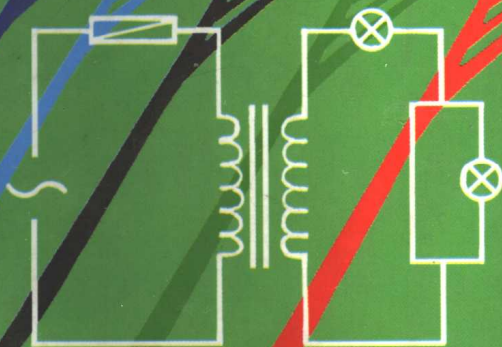




物理 历届国际 奥林匹克竞赛试题分析

陈如鸿 刘 伟 编著



学苑出版社

历届国际物理奥林匹克竞赛 试题分析

陈如鸿 刘 伟 编

学苑出版社

图书在版编目(CIP)数据

历届国际物理奥林匹克竞赛试题分析/陈如鸿, 刘伟编.
北京:学苑出版社, 1998.10 重印
ISBN 7-5077-0611-7

I. 历… II. ①陈…②刘… III. 化学课_试题_分析_中学
_教学参考资料 IV. G634.76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 10678 号

学苑出版社出版 发行

社址:北京万寿路西街 11 号 邮政编码:100036

水利电力出版社印刷厂印刷 新华书店经销

787×1092 1/32 15.625 印张 350 千字

1994 年 7 月北京第 1 版 1998 年 10 月北京第 3 次印刷

印数:15001-18000 册

定价:18.80 元

前 言

国际物理奥林匹克竞赛 (International Physics Olympiad, 简称 Ipho) 截止 1992 年已举行了 23 届。自 1986 年首次参加第 17 届 Ipho 以来, 我国选手在竞赛中取得了优异成绩。举世瞩目的第 25 届 Ipho 即将在我国北京举行, 这对我国在 Ipho 中的地位将产生积极的影响, 同时也激发了广大青少年学习物理的兴趣和参与各种物理竞赛的热情。

本书即为奉献给广大有志于参加各种物理竞赛的青少年朋友们的一本课外参考书。

本书汇编了 23 届 Ipho 竞赛试题和题解。对题解我们力求简明精练, 除了必要的说明外, 不做过多的叙述和推导。书中已采用最新修订的物理学名词。

Ipho 试题难度较大, 总趋势是逐年提高。考虑到试题所涉及的内容超出了我国现行中学物理大纲, 本书在题解前给出了称为“预备知识”的一部分, 以便读者了解阅读本书应具备的较深物理概念。

在本书编写过程中参阅了众多文献、资料, 恕不一一列出, 在此谨向这些资料的作者表示深深的谢意。同时, 我们要感谢阎建平、屈支林和吴小山三位博士的有益讨论和热情帮助。

由于编者水平有限, 书中错误之处在所难免, 敬请读者指正。

编 者

1993 年 11 月

国际物理奥林匹克竞赛简介

国际物理奥林匹克竞赛 (International Physics Olympiad, 简称 Ipho) 1967 年由波兰发起组织。在华沙举行第一届竞赛时只有 5 个国家参赛, 以后陆续有其它国家派队参加, 至 1993 年参赛国家已达 37 个。Ipho 基本上每年举办一次, 由参赛国之一主办。由于经费等原因, 1973 年、1978 年和 1980 年都未举办。近些年来, 愿意主办国家增多, 我国将主办第 1994 年第 25 届竞赛。

Ipho 由国际物理奥林匹克竞赛委员会领导。国际委员会自 1983 年起设立秘书处, 负责协调 Ipho 的长期工作。参赛学生为中学生或中学毕业而尚未开始大学学习者, 到参赛年 6 月 30 日年龄不超过 20 周岁。各参赛国可派一名领队和一名教学领队, 他们都作为国际委员会成员。竞赛题目由主办国根据大纲准备, 在竞赛前提交国际委员会讨论、修改, 最后由国际委员会确定, 但讨论中不能另提新题。每届竞赛题分理论和实验两部分, 理论题总分为 30 分, 实验题总分为 20 分, 共计满分 50 分。主办国应提出评分标准, 再由国际委员会讨论确定。

