

陈灵敏 裴幼强 编

中
Z H O N G
学
X U E

物
W U

理
L I

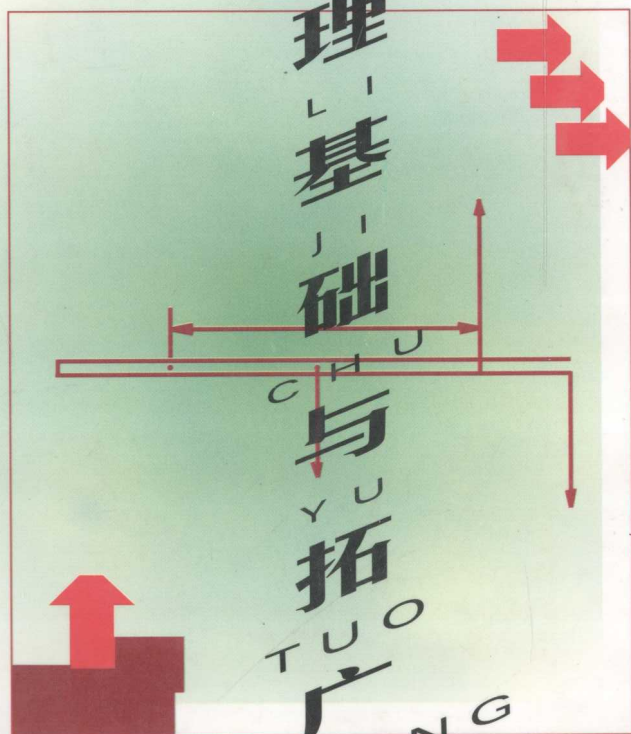
基
J I

础
C H U

与
Y U

拓
T U O

广
G U A N G



● 中学数理化教师提高丛书

华中科技大学出版社

中学数理化教师提高丛书

中学物理基础与拓展

陈灵敏 裴幼强等 编

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

中学物理基础与拓广/陈灵敏 裴幼强 编
武汉:华中科技大学出版社, 2001年4月
ISBN 7-5609-2402-6

I. 中…

II. ①陈… ②裴…

III. 物理课-初中-教学参考资料

IV. G634

中学物理基础与拓广

陈灵敏 裴幼强 编

责任编辑:李立鹏

封面设计:丽子 刘卉
责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87545012

经 销:新华书店湖北发行所

录 排:武汉皇荣文化发展有限责任公司

印 刷:湖北省通山县印刷厂

开本:850×1168 1/32 印张:11.875

字数:278 000

版次:2001年4月第1版 印次:2001年4月第1次印刷

印数:1—4 000

ISBN 7-5609-2402-6/G·327

定价:14.50元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

该书以帮助中学物理教师提高专业知识素质为目的,用大学物理知识去深入理解和掌握中学物理教学相关的基本概念和规律。对中学物理中出现的疑难问题进行了解疑,从而使中学物理教师能更好地把握相关的物理知识,进而达到从根本上提高中学物理教学质量。该书结构严谨,文字流畅,语言通俗易懂。

《中学数理化教师提高丛书》编委会

主	编	郑隆炘	王心宽	
编	委	(以姓氏笔画为序)		
		王心宽	孙正川	李绍参
		陈文生	欧阳仲威	范鸿章
		郑隆炘	杨文茂	林六十
		汤光宋	梁法驯	张兆华
		姚磊明	龚义建	高正兴
		高仕汉	裴幼强	樊 恺

总 序

切实加强中学教师队伍特别是青年教师队伍的建设,是教育面向 21 世纪的一项紧迫的战略任务,为了帮助中学数理化教师提高思想与业务素质以及教学能力、教研能力、科研能力、促进中学教育教学质量的提高,我们组织编写了这套《中学数理化教师提高丛书》。

本丛书遵循以下编写原则:充分考虑 21 世纪经济建设与教育发展的需要,认真总结多年来中学教育改革的经验,以及开展中学教师继续教育的研究成果;编著的内容源于中学、又高于中学,努力挖掘中学知识与大学知识之间的联系;对中学有关知识内容,抓住实质深刻阐述、并适度拓广、插漏补缺、重点提高;努力做到应用正确的哲学与方法论和先进的教育理论指导所撰内容,并融为一体,注重科学性、时代性、系统性、实用性与可读性;尽量不与已有中学教师进修书籍重复,做到有创新的见解,有独到的分析,有新颖的内容,有作者的研究成果。丛书由郑隆炘、王心宽等 10 多位教授、专家组成编委会,由在中学数理化教育方面有研究成果与实践经验的教授、专家,以及有研究实力的中青年同志撰稿。其读者对象是各类中等学校数理化教师、教研工作者、大学理工专业学生、高中阶段部分成绩优秀的学生,以及高中以上文化程度的自学者。

