

回忆在高能所的难忘岁月

马中骥

(中国科学院高能物理研究所 100049)

2023年是高能所五十周年所庆。我也将进入人生第84个年头。回顾一生,得到多位恩师指导和诸多同事相助,加上本人的努力,做出了自己还算满意的成果,可以舒心地盼望着第七个本命年的到来。

1956年我响应国家号召,16岁考上兰州大学,告别了在上海的天真烂漫少年生活。在兰州的22年,包括1964年考入北京大学当研究生的3年,经历了太多复杂的人生。1978年第二次报考研究生来到高能所,才真正开始了盼望已久的科研和教学生涯,刻苦奋斗,努力向上,这是我人生最精彩的27年。退休后只记得快乐的经历,半工作半休息,又过了愉快、幸福和满足的十七、八年。

一、来高能所前对我有深刻影响的两位老师

我的第一个本命年,正在上海市市东中学上初二。新中国刚成立,到处需要人才。国家动员在家相夫教子的大学毕业生出来当中学教师。我们班新来了一位班主任,教化学的杨国英老师。她全心全意扑在教学上,深入浅出和条理严谨的讲课风格博得同学们的尊敬和信服。她像母亲一样关怀着每一位同学,特别关注淘气的孩子上进。她引导我喜爱学习,认真学习和善于学习。她是我心目中优秀教师的样板和我一生学习的榜样。

我的第二个本命年,正逢国家动员在职干部报考研究生。为减少阻力,由原单位发放折扣工资,

毕业后一律回原单位。我幸运地得到兰州大学的推荐,考上了北京大学的研究生,师从胡宁院士。胡先生指定了明确的研究方向,放手鼓励学生自由选阅文献,掌握该领域世界第一线的科研动态,经过独立钻研和思考,分析世界前沿科研的成果和未解决的困难,提出自己的评价意见和新想法。每周两次的学术讨论会,有教师和高年级研究生一起报告和参与讨论。虽然因为大形势,我只在胡先生直接指导下学习了一年,但这是我第一次参加真正的科学研究,领会独立进行科学研究的方法和路径。

二、在高能所的研究生学习

我的第三个本命年,打倒了四人帮,国家百废待兴。小平同志出山主持工作,第一件事就是抓紧时间恢复高考和研究生招生。胡宁先生联合了几位老学部委员,在科学大会上提出延迟研究生招生年龄限制的提案,从35岁扩大到40岁。我幸运地在1978年以38岁的年龄,又一次在胡先生指导下进行研究生学习。但和1964年不同,这次是在高能所学习,胡先生要花更多精力指导在北大的年轻研究生,我必须和高能所的同事合作,独立地开展科学研究。

我深深感受到高能所对我的“特殊关爱”。在研究生期间我就被委派参加了两次重大的学术活动。一次是作为中国科学家代表团成员,参加在巴基斯坦举行的国际学术大会。我第一次用英语做学术报告。出乎我的意料,听众还能听懂我的蹩脚

的英语表述,并能提出问题进行讨论。另一次是在从化举行的世界华人物理讨论会,有机会聆听世界杰出华人科学家的精彩报告,并汇报自己的科研成果。

1981年全国人大通过学位制度条例,八月通知我作为博士学位的试点,要求我在年底前交出高水平的博士论文。我查阅到数学家谷超豪教授在复旦学报上提出的关于磁单极解计算方法的论文,意识到此方法的先进性和独创性。当时磁单极的研究是粒子物理界的第一线研究课题。杨振宁先生和谷超豪教授正合作从事磁单极理论的研究。我想在他们的研究方向上继续发展,计算SU(N)群的静态球对称磁单极解,是科研第一线的研究,应该可以达到博士论文的水平。

高能所为我提供了优越的工作条件,在选题阶段和完成计算初稿阶段,两次到上海向谷超豪教授当面请教,得到了谷教授的首肯。我满怀信心地迎接1982年2月6日在高能所举行的中国首次博士论文答辩会,并顺利完成了答辩(图1)。答辩会由两弹元勋彭桓武院士主持,答辩委员会还包括胡宁院士,朱洪元院士,谷超豪院士,戴元本院士,侯伯元教授和李华钟教授。

答辩通过后很快就收到了由中国科学院数理学部主任钱三强院士于1982年3月4日签署的博士学位证书。这份“001号博士学位”现被收藏在中国国家博物馆,收藏证书是“国博收藏2018第001号(总第000001号)”,是2019年国庆七十周年国家博物馆展出的七十件展品之一(图2)。1983年5月27日中央首长在人民大会堂接见和颁发首批博士学位证书大会上,我荣幸地代表首批博士在大会上发言。

三、基本的问题就是重要的问题

杨振宁先生从香港募集到一些基金,称为与中国教育交流委员会(CEEC: Committee for Education Exchange with China),每年可支持十位中国访问学者去纽约州立大学石溪分校学习和工作。1984年我非常荣幸地被选中,获得一份奖学金(Fung King-Hey fellowship)的支持,去石溪分校访问。从1957年我上大学二年级,得知杨振宁和李政道荣获诺贝尔奖的消息开始,他们就成为我心中的偶像。现在能够实现真正在大师身边学习和工作,我感到无比兴奋和激动。

