

丛书主编：师 达

新概念 XUEKEJINGSAIWANQUANSHEJI 学科竞赛完全设计

奥赛 急先锋



高二物理

新概念

XUEKEJINGSAIWANQUANSHEJI
学科竞赛完全设计



- ◆高一数学 ◆高一化学 ◆高中计算机信息工程
- ◆高二数学 ◆高二化学 ◆高中生物
- ◆高三数学 ◆高三化学 ◆高中语文基础
- ◆高一物理 ◆高一英语 ◆高中语文阅读
- ◆高二物理 ◆高二英语 ◆高中语文写作
- ◆高三物理 ◆高三英语

责任编辑：惠 玮

装帧设计

→ 徽一校

ISBN 7-5007-3786-6



9 787500 737865 >

ISBN7-5007-3786-6/G·2553

(全三册) 总定价：41.40 元 本册定价：13.80 元

新概念学科竞赛完全设计

奥赛 急先锋



高二物理

学科主编：刘汉文

本册主编：胡炯文 田玉明

编者：陈志勇 操文新 胡炯文

杨 森 陈 武 田玉明

马 玉 何向阳 王建勇

龙 武 严 谨 徐志强

朱为民 冼 才 黄 刚

常 胜 王季明

中国少年儿童出版社

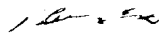
图书在版编目 (CIP) 数据

新概念学科竞赛完全设计手册. 高二物理 / 师达主编.
—2 版. —北京: 中国少年儿童出版社, 2002.6
ISBN 7—5007—3786—6

I. 新… II. 师… III. 物理课—高中—教学参考资料
IV. G634
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 032172 号

奥赛急先锋

高二物理

 出版发行: 出版人:	中国少年儿童出版社 
主 编: 师 达 责任编辑: 惠 玮 责任校对: 刘 新	装帧设计: 钱 明 封面设计: 徐 枝 责任印务: 栾永生
社 址: 北京东四十二条二十一号 电 话: 010—64032266	邮政编码: 100708 咨询电话: 65956688-31
印 刷: 南京通达彩印有限公司	经 销: 全国新华书店
开 本: 850×1168 1/32 2002 年 6 月北京第 1 次修订 字 数: 209 千字	印 张: 9.5 印张 2002 年 7 月南京第 1 次印刷 印 数: 1—10000 册
ISBN 7—5007—3786—6/G · 2553 (全三册)总定价: 41.40 元 本册定价: 13.80 元	

图书若有印装问题, 请随时向本社出版科退换
版权所有, 侵权必究。

前言

国际数学奥林匹克 (International Mathematical Olympiad 简称IMO), 是一种国际性的以中学数学为内容、以中学生为参赛对象的竞赛活动。第一届国际数学奥林匹克于1959年夏天在罗马尼亚举行, 当时只有保加利亚、捷克、匈牙利、波兰、罗马尼亚和前苏联派代表队参赛, 竞赛活动每一年举办一次, 1980年因故停办一次。以后每年的国际数学奥林匹克参赛国都在不断地增加, 参赛规模都在不断地扩大, 如同国际体育奥林匹克竞赛一样, 国际数学奥林匹克也已深深地扎根于广大中小学师生的心田中。

在我国奥林匹克竞赛活动始于1956年, 当时在著名数学大师华罗庚教授的亲自参与并指导下, 在北京举办了首次数学奥林匹克竞赛。“文革”后全国性及地区性的各级各类数学竞赛活动如雨后春笋, 深受师生的厚爱。1986年我国首次正式派代表队参加国际奥林匹克数学竞赛, 并取得骄人的成绩。更为可喜的是, 中学生的数学学

科竞赛活动影响并带动了物理学、化学、生物学、计算机学、俄语、英语等学科的竞赛活动,在相应的国际各学科竞赛活动中,我国都取得了令世人瞩目的优异成绩,充分显示了中华民族的勤劳、智慧,也证明了改革开放后的我国基础教育在国际上是处于领先地位的。各学科竞赛活动的深入发展,也强有力地推动了课堂的学科教学,培养了大批有个性有天赋的中华学子。奥林匹克竞赛活动在40多年的历史中,形成了自己特有的人才培养模式;形成了自己特有的教材、辅导书系列;形成了一套完整的竞赛考试、评估机制。这对改变我国目前基础教育教材版本单一,人才培养模式单调,千军万马挤“普高”独木桥的状况,应该说具有很大积极意义。

