



大学物理课程 报告论坛文集

2007

大学物理课程报告论坛组委会 编

1007



高等教育出版社

大学物理课程报告论坛文集

2007

大学物理课程报告论坛组委会 编

高等教育出版社

内容简介

第三届大学物理课程报告论坛于2007年10月26~28日在湖北省武汉市成功举办,本届论坛以“新世纪中、美、俄高校物理课程教学内容与方法的交流与研讨”为主题,来自中国、美国、俄罗斯的12位专家受邀做了精彩的报告,详细介绍了各自国家物理教学的内容、方法和手段。来自全国近300所高校的600多位物理教师参加了本届论坛。本文集共收录86篇论文,其中12篇专家报告由录音整理而成,74篇教学论文是通过专家评审、网上公示、教师投票等环节,从200多篇投稿中遴选出来的,内容涉及中、美物理教学的比较,物理教学的改革,双语教学的探索,多媒体教学手段的运用,大学物理实验的改革等几个方面。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理课程报告论坛文集. 2007/大学物理课程
报告论坛组委会编. —北京:高等教育出版社, 2008. 7
ISBN 978-7-04-024361-1

I. 大… II. 大… III. 物理学-教学研究-高等学校-文集 IV. O4-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第058894号

策划编辑 高建 责任编辑 高建 封面设计 张志 责任绘图 郝林
版式设计 陆瑞红 责任校对 姜国萍 责任印制 毛斯璐

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100120	网址	http://www.hep.edu.cn
总机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landracom.com
印刷	北京嘉实印刷有限公司		http://www.landracom.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开本	787×1092 1/16	版次	2008年7月第1版
印张	18.25	印次	2008年7月第1次印刷
字数	440 000		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24361-00

前 言

第三届大学物理课程报告论坛于2007年10月26—28日胜利举办,本届论坛的主题为“新世纪中、美、俄高校物理课程教学内容与方法的交流与研讨”。来自全国近300所高校的600多位物理教师齐聚武汉,参加了本次盛会。教育部物理学与天文学教学指导委员会主任委员、北京大学赵光达院士担任本届论坛大会主席,武汉大学党委书记顾海良教授、高等教育出版社张增顺总编辑等领导出席开幕式并致辞,来自美国宾夕法尼亚州立大学的理查德·罗宾教授、俄亥俄州立大学的威廉·山姆教授、阿肯色州立大学的霍普森教授、北卡罗来纳州立大学的罗伯特·比克纳教授,来自俄罗斯莫斯科大学的亚历山大·波波夫教授、巴奋洛夫教授、圣彼得堡大学的切特索夫教授,以及来自复旦大学的苏汝铿教授、中国科技大学的程福臻教授、北京大学的刘玉鑫教授、清华大学的朱鹤年教授、东南大学的叶善专教授等专家围绕课程建设情况做了精彩的报告。

当前,我国高等教育已经步入深化教学改革、提高教学质量的重要阶段,如何深化教学改革,从而切实有效地提高高等教育教学质量,成为广大高校和教师在教学改革与建设中十分关心的问题。20世纪50年代,前苏联高等教育教学内容与课程体系在我国高校课程建设过程中影响巨大;改革开放后,我国高等教育教学内容和课程体系建设中较多地吸收了欧美高校教学内容和课程建设的成功经验;90年代以来,随着我国高等教育面向21世纪教学内容和课程体系改革计划的实施和开展;涌现出一大批教学内容和课程体系建设与改革的成果,在我国高校教学内容和课程体系改革中发挥了重要作用,有力地推进和提高了高校教学质量。

本届论坛以“新世纪中、美、俄高校物理课程教学内容与方法的交流与研讨”为主题,组委会组织和邀请来自中国、美国、俄罗斯在物理教学领域中知名的教授、学者围绕若干重要基础物理课程作专题报告,希望能从不同角度了解美、俄基础物理课程建设的经验和成果,促进我国高校物理课程教学质量的提高。

为了提高报告的效果,本届论坛全程使用了同声传译,专家报告的内容丰富,涉及大学物理、基础物理实验、电磁学、原子物理、热力学与统计物理、量子力学等多门课程,引起了参会教师极大的兴趣。为满足广大教师的需要,所有报告都进行了全程录像并在中国高校物理课程网(<http://phy.cncourse.com>)上公开发布,根据录音整理的文字稿,经过专家审阅、修改后,也已经收录在本文集中。

本届论坛共收到投稿200多篇,经过专家评审、网上公示、教师投票等环节,共评选出74篇收录在本文中,其中宁夏大学的张铁炳等3位教师获得论坛之星称号。这些文章涉及物理教学中的多个方面,从多个视角阐述了物理教学,主要包括中、美物理教学的比较,物理教学的改革,双语教学的探索,多媒体教学手段的运用,大学物理实验的改革等几个方面。

第四届“大学物理课程报告论坛”定于2008年11月在四川成都召开。本届论坛的主题为“建设高等教育强国中的基础物理教学”,并将在论坛上组织开展教学立项研究、多媒体教学资源大赛等活动。

