题目的分析、解答及评注介绍了一至两种中学物理解题方法,同时通过“赛题精解”对涉及的方法进行再一次的渗透,以达到深入理解之目的。全书共介绍和渗透了中学物理学习中常用的整体法、隔离法、等效法、递推法、图像法、极端法、估算法、类比法、模型法、微元法、近似法、对称法、降维法、虚设法和作图法等十五种解题方法,希望同学们在阅读中能认真思考、积极揣摩其中隐含的极有价值的思维精髓,相信这对大家学习中学物理和参加物理竞赛有所启迪和帮助。

本书通过设置“内容提要”、“方法指导”、“赛题精解”、“探讨研究”和“拓展资料”等



栏目,旨在对高中生进行高考知识回顾、竞赛方法指导、解题能力训练和学习视野拓展,以达到系统掌握、灵活运用、巧妙破题、提升素养、拓展视野之目的。

对于使用本书的读者,编者希望对“内容提要”这部分能在阅读的基础上自己进行再一次的浓缩,因为经过浓缩后的知识与方法不仅是“精华”而且也是“自己的”。对于“方法指导”和“赛题精解”这两部分,最好不要立即看书上的分析与解答,不妨自己先独立思考与解答,然后再和书上的答案核对,这样更有利于培养技能、掌握方法,同时也达到了编写本书的宗旨。为方便读者进一步深入“探讨研究”这一部分内容,本书附有“参考答案”。另外,如果您阅读“拓展资料”这部分,将会获得意外的收获。

最后,我衷心感谢大家对本书的厚爱,也祝愿本书的每一位读者朋友都能在自己的学习过程中取得成功。

沈建民

2008年6月于龙溪苑



## 目 录

绪论 走进物理竞赛	1
第一节 全国中学生物理竞赛的内容	1
第二节 全国中学生物理竞赛的题型	4
第三节 全国中学生物理竞赛的特点	5
第四节 全国中学生物理竞赛的历史	9
第一章 质点运动学	14
第一节 内容提要	14
第二节 方法指导:中学物理解题方法之图像法	18
第三节 赛题精解	22
探讨研究	24
拓展资料:“嫦娥一号”的变轨运动	25
第二章 牛顿运动定律	28
第一节 内容提要	28
第二节 方法指导:中学物理解题方法之隔离法	31
第三节 赛题精解	36
探讨研究	39
拓展资料:太阳系有了新“家谱”	40
第三章 功、能及动量	42
第一节 内容提要	42
第二节 方法指导(一):中学物理解题方法之极端法	46
第三节 方法指导(二):中学物理解题方法之递推法	50
第四节 赛题精解	57
探讨研究	61

拓展资料:人类的探月之路·····	64
<b>第四章 振动和波</b> ·····	66
第一节 内容提要·····	66
第二节 方法指导(一):中学物理解题方法之类比法·····	70
第三节 方法指导(二):中学物理解题方法之对称法·····	75
第四节 赛题精解·····	78
探讨研究·····	81
拓展资料:海啸中的物理知识·····	82
<b>第五章 理想气体状态方程</b> ·····	86
第一节 内容提要·····	86
第二节 方法指导:中学物理解题方法之整体法·····	89
第三节 赛题精解·····	93
探讨研究·····	95
拓展资料:物质有了第六态·····	97
<b>第六章 热力学第一定律</b> ·····	99
第一节 内容提要·····	99
第二节 方法指导:中学物理解题方法之模型法·····	102
第三节 赛题精解·····	104
探讨研究·····	107
拓展资料:世界上最美丽的十大物理实验·····	109
<b>第七章 真空中的静电场</b> ·····	113
第一节 内容提要·····	113
第二节 方法指导(一):中学物理解题方法之微元法·····	116
第三节 方法指导(二):中学物理解题方法之等效法·····	122
第四节 赛题精解·····	126
探讨研究·····	128
拓展资料:GPS——全球定位系统·····	129
<b>第八章 静电场中的导体、电介质及电容器</b> ·····	132
第一节 内容提要·····	132
第二节 方法指导:中学物理解题方法之近似法·····	134
第三节 赛题精解·····	141
探讨研究·····	143