奥林匹克教材及辅导图书相对于现行中学教材而言,最大的优势就在于它承认并适应学生的个体差异,在培养个人特长,开发个人潜能,造就拔尖人才方面具有独特的功能。

本书在内容编写上的主要特点有:

1、本书对近年奥林匹克竞赛活动具有集成性。这里所说的集成性含义有二:一是指书中收集到的例题、习题是近几年国内外竞赛和中高考优秀试题;二是指书中对历年奥赛解题思路、方法进行了总结归纳,具有全新的解题方略。

2、恰当处理奥赛和课内学习的关系。本书章节结构的设置既遵循奥赛的规则,同时又参照了中小学教学大纲和现行教材。从内容上讲既能保证学生在各级奥赛中取得好名次;同时又能对应课堂教学,从知识和能力的层面

上强化课内学习，帮助考生在中高考中取得优异成绩。

3、正确处理知识积累与能力培养、打好基础与研究难题的关系。知识的占有是能力形成的基础，掌握知识的速度与质量依赖于能力的发展。只有打好坚实的基础，才会具有研究难题，探究未知的能力。书中设计了一些“难题”。“难题”不同于“怪题”、“偏题”，“怪题”、“偏题”不可取。对“难题”则应下功夫研究。所谓“难题”有两种：一种是综合性强的题，另一种是与实际联系比较密切的题。解析综合性强的题需要使用多个概念、规律，需要把学过的知识有机地联系在一起，有时还需要用到其他学科的知识进行整合。解析联系实际的题需要分析研究实际问题，从大量事实中找出事物所遵循的规律，光靠对知识的死记硬背是不行的。对于这两种“难题”，必须下功夫研究，这种不间断的研究、探究，并持之以恒，就一定会形成学科特长，就一定会在不远的将来成长为拔尖人才。

本丛书含数、理、化、语文、英语、生物学、信息学（计算机）七科，跨小学、初中、高中三个阶段，共40册。

本丛书由师达总体策划并担任丛书主编，由刘汉文、周向霖、金新担任学科主编，由北京、浙江、江苏、湖北重点中小学校的特级、高级老师编写，尤其是湖北黄冈市教研室的著名老师们的加盟，更使本丛书增辉。《新概念学科竞赛与题解方略》将帮助每一位学生、家长、老师实现心目中的理想与渴望，我们衷心祝愿每一位朋友成功。

书中难免有一些缺憾，望广大师生及学生家长指正，以便再版时订正。

好学生终于有了训练本

· 本 · 书 · 特 · 色 ·

着眼于课本 落脚于奥赛

把握基础知识 培养创新能力

解题层层递进 另辟提高蹊径

好学生不能不读的训练本

目 录

第六章 振动和波	(1)
一、机械振动	(1)
二、机械波	(15)
第七章 热学	(27)
一、分子运动论	(27)
二、热力学第一定律	(31)
三、气体的性质	(49)
四、固体、液体的性质	(63)
五、物态变化	(71)
第八章 静电场	(81)
一、电荷守恒定律、库仑定律	(81)
二、场强、电势	(91)
三、带电粒子在电场中的运动	(103)
四、电容器	(123)
五、电场中的导体和电介质	(135)
第九章 恒定电流	(152)
一、部分电路欧姆定律	(152)
二、含源电路欧姆定律	(166)
三、电路的简化	(177)
四、物质的导电性	(193)
参考答案	(206)

第六章 振动和波

一、机械振动

【知识要点】

振动有不同类型:如机械振动,交流电中电流和电压的振动,电磁学中电场和磁场的振动等.尽管这些振动从物理本质看各不相同,但它们遵守的基本规律相同.其中,机械振动形象直观,在研究振动时先从机械振动入手.而机械振动也有难有易,其中最简单的就是简谐运动.在本章的振动中主要研究简谐运动.

