

国际物理奥林匹克竞赛 试题及解答

(1967-1987)

上海市物理学会编

上海翻译出版公司

内 容 简 介

本书汇集了1967-1987年以来由各国中学生参加比赛的历届国际物理奥林匹克试题及解答,包括力学、电学、光学等各方面试题,还有实验题。其题材新颖,有特点,能为我国中学生拓宽视野,开发解题思路,提高学习能力,是一本有价值的参考书。本书还介绍了国际物理奥林匹克竞赛章程和大纲及竞赛题解答的说明。

国际物理奥林匹克竞赛试题及解答

上海市物理学会编

上海翻译出版公司

(上海复兴中路597号)

新华书店上海发行所发行 上海群众印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 6.125 字数 135 千字

1988年5月第1版 1988年5月第1次印刷

印数 1—15,000

ISBN7-80514-152-5/O·69 定价: 1.80 元

目 录

一、 国际物理奥林匹克竞赛简介及试题解答·····	1
1. 国际物理奥林匹克竞赛章程·····	1
2. 对国际物理奥林匹克竞赛试题解答的说明·····	9
二、 历届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答·····	14
1 第一届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答·····	14
2. 第二届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答 ·····(暂缺)	
3. 第三届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答·····	23
4. 第四届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答·····	29
5. 第五届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答·····	34
6. 第六届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答·····	45
7. 第七届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答·····	52
8. 第八届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答·····	57
9. 第九届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答·····	62
10. 第十届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答·····	68
11. 第十一届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答·····	77
12. 第十二届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答·····	85
13. 第十三届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答·····	94
14. 第十四届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答 ·····(暂缺)	

15. 第十五届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答...118
16. 第十六届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答...129
17. 第十七届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答...148
18. 第十八届国际物理奥林匹克竞赛试题及解答...170

一、国际物理奥林匹克竞赛简介及试题解答

1. 国际物理奥林匹克竞赛章程

1984年6月在瑞典 Sigtuna 定稿

1985年6月在南斯拉夫 Portoroz 修改

一、为认识物理学在科学和技术各个领域内和普通教育中不断增长的重大作用，同时也为加速发展和增强在中学物理教学中国际范围内的接触，因而组织中等学校学生一年一度的物理竞赛。定名为“国际物理奥林匹克竞赛”。这种竞赛是在个人之间进行的。

竞赛由选定进行竞赛的参赛国教育部或其他一个恰当机构组织。下面所提的教育的概念和以上相同。该东道国应有义务保证参赛数不少于前一年的数目。对前一年的参赛国都应发出邀请，此外东道国亦有权邀请其他国家参加。

一个国家如有五年的参赛历史，就应该明确作出它愿意作为以后某一年竞赛东道国的允诺。并且大致提出时间范围，以便就开会国的顺序作出安排。

如某国拒绝组织竞赛的义务，即使以前他组团参加竞赛，已列为参赛国，仍可能不被允许参加以后的竞赛。

作为一个规则，参赛国家的教育部在组织竞赛的国家里指定物理学会或其他一个机构进行竞赛的组织、准备和执行工作。组织竞赛国家的教育部将它所指定的组织竞赛机构的名称和地址通知各参赛国教育部。

二、每个参赛国组织一个由普通中学和技术学校(不能是技术学院性质的学校)学生组成代表团。参赛者年龄在参赛当年6月30日前不能超过20岁。每团通常由五名学生。此外每个国家邀请两名成员作为领队陪同前来。一位作为负责全面工作的代表团团长,另一位作为负责学生工作的教学领队。陪同人员作为国际委员会成员。全体国际委员会成员平等。