拓展资料:21世纪人类理想的交通工具——磁悬浮列车 .....	144
<b>第九章 稳恒电流</b> .....	146
第一节 内容提要 .....	146
第二节 方法指导:中学物理解题方法之降维法 .....	149
第三节 赛题精解 .....	153
探讨研究 .....	154
拓展资料:超导及其应用前景 .....	156
<b>第十章 磁场和电磁感应</b> .....	159
第一节 内容提要 .....	159
第二节 方法指导:中学物理解题方法之虚设法 .....	161
第三节 赛题精解 .....	165
探讨研究 .....	168
拓展资料:阿尔法磁谱仪 .....	171
<b>第十一章 几何光学</b> .....	173
第一节 内容提要 .....	173
第二节 方法指导:中学物理解题方法之作图法 .....	176
第三节 赛题精解 .....	179
探讨研究 .....	182
拓展资料:氦原子显微镜问世 .....	183
<b>第十二章 近代物理</b> .....	185
第一节 内容提要 .....	185
第二节 方法指导:中学物理解题方法之估算法 .....	190
第三节 赛题精解 .....	193
探讨研究 .....	195
拓展资料:我国最大的正负电子对撞机 .....	197
<b>附 录 诺贝尔物理学奖年鉴</b> .....	199
<b>参考答案</b> .....	206
<b>主要参考文献</b> .....	210
<b>后 记</b> .....	211



## 绪 论

## 走进物理竞赛

在开始高中物理竞赛学习之前,让我们先来了解一下始于1984年的全国中学生物理竞赛所涵盖的内容与范围、竞赛试题的题型和特点、全国中学生物理竞赛的发展历史以及物理竞赛的解题方法等基础知识和基本方法,以便我们对高中物理竞赛有一个感性的认识与把握。



## 第一节 全国中学生物理竞赛的内容

全国中学生物理竞赛(对外可以称中国物理奥林匹克,英文名为 Chinese Physics Olympic,缩写为 CPhO)是群众性的课外学科竞赛活动。这项活动由中国科学技术协会主管,中国物理学会主办,并得到国家教育部的批准。

物理竞赛分预赛、复赛和决赛,其目的是激发学生学习物理的兴趣和主动性,促使他们改进学习方法,增强学习能力;帮助学校开展多样化的物理课外活动,活跃学习气氛;发现具有突出才能的青少年,以便更好地对他们进行培养。

按照中国物理学会全国中学生物理竞赛委员会第9次全体会议的建议,由中国物理学会全国中学生物理竞赛委员会常务委员会根据《全国中学生物理竞赛章程》中关于命题原则的规定,结合我国目前中学生的实际情况,制定了《全国中学生物理竞赛内容提要》,1991年2月20日经全国中学生物理竞赛委员会常务委员会扩大会议讨论通过并开始试行。1991年9月11日在南宁由全国中学生物理竞赛委员会第10次全体会议正式通过,并开始实施。2000年,第19次竞委会原则同意对《全国中学生物理竞赛内容提要》作适当的调整和补充。2005年1月,常委会又对《全国中学生物理竞赛内容提要》作了少量修改和补充,修改后的《全国中学生物理竞赛内容提要》从2006年开始实行。《全国中学生物理竞赛内容提要》作为物理竞赛预赛、复赛和决赛命题的依据,其中预赛题的命题范围不涉及带“※”号的内容。



根据《全国中学生物理竞赛内容提要》，全国中学生物理竞赛的内容包括理论基础、实验基础、其他方面三大部分。

## 一、理论基础

《全国中学生物理竞赛内容提要》中的理论基础部分包括力学、热学、电学、光学、近代物理和数学基础六个方面。其中：

力学方面涉及：运动学；牛顿运动定律、力学中常见的几种力；物体的平衡；动量；\*冲量矩、\*角动量、\*质点和质点组的角动量定理（不引入转动惯量）、\*角动量守恒定律；机械能；流体静力学；振动；波和声。