1. 简谐运动物体的受力特征.

质点离开平衡位置后所受合力是线性回复力: $F = -kx$.式中 x 为质点相对于平衡位置的位移, k 为力常数.

2. 简谐运动的矢量图示分析法.

如图 6-1-1 所示, O 为 x 轴上的坐标

原点.由 O 作一矢量 $\vec{OP}$,使矢量绕 O 点沿逆时针方向匀速转动,则 P 作匀速圆周运动, P 在 x 轴上的投影点 Q 的运动就是简谐运动, O 为平衡位置, OP 的长等于振幅的数值.简谐运动的周期等于圆周运动的周期.这种用旋转矢量表示简谐运动的方法称为矢量图示法. P 通过的圆为参考圆.

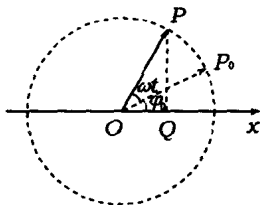


图 6-1-1

3. 简谐运动的位移,速度和加速度方程.

在图 6-1-1 中,令 OP 的长为 A ,其旋转角速度为 ω ,在 $t=0$ 时矢量与 x 轴的夹角为 φ_0 ,则经过时间 t , P 在 x 轴上的投影点 Q



的位移为 $x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$, 此方程即为简谐运动的位移方程.

如图 6-1-2 所示, 在参考圆上参考点 P 的线速度 v_P 在 x 轴上的投影就等于 Q 点作简谐运动的速度 $v = v_P \cos\left(\omega t + \varphi_0 + \frac{\pi}{2}\right)$, 式中 $v_P = \omega A$ 为速度的幅值.

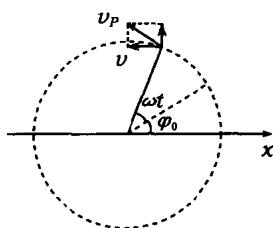


图 6-1-2

如图 6-1-3 所示, 在参考圆上参考点 P 的向心加速度 a_P 在 x 轴上的投影就等于 Q 点做简谐运动的加速度 $a = -a_P \cos(\omega t + \varphi_0)$. 其中 $a_P = \omega^2 A$ 为加速度的幅值.

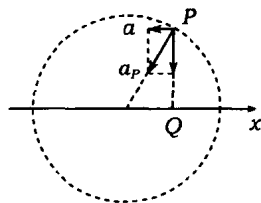


图 6-1-3

4. 简谐运动的图象.

图象是从另一角度来描述物体的运动特征的, 它与方程相比较具有形象直观的特点. 如下图 6-1-4 中的甲、乙、丙三图分别表示简谐运动物体的位移——时间, 速度——时间, 加速度——时间图象.

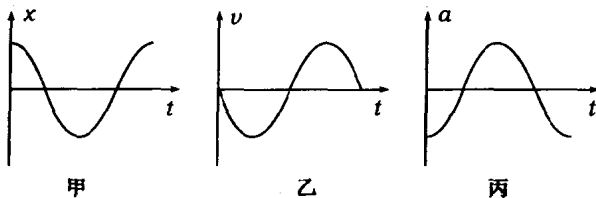


图 6-1-4

由图可知位移、速度和加速度变化的周期相同但相位不同, 速度相位比位移相位超前 $\frac{\pi}{2}$ (或者说落后 $\frac{3\pi}{2}$), 加速度相位比位移超前 π (或者说落后 π).



5. 简谐运动的固有周期和频率.

由牛顿第二定律和简谐运动的受力特征有 $a = \frac{F_{\text{回}}}{m} = -\frac{k}{m}x$

①

又由位移方程 $x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$ 和加速度方程 $a = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi_0)$ 可得 $a = -\omega^2 x$ ②

联立①②两式可得 $\omega^2 = \frac{k}{m}$, 又 $\omega = \frac{2\pi}{T}$ 代入可得 $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$. 其固有周期由系统本身的特性决定, 与其他外部因素无关.

