

WU LI
AO LIN PI KE
JING SAI
JIAO CHENG



物理奥林匹克竞赛教程

湖南省奥林匹克竞赛
委员会物理分会编
湖南师范大学出版社
WU LI AO LIN PI KE
JING SAI
JIAO CHENG

0003603丁丁

物理奥林匹克竞赛教程

刘又文 彭圣儒 黄国明编著
罗维治 彭大斌



601821



湖南师范大学出版社

刷

系黄

【湘】新登字 011 号

物理奥林匹克竞赛教程

刘又文 彭圣儒 黄国明编著
罗维治 彭大斌

责任编辑 常继大 廖建军

湖南师范大学出版社出版发行

(长沙市岳麓山)

湖南师范大学印刷厂印刷

787×1092 32开 20.75印张 480千字

1993年6月第1版 1996年1月第8次印刷

印数:53451—58480册

ISBN7—81031—273—1/O·009

定价:16.00元

本书如有印装质量问题,请直接与印刷厂联系调换

序

物理学是研究自然界物质运动普遍规律的科学。从微观世界基本粒子的运动,到宏观世界宇宙整体的运动(演化),都属于物理学的研究范畴。因此,在一切科学技术(工业的、农业的、军事的……)领域内,物理学都占有重要的地位。而且随着高科技的迅速发展,物理学的重要性以更快的速度增长。

1991年的海湾战争,充分表明了物理学的重要意义。在海湾战争中,一改以前的“熟习地形才能进行夜战”的常规,人们使用了建立在红外物理学基础上的夜视设备,使对方目标在夜间仍能清清楚楚地呈现在眼前。同时,科学家们根据红外物理学制成了红外望远镜和红外传感器。“爱国者”反导弹成功地拦截“飞毛腿”导弹的过程就利用了两颗装有红外望远镜的预警卫星。这两颗卫星每隔几秒钟向伊拉克全国扫描一次;当“飞毛腿”导弹发射时,红外望远镜和红外传感器立刻测到导弹尾部辐射出来的强大热信号,卫星马上把信息经过地面控制站传到美国作战部队,全过程需要5分钟,通讯距离达16万公里。“飞毛腿”导弹自发射至落地需要飞行7分钟。这样,“爱国者”导弹从发射到击中“飞毛腿”导弹的过程必须在2分钟内完成。“爱国者”的雷达有效作用距离为150公里,从发现到击中目标有1分钟就够了。

从上述例子可以看出红外物理学在军事上的应用——它使现代战争明显地区别于过去的常规战争。

物理学在其它科技领域中的应用也是十分广泛的,这里无法一一列举。

物理学的发展历史和物理学家的成长过程告诉人们,基础物理教育是至关重要的。为了促进基础物理教育的发展和交流,在一批有远见卓识的物理学工作者的倡导下,国际物理教育委员会决定每年为各国中学生举行一次《国际物理奥林匹克竞赛》。这一竞赛活动大大地激发了各国中学生学习物理学的兴趣。与这一形势相适应,作为“国际物理奥林匹克竞赛”的参赛国,我国自1984年开始每年举行一次全国中学生物理竞赛。这对于及时地发现、选拔和培养物理学人才具有重要而深远的意义。

我省物理学会和广大物理学工作者为培养和选送参赛的中学生做了大量的工作。全省物理教师和参赛者的辛勤劳动换来了丰硕的成果,在第二十届国际物理奥林匹克竞赛中,我省选手获得一块银牌;在第二十一届国际奥赛中获一块铜牌;在去年举行的第二十三届国际奥赛中我省选手获得两块金牌。我省获得奖牌总数在全国各省市中名列第二。这表明,湖南的基础物理教育质量是比较好的,物理教师的整体水平是比较高的。

省物理学会、中学物理竞赛委员会组织一批有经验的竞赛培训教师编写这本书,为全省各地区的培训教师提供一本培训教材,也为全省中学生提供一本物理复习参考资料,这一工作是很有意义的。相信本书的出版会对提高我省中学生学习物理的兴趣、对提高我省中学物理教学质量作出有益的贡献。