热学方面涉及：分子动理论；热力学第一定律；\*热力学第二定律、\*可逆过程与不可逆过程；气体的性质；液体的性质；固体的性质；物态变化；热传递的方式；热膨胀。

电学方面涉及：静电场；恒定电流；物质的导电性；磁场；电磁感应；交流电；电磁振荡和电磁波。

光学方面涉及：几何光学；波动光学。

近代物理方面涉及：光的本性；原子结构；原子核；\*不确定关系、\*实物粒子的波粒二象性；\*狭义相对论；\*太阳系、银河系、宇宙和黑洞的初步知识。

数学基础方面涉及：中学阶段全部初等数学（包括解析几何）；矢量的合成和分解、极限、无限大和无限小的初步概念；不要求用微积分进行推导或运算。

## 二、实验基础

《全国中学生物理竞赛内容提要》中的“理论基础”和《全国中学生物理竞赛实验指导书》是决赛实验的基础。复赛实验试题从全国中学生物理竞赛常委会组编的《全国中学生物理竞赛实验指导书》中的 34 个实验选定。这 34 个实验的名称是：

实验一“实验误差”、实验二“在气轨上研究瞬时速度”、实验三“测定金属的杨氏模量”（用金属丝的伸长测定杨氏模量；用 CCD 成像系统测定杨氏模量）、实验四“用单摆测重力加速度”、实验五“在气轨上研究碰撞过程中动量和能量变化”、实验六“测量空气中的声速”、实验七“弦线上的驻波实验”、实验八“测定冰的熔化热”、实验九“测定固体的线膨胀系数”、实验十“测定液体的比热容”、实验十一“学习使用数字万用电表”、实验十二“制流和分压电路”、实验十三“测定直流电源的参数并研究其输出特性”、实验十四“磁电式直流电表的改装”、实验十五“用量程为 220 mV 的直流数字电压表组装多量程的直流电压表和直流电流表”、实验十六“测量非线性元件的伏安特性”、实验十七“用直流平衡电桥测电阻”、实验十八“学习使用示波器”、实验十九“观测电容特性”、实验二十“检测黑盒子中的电学元件（电阻、电容、电池、二极管）”、实验二十一“测量温度传感器的温度特性”、实验二十二“测量热敏电阻的温度特性”、实验二十三“用霍尔效应测量磁



场”、实验二十四“测量光敏电阻的光电特性(有、无光照时的伏安特性,光电特性)”、实验二十五“研究光电池的光电特性”、实验二十六“测量发光二极管的光电特性(用  $eU_{\text{阈}} = hc/\lambda$  估算发光波长)”、实验二十七“研究亥姆霍兹线圈轴线磁场的分布”、实验二十八“测定玻璃的折射率”、实验二十九“测量薄透镜的焦距”、实验三十“望远镜和显微镜”、实验三十一“光的干涉现象”、实验三十二“研究光的夫琅禾费衍射现象”、实验三十三“调节分光计并用掠入射法测定折射率”、实验三十四“观测氢原子光谱”。

各省级竞赛委员会根据本省的实际从《全国中学生物理竞赛实验指导书》中的34个实验中确定并于复赛考试前六个月公布不少于20个实验作为本省物理竞赛复赛实验考试的内容范围,其中必须包括实验一“实验误差”、实验十一“学习使用数字万用表”、实验十二“制流和分压电路”、实验十八“学习使用示波器”这四个基本实验。有的实验中含有“设计实验”,这部分实验要求属于决赛的实验考试要求,复赛实验考试不涉及这部分实验。

### 三、其他方面

有一部分物理竞赛的内容有较大的开阔性,主要包括以下三方面:

1. 物理知识在各方面的应用。对自然界、生产和日常生活中一些物理现象的解释。
2. 近代物理的一些重大成果和现代的一些重大信息。
3. 一些有重要贡献的物理学家的姓名和他们的主要贡献。