最后,我们对关心和关注大学物理课程报告论坛的广大教师,为论坛的顺利举办提出过宝贵

意见和建议的专家学者以及相关组织表示深深感谢。我们衷心希望广大专家和教师继续支持“论坛”，使它成为一个百家争鸣、兼容并包、不断发展的论坛，促进优质教学资源的建设与共享，推动我国高校物理课程的改革与发展，不断提高课程教学质量。

目 录

前言	I
----------	---

一、美国专家邀请报告

俄亥俄州立大学统计物理教育:教学方法、课程内容以及教学手段	威廉·山姆(2)
美国大学生的文科物理素质教育	阿尔特·霍普森(6)
北卡罗来纳州立大学的大学物理教学	罗伯特·比克纳(11)
宾夕法尼亚州立大学的量子力学教学情况	理查德·罗宾(18)

二、俄罗斯专家邀请报告

莫斯科大学原子物理的现代教程	亚历山大·波波夫(26)
莫斯科大学的量子力学课程教学	康斯坦丁·巴舍洛夫(28)
彼得堡大学“原子物理”教学	亚历山大·切特索夫(31)

三、中国专家邀请报告

北京大学物理学院“原子物理学”系列课程建设	刘玉鑫(34)
量子力学教学中的几点思考	苏汝铿(52)
发挥教学团队功能,全面提高“电磁学”的教学质量	程福臻 叶邦角(62)
新时期实验中的数据分析与不确定度评定	朱鹤年(66)
以课程教学资源建设为中心,推动精品课程建设的持续发展	叶善专(72)

四、论坛投稿论文

哈佛课程改革给我们的启示	刘宇星(80)
中美大学物理课教材中的有效数字之比较	童家明(83)
“费曼讲物理”给我们的启示	张映辉(86)
亲历 UIUC 的大学物理课堂	杨 虹(88)
我的 10 年教改	刘凤英(90)
大学物理教学改革与素质教育的思考与实践	刘建强 张承璐等(93)
改革基础物理力学教学的新思路	李承祖 陈菊梅(95)
物理系列课程整体改革的研究与实践	施建青 徐志君等(98)
信息时代公安院校大学物理教学改革的研究	郑勇刚(102)
考核方法与教学方法改革	张兰知(105)
大学物理教学改革与教学质量的提高	梁志强 孙海波等(108)
基础力学课程教学内容和方法改革的研究与实践	杨先卫(111)

论坛

“双语物理导论”课程的创建与一年级大学生自主学习创新能力培养的

- 探究与实践..... 恽 瑛 杜 源等(114)
- “大学物理双语课”教学的思考与实践..... 张晓光 俞重远等(120)
- 本科双语教学存在的问题及其改进..... 景士伟 赵赛男等(124)
- 高校双语教学的一些问题及对策探析..... 胡祥青 黄利玲等(128)
- 大学物理多媒体电子教学的发展方向..... 文喜星(131)
- CAI 课件在优化“大学物理”教学过程中的作用..... 刘晓来 祁 欣等(135)
- 物理教学中使用多媒体利与弊的调查和分析..... 窦春升 李 瑜(138)
- 大学物理网络教学系统的构建与特色..... 郭定和 董才华等(141)
- 非等压一级相变..... 郑小平 张 黎(144)
- 对均匀带电细圆环电场的研究..... 刘逸鹏(147)
- 对洛伦兹公式推导方法的比较及其教学思考..... 王玉光 侯德亭(153)
- 熵与人类
- 熵概念提出 140 年..... 高兴茹 倪苏敏(155)
- 学生科研能力的培养与大学物理教学改革..... 张 红 龚 敏等(162)
- 关于少数民族预科物理教学的探析..... 张 茹 林 锋等(164)
- 大学物理训练的模式及训练方法..... 陈义万 李文兵(167)
- 是“教物理教材”还是“用物理教材教”
- 大学物理热学教学改革的尝试以及提供的启示..... 朱铨雄 王世涛(169)
- 博客在电磁学教学中的实践探索..... 黄 辉 朱炯明(173)
- 我校“文科物理”课程的授课思想及实践..... 刘丽敏(176)
- 物理学的两大功能和对物理学的认识误区..... 邓桂昌 曾祥华(179)
- 物理课程中融入素质教育元素的研究与实践..... 陈 健 朱 纯等(182)
- 以人为本 因材施教 实施“普通物理”分层分类教学..... 宋庆功(185)
- 独立学院大学物理教学研究..... 黄莉蕾 黄孝华等(188)
- 在物理教学中培养学生的工程意识和创新能力..... 董 瑾(191)
- 大学物理学在高等教育中的基础性地位..... 高祖庆 高 鹏(194)
- 大学物理教学法的基础和创新..... 翟建才 秦宇彤等(199)
- 大学物理教学培养学生直觉思维能力探索..... 侯素霞 罗积军等(203)
- 浅析信息化条件下军队院校大学物理课程教材体系建设..... 储德林 江海燕等(206)
- 加强学生综合素质培养,提高择业能力
- 应用物理课程体系与教学内容的综合研究与实践研究..... 方莉俐 张 明等(209)
- 从瞬间体会物理之美..... 刘 红 王作舵等(212)
- 从“导入法”来探讨物理课的教学艺术..... 刘 鹏(215)
- 加强物理教学 培养综合素质..... 后德家 桂 容(218)
- 浅谈成人教育中的物理教学..... 顾国锋 郭平生(221)
- 缄默知识理论视野下的实践教学与课堂教学..... 杨学锋 王吉华等(224)
- 医学物理教学中 PBL 教学流程研究..... 王卫国 张 伟等(227)

