

全国中小学教师继续教育

专业必修课程教材

初中物理专题分析丛书

声现象

SHENGXIAXIANG 教育部师范教育司组织编写
丁时祺 编著

人民教育出版社

初中物理专题分析丛书

声 现 象

教育部师范教育司组织编写

人民教育出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

声现象/教育部师范教育司编. —北京:人民教育出版社,

2001. 2

(初中物理专题分析丛书)

全国中小学教师继续教育专业必修教材

ISBN 7-107-14316-6

I. 声…

II. 教…

III. 物理课—初中—教学参考资料

IV. G633.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 00801 号

人民教育出版社发行

(北京沙滩后街 55 号 邮编: 100009)

网址: <http://www.pep.com.cn>

人民教育出版社印刷 全国新华书店经销

2001 年 2 月第 1 版 2001 年 2 月第 1 次印刷

开本: 890 毫米×1 240 毫米 1/32 印张: 4.625 插页: 1

字数: 116 千字 印数: 0 001~6 200 册

定价: 9.10 元

初中物理专题分析丛书编委会

主 编 陈熙谋

副 主 编 周誉蔼

编 委 (汉语拼音为序)

陈熙谋 北京大学

洪安生 北京市海淀区教师进修学校

缪钟英 四川联合大学

彭前程 人民教育出版社

施桂芬 上海教育出版社

王天谔 北京市东城区教育教学研究中心

张大昌 人民教育出版社

周誉蔼 北京十五中

本册作者 丁时祺

本册审稿 赵凯华 北京大学

张三慧 清华大学

方 研 清华大学附属中学

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版社联系调换。

(联系地址:北京市方庄小区芳城园三区 13 号楼 邮编:100078)

前 言

全面推进素质教育，是当前我国现代化建设的一项紧迫任务，是我国教育事业的一场深刻变革，是教育思想和人才培养模式的重大进步。实施面向 21 世纪中小学教师继续教育工程，提高教师的素质，是全面推进素质教育的根本措施。

实施中小学教师继续教育，课程教材建设是关键。当务之急是设计一系列适合中小学各学科教师继续教育急需的示范性课程，编写一批基础性教材。

我司根据教育部《中小学教师继续教育课程教材建设方案》的统一规划，参考《中小学教师继续教育课程开发指南》，以中学物理教师继续教育课程教材建设引路，在调查研究和总结经验的基础上，首先设计急需的示范性课程，编制课程标准，经专家审定后，作为编写教材的依据。我们在设计示范性课程及课程标准时，遵循了以下原则：1. 从教师可持续发展和终生学习的战略高度，在课程体系中，加强反映现代科学技术的发展和应用的课程，加强中学物理专题研究的课程。2. 把教育理论和教师教育实践经验的总结与教育实践活动的改进密切结合。用现代教育观念和理论方法，优秀课堂教学范例，从理论和实践的结合上，总结教学经验，提高教师教学能力，推动教育改革，落实素质教育。3. 适应教师培训模式改革的需要，有利于培养教师的创造精神和主观能动性。4. 注意有效，即实效性。有限，即适量性。有别，即层次性。有序，即科学合理的系统性。兼顾整体性与个体性，科学性、先进性与针对性相统一，灵活性与统一性相结合。

根据专家审定的中学物理教师继续教育示范性课程和课程标

准，编写9种基础性教材：《初中物理专题分析》、《高中物理专题分析》、《初中物理教学设计》、《高中物理教学设计》、《中学物理与现代科技》、《物理学发展中的创新思维选例》、《中学物理实验教学与自制教具》、《中学教师物理教育研究方法》、《中学活动课指导》。这些教材从今年秋季开始陆续出版。中小学教师继续教育语文、数学，中学教师继续教育英语、化学、生物，小学教师继续教育自然、社会等7个学科2~3种急需的示范性课程以及课程标准的设计已经启动，相应的教材将于明年底出版。同时我们还从全国推荐的中小学教师继续教育教材中，组织专家评审筛选一批优秀教材和教学参考书。上述这些教材和新编的基础性教材将向全国教师进修院校、教师培训基地、中小学教师推荐，供开设中小学教师继续教育相关课程时选用。根据继续教育的需要，我们还将继续设计开发新的课程和教材。

中小学教师继续教育教材建设是一项系统工程，尚处在起步阶段，缺乏足够的经验，肯定存在许多问题。各地在使用教材过程中有什么问题和意见，请及时告诉我们，以便改进工作，把课程教材建设提高到一个新水平。

教育部师范教育司

一九九九年六月二十四日

主编的话

唐代著名的文学家、教育家韩愈在他著名的教育论著《师说》中指出，教师的基本任务有三：传道、授业、解惑。按照今天的理解，传道包含了传授做人的道理和治学研究的方法，授业就是讲解有关的专业知识，解惑就是解答学习中遇到的问题，这三者构成了当今实施素质教育的基本要素。

