

培英物理

中学物理教师继续教育教学用书

基础物理专题分析

中国物理学会教学委员会教育学院分委员会 主编

福建科学技术出版社

中学物理教师继续教育教学用书

基础物理专题分析

中国物理学会教学委员会
教育学院分委员会 主编

季亚平 俞礼钧 编著
岑业森 审定

福建科学技术出版社

(闽)新登字 03 号

中学物理教师继续教育教学用书

基础物理专题分析

中国物理学会教学委员会

教育学院分委员会 主编

季亚平 俞礼钧 编著

岑业森 审定

*

福建科学技术出版社出版、发行

(福州得贵巷 27 号)

福建省新华书店经销

福建地质印刷厂印刷

开本 850×1168 毫米 1/32 13.5 印张 2 插页 314 千字

1993 年 6 月第 1 版

1993 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1—4200

ISBN 7—5335—0665—O/G·87

定价: 8.15 元

书中如有印装质量问题,可直接向承印厂调换

5241/82/07

前 言

近几年来,全国各省、市和地区的教育学院,根据国家教育委员会的有关指示,先后都开展了中学教师继续教育(职后教育)工作。教育学院各个专业,都正在或准备办一些继续教育班。教育学院在办各个层次的中学物理教师继续教育班时,其教学计划中有一门《基础物理专题分析》的主干课程(课程名称或稍有不同,而目的和要求基本一样),但是,却没有统一的大纲和教材。中国物理学会教学委员会教育学院分委员会,应全国各地教育学院同行们的要求,经过近3年的调查研究,在广泛征求书稿和审阅有关材料的基础上,委托安徽教育学院季亚平副教授和武汉教育学院俞礼钧副教授共同编撰这本《基础物理专题分析》教材,供各教育学院物理专业办班使用。

季亚平、俞礼钧两位副教授,一向从事基础物理教学工作,并且在教育学院教学多年,具有丰富的教学经验。他们不但对基础物理专题有深入的研究,而且了解中学物理教育实际。本书初稿是季亚平副教授研究整理大量国内外有关资料后,写成的物理系本科班选修课的讲稿,其内容丰富,包含有基础物理的基本问题、教学的疑难、重点问题以及有争论的热点问题等。

为了保证本书的质量,分委员会于1992年5月在广州召开了审稿会议,邀请了下列19所教育学院26位物理专业的专家、教授到会,对该书的初稿进行了初步审查:郑筱莉(乌鲁木齐教育学院)、乌仁高娃(内蒙古教育学院)、霍瑞云(河南教育学院)、乔宏斌(河南教育学院)、黄宏潮(通什教育学院)、胡世轮(上

海教育学院)、季亚平(安徽教育学院)、文宇庄(重庆教育学院)、谢先闻(浙江教育学院)、吴敢(湖北教育学院)、彭慈英(江门教育学院)、江涛(茂名教育学院)、余德祥(珠海教育学院)、李悦安(韶关教育学院)、王江莉(肇庆教育学院)、高玉珍(青岛教育学院)、赵永林(沙市教育学院)、俞礼钧(武汉教育学院)、钟定世(广州教育学院)、陈子正(广州教育学院)、梁学勤(广州教育学院)、欧学基(广州教育学院)、尤华(广州教育学院)、岑业森(广东教育学院)、幸良梁(广东教育学院)、韩润枝(广东教育学院)。在审稿会上,与会者聆听了季亚平副教授对本书内容的详细介绍后,认真审阅了全书初稿,并提出了许多中肯的修改意见。会后,由俞礼钧副教授根据大家的意见,并结合自己的教学研究,对初稿进行了细致的修改,并作了不少有益的补充。本书的编写过程自始至终都在岑业森教授具体指导下进行,修改稿又经他最后审定。

基础物理的内容非常广泛,限于篇幅,本书仅分析讨论12个专题。各个专题其取材特别注意联系中学物理教学实际,大多来源于各类报刊杂志的有关文章,以及各种版本的教科书和参考书的有关论述,也有不少是编著者自己的研究心得。必须指出,各个专题分析的论点不一定完全正确,事实上有些牵涉微观机制的问题,局限于经典物理理论作分析论述,未必能彻底解决问题。但是,编著者并不回避这类问题,仍然作一些适当的介绍和讨论(例如书中“安培力的微观机制”便是一例)。我们认为,一本教科书,特别是象专题分析一类带有深入研究性质的教材,不应该也不可能要求它解决相关的所有问题;对于一些公认的困难问题(往往也是教学中的敏感问题),能够勇于探索,提出一些解决问题的方案,即使有些偏颇,但是,它却能够激发师生的积极思考,拓宽思路,对于培养读者的教学研究能力,是有所裨益的。