基于系统科学理论指导物理课程设计的思考·····	蓝风华	李宏昌	(229)
以教育心理学为依托,在大学物理教学中贯穿赏识教育·····	母继荣		(232)
大学物理教育应适应时代的需要·····	李	红	(235)
大学物理实验教学改革的尝试与探索之一			
——初探“自学物理实验”·····	叶有祥	江影等	(238)
三维空间中圆偏振光的计算机模拟·····	胡	林	(241)
网上基础物理实验课程平台建设的研究·····	罗莹	刘翌等	(245)
迈克耳孙干涉仪光路中的半波损失分析·····	姜黎霞		(248)
改革实验教学方法 探索学生能力培养·····	罗贤清	陈建军等	(251)
设计性实验教学策略·····	余兰山	黎鑫等	(254)
基于能力培养的综合设计性物理实验课程建设·····	王景聚	吕树臣等	(258)
医学院校物理实验教学改革的初探·····	张伟	王卫国等	(261)
测量载流平行导线相互作用力的一种新方法·····	童国平	郑盼盼	(264)
应用建构主义理论改进大学物理开放式演示实验课堂教学模式·····	李丽霞	谢自芳等	(267)
大学物理实验的定位及未来发展·····	徐军	罗积军等	(270)
大学物理实验课程教学内容和方法改革探索·····	成元发	丁益民等	(274)
对惠斯通电桥实验教学的探索与实践·····	高	伟	(277)

一、美国专家邀请报告

俄亥俄州立大学统计物理教育:教学方法、 课程内容以及教学手段

威廉·山姆

(俄亥俄州立大学 美国)

我首先以对组织者给予的这次演讲机会的感激来作为我的开场白,尤其是对高等教育出版社.这是一种荣幸.我首先将讲述电动力学教学中的问题.对此我想要讲述一下电动力学教学的历史,给大家一种全局的感觉.我个人对电动力学的了解可以追溯到20世纪50年代我在OSU(俄亥俄州立大学)的时候,从那个时候起,我教授了电动力学与统计力学多次,在教学中我也做了不少改进.

首先我讲述一下美国研究生教育体系的概况,接着我将讲述最近在教学和课程设计方面的进展.这个演讲中的很大部分都可以用于本科生教育.美国研究生教育的大纲和最新进展都可以在美国物理教学学会的会刊和物理学会的报告中查询到,所有的材料都可以在网上找到.我也很乐意把ppt文件留下来,把材料散播出去.美国的研究生物理教学课程由4个核心课程组成.在研究生的第一、第二年完成.经典电动力学一般教授半年或者一年,这个视学校而定;经典分析力学教授1/3年到1/2年;统计力学一般是半年到一年,实际上,我认为统计力学需要一整年.这些内容涵盖了凝聚态物理、生物物理、原子分子物理、物理光学、天文学、核物理、粒子物理(包含场论、弦论)、计算物理和教学方法.所有这些内容都在OSU和其他美国的顶级大学中教授.

我先讲述一下电动力学的细节.电动力学的一个特征就是非常的稳定.有一本非常经典的教学课本是Jackson的电动力学.这本教材从1962年就开始使用.实际上,我在1964年第一次使用了该书第1版.此后有了2次再版,第3版最近才出来.实际上,在一项调查中,美国80所大学中的76所都使用这本教材.我知道这本教材在一些中国大学中也广为使用.这里是Amazon公司的网页,在这你可以买到最新的第3版的Jackson的教材.新的教材需要95美元,二手版的需要45美元,网站购买2天内可以邮寄到.实际上,这类网上商店给传统出版商带来了危机,我不知道高等教育出版社是不是也感受到了此类危机.

对于电动力学中的最新近况,我想主要是对于数值方法方面的简介.Jackson的第3版对此有了少许的提及.我想实际上可以加更多的改进.数值方法能得以广泛的应用我想要归功于计算机的飞速发展和可视化界面的方便性.我将对此做些演示.另外,OSU在这个方面也做了一些尝试,尤其是在交互式教学方面.数值计算方法主要是用于静电场方面的问题,主要是通过弛豫方式去求解Laplace方程和Poisson方程.在这个Wolfram公司的网站上你可以找到相应的介绍.对于Poisson方程的求解似乎更容易说明一点.首先选取一个符合边界条件的随机势,从此进行优化.这里是一个随机的势场,就像图片中描述的,这是第一步的图形,经过几步优化弛豫之后,整个势场成了这幅图中的构型.这里通过一个简单的数学公式来求解一个2D的电动力学问题.通过求解有边界条件限制的Laplace方程,标号0—3号的边界的势能为0,4号的势能为1.程

