

# 基础科学拔尖人才培养模式的探索

## ——清华大学基础科学班简介

尚仁成 阮东 熊家炯

(清华大学物理系 北京 100084)

清华大学基础科学班从 1998 年开始招收第一届学生到 2005 年共招收 8 届学生. 通过几年的探索和不断地总结, 我们摸索到一些在基础科学领域特别是在物理和数学领域行之有效的培养优秀人才的实践经验.

### 1 基础科学班建立的背景

1997 年年底, 清华大学校领导接受了理学院的四位教授的提议, 决定开办“基础科学班”(以下简称基科班), 以它作为学校的一个教学“试验田”, 探索拔尖人材培养的新模式.

当时开办基科班的一个重要背景是: 在前校长王大中和诺贝尔奖获得者杨振宁的倡导下 1997 年 6 月“清华大学高等研究中心”正式成立, 其目的是加强清华大学的基础科学研究. 另外, 清华大学生源质量高, 许多学生对学习数学、物理等基础科学有浓厚兴趣和强烈愿望, 这为培养杰出的基础科学人才提供了丰厚的沃土. 在这样的背景下, 我们认为, 有必要也有可能在我校设立特殊的教学计划, 使这些学生在数学、物理学等基础学科上得到深造, 使其成为基础科学方面富有生气的后备力量, 其中的佼佼者将来能成为国际科学技术舞台上的优秀人才.

为使学生有更宽的适应面, 基科班除了为数学、物理学等基础科学培养优秀人才外, 也为与数理学科密切相关的其他学科培养具有良好理科素养的新型人才. 这就形成了基科班培养目标的定位.

基科班提出了“宽口径, 厚基础, 强实践”的九字方针. 这一方针得到了 1999 年和 2004 年两次教育部理科基地检查评估专家组的充分肯定. 1999 年, 在广州召开的中国物理学会教学委员会扩大会议上, 北京大学赵凯华教授在主席报告中充分肯定了清华大学提出的九字方针. 我们认为“厚基础”最重要的是数学和物理基础, 在基科班的培养模式中我们特别强调了同时强化数学和物理基础. 杨振宁

先生也多次谈到数学和物理交叉的领域将会产生新的学科生长点. 林家翘先生专门找基科班负责人谈话, 他提出数学不仅要和物理结合, 而且要和 Science 结合, 这将会有更广阔的发展前景.

### 2 基础科学班培养过程的特色

为了实现基科班的培养目标, 我们设计了从招生到毕业及推研的一整套培养模式. 这一培养模式具有以下特色.

#### 2.1 选择优秀苗子; “择天下英才而育之”

基科班的生源来自:

(1) 从全国四所重点中学的理科试验班选拔保送生;

(2) 从全国及国际数学和物理等竞赛获奖的中学生中选拔;

(3) 部分学生通过高考直接录取;

(4) 从清华全校各院系当年入学的新生中选拔.

选拔新生的原则是“数学物理基础好, 对基础学科确有兴趣、爱好或有专长”. 我们不仅看考试成绩, 而且要看学生的综合素质, 特别是他们的兴趣爱好. 从 1998 年开始, 对选择进基科班的学生, 我们都要组织专家面试, 对学生进行全面考察.

#### 2.2 同时打好数学和物理学的基础

基科班的培养方案中, 毕业总学分不少于 170 分. 其中课程学习 140 学分, 实践环节 30 学分.

“课程学习”中包括 18 门数学和物理学主干课, 其学分超过了课程总学分要求的 1/2, 数学基础的要求与数学系相近, 物理基础的要求和物理系相近. 这样同时强化数理基础教育之后, 学生无论是向数学还是向物理学方向进一步发展都是可能的, 而且有一定的优势和特色; 对那些想到其他学科深造的学生, 良好的数理基础也会使他们受益匪浅.