本书用 30~50 学时一般可全部授完。但是各地办班的对象(各个层次的中学物理教师)不尽相同,各校教学计划的课时分配也不完全一致,教师可以根据具体情况,在书中选择合适的章节进行讲授。书中各章的内容相对独立,选讲不会影响教学的系统性。本书也可以在师范学院和教育学院物理系本科班选修课中,作为教材或参考书使用。对于从事基础物理教学的青年教师和在职的中学物理教师,本书也是一本很好的教学参考读物。

我们特别感谢香港培英中学董事会对本书的编著、出版所给予的支持和赞助。

我们要感谢香港苏棉煥医生和加拿大谭志雄先生,因为他们俩人一直关心祖国教育事业的发展,他们十分关怀本书的出版。

我们还要感谢广东省教育厅师范处梁钧成同志,他对我们编著、出版这本教材,一直给予支持和鼓励。

在编著本书的过程中,承蒙韩润枝副教授、幸良梁副教授、戴文琪副教授和丘抒同志等大力支持,他们在召开审稿会议、打印和校对初稿等大量工作中付出了辛勤的劳动,作出了贡献,在此一并致谢。

**中国物理学会教学
委员会教育学院分委员会**

1992 年 12 月

引 言

由于人类长期积累起来的物理知识异常丰富，而且物理学科的前沿还在不断向前延拓，因此基础物理的内容，主要是根据学生的不同水平和需要，选择那些经过实践检验并被大多数科学家承认的基本物理知识，介绍给他们。虽然基础物理的内容在科学上都很成熟，但从教学角度看，其中还是有很多问题值得探讨。从事基础物理教学研究，对提高教师的业务能力和教学水平，对充实和更新教学内容，是很有意义而且十分必要的。

对从事中学教学的物理教师来说，深入地理解和掌握物理学的基本概念和原理，对提高他们的教学质量有深远的影响。在教育学院继续教育课程中，开设《基础物理专题分析》的目的，在于启发和引导学员从较高的层次去分析研究物理学的结构、基本概念和原理，提高他们的素质，培养他们从事教学研究的能力。具体说来是：

(1) 把物理学看成一个整体，前后联系地分析其结构框架和思维模式，使学员领悟物理学的基本思想，并把它贯穿到实际教学中去；

(2) 居高临下地剖析物理学的基本概念和原理，通过对各类教材中有关内容的评述，加深理解，并培养学员的独立分析研究教材的能力；

(3) 分析讨论物理学中的一些疑难问题，特别是在教学中有争议的热点，使学员了解物理教学研究的动态。

本课程与《中学物理教材教法》的区别在于：前者着重提高

教师从事教学研究的能力，而后者则是具体指导教师如何从事教学。两者是相辅相成的。

本教材的选题以与中学物理教学关系密切的经典物理为主，可供教育学院开设继续教育课使用，亦可作为师范院校物理系本科有关选修课的参考书。

由于我们水平所限，书中谬误或不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

作 者

1992年7月

目 录

第一章 物理学的结构.....	(1)
§ 1—1 物理理论.....	(1)
一、物理理论与实验的关系.....	(2)
二、物理与数学的关系	(3)
§ 1—2 物理学的理论体系.....	(4)
一、经典物理	(4)
二、近代物理	(8)
第二章 牛顿定律	(12)
§ 2—1 牛顿三定律	(13)
一、牛顿第一定律	(14)
二、牛顿第二定律	(18)
三、牛顿第三定律	(22)
§ 2—2 引力、重力和重量	(25)
一、万有引力定律	(25)
二、重力和重量	(30)
§ 2—3 静摩擦力	(32)
一、静摩擦力的大小.....	(32)
二、静摩擦力的方向.....	(34)
三、物体滚动时的静摩擦力方向	(34)
§ 2—4 力的时间累积效应	(40)
一、动量定理	(40)
二、动量守恒定律	(43)

三、质心运动定理	(45)
§ 2—5 变质量问题	(46)
一、经典力学中不存在真正的变质量问题	(46)
二、经典力学中的变质量方程	(47)
三、讨论	(50)
四、落链问题	(52)
第三章 功和能	(56)
§ 3—1 功和能的概念	(56)
一、什么是功	(56)
二、如何定义能量	(59)
§ 3—2 动能定理与参考系	(64)
一、质点的动能定理	(64)
二、质点系的动能定理	(66)
三、有关功定义的争议	(67)
§ 3—3 摩擦力做功问题	(71)
一、摩擦生热的佯谬	(71)
二、静摩擦力做功问题	(74)
§ 3—4 机械能守恒定律	(76)
一、势能的概念	(76)
二、零势能点的选取	(81)
三、机械能守恒定律	(84)
§ 3—5 碰撞问题	(88)
一、弹性碰撞中的动能守恒	(88)
二、非弹性碰撞中的恢复系数	(89)
三、一个有关弹性碰撞的问题	(91)
第四章 若干其它力学问题	(94)
§ 4—1 物理学中的守恒定律及其地位	(94)
§ 4—2 有心力	(100)

