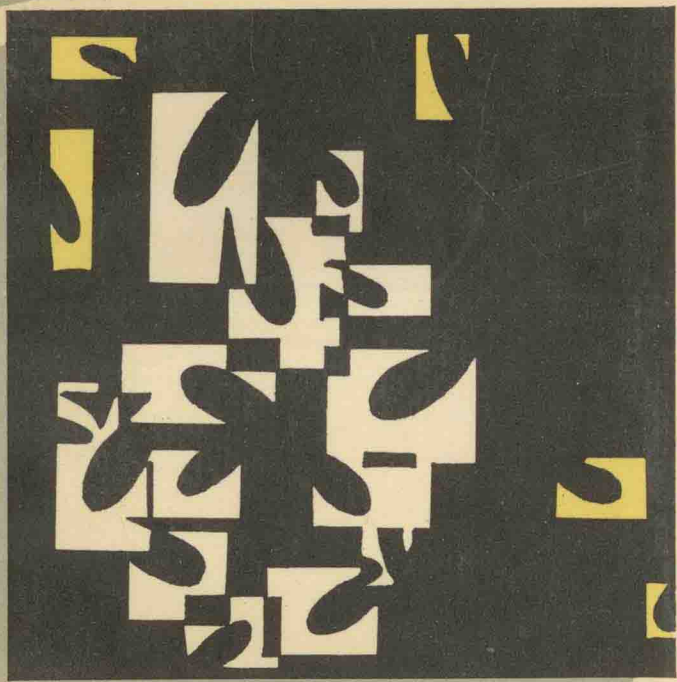


ZHONG XUE SHENG WU LI JING SAI ZHI DAO

# 中学生 物理竞赛 指导

江苏省物理学会编  
南京大学出版社



# 中学生物理竞赛指导

江苏省物理学会编

南京大学出版社

1996年·南京

(苏)新登字 011 号

**中学生物理竞赛指导**

江苏省物理学会 编

\*

南京大学出版社出版

(南京大学校内 邮政编码:210093)

江苏省新华书店发行 扬中市印刷厂印刷

\*

开本 850×1168 1/32 印张 21 字数 544 千  
1996 年 1 月第 1 版 1996 年 1 月第 1 次印刷

印数 1—10000

ISBN 7-305-02896-7/O·201

定价:22.00 元

## 前 言

一年一度的全国中学生物理竞赛在促进中学生提高学习物理的主动性和兴趣,增强学习能力,发现具有突出才能的青少年等方面,起了重要的作用,产生了巨大的影响。竞赛试题既衡量中学生的物理学习水平,也反映物理成绩优异的中学生应具有的研究问题的能力。

为适应中学生参加全国物理竞赛的需要,向准备参赛的学生和辅导教师提供中学生物理竞赛的情况、课外阅读材料、辅导材料,江苏省物理学会组织参加竞赛命题和辅导的教师编写了这本书。南京大学物理系教师沙振舜、马光群、秦允豪、潘元胜、周进、梁昆森、俞超、王永新担任执笔,沙振舜为统编,梁昆森教授担任主审。本书总结了江苏省开展物理竞赛活动的经验。除融汇了执笔的经验体会外,还吸取了江苏省内高校和中学参加竞赛工作的同志们的经验,可以说是一项集体智慧的结晶。

本书以当前高中物理课本的水平为起点,达到全国中学生物理竞赛大纲所要求的水平。即注意中学物理基础知识的严谨、系统和完整,又注意运用物理知识的灵活性。

本书不是罗列往届试题和解答,而是着眼于提高学生的基本功和物理素养,增长能力,扩大视野,增强适应性。因此,我们在对高中物理知识作较深入和精辟的阐述与分析之后,对典型试题或例题作仔细剖析,还选编了一些习题,供学生练习,其中有的给出答案或者提示。本书内容大致包括三部分:1. 理论知识辅导材料及试题分析。2. 实验知识辅助材料与试题分析。3. 口试知识、物

理学史知识、竞赛情况介绍与如何应试。本书可作为培训物理竞赛参赛者的教材,亦可供高中物理教师和对物理有兴趣的学生作为提高性辅助读物。期望本书出版对物理课的正课学习和参赛均有益处,有助于我省在竞赛活动中取得好成绩。