图1 2004年秋季学期,杨振宁先生给基科班04级和物理04级学生讲授《普通物理(I)》(左图为上课场景,右图为课后答疑)

### 2.3 “觅天下高士而师之”,从校内外聘请最优秀的教师授课

要强化数学和物理学的基础教育,不仅课程设置要合理,而且要有一批特别优秀的教师。

我们首先在清华全校选择最好的教师,从年近80岁、学术造诣很高的张礼先生,到近年从国外引进的优秀年轻教授,以及获国家精品课程的负责教授都长期给基科班学生上课。杨振宁先生始终关心基科班的成长,他几乎和每一届的学生都要座谈,给他们谈科学发展、谈哲学、谈人生、谈学习方法。2004年杨先生还亲自给物理和基科班的学生讲了一学期的普通物理课(图1)。

1999年以后,我们还先后从兄弟院校聘请了最有特色的优秀教师给基科班授课,如北京大学的赵凯华、曾谨言、俞允强、吴崇试、陈滨、陈惟桓等,南京大学的卢德馨,中国科技大学的张永德,北京师范大学的裴寿镛、梁灿斌、赵铮等,北京理工大学的梅凤翔和MIT(麻省理工学院)的黄克孙等。

这些优秀教师受到了学生的极大欢迎。有不少学生在本科毕业时留言,如基科98级的曾蓓说:“得到这么多名师的指点和关怀也许是基科98人最大的幸运,因为这绝不仅仅只是知识上的巨大收益,更多的,是一种对事业的热爱和为科学献身的精神带给我们的震撼与思索。”

另一方面由于这些学生特别优秀,也深受教师们的喜欢,教学相长,看弟子成才,是优秀教师的最大乐趣。在这里引用给基科班讲授过电动力学和量子力学的北京师范大学裴寿镛教授的一段话也许是

最好的说明:

“如何把电动力学课教好,是我天天都在思考的问题。在(给清华基科班)教学过程中,最令我振奋的是,经常有同学向我提出非常有兴趣的问题来讨论,这些问题涉及电磁场理论、量子力学、相对论、天体物理、凝聚态物理等等方面,穷尽我的全部所知,也难以回答这些问题的百分之一。一些同学所提出的一些问题和他们的见解给我印象非常深刻,一方面为一代新人的聪明、好学和优秀备受鼓舞,另一方面,痛切感到我必须在科研、教学两方面加倍努力,提高水平,才能应对所担负的任务。教,然后知不足。这是我的深切体会。”

### 2.4 让学生较早参加科研训练,在科研实践中学习

基科班的培养方案头四个学期比较系统地奠定数学和物理学基础,在第五、六和七学期特别开设了“专题研究(Seminar)”课(必修,共9学分)。Seminar的目的是培养学生在教师指导下的自学研究,综合与联想能力,培养学生的探索与创新精神,密切教师与学生的联系,并有利于学生向不同方向分流和因材施教。连续三个学期,让学生到校外他们感兴趣的科研课题组中去,在教师指导下和那里的研究生一起参加科研实践。根据导师的建议,一边实践一边学习。许多同学在这个过程中体会到了一种全新的学习方法,收获良多。

我们在校内外聘请Seminar导师,由导师提出课题,向学生公布。学生根据自己的兴趣和爱好,报名选择题目和导师。在Seminar进展中开展多种形

式的交流活动,其中包括第三年暑期小学期的全班性交流。

根据无记名问卷调查,学生对 Seminar 课程要求和实施反映很好,普遍认为能够通过 Seminar 尽早接触科研,接触科学家,了解科学研究的全过程,学会如何在科学研究中学习新的知识。学生们对参加 Seminar 可以根据自身情况调整方向以利确定自己今后的发展方向的灵活机制也很满意。

通过 Seminar,基科班学生在科研能力方面展现出了良好素质。例如,据不完全统计,分流到物理方向的基科班学生 2001—2004 年在国内外著名学术刊物上发表论文 23 篇,其中最多的一个学生在本科阶段就在 *Physical Review* 等国际一流杂志上发表了四篇文章。

### 2.5 鼓励学科交叉,学生经过多次选择找到适合自己发展的方向

基科班的目标不仅仅是为数学和物理学培养优秀的后备人才,而且也鼓励将数学与物理学和其他学科领域交叉,为这些交叉学科领域培养新型人才。

当今高技术时代,科学主导技术,技术是以科学为基础的技术。把数学和物理基础打到一定程度后,到相关学科去进一步发展是一种有效的学科交叉方式。通过 Seminar 这种方式,使本科生在不同学科之间打开了一个交叉的窗口,也使学生较早地接触到许多学科领域的学科前沿,并逐步找到合适自己发展的方向。在完成三个学期 Seminar 后,基科班学生最后一学期的毕业论文(或毕业设计)也分布在校内外的不同单位、不同学科进行。

