

中国科学院研究生院演讲录

科学的美丽

邓 勇 主 编

【第九辑】

与顶尖科学家相约报告厅
听一流人文学者讲道科学院



科学出版社

www.sciencep.com

中国科学院研究生院

演讲录

【第九辑】

K E XUE DE MEI LI 科学的美丽

邓 勇 主编

 科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

中国科学院研究生院从建院伊始,就以面向世界、开放办学为宗旨,聘请世界一流的科学大师、学术巨匠来院授课、讲学。近期以来,一批著名科学家、学者、教授在研究生院(或有关研究所及论坛)所做的报告或讲座,在研究生中引起了强烈的反响,取得了良好的效果。

这套丛书汇集了各种报告或讲座中具有代表性的一部分,旨在创设一种民主自由的学术氛围,使各种观点、理论相互切磋、撞击,让读者置身于一个清美高洁而又五彩斑斓的学术百花园,满染芬芳与智慧,激发灵感与理性。同时,让更多的人感受一流科学家、学者、教授的“科学之声”,以及融于其中的“人文之声”和所包容的“文化魅力”。

图书在版编目(CIP)数据

科学的美丽/邓勇主编. —北京:科学出版社, 2006

(中国科学院研究生院演讲录; 9)

ISBN 7-03-017899-8

I. 科… II. 邓… III. ①自然科学-世界-文集②社会科学-世界-文集 IV. Z427

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 100263 号

责任编辑:徐蕊 吴伶伶 王国华 / 责任校对:张琪

责任印制:张克忠 / 封面设计:陈敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

丽源印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 11 月第 一 版 开本: A5 (890×1240)

2006 年 11 月第一次印刷 印张: 7 1/4

印数: 1—5 000 字数: 202 000

定价: 20.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

《中国科学院研究生院演讲录》

编 委 会

主	编 / 邓 勇				
顾	问 / 余翔林				
副 主	编 / 吕晓澎 叶中华				
编	委 / (按姓氏笔画排列)				
	王 岗 牛晓莉 邓 勇 叶中华				
	吕晓澎 苏 刚 杨炳忻 赵 力				
	贾宝余				
秘	书 / 张兆华				

序

21 世纪,世界已步入了知识经济时代,科技实力决定着国家综合国力的强弱和国际竞争力的高低,而高层次专门人才的数量和质量则是衡量科技实力的决定性因素之一。面对新世纪的严峻挑战,提高研究生教育质量,培养更多高素质的专门人才是建设国家创新体系、实施“科教兴国”战略,增强我国综合国力和国际竞争力的重要途径。

在过去的 50 多年里,中国科学院为国家培养和造就了大批高级科技人才。在新的世纪,中国科学院提出了“面向国家战略需求,面向世界科学前沿,加强原始科学创新,加强关键技术创新与集成,攀登世界科技高峰,为我国经济建设、国家安全和可持续发展不断做出基础性、战略性、前瞻性的重大创新贡献”的新的办院方针。在此方针指引下,中国科学院整合全院的教育资源、科技资源和智力资源,组建全新的中国科学院研究生院,对研究生教育体制进行了重大改革。

研究生作为中国科学院从事科学研究的一支重要的生力军和后备军,将成为中国科学院科技创新队伍的四大方面军之一,在人数上将占到整个队伍的一半以上。在新的历史时期,研究生教育是中国科学院可持续发展的生命线。中国科学院研究生院承担着为中国科学院知识创新工程提供人才保障和为国家现代化建设培养造就高科技人才的重任。



为了培养出更多既具有宽厚扎实的基础知识，又具有敏锐的科学探索精神和活跃的创新思维的高素质人才，中国科学院研究生院从 1978 年建院伊始，就进行了广泛的探索与尝试，在突出科学教育和创新能力培养的同时，重视全面教育，倡导文理交融、理工结合。聘请一流科学家和知名学者来院授课、讲学就是其中比较重要的举措，这些报告或讲座在研究生中引起了强烈的反响。

余翔林、邓勇等同志将这些报告或讲座汇集起来，编辑了《中国科学院研究生院演讲录》“科学系列”丛书，内容涉及科技、经济、文化、历史、教育、法律等领域的前沿问题。这是一项非常有意义的工作，为广大青年学生和青年科学工作者提供了一系列感受科学家们科学魅力和思想文化魅力的非常有价值的读本，也可作为高等院校加强研究生全面素质教育的参考读物。