一个有责任感的教师在备课中总是不断地思考和研究传道、授业和解惑三者的统一，不断思考和研究如何才能使学生更好地理解 and 掌握教学内容，领悟治学研究的方法，从而迸发出创新的火花。这种思考和研究永无止境，而且也正是在这种思考和研究中，教师得到磨炼而更加干练和成熟。

呈现在读者面前的这套《初中物理专题分析》和《高中物理专题分析》丛书，是教育部师范司下达任务，人民教育出版社组织有经验教师撰写的中学物理教师继续教育教材的一种。作者们搜集了中学物理教学中可能出现的问题，有些是教师教学进一步深入可能会遇到的问题，有些则可能是学生进一步思考提出的问题，把它们组织起来，以更高层次的观点、近代物理的观点审视和给以分析。这不仅可以成为广大中学教师备课的好帮手，而且作为一种范例，它也是引导广大教师深入开展教学研究，并通过教学研究提高自身素养的好途径。

需要指出，《专题分析》只是就教学中可能遇到的问题作了分析，对于教师如何正确理解提供了说明，这并不是说要求教师原封不动地把这些专题分析搬到课堂教学中去给学生讲授。须知课堂讲授应根据教学大纲（或课程标准）的要求进行，随意改变教学大纲

(或课程标准)的要求,增加教学的深度和难度,从而增加学生的负担都是不适宜的和不可取的.诚然,《专题分析》中有些专题及其分析适于渗透在课堂教学中给学生讲解,有些适于对学生作个别解答,有些则适于组织学生课外学习探寻正确答案.这里存在一个掌握分寸的问题.

我们希望这套《专题分析》丛书能够切实解决广大中学教师教学中遇到的问题,并受到欢迎.

目 录

一、概述	(1)
1. 声学及其特点	(1)
2. 初中阶段声学的教学目的和要求	(3)
3. 本书的内容特点	(6)
二、声音的产生及特性	(8)
1. 振动发声、传声媒质	(8)
2. 声音的分类	(11)
3. 乐音三要素	(15)
4. 音律	(24)
5. 固有频率	(32)
6. 共鸣	(34)
7. 乐器纵横——振动物体	(37)
8. 数码声音信号	(50)
三、声音的传播	(58)
1. 声音的速度	(58)
2. 回声	(64)
3. 声呐	(68)
4. 交混回响——室内音质的改善	(74)
5. 声音的折射	(82)
6. 声音的衍射	(86)
7. 声音的干涉	(88)
8. 多普勒效应	(91)
四、声音的接收	(96)

1. 人的听觉	(96)
2. 双耳效应、立体声	(102)
3. 声音的掩蔽	(107)
4. 录音	(109)
五、噪声、超声和次声.....	(116)
1. 噪声及防治	(116)
2. 超声及应用	(120)
3. 次声	(129)
结束语：寻求“知音”	(136)
参考书目.....	(138)

附页：

- 彩 页：1. 曾侯乙编钟
2. 人的发声器官
3. 人耳的构造

一 概 述

1. 声学及其特点

声学是研究媒质中声波的产生、传播、接收、性质及其与其他物质相互作用的科学。

声学是经典物理学中历史最悠久而当前仍在前沿的一个分支学科。因而它既古老而又颇具年轻活力。

声学是物理学中很早就得到发展的学科。声音是自然界中非常普遍、直观的现象，它很早就被人们所认识，无论是中国还是古代希腊，对声音、特别是在音律方面都有相当的研究。我国在 3400 多年以前的商代对乐器的制造和乐律学就已有丰富的知识，以后在声音的产生、传播、乐器制造、乐律学以及建筑和生产技术中声学效应的应用等方面，都有许多丰富的经验总结和卓越的发现和发明。国外对声的研究亦开始得很早，早在公元前 500 年，毕达哥拉斯就研究了音阶与和声问题，而对声学的系统研究则始于 17 世纪初伽利略对单摆周期和物体振动的研究。17 世纪牛顿力学形成，把声学现象和机械运动统一起来，促进了声学的发展。声学的基本理论早在 19 世纪中叶就已相当完善，当时许多优秀的数学家、物理学家都对它作出过卓越的贡献。1877 年英国物理学家瑞利 (Lord John William Rayleigh, 1842—1919) 发表巨著《声学原理》集其大成，使声学成为物理学中一门严谨的相对独立的分支学科，并由此拉开了现代声学的序幕。

声学又是当前物理学中最活跃的学科之一。声学日益密切地同多种领域的现代科学技术紧密联系，形成众多的相对独立的分支学科，从最早形成的建筑声学、电声学直到目前仍在“定型”的“分