基科班的学生在免试推研时,只要他们学习成绩满足一定要求,原则上他们可以根据本人的志向在校内外相关单位选择专业读研。

## 3 办学成果

基科班办学七年来,显见成效。分如下几点,简要介绍一下:

### 3.1 在基础科学领域内已有不少优秀学生脱颖而出

一批学生的数理基础和研究能力得到了校内外的 Seminar 导师、研究生导师的高度评价。他们中一部分学生本科毕业后已成为校内外优秀研究生的来源,正在得到进一步的培养。还有一些学生已进入国外名牌大学,展现出出色的才能。下面简单介绍其中

几位学生的情况:

(1)翟荟和祁晓亮分别是基科班 98 级和 99 级的学生,也是高等研究中心近两年获得杨振宁奖学金的研究生。高等研究中心聂华桐主任曾经这样赞赏他们:“如首届的翟荟和二届的祁晓亮,都是对物理充满了热诚和爱好的同学,物理直感好,数学演绎力强,十分难得。从国外来访问的多位学者对他们二位都是赞不绝口。拿他们和 60 年代我自己在哈佛大学作研究生时前后两三届的同学来比,翟、祁二位确似有过之而无不及。到世界上什么地方去比也不会比别人差,从他们两人身上我增强了办好高等研究中心的信心。”2002 年 9 月翟荟本科毕业,成为杨振宁先生在国内亲自指导的唯一一名直博生。他主要研究玻色-爱因斯坦凝聚,在本科和研究生阶段,共发表了 15 篇 SCI 论文(包括 PRL 1 篇, PRA 5 篇, PRB 2 篇, J Phys B 2 篇),本科毕业后只用了两年半时间就提前获得了博士学位。祁晓亮是 2005 年度入选参加第 55 届林岛诺贝尔奖获得者大会的 25 名中国博士生之一。

(2)曾蓓是基科班 98 级学生,因国际象棋下得好,作为体育特长生招收到清华来的。在二年级学量子力学课时,她课程小论文写得很好,北京大学曾谨言老师认为她的小论文已达到硕士论文水平(这篇小论文经修改后已在 JMP 上发表),同意她不必参加期末考试而直接给她 100 分。三年级进入 Seminar 阶段,她选择了清华大学龙桂鲁教授、北京大学曾谨言教授、中科院理论物理研究所孙昌璞教授为其导师。她在科学研究上的探索精神和能力得到了导师们的高度评价,本科期间与导师合作完成了 5 篇论文,其中在 PRA 上发表 3 篇论文,在 JMP 上发表 1 篇论文。她是一个全面发展的优秀学生,2001 年获得“清华十杰”称号,获清华大学特等奖学金。2004 年 9 月曾蓓从物理系硕士毕业,目前在麻省理工学院(MIT)进一步深造。

(3)在清华天体物理中心学习的 40 名左右研究生和高年级本科生中,胡剑(基科 98)、林锦荣(基科 98)、郑琛/唐素敏(基科 99)被称为学生中的三剑客,他们发表论文多,每人都在国际上影响很大的 APJ Letter 上发表了 1—2 篇论文。胡剑在天文学的多方面都作出了出色的工作,最近获德国和瑞士政府联合授予的爱因斯坦奖。林锦荣和唐素敏的研究工作被著名的 *New Scientist* 和 *Sky&Telescopes* 杂志作了专题报道。林锦荣、郑琛已分别到 MIT 和 Stanford 大学去读博士学位,唐素敏即将去哈佛读博士

学位. 近年几次国际会议上, 这些学生都十分活跃, 如 2002 年在西安召开的环太平洋区域恒星物理会议上, 胡剑、林锦荣和郑琛都在会上作了大会报告, 与会外国代表说, 他们印象最深的是参加会议的清华本科生“非常活跃( so active )”. 2004 年在清华召开的第五届国际微类星体会上, 兄弟院校的教授说“我们十分羡慕你们有这么大一批如此优秀的学生”.