序的这部分设定初始环境,接下来的循环是求解 Laplace 方程的. 这个算法能迅速收敛. 接下来我们看看程序如何运行. 这是初始势场,接下来是 20 步循环之后的情况,再接下来是 40 步之后、8060 步之后,系统收敛到了最终结果. 整个计算花了我的 Mac 笔记本一分钟的时间. 这个问题挺有意思:我也可以求出这个问题的解析解. 它是一些双曲函数的无穷级数和. 下面是解析精确解的势场,实际上它跟数值解基本上是完全一样的. 在现实中,数值求解可以用于更一般的边界条件;解析解面对一般化的边界条件会因为没有确定的函数而无能为力. 还有其他不错的数值解法在电动力学的教材中被介绍. OSU 的 Bruce Patton 教授在交互式电动力学教学方面做了很多有益的探索. 他沿用旧的教学课时框架:每周 3 次课加 1 小时的习题课. 前 10 周的课程覆盖了 Jackson 教程中的前 4 章. 习题课占了 3 周到 4 周,我个人觉得 6 周到 8 周更好一些. 接着他修改了课程设计. 每周有 2 次通过解习题的交互式习题课. 部分习题在组课中通过交互版主来解决. 在实际操作中,往往是教师给了最终答案而不给中间过程. 在课程中,教师会检查中间步骤的几个检查点,来检验学生的掌握程度. 按照他的实验,以往对于课程准备不足的学生会有相对传统授课 25%左右的提高,但是对于背景比较强的学生交互式教学似乎提高有限. 对于此类学生,似乎需要给他们更大的挑战. 在我的教学实践中,我发现更天才的学生似乎远没有我期待的那样喜爱此种方式. 但是,我觉得这还是一个很有希望的方向,值得大家去尝试.

研究生的统计力学教学是个完全不同的情形. 整个统计力学在不断的发展中. 新的学科,创造力的课程都在不断地涌现. 比如混沌、黑洞、玻色-爱因斯坦凝聚、生物物理问题、股市物理等. 实际上,相当多的股市市场预测软件都是由计算物理学家写的. 对于统计力学的课本,没有一个有统治力的教程存在. 在上面那个统计中,80 个大学里面,用得最多的课本是 26/80. 其次是黄昆的,有 13 所学校使用. 我在教学中也使用这个课本. 80 个大学里面的 6 所使用的课本,我觉得这个课本非常的精彩. 统计力学教学的其他进展包括开源教学. 其他的网上资源也有很大的作用. 在 OSU, Myer 教授试验了限时教学. 我觉得,这个尝试从根本上来讲是成功的. 我将慢慢讲解.

统计力学中的不断进步的一个例子可以从 Cornell 的 James Sethna 教授的最新课程中得以验证. 这本书今年才出版,他面对第一年的研究生. 下面是这个课程的网页,下面是课程的大概内容……随机过程是 30 年前的课程. 近年来不断的进展极大地改进了统计物理的教学. 在化学、经济、生物物理、模拟等方面有着不断的进步. 这基本上也是电动力学的现状. 书中还有其他的例子,感兴趣的可以在网站上面进一步翻阅此书.

让我们来仔细看看木星和 KAM 问题. 这里是太阳,淡绿色的是地球. 木星在这里. 我们研究的是三者的相对轨道. 这既是一个很现实的例子,同时也是一个很好的 KS 问题的实例. 当我们增大木星质量的时候,这个问题会更加有趣. 整个轨道会拉得更大. 让我们运行另外一个实例,这次,我们只显示地球的轨道. 当我们限定了太阳的质量时,木星始终在那里. 下一步,我们运行一个 2D 的模型. 红色方形代表 spin up,白色的是 down……初始温度非常的高,是自选耦合的特征温度的 2.4 倍. 运行这个程序后,我们能发现当温度降低到 2.1 倍的时候,已经低于居里温度. 你可能会认为整个体系会成为一个有磁性的体系:在完成系列的震荡之后,系统稳定到了一个固定的 spin 值. 我们能得到整个体系的 magnetic value. 这个程序能够从 Safena 的教科书的网站上获得.

另一个非常有意思的进展是开源物理教学. 这提供了很多计算的实例,同时也节约了大量的重写程序的时间. 就像你能认识到的,这些计算实例都是运行在 JAVA 平台上. 你能从网站上获

得这些程序,然后运行很多不同方面的模拟.我觉得这个对统计物理是个极大的促进.让我们看这个实例,运行一个 Lenard-Jones 流体.这个流体的原子采用了 Lenard-Jones 势,很多的参量会被演示.初始构型是相对低温下的固态,接着整个体系会在高温下进行模拟.整个固块会很快地熔化,最后达到一个平衡的液态流体.不同的半径分布函数可以从模拟计算中获得.体系压强随时间的变化也能演示出来.同时,我们也可以通过原子的动能来演示系统的特征问题.实际上,如果你愿意我们还能获得更多的系统参数.

现实中也有不少计算机辅助课程.一个不错的例子就是 Maraland 大学的 James J Kelly 教授.整个教程是用 Mathematica 来写的,就是课本里面的文字也是用 Mathematica 来写的.当然了,里面所有的数学求解都是依靠 Mathematica 程序.我没有在这个教程上花太大力气,但是这个尝试还是非常有意思的.其实,通过 Mathematica 来写教程本身就是个挺大胆的尝试.

