

# 上海市级教学成果奖

## 科研引领创新人才培养，构建物理实验教学新体系 成果报告

完成人：张新夷、乐永康、苏卫锋、俞 熹、冀 敏  
吕景林、童培雄、马世红、高 渊、陈元杰

成果完成单位：复 旦 大 学

# 科研引领创新人才培养 构建物理实验教学新体系

复旦大学物理教学实验中心

**摘要** 复旦大学的物理实验教学在长期凝练的良好基础上，发展了“一个‘宗旨’、两个‘结合’、三个‘要求’和四新‘发展’”的系统教学理念，并创建“三位一体”的教学模式，强调实验教学须首先夯实基础、模拟科研的实践训练和启发式实验指导。科研引领，以国家级示范中心和精品实验课程建设为抓手，构建由 14 门课程组成，具有“两纵一横”结构的物理实验课程新体系。创新的教学点燃了学生参与各类科研训练项目的热情，催生出一批有重大影响的论文和实验设备。教学研讨会、开放性网站、实验讨论课、新建实验、教师考核等一系列首创的改革措施受到同行们热切关注，在全国高校引起强烈共鸣，为“人才质量工程”做出重要贡献。

复旦大学物理教学实验中心（以下简称中心）在长期的教学实践中凝练出先进的教学理念，而创建实验教学新体系的实践，又进一步推动了教学理念的推陈出新。大胆改革，以科研引领构建实验教学新体系，在课程体系、教学模式、人才培养规格、教师队伍建设等方面提出了一整套解决方案，在高等学校“人才质量工程”中，向前迈进了一大步。

## 一、教学理念创新

### 1. 科学研究与实验教学相结合，加强规范、科学的基本训练与鼓励创新相结合

中心始终坚持实验教学内容必须与时俱进地紧贴科研，创新要建立在扎实的基础上。多年来始终坚持“厚基础”的教育理念，从基本原理、基本方法、基本技能等“三基”方面进行全面训练。获得实验结果不应该是实验课的终极目标，要在实验的全过程训练学生的学习能力、动手能力、团队协作能力、分析能力、文字和口头表达能力，让学生得到综合素质的全面提升才是最重要的。

### 2. 动手实验与动脑思考相结合，严格要求与创新技术相结合

我们采取的很多措施是为了让学生在实验时多动脑。如何以创新的教学方法去启发学生，离不开科学的环境与先进技术的支撑。组建了多个高水平实验室；大胆创建了基于维基系统的新网站；中心高度重视实验教学环境的建设，精心建设走廊文化，为学生营造一个科学的、富于想象的实验环境。

## 二、构建科研引领、纵横并进的物理实验教学新体系

中心提出一个“宗旨”（以培养创新人才为宗旨）、两个“结合”（厚重基础与注重创新相结合，规范管理与创新教学相结合）、三个“要求”（手脑并用、正确对待“失败”、有所创新）、四新“发展”（与时俱进地建设物理学发展前沿相关的“新技术、新现象、新材料、新应用”类实验）的教学理念，进行了一系列教学实践的创新探索，构建了“两纵一横”结构特点的“物理实验教学新体系”，即物理相关专业实验课程与非物理相关专业实验课程两条纵线，以及“文科物理实验”、“医学物理实验”和“物理演示实验拓展”等课程组成的横线，内容更深、涵盖面更宽，更贴近物理学的发展前沿，形成了具有复旦大学自身特色的完整的物理实验课程新体系（见下表）。

年级	课程名称	周学时	课程性质	授课对象	学生数
一年级 (上)	基础物理实验★	3	必修课	医学院、数学科学院、药学院、核科学与技术系	1000
一年级 (下)	基础物理实验★	3	必修课	自然科学试验班、信息科学与工程学院、软件学院、计算机科学技术学院	1000
	Fundamental Physics Laboratory	3	必修课	医学院留学生	24
二年级 (上)	物理实验(上)★	3	必修课	物理学系、光科学与技术系、核科学与技术系	160
二年级 (下)	物理实验(下)★	3	必修课	物理学系、光科学与技术系、核科学与技术系	160
三年级 (上)	设计性研究性物理实验◆★	3	选修课	物理学系	25
	近代物理实验 A★	4	必修课	材料系、光科学与技术系、核科学与技术系	100
三年级 (下)	近代物理实验 I★	4	必修课	物理学系	100
四年级 (上)	近代物理实验 II★	4	选修课	物理学系	16
全年级	文科物理实验★	2	选修课	文科	24
	自学物理实验★	2	选修课	理科、工科	24
	自学物理实验 A★	3	选修课	物理学系	24
	物理演示实验拓展	2	选修课	物理学系	24
	医学物理实验◆	2	选修课	医学院	48
	实用医学物理实验◆	2	选修课	理科、工科、医学院	48

