

初中物理专题分析丛书

热现象

REXIANXIANG

洪安生 编著

教育部师范教育司组织编写

全国中小学教师继续教育
专业必修课程教材

人民教育出版社

初中物理专题分析丛书

热 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

热现象:初中物理专题分析/教育部师范教育司组织编写.

—北京:人民教育出版社,2000

ISBN 7-107-13814-6

I. 热…

II. 教…

III. 物理课—初中—教学参考资料

IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 62618 号

人民教育出版社出版发行

网址: <http://www.pep.com.cn>

北京汇林印务有限公司印装 全国新华书店经销

2000 年 4 月第 1 版 2006 年 12 月第 3 次印刷

开本: 890 毫米×1 240 毫米 1/32 印张: 4

字数: 95 千字 印数: 9 201~10 000

定价: 7.70 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 洪安生 北京市海淀区教师进修学校

本册审稿 赵凯华 北京大学

梁竹健 北京师范大学

方 妍 清华大学附属中学

如发现印、装质量问题，影响阅读，请与本社出版科联系调换。

(联系地址：北京市海淀区中关村南大街17号院1号楼 邮编：100081)

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,是教育思想和人材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建议，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. 热学在中学物理教学中的地位 and 作用	(1)
2. 本书的内容及特点	(4)
二、温度	(6)
1. 什么是温度	(6)
2. 摄氏度是国际单位制单位吗	(9)
3. 自然界中温度的变化范围有多大	(12)
4. 用水银制作液体温度计是因为水银的比热小吗	(15)
5. 关于玻璃温度计的几个问题	(17)
三、热量	(22)
1. 什么是热量	(22)
2. 涉及热量计算的几个方面	(28)
3. 热力学第一定律	(38)
4. 循环过程与热机的效率	(40)
四、熵	(46)
1. 热力学第二定律的建立与表述	(46)
2. 热力学第二定律是关于实际不可逆过程进行方向 的高度概括	(49)
3. 熵和热力学第二定律的定量表述	(51)
4. 对熵和熵增加原理的进一步认识	(56)
5. 熵与能哪个更重要	(67)
6. 热寂说与宇宙大爆炸模型	(68)
五、分子热运动	(71)

1. 什么是分子和分子动理论	(71)
2. 分子的形状和大小	(73)
3. 分子的热运动和温度	(78)
4. 分子间的相互作用力与分子势能	(82)
5. 氢键与水的结晶	(86)
附录：理想气体压强公式的推导	(88)
六、物态变化	(91)
1. 物质有多少种状态	(91)
2. 熔化和凝固	(94)
3. 蒸发与沸腾	(101)
4. 液化	(108)
5. 升华和凝华	(111)
6. 三相图与三相点	(114)

一 概 述

物体的冷热程度叫温度，与温度有关的现象称为热现象，研究热现象的科学称为热学。

1. 热学在中学物理教学中的地位和作用

热现象与人的生活关系密切，人类的文明大概就是从学会用火开始的。对热现象的研究可以说开始很早，但真正成为一门科学还是近几百年的事。科学的发展是与生产技术的进步、生产力的发展密切相关的，18世纪初，第一部蒸汽机问世，为1760~1840年的工业革命准备了条件。由于蒸汽机的出现和应用，热现象的研究受到重视，到18世纪前半期，制造出了一些供实际应用的温度计，相继建立了华氏、摄氏等经验温标，系统的计温学初步建立，在定量研究热现象方面迈出了重要的一步。温度计的发明和改进，又进一步促进了量热学的发展，热量、热容、比热、潜热等概念初步形成，量热器开始使用，热平衡方程建立起来，量热学形成系统的科学。随着计温学和量热学的建立，对热现象的研究走上了实验科学的道路。18世纪后期，英国人瓦特对蒸汽机的改进起了关键性的作用，这大大促进了生产力的发展，也促进了对热现象的更深入的研究。由于对热本质的研究不断深入，热是一种物质的说法彻底破产，能量守恒定律，即热力学第一定律在19世纪得以建立。这期间，一大批科学工作者在各个不同的领域作出了自己的贡献，其中最著名的有迈尔、焦耳、亥姆霍兹三位。德国医生迈尔思维敏捷、视野开阔、善于总结，最先提出能量守恒思想，认为热是能量的一种形式，可与机械能相互转化。英国物理学家焦耳是一个孜孜不倦的实验物理学家

家，他在长达 40 年的时间里，进行了大量精确的实验，令人信服地证明了，热量和功之间存在着确定的数量关系，为能量转化与守恒定律的建立奠定了坚实的实验基础。而德国的亥姆霍兹在论述能量守恒的普遍性上起着重要的作用。

以上对热现象的研究，都是根据对现象的观察和实验所总结出来的宏观热现象的基本规律，用严密的、科学的逻辑推理方法，研究和讨论热学系统的性质，称为热现象的宏观理论。早在热力学第一定律建立之前，法国工程师卡诺对热机理论作了深入的研究，在此基础上，德国物理学家克劳修斯和英国物理学家开尔文分别于 1850 年和 1851 年独立地发现了热力学第二定律，论述了热学过程的不可逆性，找到了反映物质各种性质的相应的热力学函数，这套理论发展到现在，称为“热力学”。

