

(Peer Instruction)

同伴教学法

——大学物理教学指南

(美) 哈佛大学 埃里克·马祖尔 (Eric Mazur) 著

上海交通大学 朱 敏 陈险峰 译
北京师范大学 张 萍 审



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



时代教育·国外高校优秀教材精选

同伴教学法

(**Peer Instruction**)

——大学物理教学指南

(美) 哈佛大学 埃里克 马祖尔 (Eric Mazur) 著
上海交通大学 朱敏 陈险峰 译
北京师范大学 张萍 审



机械工业出版社

本书译自美国哈佛大学物理系埃里克·马祖尔 (Eric Mazur) 教授的《Peer Instruction》一书。马祖尔教授自 1984 年起在哈佛大学担任基础物理教学工作, 他和他的物理教育研究小组在教学改革方面作了有益的探索和研究, 自 1991 年创立并逐步向全世界多所学校推广了同伴教学法。

同伴教学法使用专门设计的用于揭示学生概念错误和引导学生深入探究的概念测试题, 借助计算机应答交互系统或选项卡片, 引导学生参与教学过程, 变传统单一的讲授为基于剖析概念的自主学习和合作探究, 在大班课堂教学中构建了一种学生自主学习、合作学习、生生互动、师生互动的创新教学模式。

本书内容包括分步骤地指导教师如何在大班教学中实施同伴教学法, 如何利用已有的讲课材料来实现这种新的教学模式。同时, 本书还包括一整套经过课堂测试的课程资料, 它们可以帮助教师在为期一年的基础物理课程中更好地实施这一新的教学方法。

图书在版编目 (CIP) 数据

同伴教学法/朱敏, 陈险峰译. —北京: 机械工业出版社, 2011.7
时代教育·国外高校优秀教材精选
ISBN 978-7-111-33874-1

I. ①同… II. ①朱…②陈… III. ①物理学—教学研究—高等学校 IV. ①04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 049150 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 李永联 责任编辑: 李永联 陈崇昱

版式设计: 霍永明 责任校对: 李秋荣

封面设计: 马精明 责任印制: 乔宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2011 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 14.5 印张 · 269 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-33874-1

定价: 36.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者购书热线: (010) 88379203 封面无防伪标均为盗版



献给我的学生，他们教会我如何去教。

序 1

中国高等教育的进一步发展，需要建立一个更加开放的高等教育教学体系，需要更多地学习发达国家的经验。在传统的讲授式教学方法中，学生是被动的倾听者、接受者，他们的注意力主要是放在对于知识点的掌握上。在一直有尊师重教风尚的我国，学生怀疑老师确实很难，学生“不敢、不会、不爱”提问题。而在美国，灌输式教学在 20 世纪中后期已基本被放弃，取而代之的是鼓励学生质疑教授的权威、参与讨论。哈佛大学著名教授 Eric Mazur 创立的**同伴教学法**（Peer Instruction，简称 PI）变传统单一的讲授为基于问题的自主学习和学生之间的合作探究，富有成效地改变了传统的课堂教学模式。**同伴教学法**最先应用于哈佛大学的基础物理课程中，十几年来，该方法已经被广泛应用于世界许多国家和地区的小学、中学、大专和大学的不同课程。2009 年，我在哈佛大学专门对这一方法进行了研究，并在 2010 年回国后开始在大学物理课程中使用。同伴教学法有广泛的适用性，很容易融入到我国传统教学中，对建构知识和培养学生的创新能力非常有效。

同伴教学法坚持以学生为主体、以教师为主导的教学理念。教师在教学过程中精讲教学内容中的重点、难点、疑点和关键点，启迪学生的思维，营造一个师生互动、生生互动和激发学生学习兴趣、引导学生探究的学习环境；在传授知识的过程中强调激励、唤醒、鼓舞。教学从学生现有的知识水平出发，通过一些影响学生认知能力的问题（Concept Tests）来引起他们的主动性，并且不断激发他们，引导他们之间的合作学习，进而获得新的认识和产生新的思想，达成思维、情感与意志的和谐发展。