余翔林

2002 年 3 月 6 日

前言

近年来，我们曾邀请过国内外众多著名科学家、学者、教授，在中国科学院研究生院及各研究所和有关论坛，为在读研究生和青年科学工作者开设各种讲座，倡导科学教育与人文教育的结合，使学子们不仅感受到献身科学的精神力量，也感悟到健全人格的内在魅力，使得探索真理，追求自由，完善道德，逐步成为学子们共同的理念，以期有朝一日蔚然成风。

讲座中的热烈场面与洋溢的青春活力，平等有趣的提问与对话，常常使先生们为之感动，学生们为之激动，也每每促使我们萌生编辑这套“科学系列”演讲录的愿望。

回想起 2000 年世纪之交的时刻，一位令中国科学家们敬仰的白发老人——张劲夫同志，发出了“请历史记住他们”的深情呼唤，人们才以惊异的目光，第一次知晓了五六十年代，中国科学院的科学家们在极其艰苦的条件下，以顽强的毅力、科学的智慧、感人肺腑的牺牲精神和创造才干，在“两弹一星”的研制中，为共和国建树了不朽的丰功伟绩。这是一曲“生命精神”的赞歌，她曾感染和引领我们一代又一代的青年学子为祖国的科学事业献身。

在新中国建立以来漫长的 52 年中，中国科学院在郭沫若、方毅、卢嘉锡、周光召、路甬祥五位院长的领导下，经历了 20 世纪 50 年代的辉煌、60 年代的迷茫，迎来了 70 年代冰消云散的科学春天、80 年代的



改革开放、90年代的大踏步前进和新世纪科技创新全面发展的灿烂阳光。

这期间，中国科学院不仅为共和国创造了伟大的科学成就，也为国家造就了许多科学巨人和科学大师，培育了千千万万的科学青年，成为国家当之无愧的科学研究和科学教育的神圣殿堂。

50多年来，中国科学院的研究生教育和人才培养一直与国家战略需求及国际科技前沿的重大研究工作相伴而行，并创造了在世界上由国立研究机构独立招收、培养研究生，并授予学位的具有中国特色的学位制度；创造了学位课与研究论文在中国科学院研究生院和各研究所分别进行的两段式培养模式；以及在全面素质教育中突出科学教育和创新能力培养的三项重要经验，从而使中国科学院成为国家高级科技人才培养的重要基地之一，研究生也成为中国科学院科研队伍中一支重要的生力军与后备军，成为中国科学院21世纪可持续发展的生命线和保持队伍常新、科学思想常新的源头活水。

为了使学生在学业上及在道德、品性、体魄、心理和文化修养上得到全面发展，成为对国家、对社会有用的人，我们不仅要让学生继承中国知识分子忧国忧民的传统，还要将它与创造新科学、新文化的激情结合起来，使学生在短暂的学习期间能较广博又有选择地吸取人类创造的优秀文化与文明，在民主自由的学术氛围中，使各种观点、理论相互切磋、撞击，产生出新的思想火花，让学生好似置身于一个清美高洁，又五彩斑斓的学术百花园，濡染芬芳与智慧，激发灵感与理性，留下一生中最美好的记忆。

为此，我们编辑了这套《中国科学院研究生院演讲录》，即“科学系列”演讲集，以期与北京大学等编辑的“思想系列”、“人文系列”演讲集相映成辉，成为学生们心仪的读物。

王国维先生曾说：“无高尚伟大之人格，而有高尚



伟大之文章者，殆未之有也。”推崇“高尚人格”为做人、做学问之基础。

杨振宁先生也曾多次引用古诗“性灵出万象，风骨超常伦”来比喻科学创造中“性灵”与“风骨”的重要，以弘扬中国文化之真传，愿以此语与年轻的朋友们共勉。

《中国科学院研究生院演讲录》编委会

2001年8月30日

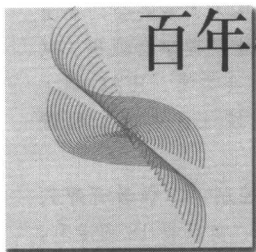
目
录

序

前 言

路甬祥	百年物理学的启示	(1)
成思危	虚拟经济探微	(19)
陈佳洱	我国物理学的发展历程——回顾与展望	(35)
冼鼎昌	百年来物理学和生命科学的一些互动故事	(47)
马大猷	学习爱因斯坦：深入思考，大胆设想	(69)
曾呈奎	寄语 21 世纪的中国海洋科技	(77)
孙 枢	CO ₂ 地下封存的地质学问题及其对减缓气候变化的意义	(87)
秦伯益	文理交融 多元并举	(103)
朱日祥	探索未知是科研的快乐与动力	(117)
肖笃宁	科学研究的艺术	(123)
宋正海	中国传统海洋文化及其现代价值	(151)
余翔林	大学是什么？	(163)
汪寿阳	努力成为一名合格的研究生指导教师	(171)
李伯聪	科学、技术、工程“三元论”	(185)
何传启	文化产业与中国现代化	(201)