- 2 在热力学理论发展的同时，人们已注意到热现象与组成物质的大量微观粒子的无规则运动有着密切关系，从微观的角度研究热现象的工作也已开始，在 19 世纪中叶以后得到飞跃的发展。首先是气体动理论（以前称为气体分子运动论或气体分子动理论）的提出和完善，概率统计方法的运用，使气体动理论从定性的论述发展成为定量的理论，这就是关于热现象研究的微观理论。气体动理论发展为分子物理学，再进一步发展，就是“统计物理学”。热现象的各种宏观性质都与微观粒子的运动情况有关，各宏观物理量都是相应微观量的统计平均值，任何宏观的平衡态都必然伴随着永不停息的微小涨落，这就是关于热现象的微观理论的主要观点。

20 世纪 50 年代以后，关于非平衡态的热力学和统计物理学理论得到迅速发展，已经从平衡态和近平衡态向着远离平衡态的方向推进，这为寻找从无序到有序转化的途径提供了新的思想和新的概念，但相对于平衡态理论来讲，非平衡态理论还显得很不完善，这是今后继续研究和发展的重点方向。

热学是物理学的重要组成部分，热运动是物质运动的一种重要

形式，热运动对应的能量——热力学能（内能）是一种重要的能量形式，因此，热学部分的知识历来是中学物理课程的重要组成部分。热学与力学相比，研究对象、研究内容和研究方法都大不相同，力学研究的是宏观物体（其模型是质点、质点组或刚体等），以牛顿定律为基础，研究其机械运动规律以及机械能的转化与转移等等。而热学的研究对象是由大量微观粒子（分子、离子、原子等）组成的热学系统，研究与大量分子无规则运动有关的热学现象，包括温度及温度的测量、热量的传递与量度、物体受热后体积的膨胀、大量分子无规则运动所对应的能量（即内能）、内能与机械能等其他能量间的转化与守恒、内能的应用、热机及热机效率的提高、固体、液体、气体的性质及物质状态的变化，等等。研究热现象，与研究宏观物体的机械运动的方法完全不同，要想去追寻每一个分子，用力学的方法研究它们的运动状态，既不可能，也无必要。热现象的宏观性质，是这些大量分子集体的运动的宏观表现，研究热现象所采用的方法是统计方法。对于中学生来说，数学基础有限，对于什么是统计平均尚不能真正理解，很多问题还不能进入定量阶段，只能进行初步的定性讨论。但对于一些基本的观点和思想，必须向学生介绍，使他们在认识能力上有所提高，在学习方法上有所适应。

初中阶段对热现象的学习，主要是了解一些与生活密切相关的、常见的热现象，包括温度和常用的液体温度计、温度测量的基本方法、热量传递的初步知识、比热容和燃料燃烧值的概念和简单计算、内能的初步概念和对热机的简单介绍，也介绍了气体动理论（分子运动论）的几个基本观点。对于固体、液体、气体的性质以及物质状态的变化，状态变化过程中热量的传递及内能的变化等占用了较大的篇幅，并从分子热运动的角度定性解释有关现象，促使学生初步建立分子热运动的图像，初步领会分子无规则运动与物质宏观性质间有着密切的联系。初中阶段的热现象教学以定性为主，虽然在比热和热量计算方面有一定的计算问题，但重点决不应放在数学计

算上。但也要注意另一种倾向，即不能因为热学部分计算量少而轻视这部分的教学。

2. 本书的内容及特点

本书是为广大初中物理教师撰写的。因此本书涉及的内容主要是初中物理教学中遇到或可能遇到的问题。

属于热力学的部分包括温度、热量、熵与热力学第二定律三个专题。其中温度这个专题，主要从热平衡出发阐述温度的概念，说明温度测量的原理；对于温标，特别是对国际温标 ITS-90 做了一定篇幅的介绍；对于常用的液体温度计则做较深一步的讨论，并提供给教师们一些资料性的内容，供教师们备课或开展课外活动时参考。热量是一个重要的概念，它与温度、内能都有密切联系，本专题对于历史上人们关于热量本质的认识过程做一定的介绍，目的不外是引导教师们加深对热量这个概念的理解。对于热量与温度、内能的关系以及与以前曾经使用过的“热能”等的关系都有一定的论述；对于量热学上几个重要的概念，如比热容、潜热、燃烧值等也有较深入的讨论。熵是热学以至整个物理学上非常重要的概念，目前我国初中和高中阶段的物理课都不介绍熵，与国外相比，我们是落后的，近年来要求在中学阶段讲述熵的初步概念的呼声日趋强烈。即使在目前中学物理教材中不讲述熵这个概念的情况下，也应通过适当的方式向学生渗透有关熵的物理意义的思想，使学生对涉及热现象的过程都有一定的方向性的问题有所了解。因此本书把熵与热力学第二定律作为一个专题来加以讨论，在这个专题中既给出熵的较为严格的定义，也尽可能地对于熵的物理意义作出通俗的解释，并对于热力学第二定律的意义予以适当地阐述。相信这部分内容对初中教师来说也是有用的。