同伴教学法鼓励学生合作学习。如果学习者不与他人合作，缺乏了解自己的立场、观点不同的机会，那么他只能停留在以自我为中心的立场，认知发展将会遇到障碍。**同伴教学法**特别为学生设计了在课堂上相互讨论、合作学习的环节，让学生有机会相互争辩、讨论、交流，共同解决问题，对物理概念形成更丰富、更深刻的理解，同时学会与他人进行合作、交流、协商和共享经验。学习者只有在与他人的相互接触、相互影响之中，才能达到更完善的发展。美国哈佛大学文理学院的前院长 Rosovsky 曾经自豪地说过这样一段话：“我们哈佛大学的学生相互间学到的知识比从老师那里学到的更多。”

同伴教学法培养学生的批判性思维。在学生的讨论中，每人都要阐释自己的观点，倾听别人的陈述和批评，在获得更多信息的同时反思自己和别人的观点，评价不同的概念和观点的有效性，通过思辨得出新的结论，并清楚地表达自己的观点。具有这样灵活性和适应性的学生，比起那些仅仅掌握了专门知识体系的人，更有可能进行创新，为社会作出更大贡献。

本书详细地介绍了**同伴教学法**的教育理念、使用原则和步骤，提供了一整套的阅读测试、概念测试和概念考试题。题目类型与传统题目不同，它们重概念、轻计算。有些概念测试题看上去似乎很简单，使用后却发现它们大都能有效地检测学生的错误概念，引发学生之间的讨论，题目解答通常需要用物理概念做出正确的判断而不是将数据代入公式，其内容和难度适合我国大学物理教学，并能为使用者提供强大的支持。

好的学习环境不仅取决于课程的内容设置，还取决于教学传授方式。在培养人才的时候，提倡探究式、讨论式、互动式教学，让学生学会相互学习，教会学生如何去思考，是美国培养创新人才的经验，也是我国高等教育改革的目标。

张 萍

于北京师范大学

序 2

公式 $F = ma$ 容易记忆，但是很难应用，而且更难理解。对于大多数学生来说，基础物理课程的最终价值不在于学习这个力学定律，而是获得物理学者在运用这些定律时的技巧。这些可以转换到其他领域的重要技巧包括对现象的简化、理想化、取近似、图示法、绘图法以及数学表述，或者更普遍的是建立数学模型和概念模型。对于许多学生来说，如果能找到可记忆的公式，他们就会拒绝思考。物理就是公式和数学推导的想法正是他们对物理神话般的理解。埃里克·马祖尔在这本**同伴教学法**指导书中指出了教师要怎样激励学生去思考物理本质，而不是捣腾公式。

这是非常重要的一步。如果**同伴教学法**被广泛地采用，那么一些重要的课程在教学上将会有重大的进步。设法让学生在课堂时间里变得积极和互动是一个很有吸引力的想法。我在听了马祖尔和托马斯·摩尔（Thomas Moore）的介绍之后尝试运用了这个方法，结果令人鼓舞，但是，我感觉由于我个人能力（和时间）的问题，在创造和发现好的讨论问题方面还是不够的。我希望能够使用高质量的概念测试来使得学生集中注意力，防止他们如同看电视一样注意力不集中的情况出现在课堂上。

马祖尔的《同伴教学法》最主要的优点在于提供了经过测试并且可以修改的资料来支持他提出的教学设计。他以纸质和光盘形式提供了完整的资料库。例如，概念测试的作用是促使学生们在课堂上讨论和互动，学生们一般不会很当回事，除非这些题目会出现在考试中。因此，这本书提供了许多套样题，这些样题可以直接或经过修改后在考试中使用。此外，除非给学生们一些压力，否则他们不会为这种交互式的教学做准备（课前阅读）。本书收集了大量的阅读测验题，可供教师直接使用或经过简单的修改来使用。经常遭到一致谴责的基础物理教材在这里变得有优势了，因为这些资料可以配合当前所有主流的教材使用。马祖尔还针对这种适合大班的教学方法作了清晰而详细的说明。由于很少有学校能够在开设基础物理课程时不采用大班教学方式，所以这种有效的方法能够立即被教师所采纳，而无需从结构上进行重组，使得理科教学工作焕发了新的生机。马祖尔的方法对于兼作教学工作的研究型科学家和以理科教学为主的教授来说，也是容易接受的。我相信，这本书的出版会给所有的物理教师提供重要的帮助。