百年物理学的启示

» 路甬祥

作者小传

路甬祥 / 流体传动与控制专家。1964年毕业于浙江大学。1981年获德国亚琛大学工程科学博士学位。1990年当选为第三世界科学院院士。曾任浙江大学副校长、校长，中国科协副主席。现任全国人大常委会副委员长、第三世界科学院副院长、国际科学院理事会理事、联合国教科文组织科学与技术伦理委员会委员、IFAC副主席、中国科学院院长、中国科学院院士、中国工程院院士。

在机械工程特别是流体传动与控制、工程教育等领域，做出了重大贡献，曾在中国和欧、美获得18项专利，在国内外发表200多篇重要的科学研究和工程教育论文，出版两部科学著作。

在前人工作的基础上，创造性地提出了“系统流量检测力反馈”、“系统压力直接检测和反馈增新”原理，并将其应用于先导流量和压力控制器件，从而将此技术推进到一个新阶段，使大流量和高压领域内的稳态和动态控制精度获得量级性提高。将这些原理与机-电-液一体插装技术相结合，推广应用于阀控、泵控和液压马达等控制领域，成功地研究开发了一系列新型电液控制器件及工程系统，该技术被认为是20世纪80年代以来电液控制技术领域重大进展之一。这些项目曾获1988、1989年国家发明奖二等奖、三等奖和光华科学基金特等奖，国家教委、机电部一等奖，浙江省科技进步一等奖，并被德国、日本、瑞典等许多国家列入教材与手册。

同志们，同学们，为了庆祝中国科学院学部建立 50 周年，同时也为了纪念世界物理年，我非常高兴地来到中国科学院研究生院，跟大家一起回顾百年物理学的进展，以及对我们的启示。100 年以前，爱因斯坦写下了五篇科学史上著名的论文：第一篇是讨论了光量子以及光电效应的“关于光的产生和转化的一个启发性观点”；第二篇是推导出计算分子扩散速度数学公式的“分子大小的新测定”；第三篇是提供了原子确实存在证明的“关于热的分子运动论所要求的静止液体中悬浮小粒子的运动”；第四篇是提出时空关系新理论的“论动体的电动力学”，正是这篇论文，拉开了近代物理学的序幕；第五篇是“物体的惯性是否决定其内能”，根据狭义相对论提出了质量与能量可互换的思想，这应该是原子能释放的理论基础。我们可以看到，这五篇论文每一篇都具有重大的科学意义，其中因为第一篇，诺贝尔奖委员会授予爱因斯坦诺贝尔奖。其实，第四篇和第五篇更重要，但是由于当时学术界还有争议，所以诺贝尔奖委员会选择了第一篇，实际上第一篇仅仅是把量子论推演到光电效应领域。我要特别指出的是，爱因斯坦写下这五篇论文的时候，还是一个非常年轻的学者，他还没有在大学或者研究机构里得到一个正式的职位，他这些论文实际上都是在巴尔尼专利局任低级的专利审查员期间业余完成的。

以量子论和相对论为基础的近代物理学革命，将科学引入到了一个新的时代，人类认知的触角伸向了广袤的宇宙，伸向了遥远的宇宙起源之初，伸向了人类未曾了解过的微观物质层面，伸向了生命领域以及神经、脑等认知器官的领域。近代物理学革命，在以后的岁月里，还引发了生命科学的革命。这一切都改变了人类的物质观、时空观、生命观和宇宙观。近代物理学革命，催生出了核能、半导体、激光、新材料和超导的技术物理，促进了一批新技术的飞速发展，并且借此而改变了人类现代的生产与生活方式，将人类推进到了一个知识经济的新时代。

爱因斯坦以及近代物理学革命的缔造者们无疑是科学史上，乃至人类历史上一批划时代的伟人。今天我们纪念他们，回顾 100 年来物理学的发展历程，并不仅仅是为了感念和追

思，我以为更重要的应该是从他们的成就和发现的历程中汲取可贵的经验与启示，以便把握科学的未来，推动科技的创新。尤其是我们生活的当代中国、当今时代，更应该从中吸取启示，提升我们的创新自信心，为国家民族自主创新能力的提升做出贡献，为世界科学的发展做出中华民族应该有的新的贡献。