属于分子物理学的部分有分子热运动和物态变化两个专题。在分子热运动这个专题中，对中学物理教材中涉及的三个基本观点都做较深一步的讨论，对于宏观量与微观量的统计平均值的关系问题，本书不可能不涉及，但由于在各种普物和统计物理学书籍中对此都有较详细的论述，因此本书想尽可能少地占用篇幅，但对于中学、特别是初中教学中可能出现的问题，则还是要多说几句。物态变化这部分内容，在初中物理热现象的教学中占有重要的地位，它与日常生活的联系也非常密切。物态变化过程中，涉及热学的诸多方面的问题，例如量热学中的潜热问题就是在物态变化的教学中出现的，因此这个专题的篇幅较大、内容较为丰富。

由于本书的服务对象是初中物理教师，力求与初中物理教学的结合更紧密一些，力求初中物理教师能更感兴趣。因此，本书在写法上想从老师们所关心的问题出发，把教学中遇到或可能遇到的问题作为切入点，多从日常生活中经常遇到的问题中选取实例，尽量用教师们所熟悉的语言等等。但是限于作者的水平和能力，远不能满足教师们的需要，特别是难免有错误和疏漏之处，欢迎批评指正。 5

二 温 度

1. 什么是温度

温度是物理学中一个很重要的，也是经常遇到的概念，同时又是较难准确把握和理解的物理概念。在初中物理课本（人民教育出版社 1994 年第 1 版，下同）上关于温度是这样写的“物体的冷热程度叫温度。温度跟人类的关系太密切了。我们穿的衣服，要根据气温的变化来增减。我们吃的粮食，只能在适宜的气温下生长。人一旦生了病，医生要测量体温作为诊断的重要依据……”这里，“物体的冷热程度叫温度”常常被作为温度的定义，其实它只是对温度的一种通俗的解说，更准确地理解温度必须与热平衡的概念相联系。例如张三慧先生主编的大学物理学（第二册）《热学》中关于温度就是先从热平衡说起的，下面我们按照这个思路予以说明。

设两个系统 A 、 B 被一个刚性板隔开，如图 2-1 所示。刚性板可以把两个系统的物质严格分开，但隔板传热性能可以不同。为了便

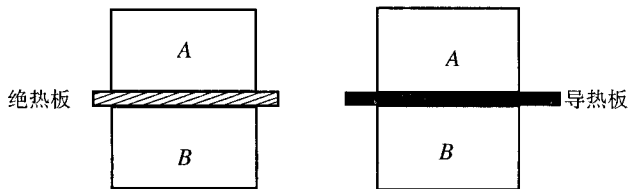


图 2-1 两个系统用刚性板隔开

于理论分析，我们设想两类隔板，一类叫“绝热板”，它完全不传热，被它隔开的两个系统可以各自独立地进行变化而互不影响。厚的石棉板、水泥板可以近似地当作绝热板。另一类叫“导热板”，两边可

以进行热量交换，被它隔开的两个系统不能相互独立地改变，其中的一个系统的状态改变会引起另一个系统状态的改变，如金属板就是导热板。两个系统之间如果没有真正的隔板，而是通过硬的边界直接接触，只要能发生相互影响，也可以视为是有导热板隔开的情形。

被导热板隔开的两个系统不可能任意地各自达到自己的任一平衡态。二者的平衡态总是联系在一起的。由导热板隔开（或直接接触）的两个系统达到一个共同的热平衡态（即二者的热状态同时都不能再改变）时，我们说这两个系统处于热平衡状态，或者说，它们达到了热平衡。两个（或许多）热力学系统处于同一热平衡状态时，它们必然具有某种共同的宏观性质和相同的宏观状态参量。我们将这种共同的宏观状态参量称为系统的温度，并因而说处于热平衡的多个系统具有相同的温度。可见，温度是决定一个系统是否与其他系统处于热平衡的宏观参量。

什么是系统的热平衡呢？“系统”，是热力学系统的简称，也就是指我们研究的对象或客体。当我们研究系统的热性质及其热运动与机械运动等其他运动的转化时，这个系统就是热力学系统。在任何情况下，热力学系统都是包含极大数目自由度的动力学系统，或者说都是由大量分子等微观粒子组成的系统。热力学系统中，完全不与外界发生相互作用的，称为孤立系统。热平衡状态，又称热动平衡态，是指孤立系统最终达到的，所有宏观性质都不随时间变化的状态。具体地讲，孤立系统达到热平衡态要同时满足三种平衡条件：（1）力学平衡，系统内部不存在未被平衡的相互作用力；（2）热平衡，系统内部各部分间不存在温度差；（3）化学平衡，系统内各部分的成份不再发生变化。

学生在小学自然课上就学习过关于热传递的知识，他们知道热总是自发地从高温物体传向低温物体，直到二者的温度相同为止。这里实质上讲的就是热平衡与温度间的关系，只是讲述的顺序不同，先