

教学改革

## 学术能力培养体系对物理拔尖学生培养的重要性 ——以南开大学物理“伯苓班”为例

吴强 余华 薄方 刘智波 刘松芬 李川勇

(南开大学 弱光非线性光子学教育部重点实验室 物理科学学院 & 泰达应用物理研究院 天津 300071)

**摘要:**本文以南开大学物理“伯苓班”为例,讨论学术能力培养体系对物理拔尖人才培养的重要性。文中介绍了我们对学术能力培养体系建设的几方面认识:重视学术基础,强调学术精神,不断提高学生的学术兴趣,培养学生的团队精神和合作能力,掌握渗透式学习方法,培养初步的科研能力;以及我们的做法:以相关课程为主干,配合相关的学术活动,形成了针对物理拔尖人才培养的学术能力培养体系。针对实施的效果,我们也对一些相关问题进行了调研和反思。

**关键词:**基础学科拔尖学生培养试验计划; 物拔尖学生; 学术能力培养

中图分类号: G 640 文献标识码: A 文章编号: 1000-0712(2018)04-0047-04

【DOI】10.16854/j.cnki.1000-0712.170472

大学的核心任务是人的培养,是人才的培养。高素质的人群是社会发展的核心。基础学科的拔尖人才培养不仅仅关系到相关学科未来的发展,而且关系到人类社会的发展与进步。2009年,为了尽快推进拔尖创新人才培养改革试点,教育部、中组部、财政部开始实施“基础学科拔尖学生培养试验计划”,该计划同时是列入人才规划纲要和教育规划纲要的改革项目。该项目的目的是在高水平研究型大学的优势基础学科上建设一批国家青年英才培养基地,建立拔尖人才重点培养体制机制,吸引优秀的学生投身基础科学研究,形成拔尖创新人才培养的良好氛围,努力使受计划支持的学生成长为相关基础学科领域的领军人才,并逐步跻身国际一流科学家队伍。南开大学物理“伯苓班”是承接该试验计划的物理拔尖学生培养试验班,从2009年起,每年从全校理科新生中选拔30名左右的同学进入物理伯苓班,单独组班,单独授课,进行教育改革的探索。

物理专业由于其实验和理论紧密结合的前沿性和特殊性,通过单纯的物理课程的教学方式,只能提高学生的知识面,无法培养学生具有真正的科研能力和创新精神。因此国内外很多大学对物理专业人

才的培养,一直在探讨如何在本科阶段引入合适的学术能力培养,使学生能够通过本科阶段的学习和锻炼具备初步的独立科研能力,了解物理相关领域的学术前沿,更好的将所学的物理知识加以运用,具备更高的物理素养<sup>[1,2]</sup>。目前,国内大部分学校是通过本科生提前进入课题组,与研究生一起进行科研工作来实现该目标。因此,本科生的学术能力培养多为学生自己摸索和把握,尚没有系统或成体系的学术能力训练和引导过程。这就需要我们系统地思考、规划、试验、建设相应的物理拔尖学生的学术能力培养体系,并对其过程和效果进行跟踪与评估,完善这个体系。

在多年的教育改革探索和人才培养过程中,我们越发注意到学术能力培养对物理拔尖人才培养的重要性,越发注意到学术能力培养体系的建立对完整的人才培养体系的重要性。

### 1 关于学术能力培养体系的重要性的几个方面考虑

#### 1.1 创新不能丢了基础,为了课本知识的学习,学术能力培养体系必须存在 对于大学本科生的教育,能力培养首先要考虑

收稿日期: 2017-08-09; 修回日期: 2017-10-16

基金项目:国家基础科学人才培养基金(J1103208),基础学科拔尖学生培养试验计划2017年课题,天津市普通高等学校本科教学质量与教学改革研究计划,南开大学教育教学改革项目资助

作者简介:吴强(1976—),男,河北沧州人,南开大学物理学院教授,主要从事超快光子学的研究工作和物理教育研究工作。

通讯作者:李川勇 Email: chuan@nankai.edu.cn

大学物理

<http://dxwl.bnu.edu.cn>

基础知识的学习。大学课程的教授,不应该延续中学的教学思路。在注重知识整体框架的讲授的基础上,还应该把涉及该门课程的学科发展历史讲清楚,使得学生理解学科发展的脉络;还应该能大体介绍该学科目前的科学前沿,使得学生能够清楚该学科大概的发展方向;亦应该介绍相关重要物理思想的争论,使得学生更全面了解知识形成的过程和存在的问题。如此前提下,无疑对老师和同学都要求要具有一定的学术能力和科学素养。

