

我对本科教学的一些思考

朱邦芬

我自2000年1月调入清华大学以来每年都给本科生授课。我想谈一谈自己对本科教学的一点体会和感想,与大家分享。很多老师教学经验比我丰富,而且讲得比我好,我只是抛砖引玉。

一、清华大学学生的特点和清华大学老师的历史责任

对于清华大学学生的特点,每位清华老师可能有不同的感受。我的感受也许和大家一样:第一个特点是清华学生都很聪明,清华学生的智商绝对没有问题。

第二个特点是,清华学生好胜心比较强,经常喜欢跟同学比高低。“比”有好处也有坏处,好处在于不甘落后。他们刚进校的时候自信心特别强,恨不得一学期选30个学分甚至更高一点。但第一学期期中考试一出成绩,看到不如班里别的同学,心里就很泄气。这种现象相当普遍。有的学生就问我:“老师,你看我学物理还有没有希望?”我说当然有希望,千万不要被“别输在起跑线上”忽悠。学生从信心满满到信心低落,心理承受力不够强。

第三个特点和现在的中学应试教育有关。清华学生身经百战,“刷题”能力特别强。我所教的“固体物理”课程考试时,我发现多数学生都是一拿到考卷就开始奋笔疾书,做题又快又好,这方面我远远不如他们。如果某位学生发呆,好久不动笔,那就表明他考试有问题了。但是,假如考一些思考题和概念题,情况就不

一样了。在我的课上,成绩非常好的学生也很少有答对全部概念题的,尽管他们计算题和推导题可以拿满分。这反映了学生做题很熟练、计算能力极强,但是抠概念、深入想问题还有欠缺。还有一些学生喜欢刷简历。为了准备毕业后出国或找工作,他们的简历包装得非常漂亮,几乎一项都不少,包括在不同领域开展的研究,但很多都是点到为止,不够深入。这些固然与我们的评价体系有关,但清华学生应该超脱一些,追求学问应胜过学分绩。

此外,清华学生还有一个特点,说得好听是“团队意识”,说得不好听就是“羊群效应”——前面有个领头羊,其他同学在后面跟着走,个性张扬的学生比较少。我在做物理系主任的时候就提出:低年级的班干部一定要选好。领头羊选好了,其他同学跟着走,成长就快些。当然,这样一来个性张扬的学生相对少一些,而且在同学中间不容易得到承认。这里有度的把握:对于大的工程项目,团队意识很重要;对于一些原创性科学研究,需要有不同于大家的想法的人。

以上四点是我感触比较深的。作为一个教师,“得天下英才而教育之,不亦乐乎”。清华拥有一大批有英才潜质的学生,有机会教这么好的学生,真是清华老师的福气。清华许多人常常自豪地说,每年高考有“半国英才进清华”,但我时常告诫自己另外一句话:“聚天下英才而教育之,不亦忧乎”。国外最优秀学生通常分布在十几所顶尖大学,不像中国这样集中在两所大学。因此,清华教师的历史责任

朱邦芬,中国科学院院士,清华大学物理系教授,校教学委员会副主任,数理大类首席教授,“清华学堂叶企孙物理班”首席教授,清华大学突出贡献奖获得者。

十分重大，常让我和同事们忧心忡忡。如果我们不尽心尽力培育学生，将是对国家和人民不负责任，对历史不负责任。因此，清华教师首先要有“不亦忧乎”的意识。只有认清自己肩负的历史使命，竭尽全力教书育人，才对得起自己的工作岗位，将来才能“得天下英才而教育之，不亦乐乎”。

培养一流的科学人才，是清华大学物理系一以贯之的首要目标和使命。清华大学物理系创始人叶企孙先生在1927年曾经说过：“要学生个个有自动研究的能力。”如果我们的学生个个有自动研究的能力，对很多问题有兴趣去研究，那么学生成才率会很高。叶先生的使命感特别强，他说：“没有自然科学的民族，决不能在现代立脚得住。”他多次强调，教学“要只授学生以基本知识，理论与实验并重，重质不重量”。这是叶先生的教学与育人的理念。正是在这种理念下，清华大学物理系培养出了10位“两弹一星”元勋以及一大批院士和学科领域的开创者。20世纪50年代蒋南翔校长曾指出：“我们能否培养出林家翘这样的科学家？培养不出，我们只好承认领导失败。”这表明了蒋南翔对清华大学培养世界一流杰出人才的历史责任和历史担当。1982年清华大学决定恢复物理系，周光召先生题了四个字：“重振辉煌”。“重振辉煌”是清华大学几代物理人的共同愿景，特别是重振培育一流科学研究人才以及祖国栋梁之材的辉煌。