一、等效势能法	(101)
二、三种宇宙速度	(104)
§ 4—3 刚体转动问题	(108)
一、力矩和角动量的概念	(108)
二、角动量定理与刚体定轴转动定律	(112)
三、角动量守恒定律	(116)
§ 4—4 流体力学的若干问题	(120)
一、流体静力学中的压强概念	(120)
二、帕斯卡定律成立的条件	(123)
三、在超重和失重状态下的阿基米德定律	(125)
第五章 温度、内能和熵	(127)
§ 5—1 温度的概念	(127)
一、热力学中的温度概念 (宏观定义)	(128)
二、统计物理中的温度概念 (微观定义)	(129)
三、负绝对温度的概念	(132)
§ 5—2 热量和内能的概念	(136)
一、从宏观角度看热量和内能的定义	(136)
二、从微观角度看热量和内能的定义	(139)
三、热力学第一定律	(141)
四、热、热能、内能、热量、温度的区别和联系	(144)
§ 5—3 熵的概念及其物理意义	(145)
一、从宏观观点看熵 (热力学中的熵)	(147)
二、从微观观点看熵 (统计物理中的熵)	(151)
三、熵的泛化	(153)
第六章 分子物理学中的若干问题	(158)
§ 6—1 理想气体模型	(158)
一、理想气体的宏观模型	(158)
二、理想气体的微观模型	(160)

三、理想气体状态方程	(161)
§ 6-2 理想气体的压强公式	(164)
一、分子物理学的基本思想	(164)
二、理想气体的压强公式	(166)
三、麦克斯韦速率分布律	(169)
§ 6-3 液体	(172)
一、液体内部压强的微观本质	(172)
二、液体表面张力产生的原因	(174)
三、毛细现象	(179)
四、沸腾过程分析	(183)
第七章 静电场	(185)
§ 7-1 库仑定律	(187)
一、库仑定律的成立条件	(187)
二、电量的量度	(190)
三、库仑定律与场强叠加原理的内在一致性	(191)
四、库仑定律的精确度和光子静质量问题	(192)
五、任意带电体之间的相互作用力	(195)
§ 7-2 静电场中的几个基本概念	(197)
一、电场强度	(197)
二、电势	(199)
三、电压和电势差	(204)
四、静止带电体的相互作用能、自能和总能	(206)
§ 7-3 静电场中导体的若干问题	(209)
一、孤立带电导体表面的电荷分布	(210)
二、静电屏蔽	(214)
三、金箔验电器	(216)
第八章 稳恒电路	(219)

§ 8—1 稳恒电场·····	(219)
一、稳恒电场的基本性质 ·····	(220)
二、稳恒条件下均匀、非均匀导体上的电荷分布 ·····	(220)
三、稳恒条件下导体外部的电场 ·····	(223)
§ 8—2 电动势和欧姆定律·····	(224)
一、电动势·····	(224)
二、欧姆定律的微分形式与积分形式 ·····	(229)
§ 8—3 直流电路的简化·····	(237)
一、直通——弯通法 ·····	(237)
二、等势点缩一法 ·····	(238)
三、“星、三角”代换法 ·····	(238)
四、电阻分解法 ·····	(242)
五、无穷长梯电路的计算 ·····	(245)
§ 8—4 稳恒电路中的能量传输·····	(246)
一、稳恒电路中电磁场及其能量的分布 ·····	(246)
二、电源内电磁能的传输方向 ·····	(248)
三、外电路中电磁能的传输 ·····	(248)
第九章 静磁场·····	(251)
§ 9—1 静磁场的概念和基本规律·····	(251)
一、磁感应强度 B 的定义 ·····	(251)
二、磁场的基本规律 ·····	(254)
三、磁场的高斯定律和安培环路定理 ·····	(258)
§ 9—2 安培力的微观机制·····	(260)
一、载流导体相对于观察者静止的情况 ·····	(260)
二、载流导体平行于电流方向运动时的情况 ·····	(263)
三、载流导体垂直于电流方向运动时的情况 ·····	(264)
§ 9—3 关于洛伦兹力的若干问题·····	(266)