**【例1】** 夏天,在运输大量冰块的卡车上,有时看到冰块面上有淡乳白色的气体飘动,出现这种现象是由于\_\_\_\_\_。  
(第一届全国中学生物理竞赛预赛试题)

**【例2】** 足球比赛中发角球时,有经验的足球队员可发出所谓的“香蕉球”,即球飞到球门前方时会拐弯进入球门。试简要地说明其道理。(第八届全国中学生物理竞赛预赛试题)

**【例3】** 1. 在2004年6月10日联合国大会第58次会议上,鼓掌通过一项决议。决议摘录如下:

联合国大会,

承认物理学为了解自然界提供了重要基础,

注意到物理学及其应用是当今众多技术进步的基石,

确信物理教育提供了建设人类发展所必需的科学基础设施的工具,

意识到2005年是爱因斯坦科学发现一百周年,这些发现为现代物理学奠定了基础,

I . . . . .

II . . . . .



Ⅲ. 宣告 2005 年为 \_\_\_\_\_ 年。

2. 爱因斯坦在现代物理学领域作出了很多重要贡献, 试举出其中两项: \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_。(第二十二届全国中学生物理竞赛预赛试题)

【例 4】 1. 到 1998 年底为止, 获得诺贝尔物理学奖的华人共有 \_\_\_\_\_ 人, 他们的姓名是 \_\_\_\_\_。

2. 1998 年 6 月 3 日, 美国发射的航天飞机“发现者”号搭载了一台  $\alpha$  磁谱仪, 其中一个关键部件是由中国科学院电工研究所设计制造的直径 1200 mm、高 800 mm、中心磁感强度为 0.1340 T 的永久磁体。用这个  $\alpha$  磁谱仪期望探测到宇宙中可能存在的 \_\_\_\_\_。

3. 到 1998 年底为止, 人类到达过的地球以外的星球有 \_\_\_\_\_, 由地球上发射的探测器到达过的地球以外的星球有 \_\_\_\_\_。(第十六届全国中学生物理竞赛预赛试题)



## 第二节 全国中学生物理竞赛的题型

综观历届全国中学生物理竞赛的试题, 我们不难发现物理竞赛(包括预赛、复赛和决赛)的笔试题型有计算题、填空题、选择题、作图题和简述题或它们的组合。其中主要题型是计算题, 其次是填空题和选择题等。这是因为计算题的解答能充分展示参赛学生分析问题、解决问题的思维能力。

### (一) 计算题

【例 5】 如图 0-1 所示, 弹簧  $S_1$  的上端固定在天花板上, 下端连一小球 A, 球 A 与球 B 之间用线相连。球 B 与球 C 之间用弹簧  $S_2$  相连。A, B, C 的质量分别为  $m_A, m_B, m_C$ , 弹簧与线的质量均可不计。开始时它们都处在静止状态。现将 A, B 间的线突然剪断, 求线刚剪断时 A, B, C 的加速度。(第二十三届全国中学生物理竞赛预赛试题)

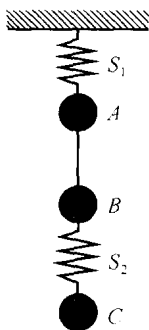


图 0-1

### (二) 填空题

- 【例 6】 a. 原子大小的数量级为 \_\_\_\_\_ m。  
 b. 原子核大小的数量级为 \_\_\_\_\_ m。  
 c. 氦原子的质量约为 \_\_\_\_\_ kg。  
 d. 一个可见光光子的能量的数量级为 \_\_\_\_\_ J。  
 e. 在标准状态下,  $1 \text{ cm}^3$  气体中的分子数约为 \_\_\_\_\_。

已知: 普朗克常量  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ , 阿伏加德罗常量  $N_A = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 。

(第二十一届全国中学生物理竞赛预赛试题)

(三) 选择题

【例 7】一木板竖直地立在车上,车在雨中匀速行进一段给定的路程。木板板面与车前进方向垂直,其厚度可忽略。设空间单位体积中的雨点数目处处相等,雨点匀速竖直下落。下列诸因素中与落在木板面上雨点的数量有关的因素是( )。

- A. 雨点下落的速度
- B. 单位体积中的雨点数
- C. 车行进的速度
- D. 木板的面积

(第十二届全国中学生物理竞赛预赛试题)