序 3

这十年来,物理学界在给本科生讲授基础物理课程的事情上深受困扰,因为这些学生对于基本概念带有错误理解。建立在认知科学上的研究,引领物理教育工作者创造了许多新的方法、新的演示、交互式软件、革新教学技术和许多新的内容,这使得物理教学更加有效,学习物理对于更广泛群体的本科生更有吸引力。

现在,物理教育工作者试图推广这些新的教学方法。然而,如何实施是一个挑战。甚至,那些带着必要的资金去参加国际会议,并进行了建立在所学基础上的小规模实验的教授们也经常会面临制度上的约束,从而限制了他们将这些新的想法应用于标准课程的自由。

根据我的研究和实地调查^①,我认为,现在的课程修订、教育软件和大量新的教育技术已经占据了重要的地位,教师无需全新的课程或是复杂的(昂贵的)教育技术设施。相反地,教师需要一个辅助系统来提高学识,同时提供更好的教学经验。

埃里克·马祖尔教学方法的本质就是一个辅助系统。他的《**同伴教学法**》提供了一种特别的、交互式的方法来讲授物理课程,这种方法强调理解,而不是我的一些实验对象所谓的以技巧打天下。他的方法是让学生积极地参与到教学过程中,使得物理课明显地更容易被学生接受。但是,教师应该怎样在一个学生类型各异的大班级里实施这种交互的教学方法呢?

这里,首次在一本易学易懂的指导书中一步一步地介绍了一种讲授物理课程的方法,并且是行之有效的。这本书可以指导物理教师为一年期的基础物理课程准备互动式的课堂教学(化学教师和生物老师也能够发现其中有许多是可用的)。这本书是按照知识点进行编写的,还包括诊断测试、阅读小测验和整套用于课堂讨论的概念测试题目(称作概念测试)。

埃里克·马祖尔的**同伴教学法**已经在不同的学校成功地进行了实地测试,这些学校大多数和他的母校哈佛大学不同。例如,在位于洛威尔市的马萨诸塞大学、阿巴拉契亚州立大学,物理教授已经找到办法同时使用概念测

① Sheila Tobias, *Revitalizing Undergraduate Science: Why Some Things Work and Most Don't*, Tucson, AZ: Research Corporation, (1992).

试和**同伴教学法**。从我的经验来看，特别是在这样的经济环境下，教师和院长希望在没有资金和时间投入的情况下，改善教学质量。“今天我们能做些什么？”这个问题有了答案。

答案就是**同伴教学法**，包括概念测试、阅读小测验和概念性的考试题。作为便于使用的资料的典范，这本书开辟了新天地。教师，特别是他们的大多数学生，将很高兴有这样的工具。

希拉·托拜厄斯 (Sheila Tobias)

前言

我热爱教学。吸引我从事科学研究的原因不仅是做科研时的兴奋、发现真理时的美好，还有在将这些兴奋和好奇传授给别人时的满足感。

自 1984 年在哈佛大学从教以来，我一直担任着本科生的教学工作。最初的时候我认为——像许多人所想的那样——所讲授的就是所学的，但是，随着时间的推移，我意识到没有东西能够超越真理。分析我的学生对牛顿力学的理解就能明白这件事情：他们并没有完全掌握我希望他们学习的内容。理科基础课程在一些学生中不成功让我很受困扰，我应该为此责备学生吗？理科课程为何会遭遇如此的挫折？我决定改变教学风格，探索如何在帮助我的学生学习物理方面做得更好。这就是这本书的主旨所在。