孔子亦曾说“学而不思则罔,思而不学则殆”,课本的学习需要深入的思考,而融入本科学习的学术活动,是推进深入思考的很好的方法。同学们在科研实践中碰到的难题,返回书本中寻找知识的根源和相关解决方案,使得他们对知识的理解更加深入和系统。

## 1.2 渗透式学习也是必备的能力

如杨振宁、朱邦芬二位先生推崇的那样<sup>[3]</sup>,除了大家从小习惯的系统性学习,还需要一种“从点到线到面,在自学和研究中学习,也可以学会一门系统的知识”的能力,也就是杨先生说的“看了一个东西不太懂,但是多看几次之后,就会不知不觉地吸收进去了。这是一种很重要的学习方法,尤其是搞前沿科学的,这是必要的、不可少的学习方法之一”。这种学习方法,对于同学们将来真正走进科研是非常必须的一种学习方法。当他们真正走进前沿的科研,突然会发现很多的基础知识尚不具备,更重要的是这些基础知识,很多是新出现的,尚未在课本中系统讲授,而且还在不断变化发展中。这时候,渗透式学习几乎是无法逃避的。所以,在本科阶段借助于学术能力的培养,熟悉渗透式学习方法是十分必要的。

## 1.3 对学生思维惯性的纠偏

在经过多年的系统培养之后,我们的学生比较相信权威,比较相信正确答案,而质疑的精神、批判性思维培养相对薄弱。而真正的科研,必然需要“独立之精神,自由之思想”。如果还仅仅是停留在中学式的课程学习上,无法完成对学生思维惯性的纠偏。把相关的学术能力体系引入进来,可以弥补中小学教育的缺憾。

## 1.4 培养学生的学习兴趣

在我们现行体制下,大学对大多数中学生是陌生的、神秘的。而进入大学以后,如果他们发现教授们讲授的知识只是高中的延续,便会对学习失去兴趣。我们应该让同学们看到更广阔的天地,看到人类的不断努力。把科研引入他们的学习生活,无疑使他

们能够看到许多未知的领域,激发他们的兴趣和创造的欲望。而且,由于同学们对物理接触的局限性,使得一些对物理感兴趣的同学,大多的兴趣也是模糊的。一个明显的例子,就是如果问大学新生对物理哪方面感兴趣,将来做什么方向的研究,大部分的回答都是理论物理。更细节的情况,他们完全没有概念。而通过参与到科学的研究中,通过跟世界各个领域的科研工作者们交流,他们更能找到自己真正想做的方向,也有了更深刻的兴趣和更加内在的学习动力。

## 1.5 团队精神的培养

随着社会的发展,在科学的研究中团队协作越来越重要。而我们的一贯教育中,团队作业很少,这方面的训练是非常欠缺的。无论是在课程的学习还是在学术能力训练中,在大学的教育应该在这方面进一步加强培养。

## 2 南开大学物理“伯苓班”的学术能力培养体系建设

在我们对学术能力体系认识的基础上,南开物理“伯苓班”以相关课程为主干,配合相关的学术活动,形成了针对物理拔尖人才培养的学术能力培养体系。

### 2.1 核心课程“物理研讨1、2”,“科研能力训练1、2.3”和本科毕业论文

“物理研讨1”针对一年级第一学期的新生,主要着重于讲解基本的学术规范、寻找相关文献资料的方法、准备学术报告的方法,以及锻炼口头学术报告与交流的能力。课堂上教师除了对相关问题讲解外,还请学生自选题目进行报告,并由学生提出问题和讨论,最后老师对报告的准备、讲解、学生提问、讨论交流等进行点评,帮助同学们全面提高。同时也欢迎学生点评。

“物理研讨2”主要是针对一年级第二学期的同学。课程的目的是:把学生们引领到科学的前沿,激发他们的学习兴趣,继续培养他们自学的习惯和主动前行的动力,培养他们发现问题、分析问题和解决问题的能力,并培养他们良好的团队精神。最终将他们引领到科研人才培养的道路上来。在这个课上,同学们和教师针对科学前沿,拟定研讨题目范围。学生们根据自己感兴趣的科研方向,在该范围内选定题目,并组成相关的学习和汇报团队。学生自主查阅资料、相互研讨、在全国范围内邀请相关教师研讨、进行初步的科学实验,并形成总结汇报。在课堂上学生