王永久

1992.12.9 于长沙

前 言

应广大师生的要求,我们组织多年从事省级培训的几位教师编写了这本教程,以适应高中学生准备参加全国中学生物理竞赛之急需。它可以作为竞赛培训的教材,也可作为中学生自学提高的辅导读物和中学物理教师的教学参考资料。

本书按照中国物理学会全国中学生物理竞赛委员会制订的《全国中学生物理竞赛内容提要》的理论基础部分选材,其中大部分内容不超出现行高中物理教材的范围,少数地方略有增补。对于中学课本上已有的内容,一般不再详述,而是侧重于对其进行加深或者拓宽,侧重于应用这些知识去分析和解决层次更深要求更高的物理问题。为此,本书除在各节选有适量的例题外,不少章还安排有一节《典型例题分析》,着重介绍如何建立物理模型,如何分析物理问题,如何挖掘隐含条件,如何运用教学工具,如何寻找最佳解法等,试图在分析和解决较复杂的物理问题的正确思路和方法方面作出一些示范。我们希望读者在接触到这些例题时,着重体会其分析和解决问题的思路和方法,决不可以把它当成某种固定的模式去套,因为竞赛题总是具有综合面广、灵活性大、题型新颖的特点,决非只用几个固定的模式就可以解决的。只有那些既具有扎实的基础知识又把握了正确的思

维方法的人才可能触类旁通、左右逢源。让读者在思路和方法方面受到启迪,收到实效,这是我们的共同期望。为了帮助读者进行独立练习,我们在每章后都附有相应的练习题及答案,其中有些题具有较大的难度——它们达到了竞赛要求的水平,有的本身就是历届的竞赛题。我们相信那些扎扎实实地学习,并且能对每章内容都真正掌握的读者,是会从自己对这些练习题的独立解答中得到提高并享受到成功的喜悦的。我们预祝本书的每一位读者都获得成功!

本书附录部分除编入了国际物理奥林匹克与全国中学生物理竞赛的章程、考纲及简介外,还较详细地介绍了我省物理竞赛工作的指导方针、作法及各届获奖情况,希望能正确引导我省的物理竞赛工作,激励广大读者立志为湖南省争光,为社会主义祖国争光。

本书的编写分工如下:第一至第四章(刘又文副教授,黄国民副教授);第五至第八章(彭圣儒副教授);第九至第十三章(罗维治教授);第十四至第十六章(彭大斌特级教师);附录部分(黄国民,刘又文)。全书由刘又文、彭大斌统稿,湖南省物理学会理事长王永久教授审订。

本书的编写中,曾参阅了全国中学生物理竞赛委员会办公室主编的历年《全国中学生物理竞赛参考资料》等资料,并得到省内外不少专家的热忱帮助,在此一并致谢!

我们恳切希望广大读者对本书予以批评指正。

编者

1992年10月

目 录

序	(1)
前言	(3)
第一章 力与平衡	(1)
§ 1-1 力、力矩与力偶的概念	(1)
§ 1-2 力的种类	(8)
§ 1-3 力的基本性质	(18)
§ 1-4 物体的受力分析	(26)
§ 1-5 力系的平衡条件	(30)
§ 1-6 平衡的性质	(38)
§ 1-7 典型例题分析	(43)
练习题一及答案	(63)
第二章 运动与力	(73)
§ 2-1 质点运动的基本概念	(73)
§ 2-2 点的等加速运动	(79)
§ 2-3 刚体平动与定轴转动	(85)
§ 2-4 点的相对运动	(89)
§ 2-5 质点运动定律	(95)
§ 2-6 质心与质心运动	(99)
§ 2-7 典型例题分析	(104)
练习题二及答案	(120)