在这种历史使命感驱使下，1997年杨振宁先生创办的清华大学高等研究中心成立的时候，有四位老师向学校打报告，要求成立清华大学基础科学班。基础科学班的目标，是为物理、数学等基础学科培养“富有创新意识”和“国际竞争能力”的拔尖人才，为对数理基础要求比较高的其他学科培养具有良好理科素养的新型人才。基础科学班（以下简称“基科班”）于1998年成立，并在其后的办学过程中逐步形成了自身的育人特色：一是同时强化数学、物理基础，为学生将来发展提供无限多的可能性。二是开设了专题研讨课，或称为Seminar课，

使学生在研究中学习，在学习中学会科学研究，通过渗透式学习方式，发现自己感兴趣的领域。三是学生有多次选择的自由。在打好数学物理基础之后，学生可以根据自己的兴趣分流转系，找到适合自己的学科领域。另外，我们尽可能找最好的老师给基科班上课。基科班成立20年来，培养了一大批杰出的学生。

为了回答“钱学森之问”，2009年清华大学在基科班基础上成立了清华学堂班（2018年改名为“清华学堂叶企孙物理班”），旨在培养一批基础科学领域的杰出人才。清华学堂物理班继承了基科班的育人特色，比如同时强化数理基础、开设Seminar课程。另外，学堂班有一些新的特点，比如更加重视导师在育人中的作用，从低年级的学业导师组到高年级的Seminar导师，学生在大学本科四年中都有导师指导。清华学堂物理班特别强调要发扬、鼓励、培养学生学习的主动性，以及研究的主动性。我们认为，学生的这种主动性特别重要。有的时候并不在于知识传授多一点还是少一点，但是学生若有这种探索未知的主动性，将来就会很有希望。学生的主动性，一方面来自于兴趣，另一方面也要有使命感。学生并不仅仅是为了自己学习，还要有为我们国家和人民攀登世界科学高峰的雄心。另外，我们特别在意学生好奇心、想象力和批判性思维的培养，重点是鼓励学生提问题，多提问题，提好问题。在清华学堂班探索的10年里，我们特别重视营造一个良好的、广义的“环境”，以利于世界一流杰出人才脱颖而出。以上是清华学堂物理班的育人特点。

现在有一部分清华学生有一个缺点：安于现状，满足于个人的安逸生活。作为教师，我们不希望自己的学生成为精致的利己主义者，而是希望他们有远大志向，充分发挥自己的潜能，同时也希望他们将来有美好的生活。

二、育人理念

下面介绍清华物理系近些年来形成的一些

育人理念。

(1) 物理系老师有一个共识，真正的创新人才不是课堂里教出来的，我们要营造一个良好的“环境”，使得世界一流人才脱颖而出。这是我们清华学堂物理班的一个核心理念。我把一个良好的学校“环境”归结为六个要素：一是优秀学生荟萃；二是有良好的学风和学术氛围；三是良师指导下的个性化教育，以及老师对学生教育的投入；四是学生拥有自主学习知识和创造知识的空间；五是国际化视野；六是学生安心学习研究和教师安心教学科研的软硬件条件。学校的责任、老师的责任就是要营造出这样一个好的环境。这些年，我们主要就是在做这件事情。

(2) 让学生在研究中学习（即 Seminar 专题研讨课）。Seminar 是原先基科班的一种学习模式。基科班许多学生在回忆他们的经历时常常提到，他们最喜欢基科班两个地方：一是自由，可以转换专业，有很大自主性；二是 Seminar 专题研讨课。学生通过 Seminar 研讨课选择某位教师的研究组，在研究组里上 Seminar，边研究边学习。通常从三年级甚至更早一点开始，一直延续到大四第二个学期做毕业论文。

这种在研究中学的模式，有几个好处。第一个好处是学会“渗透式”学习方式。这是杨振宁先生概括出来的。所谓渗透式学习方式，不是系统地一门课一门课去听课、一本书一本书从头读到尾，而是在研究中碰到不懂的问题，通过自己查文献资料，通过向教师、同学请教，通过讨论，把不懂的问题弄懂，然后继续往前走。时间长了，学生由点到线、由线到面，慢慢地掌握一门知识（即使没有上过这门课）。这是一个人一生都需要的学习方式。Seminar 课对学生掌握渗透式学习方式有好处。第二个好处是，学生做科研的时候能体会到做科研的乐趣，也体会到科研到底是怎么回事。第三个好处是，学生可以通过换方向、换老师，发现自己感兴趣的、适合自己的领域。即使找不到也没关系，他至少了解了几个领域。所以，我们不鼓励学生做 Seminar 以发表文章为目的。