(四) 作图题

【例 8】如图 0-2 所示是一潜望镜壳体的侧视图。 $MN$  为光线的入口。在上方  $AB$  处已放置一块与纸面垂直的平面镜,它和与纸面垂直的竖直面之间的夹角为  $45^\circ$ 。眼睛在观察孔  $S$  处观察,在  $CD$  (与竖直面之间的夹角也是  $45^\circ$ ) 处放置一块平面镜,今要使观察到的视场不受  $CD$  处的平面镜的限制,则平面镜  $CD$  至少要多大的线度才行?要求直接在图上用作图法画出即可,但要说明作图的步骤。(第五届全国中学生物理竞赛预赛试题)

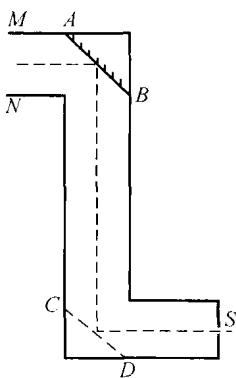


图 0-2

(五) 简述题

【例 9】已知某个平面镜反射的光能量为入射光能量的 80%。试判断下列说法是否正确,并简述理由:

- a. 反射光子数为入射光子数的 80%;
- b. 每个反射光子的能量是入射光子能量的 80%。(第二十一届全国中学生物理竞赛预赛试题)



### 第三节 全国中学生物理竞赛的特点

通过对近年来全国中学生物理竞赛试题的分析与研究,我们可以将全国中学生物理竞赛试题的特点概括为三点。下面,我们通过对试题的解答和分析进行具体的说明。

#### 一、“中学生的知识、大学生的头脑”

【例 10】真空中,有五个电量均为  $q$  的均匀带电薄金属球壳,它们的半径分别为  $R, R/2, R/4, R/8, R/16$ ,彼此绝缘且内切于  $P$  点,如图 0-3 所示,球心分别为  $O_1, O_2, O_3, O_4, O_5$ 。求  $O_5$  与  $O_1$  间的电势差。(第十五届全国中学生物理竞赛预赛试题)

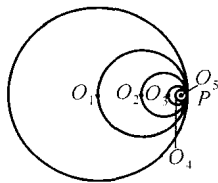


图 0-3



同步发展  
竞赛题

【解】  $O_5$  的电势为

$$U(O_5) = k \left[ \frac{q}{R} + \frac{q}{\frac{R}{2}} + \frac{q}{\frac{R}{4}} + \frac{q}{\frac{R}{8}} + \frac{q}{\frac{R}{16}} \right]$$

$$= k(1 + 2 + 4 + 8 + 16) \frac{q}{R} = 31k \frac{q}{R}$$

$O_1$  的电势为

$$U(O_1) = k \left[ \frac{q}{R} + \frac{q}{\frac{R}{2}} + \frac{q}{\frac{R}{2} + \frac{R}{4}} + \frac{q}{\frac{R}{2} + \frac{R}{4} + \frac{R}{8}} + \frac{q}{\frac{R}{2} + \frac{R}{4} + \frac{R}{8} + \frac{R}{16}} \right]$$

$$= k \left( 3 + \frac{372}{105} \right) \frac{q}{R} = 6.54k \frac{q}{R}$$

于是,  $O_5$  与  $O_1$  的电势差为  $U(O_5) - U(O_1) = 31k \frac{q}{R} - 6.54k \frac{q}{R} = 24.46k \frac{q}{R}$ 。

说明:要顺利地解答此题,参赛学生必须在掌握中学物理相关基本知识——点电荷的电势公式  $U = k \frac{q}{r}$  的基础上,要有更灵活和聪明的头脑。一方面学生要能够联想到“求地球作用于其外部质点的引力是把地球当作质点,作用距离是地球的球心到其外部质点之间的距离”这一处理问题的思路。因此,当  $r \geq R$  时,球壳(半径为  $R$ )也可看作一个点电荷,球壳外的电势为  $U = k \frac{q}{r}$ 。另一方面能考虑到静电屏蔽——“带电金属球壳内无电荷,壳内无电场,壳内电势与壳上电势相等”这一结论。因此,当  $r < R$  时,球壳内的电势为  $U = k \frac{q}{R}$ 。从这个意义上来说,全国中学生物理竞赛考查的知识点是中学生课本上学到过的,是中学所学的知识。但要成功解答还需要有灵活和聪明的大脑,即所谓的“大学生的头脑”。