第三章 能量与动量	(131)
§ 3-1 功和能.....	(131)
§ 3-2 动能定理.....	(141)
§ 3-3 动量与冲量.....	(148)
§ 3-4 碰撞.....	(153)
§ 3-5 典型例题分析.....	(159)
练习题三及答案.....	(179)
第四章 振动和波	(188)
§ 4-1 简谐振动.....	(188)
§ 4-2 阻尼振动与受迫振动.....	(203)
§ 4-3 波动.....	(207)
§ 4-4 典型例题分析.....	(218)
练习题四及答案.....	(231)
第五章 温度和气体分子运动论	(239)
§ 5-1 温度.....	(239)
§ 5-2 气体实验定律.....	(243)
§ 5-3 理想气体状态方程.....	(248)
§ 5-4 气体分子运动论简介.....	(252)
§ 5-5 理想气体的内能.....	(254)
练习题五及答案.....	(255)
第六章 热力学第一定律	(260)
§ 6-1 改变内能的两种方式.....	(260)
§ 6-2 热力学第一定律.....	(262)
§ 6-3 热力学第一定律对理想气体的应用.....	(266)
§ 6-4 典型例题分析.....	(270)
§ 6-5 热传递的方式.....	(275)
§ 6-6 物体的热膨胀.....	(278)

练习题六及答案·····	(280)
第七章 固体和液体 ·····	(286)
§ 7-1 晶体和非晶体 空间点阵·····	(286)
§ 7-2 固体和液体的分子运动·····	(288)
§ 7-3 液体的表面张力现象·····	(289)
§ 7-4 浸润现象和毛细现象·····	(292)
练习题七及答案·····	(297)
第八章 物态变化 ·····	(299)
§ 8-1 蒸发和凝结·····	(299)
§ 8-2 空气的湿度·····	(302)
§ 8-3 沸腾·····	(305)
§ 8-4 气液等温转变·····	(307)
§ 8-5 熔解和凝固 固体的升华·····	(311)
练习题八及答案·····	(314)
第九章 静电学 ·····	(316)
§ 9-1 实验定律·····	(316)
§ 9-2 电场强度·····	(318)
§ 9-3 静电场中的导体·····	(320)
§ 9-4 电势·····	(321)
§ 9-5 电容·····	(325)
§ 9-6 介质的极化、介电常数·····	(327)
§ 9-7 自由电荷、束缚电荷、极化电荷、宏观过剩电荷 ·····	(329)
§ 9-8 静电场能量·····	(331)
§ 9-9 典型例题分析·····	(332)
练习题九及答案·····	(348)
第十章 恒定电流 ·····	(358)

§ 10-1	恒定电流	(358)
§ 10-2	恒定电流的基本定律	(360)
§ 10-3	电源的电动势	(366)
§ 10-4	电功和电功率	(367)
§ 10-5	物质的导电性	(370)
§ 10-6	典型例题分析	(380)
	练习题十及答案	(389)
第十一章	恒定电流的磁场	(398)
§ 11-1	基本磁现象概述	(398)
§ 11-2	磁感应强度	(399)
§ 11-3	磁场对载流导体的作用	(402)
§ 11-4	磁场对运动电荷的作用	(405)
§ 11-5	回旋加速器与质谱仪	(407)
§ 11-6	典型例题分析	(410)
	练习题十一及答案	(421)
第十二章	电磁感应	(431)
§ 12-1	电磁感应	(431)
§ 12-2	动生电动势和感生电动势	(434)
§ 12-3	自感和互感	(439)
§ 12-4	变压器	(443)
§ 12-5	典型例题分析	(447)
	练习题十二及答案	(455)
第十三章	交流电与电磁波	(468)
§ 13-1	交流电	(468)
§ 13-2	三种理想元件的电压与电流的关系	(470)
§ 13-3	整流和滤波	(473)
§ 13-4	三相交流电	(480)