最近一两年,MIT 把它所有的教程都搬到了网上.这些教程是免费的.这些教程的绝大部分都是非常漂亮成功的,仅有绝少部分似乎不大好.我觉得这个网上教程是个非常不错的资源.里面包括了 Ceder 的统计物理教程.Ceder 是个资深的统计物理学家,同时他的文字也非常漂亮.他的整个教程可以在 2 分钟之内下载完毕.教程包括了教程、习题、考题和讨论题.热力学的所有教程都在这里,统计力学部分也在这里.我们能发现这些都是很标准的教程.比如我们想下载热力学第三定律方面的习题,我们只需要点击下载就能完成了.浏览一下这些习题,它们设计得很不错.MIT 教程的第 2 版做了一些改进,它更加地体现了最新的进展.整个教程非常贴近时代,对于统计力学的教学是个非常好的帮助.我在教学中用它,帮助不少.另外一个完全不同的尝试是 Caltech 的 Roger Blandford 和 Kip Thorne 的实例教学.这个方式应用到了所有的经典物理教学上.整个学习过程对学生具有相当强的挑战性,但是对于天才学生,这是个非常好的方式.我们浏览一下.从经典物理开始,速度空间,动力学理论然后是统计力学.整个部分只有两章,随机过程和衍射.接着是电动力学,流体力学,混沌,超流体,等离子物理,黑洞,广义相对论等.他把所有的经典物理内容涵括到了一个教程内,我还没有决定是否去进行尝试,但是这个真的很有意思.这个教程你们也可以在网上获得.

接着我花几分钟来讲述教学的一些观念问题. Julier Myer 在 OSU 对此进行了研究.他们的要点是要求学生在课堂开始前对要讲述的课程进行预先的学习.这个要求通过要求学生在课程前一天晚上前填写一些表格来获得了加强.并要求学生在子夜前完成表格,讨价还价后要求放宽到了第二天完成.讲师阅读了表格后将会进行一下预判.他们能清晰地知道学生预习时候碰到的主要问题.在表格中他们要求学生填写一些多选题,另外还有一个比较自由的部分,每个学生能够填入他碰到的问题.我来演示一下他们在课程前如何填写和递交表格.在课程网站上,他们先添上他们的名字、日期来记录时间.现在是昨天的晚上 11:41.表格内有对相关材料的 3 个问题.前两个问题是多选,学生只需要勾选他们认为合适的选项.第三个问题是个开放式的问题,在回答过程中我们可以随意更改答案.到了最后我们可以敲击递交按钮来上交自己满意的答案.让我们看一看具体的例子.这节课是关于相变的,讲述两相系统的热力学稳定性. A 和 B 可能是水和油,它们互不相溶,这样 Gibbs 自由能达到最低.下面有 3 个选择.问题是说,如果我们把体系加热到了两个纯体系的沸点之间的温度,然后把两项放到一起,系统将会如何.学生必须深入地思考一下整个体系的热力学稳定性的物理含义,这样才能获得答案.对这种教学方式,以我的教学经验来看,最大的难点是如何在课程前找到合适的问题.对此没有确定的答案,让问题更加深刻,

你就会发现很多学生根本就没有认真地去研读课程. 你必须在课上帮助学生学他们本该已经学了的. 如果学生能够在课前努力认真地研读, 那么就会极大地节约学教双方的时间和精力, 同时提高效率. 这方面的尝试更多地决定于学生的能动性.

就我个人观点, 电动力学和统计力学的最近进展是截然不同的两个现状. 最近的 15 年, 甚至 30 年, 物理有了不小的进展, 我们需要关注这些进展. 网络给了我们对于教程更多的选择. 这个对任何学科的课程都是如此. 跟上网络的步伐是个重要的问题. 计算机的进步, Mathematica, MATLAB 等程序的进步, 都让我们进行数值模拟计算变得更加容易. 很多情况下我们甚至都不需要去写低层 C/FORTRAN 程序. 在以前这些都是要求我们亲手做的. 学生能够从网络上直接获得程序, 修改一些参量就行了.

统计力学有着比电动力学快得多的进展, 量子力学的进展也很快. 在我看来, 改进教学方式目前在初等物理教学方面有了很大的影响, 在高等级教学方面影响还比较小. 我希望有新的方式方法出现, 这是我的工作, 同时我也希望大家能参与尝试.

美国大学生的文科物理素质教育

阿尔特·霍普森

(阿肯色州立大学 美国)

谢谢大家邀请我来中国. 这是我和我妻子对中国的第 4 次造访, 我们一直都很喜欢这里. 谢谢你们的邀请, 特别是高建, 以及其他邀请我们的人. 在这里我想给你们介绍一门特别的物理课程. 这门课程在美国被广为传授, 但是在世界的其他国家却都没有被用到. 这就是所谓的物理普及课程. 它是专为非自然科学专业, 比如音乐系, 教育系, 历史系或者商务管理系的大学生设计的. 我为我出的这门课的教材在美国 130 多所高校里普及而感到高兴. 但让我更高兴的是, 我的老朋友, Qing Kecheng 已经把它翻译成中文. 这是该书的第 4 版, 中文版已经翻译完毕, 并由高等教育出版社在几个月后出版. 那么你们和你们的学生们在明年早些时候就可以买到它的中文版了. 美国绝大多数大专院校都提供这种科学普及课程, 我的教材只是其中的一本. 美国的物理教育, 或者说科学教育有一个很重要的成分, 那就是每个非自然科学专业的大学生都必须选 2~3 门自然科学课程. 这就是说, 所有学生都要选门物理课以完成他们的学业.