国际物理奥林匹克竞赛的工作语言是英语和俄语。试题将由各国领队译成本国语言, 学生用本国语言答题。

按照现行竞赛章程, 以前三名学生的平均成绩作为 100%, 凡成绩达到 90% 者均获金奖; 成绩达 78% 者获银奖;

成绩达 65% 者获铜奖；成绩达 50% 者则给予表扬；其余的发给参赛证书。

我国于 1986 年第一次参加国际物理奥林匹克竞赛，当时只派了 3 名学生，分别获银奖、铜奖和表扬。以后各届均派 5 名学生，至 1992 年共派出 33 名学生，均获奖，累计金奖 13 个，银奖 10 个，铜奖 8 个，表扬 2 个。章程强调，Ipho 是个人之间的竞赛，不计团体总分。但值得注意的是，1991 年和 1992 年我国代表队全部获金奖，这在 Ipho 历史上是少有的。

预备知识

总的来说, Ipho 大纲相当于我国工科普通物理一年或一年半的水平。但 Ipho 试题可以超纲, 解题中也允许使用高等数学(如微积分)。在这一部分, 我们列出了竞赛大纲中超出我国现行中学物理大纲的条目。

1. 力学

变质量问题, 引力势能, 开普勒定律, 质量中心, 角动量守恒, 力偶, 转动惯量, 平行轴定理, 刚体平衡条件, 惯性力, 流体力学中的连续性定理。

2. 热力学和分子物理学

热力学第二定律, 等温过程, 绝热过程, 卡诺循环, 可逆与不可逆过程, 熵是与路径无关的函数, 熵的统计意义, 玻耳兹曼因子。

3. 振动和波

简谐振动方程的解, 线偏振, 经典多普勒效应, 费马原理, 谐波的叠加, 相干波, 驻波, 次级子波的叠加。

4. 电荷和电场

高斯定理, 电偶极矩, 电场的能量密度。

5. 电流和磁场

基尔霍夫定律, 简单的含有非欧姆器件的电路, 磁偶极矩, 简单对称系统的磁场, 磁场的能量密度, 电压共振与电流共振, 简单交流电路, 时间常数。

6. 电磁波与光学

由反馈和共振产生的振荡，衍射光栅，光栅的分辨本领，布拉格反射，反射产生偏振，偏振器，偏振光的叠加，成像系统的分辨本领，斯特藩—玻耳兹曼定律。

7. 量子物理学

德布罗意波，海森堡不确定原理。

8. 相对论

相对论原理，速度的相加，相对论性多普勒效应，相对论性运动方程，动量，能量，质能关系，能量守恒和动量守恒。

9. 物质

布拉格公式的简单应用，类氢原子的光谱，半衰期和指数衰减

10. 实验部分

借助说明书能使用一些复杂的仪器和器件，如双踪示波器、计数器、速率计、讯号和函数发生器、与计算机相连的模数转换器、放大器、积分器、微分器、电源、通用的伏特表、欧姆表和安培表；要求能恰当地找出误差来源和估计误差对最后结果的影响；要求会计算绝对误差、相对误差和物理量为一些被测量的函数时的误差；要求会用极坐标纸和对数坐标纸，要求能正确地确定有效数字的位数。

目 录

一、前言	(1)
二、国际物理奥林匹克竞赛简介	(1)
三、预备知识	(3)
四、历届竞赛试题及题解	(1)
第一届 (1967 年 波兰)	(1)
第二届 (1968 年 匈牙利)	(7)
第三届 (1969 年 捷克)	(14)
第四届 (1970 年 苏联)	(22)
第五届 (1971 年 保加利亚)	(29)
第六届 (1972 年 罗马尼亚)	(41)
第七届 (1974 年 波兰)	(50)
第八届 (1975 年 民主德国)	(57)
第九届 (1976 年 匈牙利)	(64)
第十届 (1977 年 捷克)	(72)
第十一届 (1979 年 苏联)	(82)
第十二届 (1981 年 保加利亚)	(92)
第十三届 (1982 年 联邦德国)	(102)
第十四届 (1983 年)	(128)
第十五届 (1984 年 瑞典)	(129)
第十六届 (1985 年 南斯拉夫)	(141)
第十七届 (1986 年 英国)	(163)