声
现
象

子—量子声学”、“等离子体声学”和“地声学”等等，目前已超过20个，并且还有新的分支在不断产生。其中不仅涉及包括生命科学在内的几乎所有主要的基础自然科学，还在相当程度上涉及若干人文科学。这种广泛性在物理学的其它学科中，甚至在整个自然科学中也是不多见的。

在发展初期，声学原是为听觉服务的。理论上，声学研究声的产生、传播和接收；应用上，声学研究如何获得悦耳的音响效果，如何避免妨碍健康和影响工作的噪声，如何提高乐器和电声仪器的音质等等。随着科学技术的发展，人们发现声波的很多特性和作用，有的对听觉有影响，有的虽然对听觉并无影响，但对科学研究和生产技术却很重要，例如，利用声的传播特性来研究媒质的微观结构，利用声的作用来促进化学反应等等。因此，在近代声学中，一方面为听觉服务的研究和应用得到了进一步的发展，另一方面也开展了许多有关物理、化学、工程技术方面的研究和应用。声的概念不再局限在听觉范围以内，声振动和声波有更广泛的含义，几乎就是机械振动和机械波的同义词了。

自然界从宏观世界到微观世界，从简单的机械运动到复杂的生命运动，从工程技术到医学、生物学，从衣食住行到语言、音乐、艺术，都是现代声学研究和应用的领域。

声学的分支可以归纳为如下几个方面：

从频率上看，最早被人认识的自然是人耳能听到的“可听声”，即频率在20—20 000 Hz的声波，它们涉及语言、音乐、房间音质、噪声等，分别对应于语言声学、音乐声学、房间声学以及噪声控制；另外还涉及人的听觉和生物发声，对应有生理声学、心理声学和生物声学；还有人耳听不到的声音，一是频率高于可听声上限的，即频率超过20 000 Hz的声音，有“超声学”，频率超过500 MHz的超声称为“特超声”，其对应的波长约为 10^{-8} m量级，已可与分子大小相比拟，因而对应的“特超声学”也称为“微波声

学”或“分子声学”。超声的频率还可以高达 10^{14} Hz。二是频率低于可听声下限的，即是频率低于20 Hz的声音，对应“次声学”，随着次声频率的继续下降，次声波将从一般声波变为“声重力波”，这时必须考虑重力场的作用；频率继续下降以至变为“内重力波”，这时的波将完全由重力支配。次声的频率还可以低至 10^{-4} Hz。需要说明的是，从声波的特性和作用来看，所谓20 Hz和20 000 Hz并不是明确的分界线。例如频率较高的可听声波，已具有超声波的某些特性和作用，因此在超声技术的研究领域内，也常包括高频可听声波的特性和作用的研究。

从振幅上看，有振幅足够小的一般声学，也可称为“线性（化）声学”，有大振幅的“非线性声学”。

从传声的媒质上看，有以空气为媒质的“空气声学”；还有“大气声学”，它与空气声学不同的是，它主要研究大范围内开阔大气中的声现象；有以海水和地壳为媒质的“水声学”和“地声学”；在物质第四态的等离子体中，同样存在声现象，为此，一门尚未成型的新分支“等离子体声学”正应运而生。

从声与其它运动形式的关系来看，还有“电声学”等等。

声学的分支虽然很多，但它们都是研究声波的产生、传播、接收和效应的，这是它们的共性。只不过是不同的领域相结合，研究不同的频率、不同的强度、不同的媒质，适用于不同的范围，这就是它们的特殊性。

2. 初中阶段声学的教学目的和要求

声学是物理学的重要组成部分，声振动和声波的运动是物体机械运动的形式之一。它既具有机械运动的一般运动规律，又具有它自己的特殊性。声学知识与人们生产生活有着密不可分的联系，在

社会主义建设中有着重要的作用，因此，声学知识历来是中学物理课程的重要组成部分。

初中阶段对声现象的学习，主要是学习一些与生产生活密切相关的常见的声现象，涉及声音的产生和传播、乐音的三要素、噪声的危害与控制等知识。“声现象”一章的重点是听到声音的条件、乐音三要素（音调、响度和音色）、噪声及其防治。难点是乐音三要素，其中振动快慢与振幅大小的区别、音色的概念须下功夫讲清楚。初中阶段声现象的学习以定性为主，只在声音的传播上有简单的计算。

虽然，声学的基本理论早在 19 世纪中叶就已相当完善，至今并无理论或假说上的重大分歧和探讨，初中的声学教学也不必纠缠于工程技术上的细节，而且，初中阶段声现象的学习以定性为主，
4 但是，声现象的教学仍然有着广阔的深化和开拓的前景。