在本书编写过程中曾参阅了中国物理学会全国中学生竞赛委员会制定的《全国中学生物理竞赛章程》和《全国中学生物理竞赛内容提要》,以及竞赛委员会办公室主编的历届《全国中学生物理竞赛参考资料》。书中所用试题及解答,有的引自国际物理奥林匹克竞赛、全国或江苏省物理竞赛。其中有些试题出自别的教师之手。这里表示衷心的感谢。

省物理学会理事长龚昌德教授、秘书长徐龙道教授、省竞赛委员会主任陈洪贲教授自始至终关心和支持本书的出版,提出许多宝贵的建议,南京大学出版社为本书的出版给予很大的支持,在此一并表示致谢。由于时间仓促,疏漏之处在所难免,尚祈广大读者对本书的缺点、错误批评指正。

编 者

1994年5月

# 目 录

绪论	1
第 1 讲 运动学	9
第 2 讲 物体的平衡	33
第 3 讲 运动定律	53
第 4 讲 动力学问题的分析	55
第 5 讲 动量	73
第 6 讲 机械能	76
第 7 讲 碰撞	106
第 8 讲 流体静力学	121
第 9 讲 振动	135
第 10 讲 单位和量纲	147
第 11 讲 理想气体的性质	155
第 12 讲 热力学第一定律	184
第 13 讲 热平衡、物态变化	217
第 14 讲 液体与固体	242
第 15 讲 静电场	258
第 16 讲 电容与电容器	277
第 17 讲 稳恒电流	307
第 18 讲 利用对称性解题	335
第 19 讲 磁场、安培力、洛仑兹力	364
第 20 讲 电磁感应	388
第 21 讲 交流电、电磁波	423

第 22 讲	几何光学的基本定律 .....	438
第 23 讲	几何光学中的成像问题 .....	456
第 24 讲	光的波动性 .....	475
第 25 讲	原子和原子核 .....	497
第 26 讲	数量级估计 .....	510
第 27 讲	基本实验素养 .....	520
第 28 讲	基本仪器与物理量的测量 .....	538
第 29 讲	常用电子仪器 .....	556
第 30 讲	基本物理实验方法 .....	569
第 31 讲	实验题型分析 .....	579
第 32 讲	观察与思考题解法 .....	586
第 33 讲	测定性试题解法 .....	592
第 34 讲	怎样解黑盒问题 .....	605
第 35 讲	物理实验设计技巧 .....	618
第 36 讲	怎样参加口试 .....	627
第 37 讲	物理学史知识 .....	636
附录一	常用的物理恒量 .....	642
附录二	全国中学生物理竞赛章程 .....	643
附录三	全国中学生物理竞赛内容提要 .....	648
附录四	国际物理奥林匹克竞赛简介 .....	656
附录五	国际物理奥林匹克竞赛章程附件 .....	658
	(竞赛大纲)	

# 绪 论

## 一、全国中学生物理竞赛概况

全国中学生物理竞赛(对外称中国物理奥林匹克,英文名为 Chinese Physics Olympiad,缩写为 CPhO)自 1984 年起举办,每年一次,已举办了 9 届,取得了很大成绩。

举办这项竞赛是提高我国物理教育水平的一种途径,在促进我国物理教学改革、使之更加适应四个现代化的要求、培养具有突出才能的青少年方面,有重要的意义。

竞赛分为预赛和决赛两部分。预赛又分为第一试和第二试。第一试由全国中学生竞赛委员会统一命题,采用笔试,分散在全国各地举行。所有在校中学生都可以报名参加。第二试由省、自治区、直辖市中学生物理竞赛委员会命题,主要考察实验操作能力。各地方竞赛委员会根据预赛总成绩,择优推荐 3~5 名学生参加决赛。决赛集中在国内某地举行,由全国竞赛委员会命题和评定成绩。决赛包括理论和实验两部分,时间各为 3 小时。理论笔试满分 140 分,实验满分 60 分。在评定一等奖时可对部分考生增加口试,口试满分 40 分;在评选二、三等奖时,口试不计入总分。从决赛的一、二等奖中再选出若干名到北京大学集训,然后从中选拔 3~4 名学生代表我国参加国际物理奥林匹克竞赛。

江苏省学生自 1984 年参加全国中学生物理竞赛,每年第一试之后选出几十名优胜者集中南京参加在我省举行的第二试(实验部分),第二试由在南京高校轮流主办,其他高校派教师参加。预赛