§ 13-5	电磁振荡和电磁波	(486)
§ 13-6	典型例题分析	(494)
	练习题十三及答案	(500)
第十四章	几何光学	(505)
§ 14-1	光的反射和折射	(505)
§ 14-2	面镜和透镜的成像	(514)
§ 14-3	简单的光学仪器	(522)
§ 14-4	典型例题分析	(526)
	练习题十四及答案	(541)
第十五章	光的本性	(554)
§ 15-1	光的微粒说和波动说	(554)
§ 15-2	光的波动性	(555)
§ 15-3	光的粒子性	(562)
§ 15-4	光的波粒二象性	(566)
§ 15-5	物质波	(567)
§ 15-6	典型例题分析	(568)
	练习题十五及答案	(580)
第十六章	原子物理	(589)
§ 16-1	原子结构	(589)
§ 16-2	原子核	(592)
§ 16-3	典型例题分析	(596)
	练习题十六及答案	(605)
附录一:	国际物理奥林匹克竞赛简介	(611)
附录二:	国际物理奥林匹克竞赛章程	(613)
附录三:	国际物理奥林匹克竞赛章程附件	(619)
附录四:	全国中学生物理竞赛简介	(625)
附录五:	全国中学生物理竞赛章程	(627)

附录六:全国中学生物理竞赛内容提要	(632)
附录七:湖南省中学生物理竞赛简介	(640)
附录八:全国中学生物理竞赛及我国代表队参加 <i>IPhO</i> 情况表	(646)
附录九:湖南省参加全国中学生物理竞赛情况表	(648)

第一章 力与平衡

物体相对地球静止或匀速直线运动的状态称为**平衡**；物体(或与场)之间的相互作用称之为**力**；物体受力都要发生形变，在研究力对物体的运动效应时，可把物体简化为各点间距离保持不变的**刚体**。研究平衡系统的主要任务是：首先把平衡物体从其所在位置隔离出来，用力取代其它物体(或场)对它的作用，把它简化为受力的平衡刚体；其次，研究作用在平衡刚体上的平衡力系，从基本的二力平衡原理出发，运用矢量方法，导出它所满足的**平衡条件**；然后针对具体问题，直接运用相应力系的平衡条件进行数学求解，求出物体所受的全部未知外力或平衡的几何位置。

§ 1-1 力、力矩与力偶的概念

一、**力**——物体(或与场)之间的相互机械作用，是物体产生加速度和形变的原因。力的大小、方向、作用点决定力对物体的作用效果，称为力的三要素，通常用矢量表示力。**力系**是作用在物体上的一群力，根据其力的作用线在空间的几何位置特点，分为空间、平面、汇交、平衡力系等。

在研究力对刚体的运动效应时，由力的等效原理(见力的基本性质 4)可推知，力对刚体是滑移矢量，作用点可沿力的作用

线滑移,如图 1-1 所示:

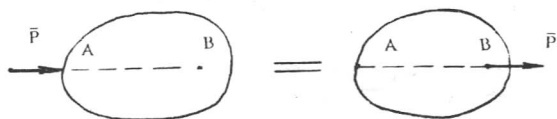


图 1-1

因此决定力对刚体作用效果的三要素是:力的大小、方向与作用线。

例 1. 力的可传性。如图 1-2(a)所示,三物块 A、D、B 受力如图,由力的可传性,将力 \mathbf{P} 滑移至 A、D 交界处,画出物 D 受力如图(b)对吗?