第十八届 (1987 年 民主德国)	(182)
第十九届 (1988 年 奥地利)	(203)
第二十届 (1989 年 波兰)	(248)
第二十一届 (1990 年 荷兰)	(278)
第二十二届 (1991 年 古巴)	(313)
第二十三届 (1992 年 芬兰)	(337)
第二十四届 (1993 年 美国)	(374)
第二十五届 (1994 年 中国)	(420)
第二十六届 (1995 年 中国)	(459)

第 一 届

(1967 年 波兰 华沙)

(理论部分)

题 1 一个质量 $M=0.2$ 千克的小球放置在垂直柱上，柱高 $h=5$ 米。一粒子弹水平地穿过球心，子弹质量 $m=0.01$ 千克，速度 $v_0=500$ 米/秒。球落在距离柱 $s=20$ 米的地面上。问子弹落在地面何处？子弹动能中有多大部分转换成熟？

〔解〕 对于各种碰撞过程，系统的总动量守恒：

$$mv_0 = mv + MV,$$

其中 v 和 V 分别为碰撞后子弹的速度和球的速度。两者从碰撞开始到落地的时间由下式给出：

$$t = \sqrt{2gh} = 1.01 \text{ 秒}.$$

小球在这段时间内沿水平方向运动 20 米，因而在该方向其速度为

$$V = \frac{20 \text{ 米}}{1.01} = 19.8 \text{ 米/秒}.$$

由系统总动量守恒方程得

$$0.01 \times 500 = 0.01v + 0.2 \times 19.8$$

这样可求出碰撞后子弹的速度：

$$v = 104 \text{ 米/秒}$$

另一方面，子弹落地处与柱距离可以求得：

$$S = vt = 104 \text{ 米/秒} \times 1.01 \text{ 秒} = 105 \text{ 米},$$

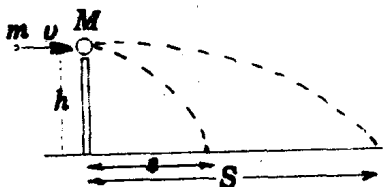


图 1-1

比较碰撞前子弹动能和碰撞后子弹与小球动能之和，即可求出转换成热的动能部分。

碰撞前子弹动能为 $\frac{1}{2}mv_0^2 = 1250$ 焦耳，

碰撞后子弹和小球动能之和为

$$\frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}mv^2 = 39.2 \text{ 焦耳} + 54 \text{ 焦耳} = 93.2 \text{ 焦耳},$$