之后选拔 3~5 名学生代表我省参加全国决赛,我省参赛学生成绩逐年提高(见表 1)。

表 1 历届全国中学生物理竞赛江苏省学生获奖情况

届数	决赛时间	决赛地点	江苏获奖名单及等级
1	1985.2	北京	万旭东(2) 翟成兴(2) 方凯(3)
2	1986.4	上海	郭华(3) 陈崑(4) 冯向光(4) 叶卫东(4)
3	1987.2	天津	吴玉兴(2) 李朝晖(3) 宋红新(3)
4	1988.1	兰州	陈丰(1) 郑苇(4) 朱怀清(4)
5	1989.1	广州	赵建华(1) 徐纲(2) 刘铸(2) 朱炯为(3)
6	1989.12	长春	江焕新(3) 熊铭杰(3) 李翔(3) 张云翔(4)
7	1990.12	福州	赵振平(1) 翁海清(2) 纪元(3)
8	1991.9	南宁	张泓(1) 杨伟涛(1) 吴义政(2) 周爱东(3)
9	1992.10	合肥	韦韬(1) 陈轶(1) 樊华(1) 祝捷(2)

全国中学生物理竞赛为选拔参加国际物理奥林匹克竞赛的代表队提供了非常广阔而坚实的基础。国际物理奥林匹克是目前世界上规模最大的高水平的中学生物理竞赛,我国在 1986 年才开始参加,至今已参加过 6 届。我国代表队在以上几届国际物理竞赛中,取得了较好成绩,如果按各代表队队员所获的总分排列,中国队在 1987、1988、1989 和 1990 年分别位于第三名、第五名、第二名和第二名。在 1991 年和 1992 年均均为第一名。六年来我国参加国际

物理奥赛的 28 名选手全部获奖, 累计获得金牌 8 块、银牌 10 块、铜牌 8 块、表扬奖 2 人。表 2 为中国队在国际奥林匹克竞赛上的成绩。参赛学生为我国赢得了荣誉, 在我国科技界引起很大反响。

全国中学生物理竞赛章程已经在 1991 年 2 月 12 日经中国物理学会常务理事会议讨论通过(参见附录二)。全国中学生物理竞赛内容提要已于 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, 公布试行(参见附录三)。这些今后将作为组织竞赛和命题的依据。我们相信在中国科协领导下, 在中国物理学会和地方竞赛委员会的努力下, 竞赛将会愈办愈好。

表 2 中国队在国际奥林匹克竞赛的成绩

时间地点	学 生	获奖等级	名 次
1986 第 17 届 英国 伦敦	1. 林 晨	I	9
	2. 卫 星	II	21
	3. 张 明	表扬	33
1987 第 18 届 民德 耶那	1. 陈 恂	I	4
	2. 黎锦辉	I	并列 11
	3. 唐鹏飞	II	并列 29
	4. 吴爱华	II	并列 37
	5. 张燕平	II	并列 37
1988 第 19 届 奥地利 巴德·伊谢尔	1. 陈岩松	I	4
	2. 徐剑波	I	15
	3. 陈 丰	I	23
	4. 丁爱东	II	54
	5. 陈 建	表扬	67

1989 第20届 波兰 华沙	1. 燕京 2. 毛甬 3. 邱东昱 4. 葛宁 5. 林晓帆	I I I I II	13 16 22 23 56
1990 第21届 荷兰 格罗宁根	1. 吴明扬 2. 周纲 3. 杨巍 4. 陈伯友 5. 段志勇	I I II III III	并列 4 6 9 22 并列 33
1991 第22届 古巴 哈瓦那	1. 王泰然 2. 任宇翔 3. 宣佩琦 4. 夏磊 5. 吕强	I I I I I	
1992 第23届 芬兰 赫尔辛基	1. 陈涵 2. 季翌 3. 石长春 4. 张霖涛 5. 罗卫东	I I I I I	1 3 4 7 11

## 二、如何参赛

全国竞赛是一项高层次、高水平的竞赛，它不仅仅是知识的竞赛，而且是智力的竞赛。因此，要求参赛者除作好业务上的准备外，还应作好思想和心理素质方面的准备。

总的说来，一个物理竞赛的参赛者首先应熟悉中学物理课本的内容，对物理现象、概念、定理、定律以及历史概况都要非常清楚，此外，还必须熟练运用数学工具，掌握物理仪器的用法，所谓