我们现在来看看他们的成就究竟给我们带来一些什么启示呢？

第一，实验和理论之间的矛盾催生了新的科学概念。

当时一些物理现象的发现，已经预示了经典物理学解释的局限性。比如热辐射现象的新的实验观测对当时的经典物理理论提出了置疑，麦克斯韦电磁场理论虽然能够比较好地解释电磁波以及光的传播，但是对于热辐射的发射和吸收无能为力。当时有一位科学家叫基尔霍夫，他提出用黑体作为理想模型来研究热辐射，科学家维恩确认可以将一个带小孔空腔的热辐射性能看作一个理想的黑体。因为如果这个假设存在，那么就可以得到一个比较理想的电荷级的辐射源，这对实验研究是非常有利的。一系列的实验表明，黑体所辐射的能量的密度与温度有关，而与其形状和组成的物质无关。怎样从理论上解释黑体能谱曲线，成了当时热辐射研究的关注焦点，而热辐射研究又引发了一系列物理学新的发现。大家都已经知道，量子理论的起点源于热辐射的研究。这里特别要提到德国的物理学家普朗克，为了解释黑体辐射光谱的能量分布曲线，普朗克在1900年提出了一个与实验结果非常吻合的公式，表明辐射能量也像物质一样具有粒子性，而不是连续性的，这实际上被公认为量子理论的起点。

爱因斯坦在1905年把量子的概念推广到光的传播过程，提出了光量子理论，并且成功地解释了当时已经有的光电效应实验的结果。丹麦的物理学家玻尔，在1913年又把能量子的概念推广到了原子，以原子的能量状态假设为基础，建立了量子论的原子结构模型。当时玻尔坚信，原子是有核的，但是当时已经有的原子模型，不能解释一些实验看到的物理现象，比如最典型的当时做氢的能谱实验，发现有四条谱线，而且是互

相分离的，玻尔受到普朗克量子论的启示，认为有不同能带的轨道，从高能带到低能带跃迁的时候，就可能发出光量子。能带的极差如果不同，当然量子所含的能量、所反映出来的能谱也是不同的。轨道如果是有限的，当然它的能谱是不连续的。从而玻尔成功地把量子概念引入到原子模型当中。但是玻尔建立起来的原子模型满足了粒子性的条件，却又不能够满足波动性的条件，因此德国另外一位物理学家海森堡走了另外一条途径，直接从光谱的频率和强度的经验资料出发，在 1925 年提出了矩阵量子力学。

另外有一位差不多同时，或者说稍晚一些的奥地利物理学家薛定谔，他改进了德布罗意基于波粒二象性的物质波理论，提出了波动量子力学。费恩曼等的研究不仅证明了矩阵和波动两种量子力学的数学的等价性，而且又发展出了第三个等价的方法，即路径积分量子力学。从这里我们也可以看到，量子论的发展不是一个人的贡献，而是一批科学家的共同贡献，对一个物理现象的数学描述，使用的工具与方法，也并不完全都是唯一的，至少在发展的过程当中，它是多样性的，当然大家最后会逐步统一到一个最佳的方法上面来。正是热辐射这一个疑难问题，成为了量子论诞生的逻辑起点，作为能量的量子概念诞生是在 1900 年，是由普朗克最早提出的。它的推广导致描述微观粒子运动的量子力学在 1920 年以后逐步完善，大概 25~26 年后，并且进而与狭义相对论结合，发展出描述微观粒子产生和湮灭奥秘的量子场论。量子场论的发展也经历了经典量子场论、规范量子场论，分别是对称的、不对称的和超对称量子场论这三个发展阶段。量子场论不仅揭开了人们肉眼看不见的微观物质世界的规律，也加深了人类对宇宙演化的理解，更新了人们认识客观世界的方式，并且也带来了一系列重大的技术方面的突破。

因此，从这点可以看到，科学归根结底是实证的知识体系，一旦理论与严密的实验结果出现了不一致，无论这种理论权威性如何，无论这种理论曾经得到多少人、多少年的信奉，作为一名科学家，都有理由去质疑这个理论本身，并且努力去完善它，或者创造新的理论去替代它。科学探索的最终结果是

对发现的自然现象做出精确的理论解释，而做出理论解释，不仅需要严谨的科学态度，理性的质疑精神，更需要深邃的思考和缜密的分析能力，以及理论思维的能力。我们前面看到的这些科学家，他们不光注重实验，而且注重理性的思维，注重运用数学的工具来进行科学的概括。