以团队的形式进行课题汇报.每个团队有3次汇报机会,3次汇报的要求分别为课题入门、发展和有所收获(力求有所创新).通过该课程的学习,学生将对当前科学研究前沿方向的某些领域有着更为系统和深入的认识,学会将基础物理课程的知识运用到解决具体的问题上,了解科学的具体过程,从而实现从书本内容学习到具体科研问题解决的转变.在提供学生今后科研工作所需的知识和技能储备的同时,也提高了学生的学习兴趣和学习能力.同时,利用团队合作的形式,对我国中小学阶段团队协作训练的不足进行补充,培养他们良好的团队精神和合作能力.虽然这门课对同学们有很大的压力,被很多同学笑评为“最坑的课,没有之一”.但是,上完这个课程后,尤其是到了高年级走进实验室后,同学们纷纷表示这个课程是非常必要和精彩的.

“物理研讨1、2”同时还利用了学院建设的多媒体互动TEAL教室<sup>[4,5]</sup>,更加方便同学们的团队合作、展示和随堂实验.

经过“物理研讨1、2”的基础训练后,物理伯苓班的同学们会在大一暑假期间,到学院各个实验室游历,最终选定一位导师做自己的科研导师,进行“科研能力训练1、2、3”的训练.每学期末,允许学生提出更换科研导师的要求,鼓励他们寻找自己的科研兴趣点.并且,科研导师的选择,不局限于物理学科,也不仅仅局限于南开大学.每年都有同学在别的学院或者别的学校的老师指导下,进行科研训练.

“科研能力训练1”的考试形式为中文PPT汇报,“科研能力训练2”考试形式为英文POSTER,“科研能力训练3”的考试形式为英文PPT汇报.“科研能力训练”的考察采取专家两轮评审制.第一轮评审为形式审查,包括预审查与正式审查两次,第一次预审查给予形式不合格的同学整改意见.第二次是在第一次审查的基础上做最终审查.学术汇报时,邀请相关专家对同学们的科研和汇报进行点评和评分.这样的3次汇报,覆盖了学生可能碰到的所有学术汇报形式.并且在相关科研导师的指引下,可以进行较为系统的学术训练.

本科毕业论文是同学们经过3年系统训练后的最终总结,在这里就不多赘述.

## 2.2 与核心课程相衔接的系列课外学术活动

与我们的核心课程相衔接的,还有系列的学术活动,包括学术竞赛<sup>[6]</sup>、本科生科研项目、海外科研实习、境内外短期访学<sup>[7]</sup>、今日物理讲座等活动,以适应本科生知识结构和能力水平.

一年级的学院年度学术竞赛(NKPT)以及其后的中国大学物理学术竞赛(CUPT)、台湾大专物理辩论高峰会(TCPT)和国际物理学家锦标赛(IYPT)在解决实际问题、团队合作及交流表达方面对学生进行训练.该项竞赛旨在提高学生综合运用所学知识分析解决实际物理问题的能力,培养学生的开放性思维能力.参赛学生就实际物理问题的基本知识、理论分析、实验研究、结果讨论等进行讨论辩论性比赛,不仅可以锻炼学生分析问题和解决问题的能力,培养科研素质,还能培养学生的创新意识、团队合作精神和交流表达能力,使学生的知识、能力和素质全面协调发展.

境内外短期访学是让学生到境内外一流大学学习2~3天或1周,体验其教学和科研环境.通过与其他高校师生的交流,找到自身的不足和优势,树立努力方向和自信心,同时学会珍惜已有的优越条件.内容包括听课、实验、学术报告、实验室参观、教授晚餐讨论会、学生座谈会、体育友谊赛等.

二、三年级的本科科研项目包括南开大学本科生创新科研项目——百项工程、天津市大学生创新创业训练计划、国家大学生创新性实验计划等项目.使得同学们在相关导师的指导下,能够针对一个科学/技术问题进行深入研究,从而感受科研的魅力,并接受系统的科研训练.

利用二、三年级暑假以及和暑假连在一起的小学期,物理“伯苓班”的同学可以申请到国际一流的实验室展开3个月左右的科研实习.通过与一流导师的共同工作,使得同学们开阔了眼界.这个眼界不仅是学术的,也有世界文化的.提升了他们的科研品位.同时也使他们更加真切地了解科学前沿,助力他们的职业规划.