(3) 对因材施教理念的新认识。人们对因材施教的传统认识是，学习好的学生应该学得更多一些、更深一点、更早一点。譬如，一般学生在三年级学，优秀学生可以在一二年级学。清华学堂班因材施教理念不是这样的。我们认为，越是优秀的学生越要给予比较多的自主空间，让他们主动去学习、主动去研究。清华大学学生解题和完成指定任务的能力很强，但自己想问题、提出问题的能力有欠缺。现在本科生的课时太多、活动太多，很少有“仰望星空”的时间。因此，越是尖子生越不要给他们加课，让他们有时间自己学，自己主动想一些问题，主动研究一些问题。这是我们对因材施教理念的新认识。

其实，当年物理系叶企孙先生和许多其他先生的教学也是这样的，只传授学生基本知识。叶企孙先生规定的教材是比较浅显的，但是他一般还指定一两本比较难一点的教材。这是给学有余力、学习比较优秀的学生准备的，让他们在课余时间自学比较难的、高深的知识。不仅是物理系，也包括数学系，当时基本上都是这种教授方式。我觉得，学生通过自学掌握知识，虽然效率低一点，但对其思考能力和学习能力的培养十分有益。

100 多年前美国学者杜威提倡：学习是基于有指导的发现，而不是信息的传递。大学教学并不应该仅仅由教师单纯传授信息，而应在教师指导下，学生在某种程度上有机会重新发现前人怎样发现知识的过程。当然，不可能所有知识都这样传授，但至少可以选择若干环节，让学生体会一下前人是怎么提出问题并且解决问题的。

互联网使知识的获取变得越来越容易、越来越广泛，单纯的传授知识的重要性相应下降，而人们的判断能力，以及获取信息的能力、思考能力、提问题的能力变得越来越重要。在这方面，我很赞成李政道先生的“三字经”：要创新，需学问；只学答，非学问。要创新，需学问；问愈透，创更新。这涉及一流创新人才的培养，需要给学生空间，让他们更多地自己思考问题、

获取知识。清华学堂物理班学生自己组织了一个“叶企孙学术沙龙”，自己提出问题，互相讲授，互相讨论。我们要鼓励学生的主动性，甚至要有点“侵略性”，英文叫 aggressive，中文叫“狼性”。我不喜欢“狼性”这个词，还是提倡“个性张扬”。提高学生的主动性，除了兴趣，我们还需要提高他们的使命感。

三、几个关系

(1) 上课讲授到底讲什么？是多讲一点知识、讲难一点（只要求学生掌握基本部分，其他内容只是让学生扩大知识面而不求完全掌握），还是少而精为好？到底是多传授点知识，还是多一点能力培养？多讲点推导解题还是多讲点概念，侧重思辨能力还是推导能力？

我自己是这样考虑的。讲完一门课，至少要给学生留点什么。二三十年后，学生可能不记得你这门课讲的许多知识细节，但对他的为人、做研究的能力至少留点痕迹。忘记一些知识点并不重要，教科书和笔记一翻、上网一搜很快就能找到。然而，一门好的课程还可以对学生的为人、研究能力、思想方法等方面留下痕迹，比如前人是怎么提出问题的？怎么解决问题的？或者说科学史上是怎样走过这段历程的？如果学生还能够有印象，这就达到了这门课的教学目的。

我讲“固体物理”课时，介绍过很多诺贝尔奖获得者，他们当时的许多贡献现在都已转化为教材中的某项内容。讲这部分内容时，我穿插讲一些科学史，介绍一些科学家当时怎么提出问题、怎样发现问题的。我觉得这样讲，学生会比较容易记住，而且对他们会有启示。另外，我特别鼓励学生发现错误，不管是教科书的错误，还是 PPT 的错误，或者我讲课内容的错误。我有 5 分的机动分，就是鼓励学生提问题和找错误的。

黄昆先生曾说过：“学习知识不是越多越好，越深越好，而是应当与自己驾驭知识的能力相匹配。”我经常在课堂上讲解这句话，很多学生对这句话印象深刻。我特别强调实验的重要

性。近代科学有两块基石，一个是逻辑推理，另一个是从 16 世纪伽利略开始，以实验为基础的、理论与实验相互之间的因果关系。科学真理必须要经受实验检验：如果理论假说符合实验就暂时接受；如果不符合就需要提出新的理论假设，这样一种理论与实验的关系，构成了科学的方法和科学的思维。