代表团团长和教学领队从物理专家和物理教师中挑选。他们应具有熟练解决竞赛中所有问题的能力。通常他们都能讲一种国际物理奥林匹克竞赛工作用语。

每个参赛国代表团团长在代表团到达时,应向竞赛组织人员提交人员情况介绍和参赛者姓名、出生日、家庭住址和参赛学校的类别及地址。

国际物理奥林匹克竞赛采用英文和俄文作为工作语言。考题同时译成德法两种文字。

三、竞赛组织委员会对财务问题的规定

选送代表团参加竞赛国家的教育部应支付参赛学生和陪同人员到竞赛地点的来回旅费。

组织竞赛国家的教育部负责代表团到达后和离开前的全部其他费用。包括学生和陪同人员的食、宿,附近地区旅游和优胜者奖品。

四、竞赛分两天进行。一天作为理论考试,另一天作为实验考试。两天竞赛之间至少安排一天休息。解题时间定为五小时。理论竞赛题为三道、实验题为一到二道。

解题时,参赛者允许使用对数表、物理常数表、计算尺、无程序小型计算器和作图用品。所有这些都由学生自备,但数

学和物理公式汇编不允许带入考场。

理论题至少要包含中学水平所学物理的4个领域(见附录)。中学学生应以高中标准数学解题,不能用高等数学来计算。

竞赛任务由东道主国选择和准备。

竞赛组织者为每道题都确定分数,但全部理论题加起来总分为30分,实验题20分。实验题应包括理论分析(设计和讨论)以及实验操作。优胜者按积分多少授予奖状和荣誉称号。

对于某次竞赛,最佳参赛者最高积分计为100%。

参赛者积分高于最高积分90%的为一等奖(奖状)。

参赛者积分在最高积分78%—89%之间者为二等奖(奖状)。

参赛者积分占最高积分65%—77%之间者为三等奖(奖状)。

参赛者积分占最高积分50%—64%之间者为荣誉称号。

参赛者积分低于最高积分50%的授予参加竞赛证书。

与90%、78%、65%、50%相对应的应以最接近的下限整数计算。

特殊情况可授予特别奖。

五、组织者的义务。

a. 组织者有义务保证竞赛在章程和大纲范围内进行。

b. 组织者应在章程基础上制订“组织规则”并及时送交参赛国。组织规则应包括奥林匹克章程中没有的细节,奥林匹克竞赛负责人的姓名和地址。

c. 组织者制订详细的竞赛程序(考生和陪同人员的时间表,执行计划等等)。这些计划都必须事先提交参赛国。

d. 组织者在每个代表团到达后应立即检查考生是否与竞赛条件符合。

e. 根据第四节(见第2页)以及章程附录中的物理常数,组织者选编题目,并保证被选定的题目的翻译和解题工作,翻译语种由第二节(见第2页)所规定。选题时希望选择解题时需要能体现创新能力和相当水平的题目。每个参加准备试题的人有义务绝对保守秘密。

f. 组织者必须提供代表队翻译人员。

g. 组织者必须提供翻译人员在国际委员会各次会议上通用的工作语言。翻译人员应具有对付物理学术语的能力。

h. 组织人员应在最后评分分类之前向代表团领导提供他们考生解题的影印件。

i. 组织人员负责题解更正。

j. 组织人员制定获奖者和获荣誉称号的优胜者名单。

k. 组织人员准备奖品(奖状)荣誉表扬并颁发给竞赛优胜者奖品。

竞赛的科学部分必须在国际委员会包括各代表团长和教学领队能力范围以内。

由组织竞赛的国家推出一位代表出任国际委员会主席。他不但负责竞赛准备,并且除了为代表队陪同人员服务外,还必须为国际委员会服务。

决定由表决方式通过,以多数意见为准,如两种不同意见表决票数相等,主席有决定性的一票。

代表团领导人负责把题目从第二节中规定的语种正确翻译到考生的母语。

六、国际委员会具有下列职责,

a. 按照规则指导竞赛并监考。

b. 竞赛队到达后验证所有成员在各个方面是否符合竞赛规定要求。发现不符合竞赛规定者,国际委员会有权取消其参加竞赛的资格。由不合格考生所造成的经费化费由他本国负担。

c. 讨论组织者的任务分配、决议以及每个竞赛部分的评分建议。国际委员会有权变动或拒绝建议但不能自己提出新建议。如作变动不应影响实验设备。对任务制定和评分标准都有最后决定权。参加国际委员会会议的人员必须对任务保密,不能对任何参赛者提供帮助。