顺便提及单摆的运动在其摆角小于 5° 时可近似地看作是一种简谐运动. 其周期的表达式可由其受力特征和简谐运动周期的一般表达式导出. 如图 6-1-5 所示,

由 $\theta < 5^\circ$ 则 $\widehat{OM} = \overline{OM} = x$, 其所受回复力大小 $F = kx = mg \sin \theta = mg\theta = mg \frac{x}{l}$. 得 $k = \frac{mg}{l}$. 由 $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ 可得单摆周期 $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$. 要注意在实际问题中 l 和 g 的

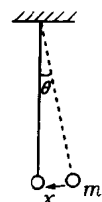


图 6-1-5

含意. 在具体问题中要能准确地求出其等效摆长和等效重力加速度.

①等效摆长的确定: 摆动圆弧为圆心到摆球重心的距离.

②等效重力加速度的确定: 通常情况下先确定摆球在系统中相对于悬点静止时的位置, 再找出此状态下摆线的拉力 F' , 则 $g' = \frac{F'}{m}$, 特殊情况下, 如所受其他外力始终沿绳所在直线方向, 如带电粒子所受洛伦兹力, 则该力不会改变其振动周期.

当然还有一些无固定悬点的弹簧振子 and 无固定悬点单摆的运动. 它们周期的确定要从其受力特征并结合其他的力学规律来求.

6. 简谐运动的能量.

作简谐运动的物体的动能和势能均在不断地变化. 根据动能、



势能的表达式及速度、位移随时间变化规律可得：

$$\text{动能 } E_K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0) = \frac{1}{2}kA^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0)$$

$$\text{势能 } E_P = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0)$$

总能量 $E = E_P + E_K = \frac{1}{2}kA^2$. 此式表明在简谐运动的物体运动过程中动能和势能在不断地相互转化, 而总机械能保持不变.

7. 阻尼振动.

振动系统在阻尼介质中振动时, 由于阻力的作用, 振幅逐渐减小, 这种振动称为阻尼振动, 对于一定的振动物体, 有阻尼比无阻尼时的周期要长些. 且阻尼越大, 其周期越长.

8. 受迫振动与共振.

振动系统在周期性外力(该外力可称为策动力和驱动力)作用下的振动叫受迫振动. 受迫振动的频率等于驱动力频率, 与物体的固有频率无关, 但其振幅由固有频率和驱动力频率的关系来确定. 驱动力频率与物体固有频率相差越大, 振幅越小; 两者越接近振幅越大; 当外界驱动力频率与系统自身的固有频率相等时, 受迫振动的振幅达最大值, 这种现象称为共振.

在竞赛中涉及本节内容有简谐运动的矢量图示分析法, 简谐运动的运动学方程、能量方程和动力学方程, 弹簧振子模型和单摆模型的周期等问题. 在解题时从简谐运动的受力特征入手进行分析.

【例题精选】

●例1 一弹簧振子做简谐运动, 周期为 T , 下述正确的是 ()

A. 若 t 时刻和 $(t + \Delta t)$ 时刻运动位移的大小相等、方向相同, 则 Δt 一定为 T 的整数倍



B. 若 t 时刻和 $(t + \Delta t)$ 时刻振子运动速度的大小相等、方向相反, 则 Δt 一定等于 $\frac{T}{2}$ 的整数倍

C. 若 $\Delta t = T$, 则在 t 时刻和 $(t + \Delta t)$ 时刻振子运动的加速度一定相同

D. 若 $\Delta t = \frac{T}{2}$, 则在 t 时刻和 $(t + \Delta t)$ 时刻弹簧的长度一定相等

解 对选项 A, 只能说明这两个时刻振子位于同一位置, 并未说明这两个时刻振子的运动方向是否相同, 认为 Δt 一定等于 T 整数倍是错误的. 对选项 B, 振子两次到达同一位置时可以速度大小相等, 方向相反, 但并不能肯定 Δt 等于 $\frac{T}{2}$ 的整数倍. 选项 B 错. 在相隔一个周期 T 的两个时刻, 振子只能位于同一位置, 其位移相同, 合外力相同, 加速度相等, 选项 C 正确. 相隔 $\Delta t = \frac{T}{2}$ 的两个时刻, 振子的位移大小相等, 方向相反, 其位置可能位于关于平衡位置对称的两点, 弹簧的形变量大小相同, 但一种是压缩另一种是伸长, 故弹簧长度不一定相同, 选项 D 错误.