“工欲善其事，必先利其器”，以上是参赛的基础。

同时要做到博专结合，不满足课本上的内容，要广泛浏览，所谓“眼观六路，耳听八方”。多读些课外科技读物，了解物理学前沿和最新科技信息，参加课外物理活动，不断扩大知识面，这是因为根据《全国中学生物理竞赛内容提要》，除考察理论和实验基础外，还包括物理知识的应用、现代重大科技信息和物理学史知识。

### 1. 对参赛者素质的要求

(1) 对物理学有浓厚的兴趣。爱因斯坦说过：热爱是最好的老师。兴趣不是天生的，而是在实践中培养的。

(2) 通过观察和实验，提高学习物理的兴趣。

(3) 勤于思考，做“巧思笔记”。平时不满足于接受书本上的答案和教师的讲解，多问几个为什么，将自己学习过程中的一些巧思方法和巧答做法，记在笔记里，成为“巧思笔记”，久而久之，思维便会敏捷。

(4) 动脑动手，提高物理实验的能力。过去我国物理参赛者实验考得比较差，所以我们一定要重视对实验素养的培养，并多动手实践。

(5) 树立必胜的信心。每个参赛者应具备锲而不舍的品质。以坚强的意志、百折不挠的精神，坚持到底，争取优胜。

### 2. 中学生物理竞赛命题的趋势和特点

因为竞赛是要筛选出最优秀的学生，试题强调的是对优秀成绩的区分度。竞赛每年举行，一般不能用过去出过的题目，又加上学生水平逐年提高，所以，在纵观历届试题时可以发现，试题难度逐年增加，分量增大，灵活多变。对解题能力要求提高。题目涉及的物理过程和现象比过去复杂，涉及的物理分支学科和物理定律数目增多，数学知识要求提高，实验内容趋于综合和复杂等等。有的理论试题和实验已相当于大学一、二年级普通物理的水平。

与常规试题(如高考)相比，竞赛试题有如下特点：

(1) 竞赛题涉及知识面宽。不但考察基础知识的掌握，而且

着重考察灵活运用知识的能力,同时注重考察实验动手能力。

(2) 常规题难度一般,竞赛题难度大、分量重、综合性强。

(3) 常规题比较呆板正统,竞赛题比较灵活,有时会“出奇兵”。

(4) 常规题条件充分,竞赛题有的条件不明显,要求学生做出简化假设或找寻隐含条件等。

(5) 常规题容量较小,只转一、二个弯。竞赛题容量大,转弯较多,要求持续地分析思维。

### 3. 应试准备

为了在竞赛中取胜,至少应做好以下几项工作:

(1) 搜集考试资料,例如参阅以前的中生物理竞赛参考资料,了解竞赛的范围、题型、难度、份量等。

(2) 做模拟竞赛试题,估测自己的知识与能力水平。

(3) 做好精神准备,适应考场环境。尤其是参加第二试的学生,一般要集中到省城去考,事先要熟悉考场环境,并尽快让情绪稳定下来。

(4) 赛前的最后辅导与复习。在平时复习的基础上,临考一、二天,用1~2小时作最后一次强化(有辅导教师更好),可能收到很好的效果。

(5) 减少不必要的精神压力和顾虑,学生自己要善于自我调节,放松思想。“胜败乃兵家常事”。首先抱有必胜的信心,这样考场上容易发挥出最好水平。但如考不好,也看作是对自己的一次锻炼。