d. 保证正确而且合理的优胜分类。

e. 确定竞赛优胜者并作出关于授奖和表扬事项准备工作的决定。国际委员会的决定是最终决定。

f. 检查评论竞赛结果。

g. 决定下届组织竞赛的国家。

h. 观察者可以参加国际委员会会议,但无发言权和表决权。

负责奥林匹克竞赛的机构负责发布竞赛结果,在正式仪式上向优胜者颁发奖状和奖品。竞赛闭幕式邀请东道国家教育部和科学机构派代表参加。

组织奥林匹克竞赛的长期日常工作由国际物理奥林匹克秘书处协调。秘书处由一位秘书和通常从同一国家来的副秘组成。当秘书处人员出现空缺,由国际委员会进行五年一次的选举。

七、目前的章程是在过去国际竞赛经验基础上草拟的。改变章程,加入新内容或者删去老的内容一定要由国际委员

进行,而且必须经表决以三分之二的多数通过。

参加国际物理奥林匹克竞赛意味着参加国教育部接受目前的章程。

这些章程的原稿以英文和俄文写成书面形式。

国际物理奥林匹克竞赛章程附录

大 纲

(1985 年 在南斯拉夫 Portoroz 通过)

总 论

a. 所有解题过程都不能用高等数学(微分和积分)不能用复数和微分方程。

b. 可以采用大纲中没有的新概念和新现象,但是必须在习题正文中作解释。

c. 对于实验试题,高精尖仪器不应超过题目内容,仪器的应用应有详细介绍和解释。

1. 力学

a. 质点运动学基础。

b. 牛顿定律,惯性系。

c. 封闭系统及开放系统,动量,能量,功率。

d. 能量守恒,线动量守恒,冲量。

e. 弹性力,摩擦力,重力定律,势能,在重力场中的功。

f. 向心加速度,开普勒定律。

2. 刚体力学

a. 静力学,质心,力矩。

b. 刚体的运动,平动,转动,角速度,角加速度,角动量守

恒。

c. 外力和内力, 刚体绕定轴转动的运动方程, 转动惯量, 平行轴定理, 转动物体的动能。

d. 加速度参考系, 惯性。

3. 流体力学

这部分没有规定详细问题, 但学生要知道压强, 浮力和连续性定律。

4. 热力学和分子物理

a. 内能, 功和热, 热力学第一定律和第二定律。

b. 理想气体的模型, 压强和分子动能, 阿伏伽德罗常数, 理想气体状态方程, 绝对温度。

c. 等温和绝热过程, 气体膨胀作功(绝热过程的方程不需要证明)。

d. 卡诺循环, 热力学效率, 可逆和不可逆过程(统计方法), 玻耳兹曼因子。

5. 振动与波

a. 简谐振动, 简谐振动方程。

b. 简谐波, 线偏振, 经典多普勒效应, 声波。

c. 简谐波的叠加原理, 相干波, 干涉, 拍, 驻波。

6. 电荷与电场

a. 电荷守恒, 库仑定律。

b. 电场, 电势, 高斯定理, 局限于简单对称系统, 如球、圆柱和平板。

c. 电容器, 电容, 介电常数, 电场的能量密度。

7. 电流与磁场

a. 电流, 电阻, 电源的内阻, 欧姆定律, 基尔霍夫定律, 直

流和交流电路的功和功率,焦耳定律。

b. 电流的磁场,磁场中的电流,洛仑兹力(磁场中的带电粒子)。

c. 安培定律,简单对称系统的磁场,如直导线、圆电流和长螺旋管。

d. 电磁感应定律,磁通量,楞次定律,自感,电感,磁导率,磁场的能量密度。

e. 交流电,交流电路中的电阻,电感和电容,电压和电流(并联和串联)谐振。

8. 电磁波

a. 振荡电路,振荡频率,由反馈和谐振产生的振荡。

b. 波动光学,单缝和双缝衍射,衍射光栅,光栅的分辨本领,薄膜干涉,布喇格反射,费马原理(只是简单应用)。

c. 色散和衍射光谱,气体的线光谱。

d. 作为横波的电磁波,由反射产生偏振,偏振器。

e. 成像系统的分辨本领。

f. 黑体,斯忒藩—玻耳兹曼定律。

9. 量子物理

a. 光电效应,光子的能量和冲量。

b. 德布罗意波长,海森堡测不准原理。

10. 相对论

a. 相对性原理,速度相加,相对性多普勒效应。