说明 本题主要考查简谐运动具有往复性, 对称性和周期性等特征. 要注意振子位于同一位置、时间间隔为 $\frac{T}{2}$ 和 T 时其回复力、加速度、速度等量的对应关系.

● **例 2** 三根长均为 $l = 2$ 米, 质量均匀的直杆, 构成一个正三角形框架 ABC, C 点悬挂在一光滑水平转轴上, 整个框架可绕转轴转动. 杆 AB 是一导轨, 一电动玩具松鼠可在导轨上运动, 如图 6-1-7 所示. 现观察到松鼠正在导轨上运动, 而框架却静止不动, 试论证松鼠的运动是一种什么

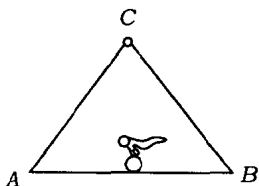


图 6-1-7



样的运动.

解 对框架: 当它处于静止状态时, 框架所受合外力的力矩必为零. (本题中不妨以 C 点为转动点). 设在某一时刻, 松鼠离开杆中点 O 的距离为 d , 则松鼠重力对转轴 C 的力矩大小为 mgd , 方向沿顺时针方向, 为使框架始终静止, 松鼠必对杆 AB 施一水平力 F , 且力 F 对转轴 C 的力矩应为重力力矩相平衡. 由平衡条件有: $mgd = FL \sin 60^\circ$, 得 $F = \frac{2mgd}{\sqrt{3}L}$. 此式反应出了松鼠在水平方向上作用于 AB 杆的力随位置的变化关系.

对松鼠: 其竖直方向受力平衡, 而水平方向受到 AB 杆的作用力 F' 与 F 为一对相互作用力, 即 $F' = -\frac{2mgd}{\sqrt{3}L}$. 根据松鼠的受力特征易知: 它在杆 AB 上的运动是一种简谐运动. 其运动的周期 $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{\sqrt{3}L}{2g}} = 26.4(\text{s})$. 又杆总长为 2m , 两端到中点距离均为 1m , 故其振幅 $A \leq 1\text{m}$.

说明 本题主要考查力矩平衡条件和简谐运动的受力特征. 要能紧紧扣住力和运动状态间的密切联系.

●例 3 半径为 R 的细圆环, 其质量与固定在其上的两个相同的小重物相比可以忽略不计. 在环上与两个小重物等距处钻一个小孔 O , 如下图 6-1-8 所示, 将孔穿过墙壁上的钉子而把环悬挂起来, 使环可以在竖直平面内无能量损失地做微小的简谐运动, 两小重物的位置关系可以用它们之间的角距离 2α 表示. 求此装置的振动周期, 摆长 L 为多少的单摆自由振动的周期和图示的摆相同.

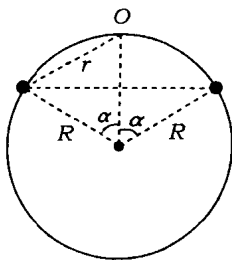


图 6-1-8



解 小重物通过平衡位置时(即两小球位于同一高度时)其速度具有最大值 $v_m = \omega A = \frac{2\pi}{T} \cdot \varphi_m \cdot r$

$$\text{其中 } r = 2R \sin \frac{\alpha}{2} = R \sqrt{2(1 - \cos \alpha)}$$

$$\text{得 } v_m = \frac{2\pi \varphi_m \cdot R \sqrt{2(1 - \cos \alpha)}}{T}$$

$$\text{摆的动能 } E_{km} = 2 \times \frac{1}{2} m v_m^2 = \frac{4\pi^2 \varphi_m^2 R^2 \cdot 2(1 - \cos \alpha)}{T^2}$$