## 二、与中学数学知识密切相关

【例 11】如图 0-4 所示,质量为  $m$  的长方形箱子,放在光滑的水平面上。箱内有一质量也为  $m$  的小滑块,滑块与箱底无摩擦。开始时箱子静止不动,滑块以恒定的速度  $v_0$  从箱子的 A 壁处向 B 壁处运动,后与 B 壁碰撞。假定滑块与箱壁每碰一次,两者的相对速度的大小变为该次碰撞前相对速度大小的  $e$  倍,其中  $e = \sqrt{\frac{1}{2}}$ 。问:

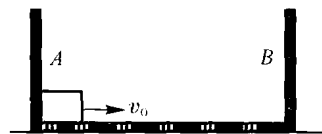


图 0-4

(1) 要使滑块与箱子这一系统损耗的总动能不超过其初始动能的 40%, 滑块与箱



壁最多可碰撞几次?

(2)从滑块开始运动到刚完成上述次数的碰撞期间内,箱子的平均速度是多大?  
(第三届全国中学生物理竞赛预赛试题)

**【解】** (1)设滑块与箱壁第  $1, 2, \dots, n$  次碰撞后,滑块与箱子相对地面的速度分别为  $v_1, v_2 \dots v_n, u_1, u_2 \dots u_n$ 。

由于滑块和箱子组成的系统在水平方向上不受外力,故水平方向的动量守恒。

$$\text{第 1 次碰撞: } \left. \begin{array}{l} mv_1 + mu_1 = mv_0 \\ v_1 - u_1 = -ev_0 \end{array} \right\} \Rightarrow v_1 = \frac{1}{2}(1-e)v_0, u_1 = \frac{1}{2}(1+e)v_0$$

$$\text{第 2 次碰撞: } \left. \begin{array}{l} mv_2 + mu_2 = mv_0 \\ v_2 - u_2 = -e(v_1 - u_1) = (-e)^2 v_0 \end{array} \right\} \\ \Rightarrow v_2 = \frac{1}{2}(1+e^2)v_0, u_2 = \frac{1}{2}(1-e^2)v_0$$

.....

$$\text{第 } n \text{ 次碰撞: } \left. \begin{array}{l} mv_n + mu_n = mv_0 \\ v_n - u_n = (-e)^n v_0 \end{array} \right\} \Rightarrow v_n = \frac{1}{2}[1 + (-e)^n]v_0, \\ u_n = \frac{1}{2}[1 - (-e)^n]v_0$$

第  $n$  次碰撞后,系统损耗的总动能为

$$\Delta E_{kn} = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{1}{2}m(v_n^2 + u_n^2) = \frac{1}{2}mv_0^2 \cdot \frac{1}{2}(1 - e^{2n})$$

由题意可得:  $\frac{1}{2}(1 - e^{2n}) = 40\% \Rightarrow n = 4.64$ , 故取  $n = 4$ 。

(2)设  $A$ 、 $B$  侧壁之间的距离为  $L$ , 从滑块开始运动到第 4 次碰撞经过的时间为

$$t = \frac{L}{v_0} + \frac{L}{|v_1 - u_1|} + \frac{L}{|v_2 - u_2|} + \frac{L}{|v_3 - u_3|} \\ = \frac{L}{v_0} \left( 1 + \frac{1}{e} + \frac{1}{e^2} + \frac{1}{e^3} \right) = \frac{L}{v_0 e^3} (1 + e + e^2 + e^3)$$