以下是我这次演讲的梗概. 一共有 4 点: 第一, 我们作为老师, 教育工作者, 不应该只给自然科学专业的学生讲物理, 而是应该把物理课程普及到所有的学生. 第二, 给这些非自然专业的大学生开设的物理课, 应该注重概念的理解, 而不是技术细节. 同时, 这些课程还要是互动的. 第三, 我们应该讲现代物理, 而不是牛顿时代的物理. 第四, 我们要注重物理和社会的联系. 接下来我会一个要点一个要点地来谈.

首先是要给所有学生都普及物理课. 科学界最大的组织大概就是美国科学促进会了. 他们出了一本书, 名叫《Science for all Americans》. 书中指出, 如果不能让广大人民群众理解自然科学、数学以及科技, 获取科学的思维习惯, 那么科学技术对人类生活提高的潜力就没有办法实现. 再看看这段, 如果没有一个普及了科学的群众基础, 世界的前景并不被看好. 这些都是来自于世界上最大的科学组织的强硬措施. 那么为什么科学的普及这么重要呢? 我的理解是因为我们现在生活在一个科学决定一切的时代. 如果一个国家的国民不懂科学, 那么这个国家将难以存活. 我觉得胡锦涛主席就说得很好. 中国在未来 5 年的国策, 如他所说, 将是科学的发展的 5 年. 科学的发展的意思就是尊重环境, 尊重贫穷人口的发展. 对我来说, 这就是可持续发展. 这就是要你们的学生学科学的一个很好的理由. 要可持续发展, 科学的发展, 国民必须懂科学. 否则就很难见效, 因为这种发展是基于科学的. 很不幸的是, 我们的物理工作者却没有重视这一点. 我相信, 我们给这些非自然科学专业的学生开的这些物理普及课程, 将是我们讲授的最重要的课程. 大多数学生都是非自然科学专业的. 这些物理普及课程是最重要的, 因为它们面向所有的学生. 所以每个物理系都应该开设这样的课程. 这样的课程很有用, 这里我可以给你们提供一些证据. 由一个很重要的人物 Jon Miller, 可惜现在我没有他的照片, 否则我可以给你们多讲一些他. Jon Miller 是世界上首屈一指的科学普及测量者. 他在全世界, 比如德国、日本、美国、中国还有其他地区采样, 衡

量各地的科学普及水平。他以这个扬名。这里我摘录他的话。虽然在预科教育(大学前教育)中,美国的科学普及率最差,美国的成年人的科学普及率在全世界是最高的。基于这句话的重要性,我想我有必要再解释一下这句话的意思。在美国,高中生的自然科学是很差的,这在各种考试中都有体现。他们在世界的排名是很靠后的。但是,如果你测量美国成年人的科学水平,你发现美国人在科学普及方面是超出其他国家的。这很奇怪,听起来像是自相矛盾。这里是 Jon Miller 的解释。这是因为美国是唯一一个要求所有的大学生都必须选自然科学课程的大国。正是这每个大学生都必须选的 2~3 门科学方面的课程使得美国在科学普及方面大大领先。现在的情况是,美国也远远没有科学“脱盲”,但是比起其他国家来说,美国的情况要好得多。美国国民的科学普及率,大概是 20%。这不算高,但是日本、德国、英国的数据是 5%。原因就在于这些科学普及课程非常重要。我们不仅要给科学专业的学生讲科学,更要给非科学专业的学生讲。

我今天要讲的第二点,物理普及课程应该是重概念,就是说不要在里面加进代数。而且还要注重互动,就像你在这张照片里看到的一样。今天早上 Robert Beichner 的演讲中也有类似的照片,学生们坐在大桌的四周,在课堂上互相交流。We should teach interactively. 我们也应该这样教学。在美国,从中学到大学都设置有物理课,其中的大多数都是为非自然科学专业学生准备的重概念的课程。也就是说,里面不含代数,而是重基本原理轻具体方法;重基本概念轻具体问题。对这方面的教学,我的建议是完全摒弃代数,因为这些非自然科学专业的学生不需要。他们计算滑块从斜面上滑下来要多长时间干吗? 工商管理系的学生不需要它,音乐系的学生也不需要它。但他们需要有数字的概念。所以要教他们 10 的幂,估算以及概率,还要培养他们的读图能力。第三,这些物理普及课程上的学生并不愚蠢。他们也是聪明的学生,只不过他们不学技术,不学物理而已。不要把他们当愚蠢的学生对待,他们当中有很多人相当聪明。另外,他们并不讨厌物理,相反,如果你能用他们的语言和他们交流的话,也就是不要有代数,他们中的大多数都会喜欢物理。这里有一些证据。在美国有一本非常畅销的书,叫《The elegant universe》。是 Brian Greene 写的。这本书也有中文版,可以在书店里面找到。这是一本为非自然科学专业的人写的关于物理的书,完全不谈具体细节,没有代数,方程。然而就是这本书,还讲述了量子场论,广义相对论。然后还把这两大理论融合在一起讲述了微观物理的终极理论——弦论。这是一本由一位弦论理论工作者写的非常高深的书,作者是一位知名的美国物理学家。然而那些非自然科学的人看了都喜欢它。所以如果你能给人们用他们自己的语言谈有趣味的物理,他们会很喜欢的。另外一点,教学要使用问答法。这里有一本 Lillian McDermott 写得非常出名的书,叫《Physics by inquiry》。我们就是要用这种方法,用提问题相互交流的方法教学,而不是像我现在这样,一个人在这里讲。过一会儿我会演示这种方法。