一、洛伦兹力公式中 v 是运动电荷相对什么的速度	(266)
二、洛伦兹力的反作用力在哪里	(267)
三、关于洛伦兹力不作功、而安培力能作功的佯谬问题	(270)
四、对洛伦兹力的误解	(272)
§ 9-4 电场与磁场的相对性	(273)
一、平行板电容器在不同惯性系中的电磁场分布	(274)
二、电荷在载流直导线的磁场内的受力及运动状态	(276)
第十章 电磁感应	(283)
§ 10-1 电磁感应的基本定律	(283)
一、感生电动势与动生电动势的绝对性和相对性	(283)
二、法拉第电磁感应定律的两种表述形式	(287)
三、楞次定律与能量守恒定律	(294)
§ 10-2 自感实验与跳环实验	(298)
一、自感实验分析	(298)
二、跳环实验分析	(303)
§ 10-3 麦克斯韦电磁理论的建立	(306)
一、两种电场	(306)
二、两种磁场	(307)
三、麦克斯韦方程组的积分形式与微分形式	(308)
第十一章 振动与波动	(313)
§ 11-1 振动	(313)
一、简谐振动的定义	(313)
二、若干描述简谐振动的物理量	(321)
三、摩擦力及弹簧质量对弹簧振子振动的影响	(330)
四、共振	(335)
§ 11-2 波动	(339)
一、简谐波	(340)
二、惠更斯原理无法解释衍射现象	(353)

三、相速度和群速度	(355)
§ 11—3 光的干涉和衍射	(359)
一、波的叠加原理和干涉的定义	(359)
二、光的相干条件	(364)
三、光的时间相干性和空间相干性	(368)
四、厚膜看不见干涉效应的原因	(371)
五、光的衍射	(374)
第十二章 量子物理	(379)
§ 12—1 光的量子性	(379)
一、光电效应	(379)
二、康普顿效应	(389)
三、光的波粒二象性	(391)
§ 12—2 德布罗意波的若干问题	(392)
一、如何引出德布罗意关系式	(393)
二、德布罗意波的相速度和群速度	(395)
三、德布罗意波的统计解释	(398)
§ 12—3 玻尔理论	(401)
§ 12—4 二象性与不确定关系	(410)

第一章 物理学的结构

对大多数学生来说，他们学习物理学的目的不仅是为了获取一些物理知识，更重要的还在于领会科学的思维方式，培养分析和解决问题的能力。不管他们将来从事何种工作，只有后者才能使他们终身受益。因此，在物理教学中我们不仅要让学生掌握一些具体的物理概念、原理、定律和公式，而且更应该让他们通过学习这些知识，领会物理学中的科学思维方式。

本章的目的就在于从整体角度来分析考察物理学的结构，以克服那种“只见树木，不见森林”的学习方法，使读者能把握住整个物理学的结构框架和基本精神。

§ 1—1 物理理论

物理理论是以一组定义和公理（基本假设）为出发点，依靠逻辑推理方法建立起来的一个严谨、封闭的公理化体系。它具有如下特性：

(1) 自洽性，即理论中的任何命题均可从公理中推导出来，不允许理论内部存在任何自相矛盾的地方。

(2) 对应性，即理论必须覆盖一定范围内的经验现象，它不仅能统一地描述已知的经验事实，而且能预言特定条件下的未知事实，并为以后进行的实验所证实。

(3) 简单性，即理论的逻辑结构应当是简单的。

具体剖析物理理论是一项高层次的研究课题，它与人们的哲

学观点密切相关。现就若干基本问题说明如下：

一、物理理论与实验的关系

物理学是一门实验科学。这就是说物理理论是建立在实验定律之上的，而实验定律又是以物理实验为基础的。所谓物理实验，就是创造一种环境或条件，使只有少数几个物理量发生关联，并通过一定的实验装置测得一系列数据。所谓实验定律，就是物理学家在对实验数据进行分析、归纳和演绎后得出的规律。它把在确定条件下获得的大批数据，以抽象的数学形式表达出来，并且它只在一定范围内和一定的实验水平上才能成立。由此可见，实验定律具有相对性和暂时性。根据研究方法的不同，物理学分成实验物理学和理论物理学。实验物理学家的任务，就是设计和实施实验，并由此探索出实验定律，而理论物理学家的任务，则是设计出把一切有关的物理实验定律联结成某种理论的方案，并用它解释已知的实验定律及预测未知事物。由于实验定律是相对的、暂时的，因此物理理论，也只是相对于一定范围内的物理现象，和在一定的物理实验条件下才有意义，它不可能是终极的理论。由于由实验测得的数据不可能是绝对精确的，更由于许多物理现象是相互关联的，因而要考虑所有的联系是不可能的，只能抓住其中主要和基本的因素，所以由此得出的实验定律和建立的理论体系，都只具有近似的性质。

一个物理理论的建立，首先要找出作为公理的出发点。物理学家只有对大量的观察和实验结果，进行归纳分析后，才能领会其中的奥妙，并提出作为公理的基本假设。这些基本假设的得出不是依靠数学推导，而是依靠物理学家用物理直觉“猜测”出来。所谓“物理直觉”，实际上就是物理学家长期积累的、对物理感受的一种反应。由此看来，为了培养创造型的人才，在物理教学中