第二，重大的科学突破往往始于凝练出的重要的科学问题。

提出问题，可能比解决问题更重要。问题提出了，即便提出问题的人在有生之年没有能解决，其他的科学家或者我们的子孙后代，总有一天会解决这个问题。所以凝练科学目标、凝练科学问题，在当代显得更加重要。

如果你提不出科学问题，你就没有明确的工作目标。爱因斯坦提出的相对论，就是一种崭新的时空观。相对论的关键科学问题，是在于同时的相对性。相对论合理地解释了时空相互之间的联系，时空与物质分布相联系，物质和能量相联系，根本改造了牛顿以来经典的物理学知识体系，不仅与量子力学一起构成了 20 世纪物理学发展的基础，而且把人类对于自然的认识提升到了一个全新的水平，深刻地影响了人们以后的思维方式以及世界观。

相对论的创立，实际上源于对电磁波假设载体——“以太”的一个质疑。美国物理学家迈克耳孙，于 1887 年公布了一个实验报告“地球和光以太的相对运动”。报告表明，在牛顿力学领域里普遍成立的相对性原理在麦克斯韦电磁场理论中不成立。荷兰物理学家洛伦兹和法国物理学家彭加勒等都想在保留以太假说的基础上解决这一矛盾，洛伦兹通过引入长度收缩、局部时间和新的变换关系，证明了在一级近似下，地球系统与以太服从相同的规律，而彭加勒提出的相对性原理和洛伦兹提出的变换群则强调相对性原理普遍的有效性。彭加勒和洛伦兹的工作已经不自觉地偏离了经典物理学的框架，并且在向相对论的大门前进，甚至有的人说已经叩响了相对论的大门，但是他们没有勇气再向前突破原来经典理论的框架。因此创立相对论的机会和重任还是留给了爱因斯坦。

爱因斯坦敢于质疑前人提出的但后来被实验证明是有缺陷

的、有矛盾的假说或者是理论，他认为，以太学说是多余的，而且更重要的是他提出了同时的相对性这一关键的科学问题。爱因斯坦在“论动体的电动力学”论文中，通过严密的分析指出，同一地点发生的两个事件同时性是不依赖于观察者的，而异地发生的两个事件的同时性则是依赖于观察者的，只有指明相对哪一个观察者，不同地点的同时性才有意义。同时这种相对性，我们在日常生活当中几乎观察不到，观察者的运动速度只有当接近光速的时候，才能发现它。爱因斯坦借助于同时相对性的概念，通过光速恒定和相对性两条原理，推导出狭义相对论的主要结论。狭义相对论的进一步发展就是广义相对论和统一场论，爱因斯坦以其相对论研究的三部曲向物理学的同行展示了他非凡的科学思维创造力和挑战已有理论体系的勇气。

第三，科学的想像力需要严谨的实验证据支持。

前面讲了，提出科学问题很重要，要勇于挑战已有的科学理论，勇敢地提出质疑，但是这种质疑绝不是胡思乱想，绝不是毫无根据地、狂妄地去挑战已有的真理，而是需要严谨的实验作为依据。

在广义相对论发表的翌年，爱因斯坦发表了“根据广义相对论对宇宙学所做的考察”这篇论文，标志着现代宇宙学的诞生。尽管爱因斯坦的宇宙模型还是沿袭了牛顿的静态宇宙观，但是他所给出的场方程，却允许宇宙动态解的存在。荷兰著名的天文学家德西特在 1917 年，苏联数学家弗里德曼在 1922 年以及比利时的天文学家勒梅特在 1927 年先后提出了膨胀宇宙论。美国的天文学家哈勃所提出的红移定律，有力地支持了宇宙膨胀理论。俄裔美国物理学家伽莫夫于 1946 年在膨胀理论的基础上，引入核物理的知识，提出了宇宙大爆炸理论，认为宇宙是温度和密度接近无穷大的原始火球爆炸而产生的。他的学生阿尔法等，于 1948 年进一步推算出了宇宙大爆炸应该发生在 150 亿~200 亿年以前，并且预言大爆炸所形成的余烬在今天应该表现为 5 开左右的宇宙背景辐射。1964 年，美国两位电信工程师彭齐亚和威尔逊在研究卫星的电波通信时制作了一个非常灵敏的接收机，接收到了来自宇宙各方向强度都不变的背景微波辐射，这种微波辐射恰好相当于 3.5 开左右的遥远