我们深信,这套丛书的出版,将对中学师资队伍建设与中学理科教育改革,起到积极的促进作用。

《中学数理化教师提高丛书》编委会

1996 年 4 月于武汉

序 言

这套丛书的出版是一件很有意义的工作。由于笔者工作范围之限，只能对数学方面提出一点看法。如果多少有一些想法对其它学科也有些作用，则喜出望外了。

自文化大革命结束以来，中学教育无论在数量和质量方面都有了飞跃的发展，比之当时百废待兴的局面自然是今非昔比了。尽管在未来几十年中改革和发展都还会有极多复杂的情况出现，但是总可以采取比较“正规”的，按教育客观规律办事的方法，临时性的措施应该更少一些了。因此，中学教师的继续教育问题就亟待更有系统地提出与解决了。

当然，可以要求中学教师都有更高的学历；如果满足不了，也可以用某种形式来补一补课；也可以开一些研讨会等等来帮助解决某些问题，但是根本之图是要求中学教师能多读一点书，这样就提出了一个问题，读什么书？怎样读书才能有用？有不少人认为教什么就学什么就行了，不少人（包括高等师范院校相当一批师生在内）已经感到念这么多高等数学是没有用的，有不少人认为这违反了“师范性”反而造成思想不安、队伍不稳，如此等等。也有完全相反的看法，认为只有多念更高深的数学课程，本科完了还有研究生，这样才能从“根本上”提高水平，从“根本上”稳定队伍，从“根本上”解决师范性问题，那么什么是“师范性”呢？为人“师表”，应该有什么样的“规范”呢？作为一个教师，特别是一个中学教师，他的工作对象是“人”，是十来岁思想最活跃，最具可塑性的人，要去塑造一个人，有思想政治的要求，有道德情操的要求，当然还有生活能力、劳动技能等等，而从数量上“作大头”的仍是科学文化方面的要求，对于一个数理化教师，不但要求他以自己的思想情操去感化学生，更要求他能从自己的专

业方面去塑造一个人。当然，一个数学教师不应该以为自己的学生将来很多人成为数学家。但是，数学不只是谋生技能，更不能只是进入高一级学校的敲门砖，从这门科学中，我们看到人类是怎样解决他们面临的许多问题，又怎样从具体问题形成了许许多多数学定理、数学理论，……人们曾经不只是为了某个具体的目的去研究一个个具体的数学问题，而是追求深层次的真理，又怎样由此而造出美好的世界。这就是创造，我们现在常说要培养“能力”，其实，哪里有什么“抽象的能力”，如果不进行创造的实践而侈谈“能力”的培养，犹之乎不下水而谈游泳的道理一样，一个十来岁的孩子解一个简单的数学题，他可能在创造，而范进 60 岁中举，哪怕是中了状元也没有什么创造，也谈不上什么能力。当然，写八股文也算一种“能力”吧！问题不在于是念高等数学还是初等数学，而在于如何对待这孩子能够接受的知识，是一个态度问题。我不相信这里有什么固定的方法，更没有什么诀窍。可以看一看每一个事业有成的人，几乎都受到一两位中学教师的影响，而这位教师的影响，最深刻的不仅在于具体的知识，而在于他的情操，他对待科学的态度等等，即在于他自己的科学素质。

我们常说把大学的知识和中学知识结合起来，其实这是培养高的科学素质的根本之途。有一些历史的经验：19 世纪末到本世纪初的德国大数学家克莱因，写了一部名著《高观点下的初等数学》。应该感谢湖北教育出版社，愿意赔本出这本书，其实这是作者多年利用假期为中学教师讲课的教材，而且实际上把自己的研究的成果都讲给教师们听。直至今日我们再读这本书仍感到富有启发，使人思如泉涌，可以懂得许多自以为再也没有问题的东西，一句话，可以懂得什么叫把大学和中学结合起来。我愿向每一个有志于提高自己数学水平的数学教师推荐这本书，条件是这位教师应该读过相当于大学一、二年级的数学课程，另一个范例是前苏联的经验。其中最宝贵的是，第一流的数学家，甚至是数学大师，也都愿意为中学教师的提高尽心尽力，最近一位同志翻译了