“今日物理”系列讲座已经在我院坚持了20多年.其主要特色是完全由学生组织.他们自主邀请国内的名师,办理相关手续,组织相应的讲座.这不仅开阔了他们的眼界,丰富了知识,而且锻炼了他们的综合能力.

## 3 学生的收获和反馈

近期,我们开始对科研能力培养体系对学生培养的效果进行研讨和反思.计划有针对性地收集学生们和相关方面的反馈,作为实施效果和进一步改革的依据.目前,已经初步完成了对“科研能力训练1—3”课程、尤其是相关导师的意见征询工作.我们设计了相应的调研表格,针对该课程对学生的学术

能力培养作用、个人成长作用进行调研，并对申请出国科研实习、申请研究生的作用等功能性进行调研，对导师的指导时间、是否推荐其他同学来此课题组等细节进行调研，并且保留了开放性问题，例如，1) 和导师交流的频率、时长，导师是否督促学生工作，是否主动和学生沟通等情况；2) 课题组的研究生是否可以提供实质性指导；3) 你的收获是什么；4) 对“科研能力训练1—3”的意见和建议等。

该调查问卷为匿名填写，共回收2014级（大三下学期学生）24份、2013级（大四下学期学生）17份、2012级（在国内外不同学校研究生一年级学生）13份。调研结束后，形成了《总结报告》、《导师情况统计表》、《2012级物理伯苓班关于科研训练课程的反馈总结》、《2013级物理伯苓班关于科研训练课程的反馈总结》、《2014级物理伯苓班关于科研训练课程的反馈总结》，和2012、2013、2014级物理伯苓班调研材料。

总体来看，本课程的效果十分明显，对学生的成长起到了重要的作用。而且，明显可以看出，随着同学们走入研究生的生活，同学们对这些课程的认可度越来越高。这表明，在学生们还不理解的时候，逼他们一下还是有必要的。等到他们成长起来，反思这个课程，会有很多的收获。

学生们反应主要的收获有以下几个方面：

- 1) 学习基本的学术规范，这是学术训练的一个重要内容，也是无法通过原来的课程体系学习的。尤其是研一的学生对这一点体会最深刻。
- 2) 开阔学术视野。从一个只会书本学习的学生，向一个科研工作者转变，看到了更广阔的世界。
- 3) 初步的科研能力培养，体会了科研的过程。
- 4) 通过科研重新学习了书本的知识，也学习到了很多只有通过实践学习才能学习到的知识。
- 5) 学会了口头报告、张贴报告等学术报告的形式，提交了交流能力。
- 6) 对发现自己的研究兴趣，寻找自己的研究道路，选择研究生导师有很大的帮助。
- 7) 提高做事的主动性，更加地坚持和投入，耐挫折能力也得到了提高。碰到困难不能轻易放弃，提高了主动学习意识和能力。

大家同时还表示，这个系列课程对大家的学习有很强的督促作用，也与老师们有了非常深刻的交流，并与兄弟院校进行了对比，感觉到了本科生走进实验室的重要性，对自我能够更加深刻地认识，帮助自己全面成长。

同学们还对这个课程提了非常多的建议，篇幅有限，仅摘录较为重要并可行的一些建议。

- 1) 对同学考核的同时，对导师也进行考核。
- 2) 增加考核报告的次数，加大过程考核。
- 3) 英文 poster 的汇报，举办成一个报告会。
- 4) 增加基础科研指导课程，对科研中的一些共性问题，如学术海报制作、科技写作、文献查阅总结等，通过课程讲解的形式，让学生加以了解。然后，在具体的实践中加以体会。
- 5) 增加实验室参观、导师宣讲等环节，使得学生们选导师更有针对性。
- 6) 请往届学生写一些做科研的总结，供低年级学生参考。

针对该调研情况，我们已经开始着手对“科研能力训练1—3”的各方面进行调整。例如，对3个课程的考核方式进行了调整，最终的考核准备办成学术研讨会的形式等。

#### 4 展望

总体来说，无论是从人才培养的角度来讲，还是从完整的教育教学体系来讲，学术能力培养体系的建设都是必须的。经过多年的实践来看，这个体系也取得了明显的效果。针对目前国内的教育教学和科研环境，我们认为在学术能力培养体系的建设和应用中，尤其要注意的两个问题：一是必须是成体系建设，无论是课程的建设还是相衔接的学术活动建设，都要考虑相互的配合和衔接，考虑在人才培养中的位置。二是必须与知识的学习相结合，不能为了能力而能力，不能为了表现能力而丢掉了基础，这样往往得不偿失，也不是我们教育的最终目的。