★国家级精品课程组成课程

◆上海市精品课程组成课程

## 1. 教学内容设置上的整体性与层次性

课程体系中既有系统的物理专业实验，又有医学物理实验、文科物理实验等满足全校理、工、医、文等各科学生需求的特色物理实验。清华大学朱鹤年教授称赞中心的“实验课程的设置在经过多年的调整后，形成了具有复旦大学自身特色的完整的‘大学物理实验’课程体系，而且实验教学的深度比较深，能够让学生得到全面的培养，体现了我国一流大学的水平”。

### 1.1 物理专业实验的分层次教学体系

针对物理相关专业学生，中心从科学研究的全过程出发，打造了“基础型—综合型—研究型”渐次推进、相互衔接的课程体系。面向低年级的基础型实验，以物理学经典实验为基础，注重强化基本实验技能的训练；面向中间年级的综合型实验，注重实验全过程的训练；面向高年级的研究型实验，通过模拟科研的训练，强化对学生科研能力的培养，“近代物理实验 II”的建成，给物理相关专业高年级学生提供了更多接触物理学前沿的模拟科研的实践训练机会。

### 1.2 医学物理实验的“三模块”体系

“医学物理实验”课摒弃将医学物理实验狭隘地定位为“医学生做的实验”的偏见，强调物理学与医学间的交叉，创新性地构建了三个模块（生理物理量及测量、医学成像物理原理及实验、医用材料物理参数及测量）的课程体系，为医学生掌握现代医学诊断、治疗技术的物理原理和实验技能搭建了学习平台。

## 2. 科研引领实验教学

物理系强大的科研师资力量为构建科研引领的实验教学体系，创造了得天独厚的条件。一系列新举措不断萌生：新实验建设、教授执教实验课常态化、系学术年会专设教学类报告、实验教学的校庆专场报告会、合作组建高水平实验室，着力建设“四新”实验等。

### 2.1 科研教师执教实验带来新风

每学期都邀请 2-3 位“长江学者”、“杰青”等活跃在科研一线的教授执教实验课。科研教师在将科研的思维和科学研究方法带入实验教学的同时，实现了科研教师与实验教师间的良性互动，使学生尽早地接受了严格的科研式的实验训练。

### 2.2 联合建设高水平实验室

依托物理系强大的科研优势，同时加强与国家同步辐射实验室、上海光源以及物理仪器厂家的联系，共同开发建设高水平的物理教学实验室。目前，

已与张新夷、周鲁卫、侯晓远、金晓峰、陆昉、周磊、刘晓晗、黄吉平、吴义政、肖艳红，以及美国 TeachSpin 公司、上海纽迈公司等合作建设了二十几个高水平实验室。

### **3. 教学方法上的讨论式、启发式、互动式创新**

#### **3.1 率先增设集中式实验讨论课与自由讨论式组会**

为加强“学生用脑做实验，老师用心教实验”的理念，开设了集中式实验教学讨论课，在学期中的一周集中安排一次 3 学时的“讨论课”，使得学生在做过几个实验之后有机会思考。从一开始不会讨论，30 分钟就下课到 3 小时还不够，已坚持 4 学期，深受学生欢迎。组会则对高年级学生开设，熏陶学生多思考、会讨论、善质疑的科学素养，已进行 8 学期，每周一次，每次约 10-20 人。组会讨论注重对实验内容和仪器原理的理解，强调发散性思维，也分享写实验记录、实验报告的心得。

#### **3.2 教练式指导、启发式教学**

鼓励学生自主选题、设计方案、查阅资料，对“尖子学生”更是给予一对一的特别指导，帮助优秀学生更快脱颖而出，走近科研。教师进行教练式指导，同时强化学生表达能力和团队协作的训练。在评分体系中，实行“失败不扣分”和“创新给高分”。

通过多次教学研讨会，讨论学生应该在每个阶段掌握到何种程度，设计出各年级物理实验课程的“绪论课”讲授内容，由骨干教师试讲，教授随堂听讲、点评，学生反馈，教师间互相批改实验报告等形式，提升教学效果。

#### **3.3 重视师资水平的整体提升**

每周教学研讨会已开展 12 个学期。提倡教师时时处处学习，在建设新实验的实践中学，在带教实验中学，向老教师“一对一”地学，在参与各类科研项目与教学研究课题中学习，走出国门访问国际一流大学。

### **三、教学成果：创新人才频出、教学成果丰硕**

#### **1. 培养了一批物理基础好、动手能力强的创新型人才**

追踪诸多已功成名就的系友，他们都感恩于昔日在复旦大学所受的严格的实验训练，其中包括 Lorentz 大奖获得者，1979 级系友沈志勋；长江学者，973 首席科学家，胡刚复物理奖获得者，1979 级系友金晓峰等。1954 级系友，胡思得院士在 2012 年 6 月 2 日复旦大学物理学系系庆报告会上曾说：“复旦的物理系有两个很重要的特点，一个就是非常重视基础课……第二个特点我觉得是非常重视实验”。这样的传统一直保持到今天，且被不断发展和创新，