我已经开发了一种交互式的教学方式，帮助学生更好地理解基础物理。这种方法称为**同伴教学法**，它能积极有效地使学生参与教学过程。这个方法非常简单——并且像许多其他人所证实的那样——它能够很容易被调整以适应个人的教学风格。这种教学方法使得物理不仅更容易被学生理解，同时也更容易进行教学。

这本书包括分步骤的指导以及如何利用已有的讲课材料来实施**同伴教学法**的课堂教学模式。另外，这本书还包括一整套的经过课堂测试的备用材料以便在一年期的基础物理课程中实施这种新的教学方法：

- 两个诊断测试用来评估学生对力学的理解程度。
- 分发学生调查问卷来估计学生对这门课程的期望，并指出错误理解之处。
- 按照知识点组织的 44 个阅读小测验在每次课开始时对学生进行检测，用来激励学生在课前阅读布置的材料。
- 243 个多项选择的概念测试题在教学中的使用促使学生参与教学过程，并且评定他们对课程的理解。
- 按照主要知识点组织的 109 个概念性考试题目用来强化**同伴教学法**的主旨。

书后附带的光盘包括这些相同的材料，并根据需要重新调整了格式，可以很容易地复制成幻灯片，或者分发给学生（详见附录中关于光盘的详细介绍）。这些资源是在不断发展中总结出来的，并将继续发展下去。为了补充这本书中的资

料，一套不断更新的额外的资源可以在这个网站中找到“<http://galileo.harvard.edu>”。这个网站可以当做在课程中实施**同伴教学法**的教师们的交流论坛。你的加入将受到所有使用者的欢迎。我也欢迎你在这本书提出评论、建议或指正。你也可以随时给我发送e-mail: “mazur@physics.harvard.edu”。

许多人对这项工作付出了努力。在课堂中使用提问的方法，首先是由哈佛大学化学系的达德利·河 (Dudley Herschbach) 给我提出的建议。1991 年加入我的组从事博士后工作的黛布拉·阿尔伯特 (Debra Alpert) 辅助我在这方面做了大量的研究工作，并且在形成授课资料方面起到了重要的作用。我非常感激安妮·胡佛 (Anne Hoover)，她分发了几百份这个指导书的简易版，使得很多人能够在自己的学院推广这种教学方法。我向他们表示感谢，同时也感谢我在哈佛大学的同事迈克尔·阿济兹 (Michael Aziz)、威廉·保罗 (William Paul) 和罗伯特·韦斯特 (Robert M. Westervelt)，他们自发和我一起做实验，并且在资料方面作出了贡献。我们所有人都很感谢哈佛大学物理 11 班的学生，他们是早期实验中重要的构成部分，是他们教会我们如何去教学。我还要感谢艾伯特·奥特曼 (Albert Altman)，他长期以饱满的热情和精力在洛厄尔市的马萨诸塞大学实施**同伴教学法**。感谢查尔斯·密斯纳 (Charles Misner) 提出极好的建议，将资料放到这本书中。特别要感谢大卫·赫斯滕斯 (David Hestenes)、易卜拉欣·哈娄恩 (Ibrahim Halloun)、尤金·莫斯卡 (Eugene Mosca)、理查德·哈克 (Richard Hake)，后期的时候，马尔科姆·韦尔斯 (Malcolm Wells) 和格雷格·斯威克哈默 (Gregg Swackhamer) 在开发力学概念调查题目和力学基准测试题目方面做了工作，并允许将这部分内容放到本书中。