#### 参考文献：

- [1] Kenny S S, Thomas E, Katkin W, et al. The Boyer Commission on Educating Undergraduates in the Research University, Reinventing Undergraduate Education: Three Years After the Boyer Report [EB/OL]. <https://dspace.sunyconnect.suny.edu/handle/1951/26013>, 2001.
- [2] 杨凡,周丛照.科教结合,协同育人——中国科大拔尖创新人才培养模式的探索与实践[J].中国大学教学,2015(1):20-22.
- [3] 吴绍芬.探寻拔尖创新人才培养之道——“清华学堂”物理班首席教授朱邦芬院士访谈[J].中国高等教育,2014(17):14-16.
- [4] 李川勇,孙睿,刘玉斌,等.一种基于现代技术的物理教学方法TEAL[J].大学物理,2013,32(9):56-57.

(下转74页)

## The measurement of the space magnetic field based on the Faraday magneto-optical effect

YE Zi-mu<sup>1</sup>, ZHANG Lai<sup>1</sup>, DONG Guo-bo<sup>2</sup>, XIONG Chang<sup>2</sup>, TANG Fang<sup>2</sup>, LI Hua<sup>2</sup>

(1. School of Instrumentation Science and Optoelectronics Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China;

2. School of Physics and Nuclear Energy Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China)

**Abstract:** The Faraday effect is a kind of phenomenon that may cause the rotation of the optical vector when the linearly polarized light is passing through a magneto-optical medium under the influence of an external magnetic field. The angle of rotation of the polarization direction of the light is linearly proportional to component of the magnetic field along the direction of propagation of the light wave. In this paper, the space magnetic field is measured innovatively with the Faraday magneto-optical effect, it can reduce the measurement error of the goniometer and find the exact position of extinction by using the method of the penumbra. The magnetic induction intensity  $B = 0.2876$  mT of the magnetic field in the laboratory environment is measured and the magnitude of the magnetic declination is  $\theta = 7.6884^\circ$ . The relative error of the magnetic induction intensity is  $\eta_B = 4.6\%$  and the relative error of the magnetic declination is  $\eta_\theta = 9.8\%$  compared with the data measured using the magnetoresistive sensor.

**Key words:** Magneto-optical effect; spatial magnetic field; penumbra method; magnetic declination

(上接50页)

- |  |   |
|--|---|
| [5] 李川勇, 孙益顶, 孙骞, 等. 南开公能TEAL教室的设计和实践 [J]. 大学物理, 2017, 36(10): 52-56. 已接收. | 2012, 31(5): 1-4.   |
| [6] 李川勇, 王慧田, 宋峰, 等. 中国大学生物理学术竞赛及其对培养学生综合能力的作用 [J]. 大学物理,                  | [7] 吴强, 曹学伟, 刘智波, 等. 国内短期访学对本科生培养的重要性——以南开大学物理“伯苓班”为例 [J]. 物理与工程, 25(1): 68-70. |

## Significance of academic ability training for talent students in physics ——Boling class of physics, Nankai University, as an example

WU Qiang, YU Hua, BO Fang, LIU Zhi-bo, LIU Song-fen, LI Chuan-yong

(MOE Key Laboratory of Weak-Light Nonlinear Photonics, School of Physics & TEDA Applied Physics Institute, Nankai University, Tianjin 300071, China)

**Abstract:** In this paper, we discuss the significance of academic ability training for talent students in physics, using Boling Class of Physics, Nankai University, as an example. We introduce our opinions to the academic training system: pay more attention to academic foundation, emphasize academic spirit, increase academic interest, improve team spirit and cooperation ability, master osmotic learning method, and cultivate basic scientific research ability. We also introduce our practices: the relevant courses, as the backbone, coupling with the related academic activities, formed the academic ability training system for the outstanding physics students. To evaluate the results of this training system, we also carry out research for some related issues.

**Key words:** Pilot Scheme of Talent Training in Basic Sciences; talent physics students; academic ability training