(6) 做好物质准备。如带齐学习文具用品,备好交通工具等,不要因这些东西耽误竞赛。

(7) 保持考前良好的身心状态。请记住“睡眠、营养、运动”三要素是保证考生身心健康精力充沛的关键。

### 4. 第一试(笔试)应试要领

(1) 阅读解答要求。

(2) 浏览试卷。接到试卷后不要急于解答,先快速浏览一下全卷,了解各题的大致内容,看哪些难,哪些较简单。先易后难解答题。

(3) 审题。审题时注意寻找隐蔽条件。掌握命题本意,找出关键的知识点。以稳、准为原则,提高得分率。审题要慢一点、准一点,答题则要抓紧时间。

(4) 遇到难题要冷静。遇到难题,一时想不出如何解,先暂时放一下,转移到别的问题上,等想起来再回答。

(5) 克服粗心大意。由于粗心大意,有的考生把题意看错了,出了考场才明白。有的漏答失分。所以要争取满分应力戒马虎。

(6) 答卷要标准规范,书写整洁。卷面字迹太潦草,评卷人看不懂,无法评分。答卷应让人看后一目了然,有条有理。

以上是各种题型应试的一般原则,下面说说问答题和计算题的解答步骤。

问答题占有相当重要的地位,应充分重视,解答的步骤是:(1)审清题意,抓住问题实质。(2)分析过程,严密推理。(3)综合整理,得出结论。

计算题是物理命题中最常见的一种类型,主要考察考生的思维能力、推理能力、综合运用能力和运算能力。其解答步骤是:(1)审清题意,确定研究对象,分析问题的性质和题目的物理过程。(2)画出草图。(3)建立物理模型,弄清已知量和未知量的关系,应用物理概念和规律,分析综合。(4)应用物理公式,列出方程,推导结果表达式,最后代入数据,计算求解。

### 5. 第二试(实验)应试要领

第二试命题的指导思想主要是考查实验能力,即考查基本仪器的使用、实验原理与操作步骤的掌握和实验数据的分析处理,以及根据实验精度选择仪器、判断实验步骤的正确与否,分析误差及其产生原因,等等。

实验应试有六大要领:明确实验目的,理解实验原理,正确选

用仪器,仔细进行操作,减少实验误差,得出实验结果。

若以上各项原则,我们将在本书各讲中举例说明。

出并,要本...

一,为...

同相...

相...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

## 第1讲 运动学

物体位置随时间而变化,称为机械运动。力学是研究机械运动的一门学科。几乎在物质的一切运动形式中都包含有机械运动这种最基本的形式,因而力学是许多学科的基础。

研究机械运动,一般采取由表及里,从现象到本质的步骤。如何描述机械运动现象,这部分称为运动学。机械运动的内在规律这部分称为动力学。运动学研究对物体运动状态及其变化的描述,而不管这种变化的原因。物体在任一时刻的运动状态通过位置、速度等物理量来描述,运动随时间的变化通过运动方程来描述。

### 一、参考系、质点

为了描述物体的位置,必须选定一些物体作参考,这些被选作参考的物体称为参考系。世界上一切物体都处于不停的运动之中,绝对不动的物体是没有的,这就是运动的绝对性。但由于参考系的选择是任意的,而运动描述又必须在选定了参考系之后才有意义,因此运动的描述是相对的,即描述运动的相对性。

为了定量地描述物体的位置,就要在参考系上选定坐标系,即将参考系抽象成坐标系,最常用的是直角坐标系。

任何实际的物体都有一定的形状和大小。但是在具体的问题中,有时可以忽略物体的形状和大小,而把它们看作是具有一定质量的几何点,称为**质点**。质点是实际物体的理想化模型。在物理学中常用理想模型代替实际研究对象,以突出其主要性质而忽略其次要因素。同一个物体有时能视为质点有时又不能,决定于所研究



的问题。

## 二、质点位置的确定、运动方程

要确定质点的位置在力学中通常采用三种方法：

### 1. 矢量法

质点  $P$  的位置用一矢量

$$\mathbf{r} = \overrightarrow{OP}$$

来确定，通常取  $O$  点与参照系上原点重合， $\mathbf{r}$  称为质点  $P$  的位置矢量，简称位矢（图 1-1）。

运动质点  $P$  的位矢可表示为时刻  $t$  的函数

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}(t)$$

上式又称为质点的运动方程。

运动过程中，位矢末端所连成的曲线就是质点的运动轨道。

### 2. 坐标法

在参照系中引入坐标系，质点  $P$  的位置就可以用坐标系中一组坐标来确定。如用直角坐标系，质点  $P$  的位置用一组直角坐标  $x$ 、 $y$ 、 $z$  确定。质点运动时，它们可分别表示为时刻  $t$  的函数

$$\begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases}$$

这就是用坐标表示的运动方程。如果在方程中消去  $t$ ，可得质点的轨道方程，也可将运动方程理解为以参量  $t$  表示的轨道方程。

### 3. 自然法

如果质点相对于所选参考系的轨道已知，则在已知轨道上选一固定点  $O$  作为原点如图 1-2 所示，规定弧长单位和轨道的方向， $P$  点的位置就可由弧坐标  $s$  来确定， $|s| = \widehat{OP}$ 。运动方程可写为

$$s = s(t)$$