现在我们讲下面一点,那就是我们应该讲述现代物理。大多数物理入门课程都不是讲的现代物理,而是 1915 年或者 20 世纪 20 年代的物理。我们应该讲述现代物理中那些美妙的想法,如大爆炸理论。你们看到这幅图了吗? 想起来是什么了吗? 对,这是宇宙背景辐射图,这些辐射都是在大爆炸之后 40 万年后释放的。我们应该讲述基本粒子,高能碰撞,但是我们没有。我们没有讲述现代物理,以至于大多数非自然科学专业的学生,甚至于很多自然科学专业的学生,都没有能够学习到物理工作者对真实宇宙的看法。我们没有给他们讲述真实的宇宙,我们给他们讲述的是牛顿的宇宙。他们没有学到过时空的概念,物质,辐射,粒子,场,能量,因果关系,宇宙从何而来,由什么组成,它有什么结构,何去何从……这些才是真正的物理。如果我们不给他们讲述现代物

理,就相当于没有讲物理.更重要的是,现代物理是那样的诱人,为什么不讲呢?学生们会非常喜欢它的.我不明白为什么我们不讲它.学生们需要知道狭义相对论,广义相对论以及当代宇宙学.我们生活在一个宇宙学的黄金时代.在这700万年间,人类第一次发现了宇宙是如何开始的.这些成果我们应该和学生们一起分享.这是他们应得的.我们还应该给他们讲述量子力学的基础,以及量子场论的基本概念.就像一个简单的想法一样,讲述给每一个人.我们应该讲述夸克,中微子,以及其他基本粒子,以及所谓的标准模型.现在我要给你们演示一下如何讲述现代物理.这将是互动的,所以你们要参与其中.你们可以看到吗?这是什么?有人可以告诉我这是什么吗?说出它的名字.对,这是块磁铁.现在我有两块磁铁.我要问你们一个关于这两块磁铁的问题.这个磁学系统,包括磁场,什么时候能量最大?是这两块磁铁在一起的时候能量最大,还是它们分开的时候,还是以上答案都不对?就是这个问题.我希望你们能和邻座讨论一下.这叫 peer instruction.同事间的相互指导.这是一种互动的教学方法.在一个大课上也可以这么教学.你可以和你的邻座讨论.我再问一遍问题,然后你们和邻座谈论一下,我们再投票回答.什么时候这个系统能量最大?两块磁铁在一起的时候?还是把它们分开的时候?两者都不是?好了,开始讨论.讨论完了吗?我觉得磁铁分开的时候能量最大(学生回答).好样的,有人已经开始试着参与了.不过我是希望你们投票回答.当然你直接回答我也很欢迎.谢谢.现在我希望你们举手表决.在课堂上你们可以用电子计数器什么的让学生们给老师反馈.这有很多种方法,我们今天用举手表决.认为磁铁块在一起的时候系统能量最大的,选A的,请举手.不要怕出错,没有关系的.好的.选B的呢?磁铁分开的时候能量最大?谁选?C呢?以上答案都不对,谁选?唯一的问题是,有一些人没有参与.我们再来一次,这次我希望所有人都能参与进来.好,谁认为磁铁在一起的时候系统能量最大?谁认为磁铁分开的时候系统能量最大?谁认为以上答案都不对?好了,这次大家基本上都参与了.分歧不大.正确答案是B,磁铁分开的时候系统能量最大.为什么呢?因为当我把磁铁分开的时候,我必须做功.根据热力学第一原理,你对一个系统做功,系统的能量会增加.看见这个 $E=mc^2$ 质能公式了吗?我们可以从这个问题上继续延续下去.我的下一个问题是:多余的能量在哪里?在两块磁铁之间的空间里?在我的身体里,因为我把它们分开的?还是在磁铁块里面?相互交流一下.想好了吗?我们继续投票.多余的能量在哪?选A的,在磁铁块之间的空间中,谁?选B的,在我身体里?选C的,在磁铁内部?好的,谢谢您的参与.答案应该是A,在空间里.这里的空间可以是真空,你知道吗?空气和这个问题一点关系都没有.下一个问题,什么时候这个系统质量更大?当磁铁在一块儿的时候?它们分开的时候,还是以上都不对?好了,你们已经体会到这种方法,开始讨论了.当场面上有很多争论的时候,看起来很混乱,其实大部分学习都在此完成.好了,什么时候系统质量最大?在一起的时候,谁选?分开的时候,谁选?都不对?好了,是磁铁块分开的时候.原因就是 $E=mc^2$ 质能公式.你只要有更多的能量,你就有更多的质量.这两者是不可分割的.你有质量就有能量,有能量就有质量.这就是 $E=mc^2$ 质能公式的概念.你可以概念性地讲述这些科学想法.这里我还有一个问题,这些多余的质量在哪里?我想你已经知道答案了.我们直接投票吧.在磁铁之间的空间里?在我身体里?在磁铁里面?当你教学的时候,请注意要给学生一些时间去思考.好了,多余的能量在哪里?谁选在磁铁之间的空间里?谁选在我的身体里?谁选在磁铁内部?对,应该是在磁铁之间的空间里.这非常令人叹服.这是个美妙的理念.在空空如也的空间里,甚至是真空里面,没有东西在里面,只有磁场,而它有质量,磁场有质量.更惊人的是,这在现代物理中非常重要,有可能自然界的所有质