则子弹动能中转化成热的能量为

$$1250 - 93.2 = 1156.8 \text{ 焦耳}.$$

就是说，原有动能的 92.5% 转化为热。显然上述碰撞过程不是完全非弹性碰撞，也不是完全弹性碰撞，前者碰撞后子弹将留在球内，后者碰撞过程中无动能损失。

题 2 图 1-2 所示是一个无限的电阻网络，每个电阻均为 r 。求 A 、 B 两点间的总电阻？

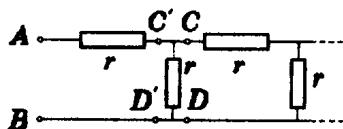


图 1-2

〔解〕 我们假设从右至左到 C 、 D 两点为止，网络的电阻为 r_n 。把左边的电阻 r 并联在 r_n 上，得到 C' 、 D' 两点间的总电阻为

$$\frac{r \cdot r_n}{r + r_n}$$

再把下一个电阻 r 与之串联，得到 A 、 B 间的电阻为

$$r + \frac{r \cdot r_n}{r + r_n}.$$

由于网络是无限的， A 、 B 间的电阻值与 C 、 D 间的电阻值应相等，故得方程

$$r_n = r + \frac{rr_n}{r + r_n}.$$

解此方程，得到 A 、 B 间电阻：

$$r_n = r \cdot \frac{1 + \sqrt{5}}{2}.$$

题3 给定两个同样的球，一个放在水平面上，另一个用细绳悬挂着。供给两球相同的热量，问两球的温度是否趋于相同？说明你的理由。（忽略各种热量损失）。

〔解〕 球体受热将发生膨胀，体积将增加，放在水平面

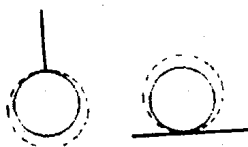


图 1-3

上的球重心将因体积增加而上升（图 1-3），于是克服重力做功要耗费一部分热量，用来提高球体温度的热量相应就减少一些。结果放在水平面上的球的温度将低于用细绳悬挂的球的温度。（这种差别是极其微小的。对于半径为 10 厘米的铜球来说，相对差值约为 10^{-7} 。）

（实验部分）

题4 测定石油比热。可供使用的物品有：天平、量热器、温度计、电源、开关、导线、停表、电热器、容器、水和石

油。

〔解〕 把已知温度的水和石油在量热器中混合，就可用通常的方法测定石油的比热。我们读出混合物的温度，利用方程：

吸热物质吸收的热量 = 放热物质放出的热量
就可以算出石油的比热。

另外也可以用电热器分别加热等量的水和石油，观察温度随时间的改变。根据温度曲线起始点切线斜率与比热成反比关系，可以测定石油比热。

替换题（为在校没有上过电学的学生而设）。在一个密闭容器中，装有一个大气压、温度为 0°C 的干燥空气 10 升。加入 3 克水，并将系统加热到 100°C 。求容器中的压强。

〔解〕 容器中的总压强等于各组元分压之和。在本题系统中包括两个组元：水汽和空气。

在 100°C 时，全部水都呈汽相。3 克水的物质的量为 $\frac{3}{18} = \frac{1}{6}$ 摩尔。它们在 100°C 和 1 大气压下的体积是

$$22.4 \times \frac{1}{6} \times \frac{373}{273} = 5.1 \text{ 升。}$$

它们在容积为 10 升的容器内的压强，可从状态方程求出：

$$\frac{1 \times \frac{1}{6} \times 22.4}{273} = \frac{P_{\text{水汽}} \times 10}{373},$$

得到

$$P_{\text{水汽}} = 0.507 \text{ 大气压}$$

由空气的状态方程：

$$\frac{1}{273} = \frac{P_{\text{空气}}}{373},$$

得到

$$P_{\text{空气}} = 1.366 \text{ 大气压}$$

把分压相加得到总压强为

$$P = P_{\text{水汽}} + P_{\text{空气}} = 0.507 + 1.366 = 1.873 \text{ 大气压}$$

第 二 届

(1968 年 匈 牙 利 布 达 佩 斯)

(理论部分)

题 1 在 30° 的斜面上, 质量 $m_2=4$ 千克的木块经轻绳与质量 $m_1=8$ 千克、半径 $r=5$ 厘米的实圆柱体相连 (图 2-1)。求放开物体后的加速度。木块与斜面之间的摩擦系数 $\mu=0.2$ 。忽略轴承中的摩擦和滚动摩擦。

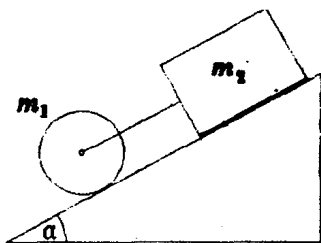


图 2-1

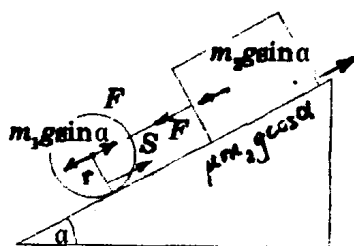


图 2-2

〔解〕 如果绳子是拉紧的, 则圆柱体与木块以同一加速度 a 运动。设绳中的张力为 F , 圆柱体与斜面之间的摩擦力为