b. 能量和动量守恒,相对论运动方程,动量,能量,质能关系。

11. 物质

a. 布喇格方程的简单应用,

b. 原子和分子的能级(定性的), 发射, 吸收, 类氢原子的光谱。

c. 原子核的能级(定性的), α 、 β 、 γ 衰变, 辐射的吸收, 半衰期和指数衰变, 原子核的组成, 质量亏损, 核反应。

2. 对国际物理奥林匹克竞赛题解答的说明

我们可以把竞赛看作正规中学工作的一部分。在许多国家里, 特别是英国、法国和美国, 竞赛考试有悠久的传统。而我们匈牙利, 广泛地利用竞赛考试作为我们大学的入学考试。它们对于研究和发现人才(“智力调查”)极为有用。在匈牙利, 数学和物理学会在 1894 年开始组织竞赛。每年秋季对完成中学学习的学生举行一次数学竞赛。(数学竞赛的部分题目已由纽约的蓝盾书屋[Random House]以《匈牙利题集 I 和 II》为名出版。) 类似的物理学竞赛始于 1916 年。一些著名的科学家和数学家, 像西拉德(Leo Szilard)、特勒(Edward Teller)、卡门(Theodor Kármán)、舍苟(Gábor Szegő)、里兹(Marcel Riesz)、费叶尔(Lipót Fejér)、蒂萨(László Tisza)和其他许多人都曾是竞赛的获奖者。从 1923 年开始, 正式由学校当局组织不同课目的竞赛。现在, 我们对中学教过的所有课目实际上每年都举行竞赛。这些竞赛很受欢迎, 因为获奖者在进入大学时享有优先权。

《中学生数学和物理学杂志》的读者可以参加杂志举办的竞赛。学生在家里解答公布在杂志上的题目, 然后投寄编辑部评分。对获得一定分数的人, 每年都给予奖励。参加者是自愿的。在捷克、波兰、罗马尼亚、苏联和其它国家, 类似的杂志和竞赛是众所周知的。

第一届和第二届国际数学竞赛在罗马尼亚举行。1959年是罗马尼亚数学学会的五十周年,正好组织了这种国际竞赛。最近的二十二届在美国举行。第一届有七国参加,从那时起参加国数目不断增加,1981年来自五大洲的二十七个国家聚会在华盛顿。

从1968年起,在良好的合作下举行类似的化学竞赛。

1960年以后,开始就组织国际物理竞赛的可能性交换意见。1967年波兰首先向邻国发出邀请。来自五个国家(保加利亚、捷克、匈牙利、波兰和罗马尼亚)由三名学生和一名教师组成的各国代表队,汇集于华沙。次年在布达佩斯(匈牙利)有八个国家参加,包括德意志民主共和国、苏联和南斯拉夫。基于所取得的经验,1969年2月在捷克的布尔诺(Brno)开了一次代表会议,讨论并通过了一个章程。这个章程稍加修改将继续有效。从这以后,国际物理竞赛便相继举行:1969年在布尔诺,1970年在莫斯科,1971年在索菲亚,1972年在布加勒斯特。中断一次之后,1974年在华沙继续举行;1975年在德意志民主共和国的居斯特罗(Güstrow),1976年在布达佩斯,1977年在捷克的赫拉德茨-克拉洛韦(Hradec Králové),1979年在莫斯科,1981年在保加利亚的瓦尔纳(Varna)。参加竞赛的国家数目为:1967年5国,1968、1969、1970年8国,1971年7国,1972年9国,1974年8国,1975年9国,1976年10国,1977年12国,1979年10国,1981年14国。新参加国在布加勒斯特有古巴和法国,在华沙有德意志联邦共和国,在布达佩斯有瑞典,在赫拉德茨-克拉洛韦有芬兰,在1981年有意大利和越南。代表队的学生人数:1967、1968年3名,1970年6名,其它各届均为5名。几乎全是男孩,女孩很少,

最多一次是 1976 年在布达佩斯, 有 3 名女孩。

章程中有些重要条款如下:

1. 鉴于物理学在科学技术各领域和青年一代普通教育中日益增长的重要性, 以加强发展学校物理学教学领域的国际交流为目的, 为中学生组织一年一度的物理学竞赛。竞赛定名为“国际物理学竞赛”。