催生出一批批创新型人才，近百篇论文与几十台仪器，很多在全国性大会或仪器评比中获奖。作为例子，仅列举几项：

2005 级唐爽在本科期间先后发表 3 篇实验教学论文，2009 年毕业后去 MIT 读博，他发现铋锑薄膜有像石墨烯一样的性质，因应用前景重大，被 MIT 网站作为 2012 年 4 月 23 日的头条新闻报道。

2006 级查扬于 2009 年自制设备、搭建装置，重复出本系周磊课题组当年发表在 *Physical Review Letters* 关于超结构材料特性的微波实验。

2006 级沈元发明了利用核磁共振成像的办法测定“液-固-液”界面接触角的方法，解决了光学方法无法测量的困难。研究结果发表后，江雷院士迅速将此方法用到他的研究工作中。

2006 级罗页完成的蔡氏非线性电路研究，提出了一种非线性参数测量的新方法，夺得 2010 年全国高校教学论文评比一等奖。

2007 级李力自主完成的超高真空腔体设计已加工完成，并投入到本系金晓峰教授的实验室中使用。

由 2006 级到 2009 级多名学生参与设计、搭建设备并完成的“同步辐射光源用高频腔性能测试”实验，在全国是第一个，国际上也未见。

2010 级本科生艾平、储冬玮、张辰等的研究项目“以苹果 iOS 系统为平台的听力健康测试软件”由美国苹果公司授权，下载次数超千次，在 2013 年全国挑战杯竞赛中获三等奖。

2013 年全国高校物理演示实验教学研讨会上，我们在 17 项一等奖中占有 3 席。在这些获奖项目中多名学生表现出极强的创新能力。

**2. 课程建设、实验建设、仪器研制、教学研究、网站建设等方面屡获殊荣**  
一年一个台阶，以下 5 门实验课程获批国家级及上海市精品课程。

精品课程名称	上海市	国家级
设计性研究性物理实验	2006	
大学物理实验		2008
文科物理（理论与实验）	2009	2009
近代物理实验	2010	2010
医学物理与实验	2012	

新建实验课 5 门：近代物理实验 II、医学物理实验、实用医学物理实验、物理演示实验拓展、Fundamental Physics Laboratory。

建设新实验 168 个，研制教学仪器 40 几台，承担 15 项教学研究项目，发表教学论文近百篇。

实验中心网站拥有 10000 多名注册用户，3000 多个页面，拥有 10000 多个文件，页面更新~5-10 个/天，点击量~3 万次/天。在《物理》发表文章后，不少兄弟学校专程前来取经。

#### 四、推广与应用

##### 1. 在国内外学术交流中传播先进理念

2006 年以来，每年接待 10 多个兄弟院校来参观交流，积极参加并承办全国性物理实验教学会议。做邀请报告 40 余人次，反响强烈，一致好评。2008 年，承办第五届全国高校物理实验教学研讨会；2012 年，发起并承办近代物理实验教学研讨会，并走向国门，参加美国的近代物理实验教学研讨会和美国物理教师协会（AAPT）夏季年会，作了口头报告和张贴海报；2013 年，又应邀在 AAPT 冬季年会上做邀请报告。

##### 2. 教材的广泛传播和深远影响

复旦大学共出版实验教材 15 种，其中 2006 年以后出版的 3 种。清华大学朱鹤年教授评价贾玉润等编写的《大学物理实验》（1987 年）为：“在中国期刊网上的物理实验论文中，累计被引用次数列非统编教材的第二名（第一、三名为北京大学、清华大学），这些间接说明该课程在国内高水平、前列地位和强辐射作用”。沈元华主编的《设计性研究性物理实验》（2004 年）在全国开启了设计性、研究性开放实验的实施；戴乐山、戴道宣主编的《近代物理实验》（第二版）（2006 年）是模拟科研开展物理实验教学的典范；马世红等编写的《文科物理实验》（2008 年）是复旦大学首创定性半定量物理实验的写照。冀敏等编写的《医学物理实验》（2009 年）以全新的观点阐述了医学物理实验。

##### 3. 成果被广为推广和借鉴

同行专家充分肯定中心在教学理念创新、教学方法创新、课程体系建设等方面做出的贡献。中山、北大、清华、武大等几十所大学专程前来考察教学研讨会、网站、课程体系、新实验建设、讨论课和教师考核等。我们在国际上的影响也在不断扩大，乐永康高级讲师于 2013 年当选 AAPT 仪器专业委员会委员。同济大学顾牡教授指出：“厚重的基础不只是时间，更在于他们始终坚持先进的实验教学理念，不断改革、创新，很多做法在国内是首创的，……值得其他高校学习和借鉴”。北京大学吴思诚教授评价中心“起到了积极的示范作用，辐射到了全国各地的兄弟学校”。中科大霍剑青教授认为中心“在激发学生自主学习的实验教学方法和手段方面走在了全国高校前列，起到了广泛的示范、辐射作用”。