我非常感谢以下这些对《**同伴教学法**》这本书的评论者，他们对这本书的评论非常具有洞察力和实际意义。他们是：艾伯特·奥特曼 (Albert Altman)，马萨诸塞大学，洛厄尔市；阿诺德·阿让 (Arnold Arons)，华盛顿大学；布鲁斯·博琪 II (Bruce B. Birkett II)，加州大学伯克利分校；保罗·德雷珀 (Paul Draper)，得克萨斯大学阿林顿分校；罗伯特·恩多夫 (Robert J. Endorf)，辛辛那提大学；托马斯·富尔塔克 (Thomas Furtak)，科罗拉多矿业学院；伊恩·格特兰 (Ian R. Gatland)，佐治亚理工学院；大卫·嘉云达 (J. David Gavenda)，得克萨斯大学奥斯汀分校；肯尼斯·哈代 (Kenneth A. Hardy)，佛罗里达国际大学；格雷格·哈佐 (Greg Hassold)，GMI 工程管理学院；彼得·海勒 (Peter Heller)，布兰戴斯大学；劳伦·海迪斯 (Laurent Hodges)，爱荷华州立大学；马克·霍尔特 (Mark W. Holtz)，得克萨斯理工大学；扎菲尔·伊斯梅尔 (Zafir A. Ismail)，德门学院；亚瑟·柯

瓦茨 (Arthur Z. Kovacs), 罗彻斯特理工学院; 戴尔·朗 (Dale D. Long), 弗吉尼亚工艺学校; 约翰·麦克缪伦 (John D. McCullen), 亚利桑那大学; 詹姆士·麦圭尔 (James McGuire), 杜兰大学; 查尔斯·米斯纳 (Charles W. Minsner), 马里兰大学帕克分校; 乔治·帕克 (George W. Parker), 北卡罗来纳州立大学; 克劳德·潘奇纳 (Claude Penchina), 马萨诸塞大学阿默斯特分校; 约瑟夫·普里斯特 (Joseph Priest), 迈阿密大学; 约珥·普里马克 (Joel R. Primack), 加州大学圣克鲁斯分校; 劳伦斯·里斯 (Lawrence B. Rees), 杨百翰大学; 卡尔·罗特 (Carl A. Rotter), 西弗吉尼亚大学; 伦纳德·斯卡芙妮 (Leonard Scarfone), 佛蒙特大学; 利奥·舒瓦特 (Leo J. Schowalter), 伦斯勒理工学院; 亨利·斯科特 (H. L. Scott), 俄克拉荷马州立大学; 沙希德·沙英 (Shahid A. Shaheen), 佛罗里达州立大学; 罗杰·施托克鲍尔 (Roger L. Stockbauer), 路易斯安那州立大学; 威廉·斯特鲁斯 (William G. Sturru), 扬斯敦州立大学; 罗伯特·韦德曼 (Robert S. Weidman), 密歇根理工大学。

最后, 我要感谢 Prentice Hall 出版社的提姆·玻兹克 (Tim Bozik) 鼓励我出版这本书, 感谢伊蕾妮·纽尼思 (Irene Nunes) 细致入微地编辑书稿, 并且提出了很多有价值的建议。我还要感谢艾莉森·里夫斯 (Alison Reeves)、艾莉森·阿基诺 (Alison Aquino)、卡罗尔·特鲁哈特 (Carol Trueheart)、雷蒙·马拉尼 (Ray Mullaney)、埃里克·哈斯兹 (Eric Hulsizer) 和杰夫·哈恩 (Jeff Henn), 他们在将稿子整理成书的工作中付出了巨大的努力。

埃里克·马祖尔 (Eric Mazur)

于马萨诸塞州, 康科德

目 录

序 1	
序 2	
序 3	
前言	

第一部分 概 述

第 1 章 绪言	1
打开眼界	1
记忆与理解	2
第 2 章 同伴教与学	5
为什么教学	5
概念测试	6
测试结果	10
是否影响解题技巧的训练	11
反馈	12
最后结论	13
第 3 章 激励学生	15
课前引言	15
课前阅读	16
考查	17
第 4 章 同伴教与学课前准备指南	19
讲课大纲	19
概念测试	19
课堂演示	20
讲课	21
考试	22
传统题目的问题	22
为什么这么做?	24