2. 竞赛由参加国之一的教育部或其它相近机构组织。组织国有责任确保所有代表的平等地位, 并邀请以往竞赛的全部参加国。此外, 组织国还有权邀请其它国家参加。

3. 每个参加国选派一个代表队参加, 代表队由普通中学或技术中学的学生组成, 技术中学不是指技术学院。参加者的年龄在竞赛举行日不得超过二十岁。每个代表队应有 3—6 名队员。邀请各个参加国派两名随员, 一名是代表队领队, 另一名是教练。

4. 竞赛组织的财政原则如下: 选送学生参加竞赛的部门负担代表的旅费。从代表团到达至离开的全部其它费用, 由组织国主管部门负担。

5. 竞赛持续两个不同工作日的两个半天。在第一个半天, 参加者以书面形式解答三个物理问题。第二个半天他们解答实验问题。

竞赛的成功取决于题目的质量。

好的题目加深了对自然的理解。学生不论遇到什么类型的问题, 他必须以科学方法井井有条地完成。首先, 他必须仔细地研究题目原文。他必须从题目描述的特定情况中建立起一个模型。模型比自然或真实机制简单, 但却有一些最重要的特点。模型是一级近似, 甚至是零级近似, 以后可加以推

广。应该仔细地检查给出的数据，看它们是否包含着足够的信息。如果不足，必须采用以后适当选取的参数。有时候题中给出的信息多于所需要的，可以把某些信息置之不理。下一步是求出与问题有关的普遍定律和定义。对问题赋予数学形式。数学是科学的语言，方程式和不等式是这种语言的句子。求解是物理学家工作中最乏味的部分。伯努利有一次对拉格朗日写道，解数学问题不是艺术，可以教会任何一个鞋匠，但你找不到一个能理解和解物理问题的鞋匠。依狄拉克的说法，一个好的科学家在解方程之前应能看出数学结果。物理学家在得到方程的形式解时，才开始实际工作。他必须把数学结果翻译为自然的语言，把它应用于实际，加以讨论，改变条件(参数)，并观察在条件改变时发生了什么。

尽管这些一般规则应该注意，但解题不是按程序办事。它不仅意味着把数字代入已知公式的符号中去，像拼板玩具一块块要配合恰当。而且有丰富的创造性活动的可能性，可以寻求新方法和新应用。

竞赛题由组织国设置，但参加国有权提供合适的题目。实际上参加国很少这样做。参加者都希望题目包括中学教过的物理学各个分支的全面知识。在十一年中提出的题目数量如下：

		理 论	实 践	总 数
力	学	10	1	11
热	学	8	2	10
光	学	10	1	11
电	学	6	7	13
其它或综合		3	—	3

电学是最喜爱实践题目的学科,通常的形式是某种“黑盒子”(6)。力学则流行古老的斜面(3)和运动汽车(2)。光学意味着折射(3)、透镜(3)或干涉(3)。热学题大多需要利用状态方程(6)或借助比热(2)。

现在出版的这本竞赛题集已对原始赛题稍加修正。有些地方更为简短明了,或者给出较多信息。我们的目的在于提供帮助,以示如何求解问题,而不是为竞赛编写历史记录。

物理量用不同单位给出。有时候在数值计算过程中并不把单位重复写出,但在结果中总是给出单位的。

题目的水平在稳步提高。回顾第一届国际物理竞赛的题目似乎太容易了些。水平提高的结果使所有参加国的国内竞赛也提高了要求,这个事实也必然影响物理教学的水平。解題要求有更多的创造性,很少要你硬套公式。没有高深的数学,却含有较强的逻辑思维。

我们研究了一下以往各届竞赛的获奖名单,发现他们中许多已在各自的领域中成为杰出的科学家。另一方面也必须提及,多数著名科学家从来没有参加过竞赛,或者在竞赛中并不突出。我们不要忘记,天才有不同的类型。有人擅长于敏捷的直观思维,有人却善于长期有计划的耐心工作。我们制定不同形式的丰富多彩的竞赛计划,设置不同类型的试题,就必定能及时发现全部或至少是大多数天才。国际物理竞赛获奖者的现状是令人鼓舞的。以往各届的所有参加者已经完成或正在完成大学的学业。许多人获得了他们的荣誉学位,正在大学或研究院工作,发表了一系列科学论文。他们与各国科学家有良好的个人接触,有些就是在参加竞赛时建立的。在我们总结国际学生竞赛的价值时,这一点是值得记取的。