前苏联的大数学家辛钦写的《数学分析八讲》，看一下这位名重一时，贡献卓著的概率论大师，是怎样讲最基本的数学分析知识，从什么是实数，什么是函数开始，而且并不超过大学一年级的内容，看一下他的讲法和我们自己对这门最基本的数学课程的理解，相距何在，就知道为了提高自己的“素质”还要下多少功夫，现在大家都在讲素质教育，如果在科学文化方面也要提出素质问题而不只是谋生技能，更不是进入高一级学校的敲门砖的话，那么最重要的是教师的素质。

这里我们有意不谈对数学有特殊重要性的解题，训练问题，也没有讲到有特殊作用的数学竞赛问题，这是需要专门讨论的。但是，可以说一句，这不会和上面讲的一切矛盾。

十分高兴，现在有一批有志者在本世纪之末开始编写这一套丛书，决心在这个方向上走上踏实的一步。尽管征途漫漫，困难重重，也不能以上面提到的大师们和他们的经典著作来要求于这丛书。方向是正确的，工作是十分有意义的，希望读者会从这丛书中得到启发，得到益处，更希望有更多的有志者投入这个工作。

齐民友

1996年6月1日于珞珈山

前 言

中学物理教学内容主要属基础物理范围，而且属于基础物理的“初级阶段”。这些内容从科学上讲大都已很成熟，由于学科特点，这些内容并不容易。中学物理中，各类物理现象几乎都涉及到了，但对这些知识讲解，往往不能一步到位。中学物理难，难懂、难教、难学，往往成了师生的共同感受。克服这个难关，中学物理教师承担着这个重任。怎样提高中学物理教师素质，“题海战术”不是进行素质教育的好办法，这应是我们的共识。

帮助中学物理教师提高专业知识素质，让他们站得高、看得远，用大学物理知识去深入理解和掌握中学物理教学相关的基本概念和规律，这样他们就会对中学物理知识懂得比较透，讲得比较准，用得比较活，知其然也知其所以然。进而从根本上提高中学物理教学质量。

为此，我们把中学物理涉及的主要内容依力、热、电、光、原顺序分十四章编写。本书编写分工如下：绪言，第1、2、3、4、5章由陈灵敏编写，第6章由曹丰编写，第7、8、9、10章由裴幼强编写，第11、12、13、14章由陈灵敏编写。全书最后由陈灵敏、裴幼强统一定稿。

本书在写作过程中参考了不少作者的论著，这里向他们表示衷心的感谢，限于作者的学识与科研水平，本书的疏漏、错误在所难免。敬请读者批评指正，以使本书的质量得到进一步提高。

作者

1999年7月25日

目 录

绪 言——物理学科的特点	(1)
一、物理学以实验为基础	(1)
二、建立理想模型	(2)
三、物理学思考的特点	(2)
四、物理学理论的特点	(3)
五、物理技术和社会	(5)
第一章 牛顿运动定律	(6)
§ 1.1 牛顿第一定律 惯性参照系	(6)
§ 1.2 牛顿第二定律 力和惯性质量	(9)
§ 1.3 牛顿第三定律及适用范围	(13)
§ 1.4 动力学方程的含义 方程的数值解	(14)
第二章 万有引力定律 重力	(23)
§ 2.1 万有引力定律	(23)
§ 2.2 引力质量 引力质量与惯性质量成正比	(30)
§ 2.3 引力——弯曲时空的表现	(35)
§ 2.4 非惯性系动力学 重力	(44)
第三章 功 动能定理	(53)
§ 3.1 关于功的定义 动能定理	(53)
§ 3.2 功的计算与选取的参照系有关	(57)
§ 3.3 作用力的功和反作用力的功	(61)
§ 3.4 变力的功	(65)
第四章 势能 功能关系	(69)
§ 4.1 关于势能归属的两种处理及功能原理的两种表述	(69)
§ 4.2 势能零点的选取	(73)
§ 4.3 机械能守恒定律的条件	(76)
§ 4.4 从能量转换与守恒定律看内力总功的意义	(81)