第 5 章 同伴教学举例	25
第 6 章 结束语	30
常见的问题	30
推荐关注点	31

第二部分 资 料

第 7 章 力的概念调查	33
力的概念调查	34
力的概念调查答案	44
第 8 章 力学基准测试	45
力学基准测试	45
力学基准测试答案	54
第 9 章 问卷结果	55
介绍性问卷结果	55
1. 你希望从这门课程中学到什么?	55
2. 你希望用这些新知识做些什么?	55
3. 你期望什么样的课堂教学?	55
4. 你期望什么样的教材?	56
5. 你认为每周应该花多长时间从这门课程中学到你所需要掌握 的知识?	57
第 10 章 阅读小测验	58
运动学	58
牛顿运动定律	59
力	59
功	60
保守力	60
势能	61
引力	61
动量	62
碰撞	63
转动运动学 I	63
转动运动学 II	64
转动动力学 I	65
转动动力学 II	65
振动	66

波	67
声音	67
流体静力学	68
流体动力学	69
静电学 I	70
静电学 II	70
电势 I	71
电势 II	72
电容	72
欧姆定律	73
直流 (DC) 电路	74
稳恒磁场	75
安培定律	76
霍尔效应	76
磁感应	76
互感	77
交流 (AC) 电路 I	77
交流 (AC) 电路 II	78
麦克斯韦方程组	79
电磁波 I	79
电磁波 II	80
几何光学 I	80
几何光学 II	81
物理光学 I	82
物理光学 II	82
衍射	83
现代物理的发展历史简介	83
波粒二象性/不确定性	84
光谱线系	85
玻尔原子模型	85
阅读小测验答案	86
第 11 章 概念测试题	88
运动学	88
力	93
能量、功、能量守恒	97

引力	103
惯性质量、动量、碰撞	105
相互作用	114
参考系	118
转动	121
振动	133
声音	141
流体静力学	143
光学	149
静电学	162
电介质和电容器	168
直流 (DC) 电路	169
磁学	174
交流 (AC) 电路	181
电动力学	186
现代物理	188
第 12 章 概念性的考试题目	193
运动学	193
牛顿定律	194
做功和能量	198
动量和碰撞	199
转动	200
振动、波、声音	200
流体	201
静电学	201
直流 (DC) 电路	204
磁学	206
电感和麦克斯韦方程组	208
交流 (AC) 电路	210
光学	211
现代物理	212
附录 (原书所附) 光盘内容介绍	213

第一部分 概述

第1章 绪言

基础物理课程通常是学生在大学生涯中最大的障碍之一。有相当多的学生认为这门课给他们留下了永久的挫败感。我要说明的是，我是作为一个物理学家而听到这些关于高中物理或大学物理课程的抱怨的。对基础物理课这种普遍的挫败感在那些需要上物理课的非物理专业学生中广泛散播，甚至是物理专业的学生也常常不满意他们的基础物理课，有许多学生在开始时对物理充满兴趣，最后却陷入困境。为什么会发生这样的事情？我们能做些什么？还是我们就应该无视这种现象，集中精力教好那些准备献身科学研究的成功学生？

打开眼界

基础物理课程的受挫从麦克斯韦时期就受到人们的评论。近期，希拉·托拜厄斯（Sheila Tobias）让一批人文和社会科学专业的研究生旁听基础科学课程并描述他们的感想^①。调查的结果收集成书，书中描绘了一幅基础科学教育的灰暗景象。或许有人希望用非物理专业的学生先天就对物理不感兴趣作为理由来解释他们的抱怨。但是，这些学生中的绝大多数并没有抱怨他们专业之外的其他必修课。用托拜厄斯的话来说，在自然科学学科教育中，下一代的科学工作者被期许成为优秀分子。设计这个体系是用来筛选最顶层优秀人物的，因此它也就无可厚非会带有竞争性和选择性。

19世纪90年代的物理教学方法和18世纪90年代针对更小和更特别听众的相比并没有太大的差别，但是听众却发生了巨大的变化。现在，物理已经成为其他领域的重要组成部分，注册物理课程的学生数量激增，而其中大多数的学生并不是物理专业的。对象群体的这种变化引起了学生们对这个学科的态度发生了重大改变，并给基础物理教学带来了相当大的挑战。尽管传统的物理教学

① Sheila Tobias, *They're Not Dumb, They're Different: Stalking the Second Tier*, Tucson, AZ: Research Corporation, (1990).