(4) 许岑柯是基科班 99 级学生, 从大三开始的 Seminar 阶段, 选择了理论物理方向. 他不仅数理主干课的成绩优秀, 而且在导师指导下, 修完了研究生理论物理专业的基础课程, 打下了坚实的数理基础. 2003 年本科毕业去 U. C. Berkley 继续深造, 他第一学期就参加了资格考试, 成绩为全系第一名, 而且几个月后就与导师合作以第一作者在 PRL 上发表一篇论文.

### 3.2 在学科交叉领域中也出现了一些很有特色的优秀学生

这里介绍其中的几位:

(1) 基科班 98 级的周含露同学在汽车系做专题研究, 由于有较扎实的物理和数学基础, 他怀疑过去已有结论的汽车助力系统设计方案, 通过数学建模计算和认真的实验证明了其怀疑的正确性, 得到了导师和同学的高度评价. 导师决定让他负责该系统的设计工作. 后来又把他送到德国加入中德联合培养研究生的计划.

(2) 基科班 99 级的赵福同学通过在经管学院的 Seminar 训练后, 参加了世界最大的投资银行之一摩根斯坦利( Morgan - Stanley )2003 年在亚洲地区招聘竞争. 亚洲地区具有资格的应聘者超过 300 人, 只招聘一人. 经过十分严格的层层挑选, 筛选出 5 名候选人, 该银行亚洲总部的 5 位高层领导再单独对每一位候选人进行长时间的面试. 尽管其他 4 位都是清华、北大经管专业的优秀研究生, 该公司最终聘用赵福. 他们对赵福的评价是: 既有数学物理方面的基础, 又有经济金融方面的学习和研究训练, 思维方式有其独特性.

(3) 基科班 99 级的万征与其队友组成“星空”

团队所完成的“星空排序( SheenkSort )”在 2003 年 4 月结束的 PennySort 世界排序比赛中荣获该项比赛专用组冠军.

(5) 基科班 02 级的张家琳同学在计算机系作 Seminar. 一学期后, 她与队友参加了第 28 届 ACM 国际大学生程序设计竞赛. 经过拼搏, 她们进入了最后的总决赛, 她们是 ACM 历史上第一次自然出线的全女子队, 成了这届竞赛最引人瞩目的焦点之一. 2005 年推荐免试研究生时, 图灵奖获得者姚期智亲自面试挑选自己的研究生, 经过严格的挑选, 张家琳同学被选作他的博士生.

### 3.3 基科班的培养模式及培养的学生的质量得到了国内外的好评

每年物理和数学全国奥林匹克竞赛期间, 很多考生、学生家长及带队教师都将学生能进清华大学基础科学班作为首选目标.

清华基科班也引起了国内外舆论界的广泛关注. 《中国日报》、《中国青年报》等十余家内地报纸, 中国台湾的《中国时报》、韩国的《经济新闻》以及北京电视台、中央电视台教育频道、韩国汉城电视台、韩国 Q 频道电视台先后对基科班进行了专访, 并做了专题报道. 韩国高等科技大学( KAIST )物理系系主任还表示要送学生到清华基科班来学习.

在出国深造上, 清华物理系/基科班学生已越来越受到国外名校的青睐. 以 2005 届毕业生为例, 美国一流名校发往清华大学物理系/基科班的全奖名额计有: 哈佛大学( 2 人)、麻省理工( 2 人)、斯坦福大学( 6 人)、加州伯克利大学( 5 人)、普林斯顿大学( 2 人)、加州理工( 1 人)等. 但是这并不意味着清华物理系/基科班最好的学生们都出国了, 还有很多优秀的学生因为清华日渐强大的师资而留在校内深造. 如本科论文在 Physical Review Letters 上发表的张剑( 与翟荟合作, 张是第一作者)、荣获叶企孙奖的王靖等多人.

从以上几方面可以看出, 清华大学基础科学班在培养拔尖人才方面已看出一些初步成功的迹象. 但“十年树木, 百年树人”, 要达到我们预期的目标还有很长的路要走.

## 更正

本刊 2006 年 35 卷第 4 期第 263 页, 右栏第 12 行“J. J. Thomson 分析了当时物理学发展的概况……”应为“W. Thomson( 即开尔文勋爵 )分析了当时物理学发展的概况……”特此更正.

《物理》编辑部