根据九年义务教育初中物理教学大纲的要求，初中“声现象”一章的教学目的是：

（1）学习知识。学习声学的初步知识及其实际应用，了解声学知识对提高人民生活、促进科学技术的发展以及在社会主义建设中的重要作用。

（2）培养能力。培养学生初步的观察、实验能力，初步的分析、概括能力和应用声学知识解决简单问题的能力。

（3）培养兴趣、态度和习惯。培养学生学习声学的兴趣、实事求是的科学态度和良好的学习习惯。

（4）思想品德教育。结合声学教学对学生进行辩证唯物主义教育、爱国主义教育 and 品德教育。

为达到教学大纲提出的要求，声学教学应从以下方面深入开拓：

（1）给学生以丰富的声学知识并用以培养学生的科学素质。

“声现象”的教学要给学生以声音的发生、传播、接收、性质

及与其它物质的作用的丰富知识和广泛应用，以及声学与其它学科的联系，开阔学生视野，扩大知识面，使学生懂得在学习上不能偏科，必须“用人类创造的全部知识财富来丰富自己的头脑”。

在此基础上进一步培养学生的科学素质，使受教育者形成正确的自然观，培养服从真理，解放思想，不迷信，不盲从，不断探索的实事求是的精神。

(2) 培养学生对观察和实验的浓厚兴趣和初步能力，培养学生正确的学习方法。

声学规律是从千变万化、丰富多彩的声现象中提炼、总结出来的，观察大自然中的声现象，以及在实验室里再现大自然中的某些过程，是研究声学的基本出发点。声现象的教学应该引导学生对声现象进行观察和实验，使学生学得生动有趣。

要引导学生学习前人从现象中揭示本质，又以本质去把握现象的研究方法，以及将规律运用于生产生活，为社会造福的伟大实践。

要培养学生正确的学习方法。某些学生往往用记公式、背概念、套公式解题甚至热衷于解偏、难、怪题的方法来学习物理知识，这是不恰当的。要把他们从死记硬背、应付考试的错误束缚中解放出来，激励他们去热爱大自然、探索大自然、改造大自然、保护大自然。

(3) 培养学生的创新精神。

创新是科学进步的灵魂和动力。要培养学生追求真理，勇于探索的创新进取意识和衣带渐宽终不悔的献身精神。

我们不能只局限于接收前人探索出的结论，物理教学如果只停留在对现有规律的运用和演绎上，那么物理科学就停滞了。我们还要学习和研究前人探索事物的方法和手段，以使用来探索前人还没有探索的奥秘。

因研究耳朵听觉而获得诺贝尔奖的匈牙利物理学家贝克斯

(G·von Bekesy, 1899—1972) 二次大战后在一家电话公司工作时, 用一些破破烂烂的设备搞起了听觉的实验研究. 他在诺贝尔演说中回忆说, 他是用一种非传统的方法做科学研究的, 他最初写的论文不知道该送到什么杂志上发表, 生物学杂志认为它不是生物学, 而物理学杂志又认为它不是物理学. 他这种无畏的创新精神是值得每一个有志于科学的青年学习的.

(4) 培养学生科学的世界观和爱国主义精神.

认真研读声学及其历史, 就会发现, 它也是一本培养科学世界观和爱国主义精神的极好教材. 其中关于本质和现象、客观和主观、个性和共性、科学是推动社会进步的生机勃勃的革命性的力量、实践是检验真理的标准等思想, 无不闪烁着辩证唯物主义和历史唯物主义的光辉. 而且, 我国祖先对于声学发展的贡献, 足以让我们自豪, 并激励我们去奋勇攀登.

6

3. 本书的内容特点

本书是为初中物理教师而写的, 鉴于声学的基本理论在一般普通物理教材中都有系统的讲述, 本书将侧重对声学知识作深入浅出地阐述, 涉及声音的产生及特性、声音的传播、声音的接收、噪声、超声和次声几个方面, 并结合大自然和人们生产生活介绍一些师生喜闻乐见的声学现象和小试验. 为此, 本书注意了以下几点:

(1) 本书作为教学参考材料, 它不再重复概念、规律和公式的严谨表述, 也不使用高深的数学推导, 而采用深入浅出的手法来帮助对于声学系统知识的理解.

(2) 介绍的知识尽可能全面, 内容力求涉及初中物理教师所需要的声学各方面的基本知识, 以丰富教学所需的资料.

(3) 所用实例力求贴近常见的自然现象和人们的生产生活实

践，贴近生动活泼的课堂教学，能更好地服务于教师的教学.

(4) 适当介绍科学史的背景资料，以便于教师对学生进行科学方法的教育，并帮助学生树立正确的科学观.

(5) 表述方法力求趣味性，不枯燥、不深奥，为师生喜闻乐见，能帮助教师激发学生学习声学的兴趣.

由于作者的水平和能力有限，不足之处，欢迎批评指正.