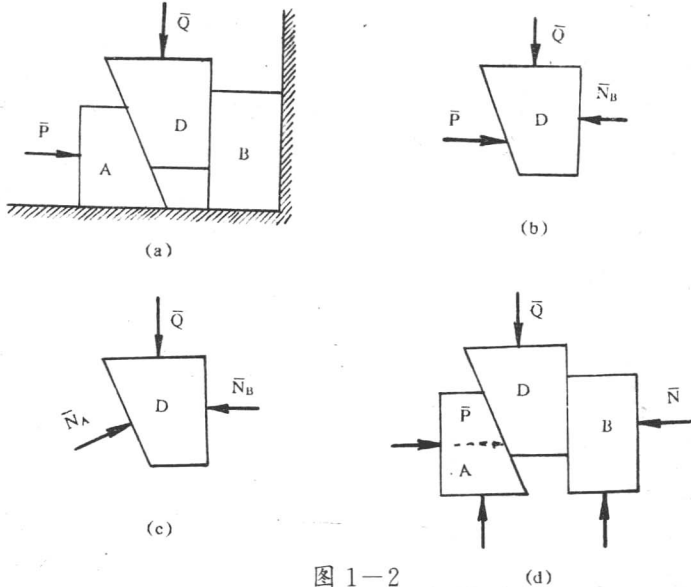


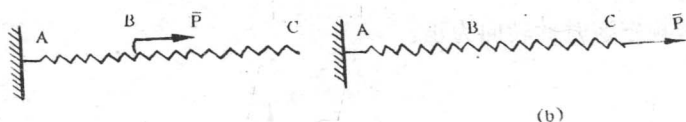
图 1-2

解析:力的可传性是指作用于刚体上某一点的力,可以沿其

作用线滑移至该刚体内任意点,不改变该力对该刚体的效应。但不可从一个刚体滑移到另一个刚体,图(b)显然是错误的,正确受力图是(c)。

值得指出,当研究(A+D+B)整体求N时,是把整体视为一个刚体,因此上述力P的滑移又是可行的,如图(d)所示。

例2. 如图1-3所示弹簧在B处受力P作用,将其沿力线滑移至C端,行吗?



(a)

图 1-3

(b)

解析:力的滑移不适用变形体,此处力P滑移后,改变了BC段的受力与变形,也改变了C端的位移,所以是不能滑移的。但我们注意到,力在BC段内滑移,并不改变AB段的受力和变形。

二、力矩——力使物体绕某点(轴)转动效应的度量。

1. 力对点之矩是矢量

如图1-4所示,力F对O点之矩,用矢量 $M_0(\mathbf{F})$ 表示,图中r表示力F的作用点A的位置矢量,这个力矩矢量的

$$\text{大小: } M_0(\mathbf{F}) = rF \sin(\mathbf{r}, \mathbf{F})$$

$$= 2\Delta ABO \text{ 面积,}$$

方位:力F与矩心O确定的平

面

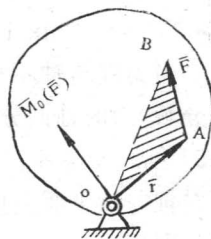


图 1-4

转向:力使刚体绕方位平面的矩心法向轴转动的方向,由右手法则判定,即伸开右手,4指沿r方向,转向F方向,则大拇指

指向力矩 $M_0(\mathbf{F})$ 方向。这里 4 个手指转向就是力矩的转向。

2. 力对轴之矩是代数量

从一般意义上说,力对轴之矩是一个沿轴向的矢量,在定轴情况下不必强调矢量性,把它作为代数量处理较为便利。当力线与轴线相垂直时,过力线作轴的垂直平面,如图 1-5 所示,力 \mathbf{F} 对 O 轴之矩

$$M_0(\mathbf{F}) = \pm Fh \quad (1-2)$$

通常规定逆时针转向为正。

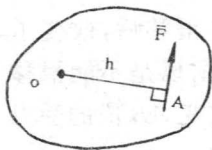


图 1-5

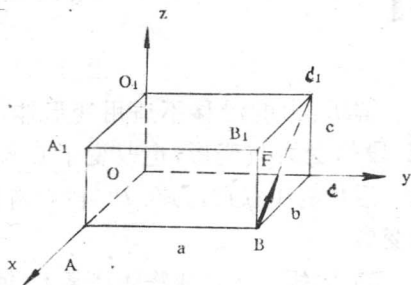


图 1-6

当力线与轴不相垂直时,可将力沿轴向及与轴向垂直的方向分解,力的轴向分量对该轴力矩为零,垂直分力之矩就是图 1-5 情形了。这种分解法等效于将力向与轴垂直的平面投影后,再对轴与该平面交点取矩。如图 1-6 所示,力 \mathbf{F} 对 x 、 y 、 z 轴之矩分别是:

$$M_x(\mathbf{F}) = \frac{F a c}{\sqrt{b^2 + c^2}}$$

$$M_y(\mathbf{F}) = -\frac{F b c}{\sqrt{b^2 + c^2}}$$