$$\text{由机械能守恒定律 } 2mgh_m = \frac{1}{2} m v_m^2 \times 2$$

$$\text{在平衡位置时, 两球的重心 } C \text{ 距 } O \text{ 点的距离 } L = R - R \cos \alpha = R(1 - \cos \alpha)$$

$$\text{当振幅最大时, 偏角为 } \varphi_m, \text{ 重心升高的最大高度 } h_m = L - L \cos \varphi_m = L(1 - \cos \varphi_m) = R(1 - \cos \alpha)(1 - \cos \varphi_m)$$

$$2mg \cdot R(1 - \cos \alpha)(1 - \cos \varphi_m) = \frac{4\pi^2 R^2 m \cdot 2(1 - \cos \alpha)}{T^2}$$

$$\text{得 } g(1 - \cos \varphi_m) = \frac{4\pi^2 \varphi_m^2 R}{T^2}$$

$$\text{又 } \sin \frac{\varphi_m}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \varphi_m}{2}}$$

$$\text{当 } \varphi_m \text{ 很小时有 } 1 - \cos \varphi_m = \frac{\varphi_m^2}{2}$$

$$\text{所以 } g \cdot \frac{\varphi_m^2}{2} = \frac{4\pi^2 \varphi_m^2 R}{T^2}, T^2 = \frac{8\pi^2 R}{g}, T = 2\pi \sqrt{\frac{2R}{g}}$$

与这个摆周期相同的单摆摆长为 $L = 2R$ 。

说明 本题主要考查机械能守恒和简谐运动的综合应用。要求能利用机械能守恒定律, 结合数学中的三角函数变换得出周期的表达式。

●例4 如图 6-1-9 所示是一种记录地震装置的一种摆, 质量为 m 的摆球固定在边长为 L , 质量可以忽略不计的等边三角形



的顶点 A 上, 其对边 BC 跟竖直线成 α 角, 摆球可绕固定轴 BC 摆动, 求摆球作微小振动的周期.

解 摆球作微小的振动是一种简谐运动, 与简单的单摆相比较, 其摆长 l 和重力加速度 g 均发生异化. 在这个摆中, 当 m 作微小振动时, 实际是围绕 AB 的中点 O 运动, 故其等效摆长为 $L' = L \cos 30^\circ =$

$\frac{\sqrt{3}L}{2}$. 因 m 绕 O 点摆动, 其等效重力 mg'

$= mg \sin \alpha$, 即 $g' = g \sin \alpha$.

故该摆的周期 $T = 2\pi \sqrt{\frac{L'}{g'}} = 2\pi \sqrt{\frac{\sqrt{3}L}{2g \sin \alpha}}$.

说明 本题主要考查异型摆的周期, 要求能根据题意准确地求出其等效摆长和等效重力加速度.

●例 5 如图 6-1-10 所示, 在劲度系数为 K 的弹簧下面悬挂一质量为 M 的盘. 盘不动时, 一个质量为 m 的质点自高 h 处落入盘中, 与盘发生完全非弹性碰撞, 以碰后瞬时为计时起点, 求盘子的振动方程.

解 质点 m 先作自由落体运动, 设质点刚要与盘相碰时的速度为 v_0 , 由机械能守恒有 $mgh = \frac{1}{2}mv_0^2$ 得 $v_0 = \sqrt{2gh}$. 质点与盘相碰的瞬间两者具

有相同速度 v , 由碰撞瞬间满足动量守恒有 $mv_0 = (M+m)v$. 得

$v = \frac{mv_0}{M+m} = \frac{m\sqrt{2gh}}{M+m}$. 以此时盘底的位置为坐标原点, 竖直向下

方向为 y 轴正方向, 当系统中的盘和质点处于平衡位置时的坐标

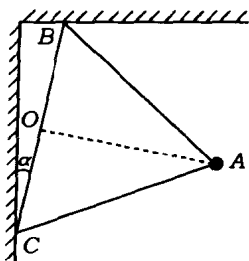


图 6-1-9

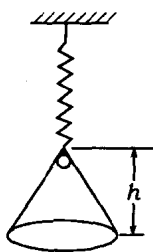


图 6-1-10