(2) 怎样实现“三位一体”，知识、能力、价值观相统一？

一门具体的科学课程对学生的能力培养有什么作用？我想，最重要的是独立思考的能力，就是判断能力。现在，学生拥有很多知识，但是缺乏判断能力。有些明显违背科学、不符合常识的说法，我们一些学生对此没有鉴别能力。

推导演绎能力很重要。但是，我一般不在黑板上一步一步推导，一般是讲思路，除非有些比较难的，提示一下。很多推导过程让学生下课后在作业中完成。

思想实验的能力很重要。我讲授的这门课是理论课，课上不做实验，但是至少要让学生知道实验曲线是怎么得到的，意味着什么。如果学生能够设计思想实验，那就最好。

物理直觉很重要。尽管有些物理直觉是不成立的。

对一个现象的种种因素做数量级概念的估计能力非常重要，这关系到在研究一个复杂现象时能否抓住主要矛盾。在很多物理研究过程中，首先忽略次要因素、抓住主要因素的思想方法和能力非常重要。弄清楚以后，再进一步考虑次要因素、再次要因素，等等。

以上这些能力的培养，都是可以通过一门科学课程或多或少地使学生受益的。

在培育价值观方面，我以为，理解科学方法和科学精神、认识实践对于检验真理的重要性、树立实事求是的科学态度、学习老一辈科学家爱国奉献的精神，科研诚信……这些价值观的塑造，在一门科学课程的讲授中是可以也是应该进行的。

(3) 对通识教育和专业教育的关系以及对“通专融合”的思考。

2016年清华大学教学委员会通识教育组经过认真讨论，提出通识教育的目标：一是文理兼备，跨学科的知识结构；二是慎思明辨，批判性的思维能力；三是利己达人，全人格的价值养成。另一方面，上述通识教育最终要达到的目标不可能一蹴而就，需要在大目标指引下小步快走，包括一门一门地建设通识教育精品课，建设几门塑造清华人特质的通识课，等等。

如何理解通识教育的重要性？我个人的理解是，通识教育最重要的是教育学生如何做人，即人格塑造，使其形成正确的价值观。梅贻琦校长讲过：“通识为本，而专识为末。社会所需要者，通才为大，而专家次之，以无通才为基础之专家临民，其结果不为新民，而为扰民。”我们培养的理工科人才如果没有比较正确的价值观，可能你的技术最后结果是扰民，对国家、对人民没有好处。

通识教育并不是简单地学点非本专业的知识。通识教育应该不求面广，而求深度。理工科学生应通过学习几门有深度的文史哲课程，理解和掌握人文社科研究者的基本思考方式和价值观念。文科生应通过几门有深度的科学课程，塑造其基本的科学素养和科学精神。

通识教育怎么和专业教育真正融合？我想，通识为本，并不是说通识课的学时数要远远超过专业课，而是说专业课教学中教师要有通识教育的理念。批判性思维、逻辑推理、表达沟通能力（特别是书面表达能力）、使命感、责任感等，既是专业课程中可以包含的，也与通识教育有密切关系。在专业课教学中可以通过讲授一点科学史，培养学生的科学精神，塑造其科学价值观，还可以进行一些科研诚信教育。

现在，清华学堂物理班有两个大问题还没

有解决。一是在因材施教理念下，越优秀的学生越具有较大的自主空间，如何进一步提高这些优秀学生的主动性？关键是提高他们的学习兴趣和培养他们的使命感。然而，这说起来容易，做起来并不容易。二是学堂班到底怎样做好通识教育？可能有几个途径，如“书院制”，第一年以通识教育为主，当年老清华一年级基本都是通识教育课程。还可以规定必修的几门高质量的通识课程，比如“学术之道”“中文写作”“批判性思维”等。

四、结语

基础科学拔尖创新人才培养是时代赋予我们的使命，重要而且必要。当然，并不限于基础学科，还包含应用学科。拔尖创新人才培养的关键是要营造一个良好的小环境，使优秀人才不断冒出来。现在，社会大环境比较急功近利。学校的小环境建设好了，优秀人才就比较容易脱颖而出。

对于拔尖学生应“放养”，而不是“圈养”。基础研究一流人才的基本特点是好奇心、想象力、批判性思维，培养的关键是鼓励他们提问题，提好问题。要鼓励一部分优秀学生在学术上有远大抱负和志向，主动学习、主动研究。总之，育人任重而道远，我们需要在这条道路上继续努力。

[本文根据朱邦芬院士 2019 年 11 月 14 日在“清华名师教学讲坛”上的报告录音整理，经本人审阅]

[责任编辑：夏鲁惠]