量,本质上都是像磁场那样的.根据量子场论,所有事物都是场,就像在这两块磁铁之间的空间一样.电子是一个场,是一个场量子.中子、质子、夸克、光子都是场.所有事物都是场,它们在这个意义上都空空如也,就像这个磁场一样.这就是 $E=mc^2$ 质能方程定义的场.这是个令人惊讶的理念.这就是现代物理的场.这就是为什么我们要讲述它.它令人称奇.

现在我要讲第四点,关于如何在物理课程中谈及社会问题.人口过多和技术的普及极大地放大了人类对环境的影响.一个物种,智人种,也就是我们,正在占据所有的土地,破坏森林,干涸水源,污染空气,导致其他物种灭绝,释放过多二氧化碳.现代文明的发展对我们自己的生存造成了威胁.然而在美国,一切照旧,中国也一样,整个世界都这样.整个物理教育也像以前一样,没有或者极少提及社会问题.我们教自然科学的教师有义务和学生讨论我们赖以生存的星球的健康问题.如果我们在讲授物理的同时还在危害这个星球,我们的教学有什么意义呢?在一个毁坏的地球上不会再有物理教学.所以在现在教学的时候就要想一想这些重要的事情.就算是入门课程,也要纳入社会话题.这里有一些可用的例子.其实有很多和物理有关的社会话题:臭氧层空洞、全球变暖、交通、科学预警原则、风险估计、放射性的生物效应、电力、矿石能源、原子能、可再生能源、指数增长、人口问题、能源利用效率、地外文明的搜索、伪科学、核武器、能源的未来以及科学的思考方法等许多社会话题.我在科学的思考方法下加下划线,因为我想这是每一门物理课中最重要的东西.我们怎样才能知道?证据是什么?我们是通过证据和逻辑分析来获取知识的.所有的学生都应该知道这一点才行.如果你要我选两个社会话题来说的话,我会先讲人口过多的问题.我觉得这是我们世界面临的很多问题的背后主因.这是过去 2000 年世界人口爆炸的示意图.你可以看到人口增长的趋势.如果我们持续这样增长下去,我们会面临很大的问题.地球会难以承载.这里我要祝贺中国,你们的计划生育国策.这一国策是英明的.它很好地解决了人口过多的问题.如果不是中国的努力,这个问题会更严重.所以在这里我祝贺中国.第二,很有趣的是,我想美国应该是人口最过多的国家之一.因为我们使用了地球的绝大多数资源.太多了.我要讲的第二个社会话题将是全球变暖.这里左图是地球过去 150 年的温度表,右图是过去 1000 年的.你可以明显地看到在这 1000 年的末端发生了一件很特殊的事情,那就是全球变暖.如果我们再不注意,它就会让我们损失惨重.这个问题非常严重.但是我想在欢快的节奏中结束我今天的讲演.所以这里我讲一下我对交通的建议.这是另一个重要的社会话题.在交通拥挤的时候你出门看看外面的路,那堵,那污染,你应该可以体会.交通是一个很大的社会话题,里面有很多物理问题.让我们来看一下交通效率,这就是一个很好的物理话题.通常我们都用公里/升(汽油)来衡量交通效率,但这不是个好的衡量标准,如果我们是在讨论人的运输的话.因为在交通效率里面,我们最注意的是人的运输,所以应该用乘客移动效率来衡量.也就是说,用乘客人数乘以移动的公里数除以所使用的能源,那才是最好的衡量单位.在这种情况下,我想问你们一个问题.你们觉得,什么方式的交通会最有效呢?想一想,再和你周围的人交流一下,最有效地运送乘客的交通方式.好了,答案在这里.看到这幅图了吗?答案就在里面.是一个骑自行车的人.当然,这里的能源,是来源于食物的热量.骑自行车比走路有效 3~4 倍;比火车、公共汽车、飞机要高效好多倍.而最差的要数轿车了.你还可以在动物世界里面做比较.你可以比较蜜蜂、大象、鲸鱼、自行车、公共汽车以及轿车.这里是它们的一个比较.在《Scientific American》里面有一篇专门的文章介绍这个.如果你在整个动物世界里面做比较,最有效的交通模式还是人骑自行车,大概比典型的鱼高效一倍.你还会发现,现在轿车不是最差的了,它