§ 4.5	摩擦力做功和摩擦生热·····	(82)
§ 4.6	用功能关系研究液体的压强和浮力·····	(88)
§ 4.7	支承面对滚动物体的摩擦 汽车的牵引力·····	(99)
第五章	冲量 动量定理 动量守恒定律·····	(110)
§ 5.1	冲量 动量定理 ·····	(110)
§ 5.2	动量守恒定律 ·····	(119)
§ 5.3	碰撞 质心系在碰撞中的应用 ·····	(123)
第六章	热力学基本定律·····	(132)
§ 6.1	热力学第零定律 温度 ·····	(132)
§ 6.2	热力学第一定律 内能 ·····	(140)
§ 6.3	热力学第二定律 熵 ·····	(147)
§ 6.4	相变 ·····	(155)
§ 6.5	“热寂说”的终结 ·····	(166)
第七章	静电场的基本规律·····	(179)
§ 7.1	库仑定律 ·····	(179)
§ 7.2	叠加原理 ·····	(183)
§ 7.3	静电场的概念 ·····	(183)
§ 7.4	静电场的性质 ·····	(184)
§ 7.5	静电场中的导体 ·····	(188)
第八章	稳恒电路与交流电路·····	(197)
§ 8.1	产生稳恒电流的条件 ·····	(197)
§ 8.2	从电源的静电场到电路的稳恒电场 ·····	(199)
§ 8.3	稳恒电路中能量的传输 ·····	(202)
§ 8.4	电路定律与电磁场理论之间的关系 ·····	(206)
§ 8.5	交流电路与似稳条件 ·····	(207)
第九章	稳恒磁场·····	(210)
§ 9.1	安培定律 ·····	(210)
§ 9.2	稳恒磁场的性质 ·····	(212)
§ 9.3	关于分子电流观点和磁荷观点 ·····	(213)
§ 9.4	关于安培力和洛伦兹力 ·····	(216)
§ 9.5	关于两个同向运动电荷之间的相互作用力 ···	(221)

第十章 电磁感应	(223)
§ 10.1 电磁感应现象	(223)
§ 10.2 两种电场	(224)
§ 10.3 两种磁场	(224)
§ 10.4 两种电动势	(226)
§ 10.5 电磁感应定律	(226)
§ 10.6 关于楞次定律	(229)
§ 10.7 关于自感实验	(230)
§ 10.8 关于跳环实验	(232)
第十一章 光在介质表面的反射和折射	(235)
§ 11.1 光的反射定律和折射定律	(235)
§ 11.2 菲涅尔公式、振幅关系、相位关系	(238)
§ 11.3 全反射的折射波——消逝波	(241)
§ 11.4 增透膜和增反膜	(243)
§ 11.5 水中物像的讨论	(246)
第十二章 光的干涉和衍射	(253)
§ 12.1 波的叠加原理和干涉的定义	(253)
§ 12.2 光的相干条件	(257)
§ 12.3 光的时间相干性和空间相干性	(261)
§ 12.4 原膜看不见干涉的原因	(263)
§ 12.5 对光的衍射的认识 衍射的定义	(266)
第十三章 物体的颜色 光的波粒二象性	(276)
§ 13.1 物的颜色 光的散射	(276)
§ 13.2 光电效应	(289)
§ 13.3 康普顿散射	(298)
§ 13.4 光的波粒二象性的认识	(301)
第十四章 原子 原子核	(306)
§ 14.1 粒子的波动性——德布罗意波	(306)
§ 14.2 玻尔理论	(308)
§ 14.3 原子核的结合能	(314)
§ 14.4 原子核的放射衰变	(322)

§ 14.5	核能的利用.....	(331)
§ 14.6	核技术的利用.....	(347)

绪言——物理学科的特点

一、物理学以实验为基础

物理学是一门以实验为基础的自然科学。其理论是建立在以物理实验为基础的实验定律之上的,实验定律就是物理工作者创造一定环境和条件,使几个物理量发生关联,并通过一定的实验装置产生的物理过程所测得的一系列数据。物理学家对实验数据进行分析、归纳和演绎后得出的规律。电磁场的物理理论就是在库仑定律、毕—沙定律、法粒弟电磁感应定律等实验定律的基础上通过分析、归纳、外推,引入位移电流后,提出了麦克斯韦方程组,并由此预言了电磁波的存在,结果为赫兹的实验所证实。这充分说明物理理论来源于实验又要为实验所检验。

物理理论大厦的“砖瓦”基础就是这些来源于物理实验的实验定律,特别是一个物理理论的建立,首先要找到作为公理的出发点,物理学家只有对大量的观察和实验结果,进行归纳分析后,才能领会其中的奥密,并提出作为公理的基本假设。这些基本假设的得出要靠物理学家的物理直觉“猜测”出来。由此看来,为了培养创造性人才,在物理教学中加强实验教学培养学生凭直觉来感受物理定律是何等重要。