在这段时间内箱子运动的位移为

$$s = 0 + u_1 \cdot \frac{L}{|v_1 - u_1|} + u_2 \cdot \frac{L}{|v_2 - u_2|} + u_3 \cdot \frac{L}{|v_3 - u_3|} \\ = \frac{1}{2}(1+e)v_0 \frac{L}{ev_0} + \frac{1}{2}(1-e^2)v_0 \frac{L}{e^2 v_0} + \frac{1}{2}(1+e^3)v_0 \frac{L}{e^3 v_0} \\ = \frac{L}{2} \left[ \frac{1}{e} + 1 + \frac{1}{e^2} - 1 + \frac{1}{e^3} + 1 \right] = \frac{L}{2e^3} (1 + e + e^2 + e^3)$$

故在这段时间中箱子的平均速度为  $\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{v_0}{2}$ 。

**说明:**通过此题的解答过程,我们不难发现,在求第  $n$  次碰撞后滑块和箱子的速度





时我们用到了中学数学知识中的“归纳法”。其实,数学在物理学中有更广泛的作用,其作用可概括为以下三点:①数学是物理学的“语言”工具,用来表达物理内容;②数学是物理学的“推理”工具,用来进行逻辑推演;③数学是物理学的“计量”工具,用来进行定量计算。因此,全国中学生物理竞赛与中学数学知识密切相关。这也是为什么在《全国中学生物理竞赛内容提要》中要将“数学基础”作为“理论基础”中六个方面之一的原因。

### 三、蕴涵着极有价值的解题方法

**【例 12】** 如图 0-5 所示,  $P$  是一块均匀的半圆形薄合金片。先将它按图(a)的方式接在电极  $A, B$  之间,测出它的电阻为  $R$ ,再将它按图(b)的方式接在电极  $C, D$  之间,试求此时  $P$  的电阻  $R'$ 。

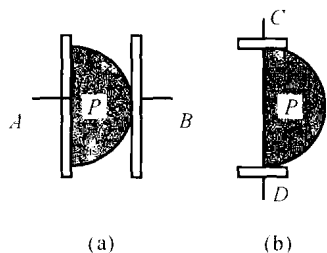


图 0-5

**【解】** 由于半圆形薄合金片的粗细不均匀,因此用电阻定律难以求解,不过利用对称法,将  $P$  沿其对称线分割成上、下两部分(每一部分皆是一个  $1/4$  圆形),则图 0-5(a)可看作两个  $1/4$  圆形电阻的并联,而图 0-5(b)则是两个  $1/4$  圆形电阻的串联,问题就可顺利解决。

设每一等分的电阻为  $R_0$ ,则

对图 0-5(a),  $A, B$  之间的电阻  $R$  等于两个等分电阻  $R_0$  的并联,故有

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_0}$$

对图 0-5(b),  $C, D$  之间的电阻  $R'$  等于两个等分电阻  $R_0$  的串联,故有

$$R' = R_0 + R_0$$

由以上两式可解得  $R' = 4R$ 。

**【例 13】** 如图 0-6 所示,小球从长为  $L$  的光滑斜面顶端自由下滑,滑到底端时与挡板碰撞并反向弹回,若每次与挡板碰撞后的速度大小为碰撞前速度大小的  $4/5$ ,求小球从开始下滑到最终停止于斜面下端时,小球总共通过的路程。

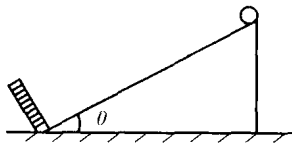


图 0-6

**【解】** 由于小球与挡板碰撞后的速度小于碰撞前的速度,说明碰撞过程中实际有能量损失。但我们可假设小球与挡板碰撞不损失能量,其实际损失的能量等效于小球在运动过程中克服阻力做功而消耗掉。为此,该题可采用等效法来求出小球总共通过的路程。

设第一次碰撞前后小球的速度分别为  $v, v_1$ ,碰撞后反弹的距离为  $L_1$ ,则有

$$\frac{1}{2}mv^2 = mgL\sin\theta, \quad \frac{1}{2}mv_1^2 = mgL_1\sin\theta, \quad \text{其中 } v_1 = \frac{4}{5}v$$