物理学家的任何新思想正确与否和正确到何种程度均需由实验检验。在物理学发展史中,将实验作为研究手段并将物理学视为实验科学,更是跨出重要的一步。古希腊亚里斯多德学识渊博,发表过许多有创见的观点。然而他关于较重物体下落较快的论点并不正确,如果做实验他就不会得出这一结论。弗·卡约里写道:“实验是亚里斯多德伸手可及的事:取两块不同重量的石头让它们落下。譬如说,一块石头比另一块重十倍,他不难看到,这块石头不会

比另一块快十倍的降落。”古希腊学者阿基米德的浮力实验及其定律至今仍在为我们学习。到伽里略和牛顿时代。实验发挥了更大的作用。物理学史上出现过许多作出重要贡献的实验物理学家，他们为物理学的发展做出了巨大的贡献。物理学发展至今，已不限于几个人在一间实验室里作坊式的工作或个体实验，现今许多研究要进行大规模的实验，我国北京正负电子对撞机亦属此列。

二、建立理想模型

自然界是一个错综复杂、五彩缤纷的世界。物理工作者必须善于根据研究的需要，找出对象在某类物理现象中最本质的特征，建立“理想模型”。通过对理想模型行为的描述、研究，进而揭示自然规律。

力学中的质点就是一种理想模型。研究地球公转时，不涉及其自转引起的各局部运动的差别，其形状大小无关紧要，可看成一个点，就是具有质量的点。一般说来，若所研究的运动不涉及物体的转动和物体各部分的相对运动，往往可将它视为质点。力学中的刚体、理想流体，热现象中的理想气体，也是一些理想模型；光曾被理想化为粒子束，也曾被视为波动；利用这些理想模型揭示了许多光的规律，爱因斯坦最终提出了光子的理想模型，表明光既有波动性又有粒子性。原子物理中，卢瑟福原子的行星模型，位于中心的原子核犹如太阳，周围的电子就像行星。天体物理中宇宙演化模型，如理想模型行为与实际相符合，则可作为自然规律的描述。如理想模型的行为和实际有差距，就需要修改模型。如理想模型与实验观察结果大相径庭，则预示认识可能发生重大突破。

三、物理学思考的特点

许多重大理论的发现，绝非简单的实验的总结，它需要直觉和想象力、大胆的猜测和假设，引入合理的模型，深刻的洞察力、严谨的数学处理和逻辑思维，常常是一个曲折的历史过程。狄拉克崇尚

数理美和逻辑推理,同时又表现为“直觉主义大师”,他描述电子运动的方程出现的负能解,借助他的直觉想象力使他由此发现微观世界的另一侧面:自然界不仅存在带负电的电子,还存在带正电的电子。他的直觉想象为物理学发现了一个反粒子世界。

物理学思考要维护守恒律的成立。泡利在研究 β 衰变时,为保证能量、动量、角动量的守恒,不仅放出 β 粒子,还应放出另一粒子,从而预言了中微子的存在。又如查德威克于1932年为维护动量守恒和能量守恒而发现中子。

从类比和对称的考虑也能给物理学带来启示,法国物理学家德布罗意考虑到既然光的干涉衍射表现出波动性,光和实物物质交换能量,又具有粒子性,两者可以统一于同一事物中,那么作为实物粒子,例如电子,是否也是波与粒子性的统一?经过反复研究,提出了实体粒子也具有波粒二象性的假说。

量纲分析以及数量级估计等均在物理学的思考中发挥作用。

四、物理学理论的特点

物理学是一门定量的科学,它的概念、定律、定理和结论需要用准确的语言并用数学形式表述出来从而形成完整的理论体系。

物理概念有些很直观,如速度、压强等;有些则比较抽象,例如,动能为 $\frac{mv^2}{2}$ ——质量与速度平方乘积被2除,物理学是通过概念间的关系来揭示规律的。物体自高度 h 自由下落,则 $\frac{1}{2}mv^2 = mgh$ 。显然,描述这一规律非 $\frac{1}{2}mv^2$ 莫属。可见,联系有关规律才能更好地理解概念。

汤川秀树访问莫斯科大学曾写下这样一句话:“从本质上讲、自然界简单的。”物理学的发展证明了这一点,在反映自然规律上,物理学理论具有高度概括性和简明美丽的特点。迄今为止,物理学认为物质存在有两种形式,即粒子和场;自然界有四种力,即强相