1984年9月24日星期一,我在石溪分校第一天



图1 1982年2月6日在高能所举行的博士论文答辩会会场



△1982年3月签发的新中国第一号博士证书。这个幸运儿是当年42岁的中科院理学博士马中骐。

图2 2019年国家博物馆展出的七十件展品之一

上班,到杨先生的办公室里拜见杨先生,心情很激动和紧张。按惯例我向杨先生汇报我的访问计划,想继续我的博士论文,做磁单极理论方向的研究,同时也想深入研究量子力学基本问题之一的 Levinson 定理。这是因为我知道杨先生曾鼓励中国物理学家研究 Levinson 定理。杨先生听后教导我说:“磁单极理论当然可以做,但只是跟着别人后面做做而已。但 Levinson 定理就不一样了。Levinson 定理是基本的问题。什么是重要的问题?基本的问题就是重要的问题。”这句话成了我一生的座右铭。在可能的条件下,我将尽力去找基本的物理问题进行研究。

杨先生接着说:“我最近有一个重要的新发现,发现 Sturm-Liouville 定理的基本技巧就是定义一个随能量单调变化的相因子。这方法用在磁单极理论上很有效,相信用在 Levinson 定理的证明上也一定有效。”他随手给我一本小册子,介绍他在意大利的里雅斯特(Trieste)所做关于磁单极理论的学术报告,供我学习参考。这本小册子只有五页纸,极度简单抽象,我反复阅读还是不知所云。9月28日杨先生来到我的办公室关心我的研究进展。我如

实说出我的困难。杨先生让我跟着去他的办公室。办公室有一面墙摆放一个大柜子,上有一排排的抽屉,逐年存放着杨先生每年的研究文章和计算稿。他抽出与那本小册子有关的计算稿,交给我复印后学习。一共133页。当时我就被深度震撼。物理学大师为写一篇短短5页纸的小文章,需要有133页草稿来支撑。

我认真学习了杨先生的计算稿,深入理解杨先生新发现的实质和优越性,重新计算和研究量子力学的 Levinson 定理,体会到杨先生的方法物理图像清晰,物理意义明确,简单明了,直截了当。以前因为数学计算的困难,使 Levinson 定理的条件不必要地加严了。现在用了杨先生的方法,放宽了 Levinson 定理的条件,结论也被推广而包括了某些临界情况,还把 Levinson 定理推广到相对论的 Dirac 方程,纠正了前人曾给出的一些错误结论。由于计算大大简化了,我关于 Levinson 定理的证明和推广,被引入量子力学教科书中介绍。我还被邀请发表 Levinson 定理的研究总结文章。(图3)

以后,我还努力完成了几个“基本问题”的研究工作。

1988年杨先生回国介绍扭结(knot)和环节(link)理论、辫子群理论和量子群理论。按照杨先生指引的方向,侯伯宇教授,侯伯元教授和我合作,



图3 2004年在清华大学杨振宁先生家讨论理论物理问题

用物理学家熟悉的角动量理论来理解量子群理论,认真计算量子群的 Clebsch-Gordan 系数, Racah 系数和相应的量子 3-j 符号和 6-j 符号。使物理学家更容易理解量子群理论,受到物理学家的欢迎。我把这些研究成果写成专著出版。

1999年我在清华高等研究院听取了项武义教授的报告。对孤立的 N 体系统,质心运动可以和内部运动分离开来,得到只与 $(3N-3)$ 个内部坐标(称为 Jacobi 坐标)有关的运动方程。但因为欧拉角微商有奇异性,N 体系统整体转动和内部运动还没有成功地分离开来。我带领学生经过两年多的研究,彻底解决了物理学上这一基本问题。除了大量的群论计算外,关键的一步是在计算中,对角动量本征函数,采用球谐多项式来代替球谐函数,从而避免了欧拉角微商带来的奇异性。这一工作引起两弹元勋彭桓武先生的关注,他选择来访高能所的机会,专门听取了我的专题介绍。

在物理学发展史上,精确解起过十分重要的作用。有氢原子(库伦势)或谐振子势的 Schrödinger 方程的精确解直接支持了量子力学的创立。以后陆续还发现了十几个势场,有这些势场的 Schrödinger 方程存在精确解。在量子力学发展初期,Bohr-Sommerfeld 量子化条件起到经典力学和量子力学间的桥梁作用,但这量子化条件只对个别量子系统成立。许伯威教授和我把波函数换成波函数的对数微商,Schrödinger 方程就变成了 Riccati 方程。从 Riccati 方程我们导出了一个精确的量子化条件,和 Bohr-Sommerfeld 量子化条件相比增加了一个不变的积分项。由于用基态能级很容易计算出这个不变量,从而就可以计算出所有能级的解。我们用精确的量子化条件重新计算出了所有已知有精确解的系统的解。

我在高能所培养的博士生董世海,现在墨西哥

任终生教授,2012年当选墨西哥科学院院士,2017年荣获墨西哥总统奖(图4)。



图4 在能所培养的博士生董世海2017年荣获墨西哥总统奖

在我第四个本命年,高能所晋升我为正研究员。由于种种原因我在1987年才晋升为副研究员,这次晋升实属不易。我感谢高能所离任所长叶铭汉教授,在任所长方守贤教授和在任副所长朱洪元教授等领导,给予了我一个客观公正的评价。在我第五个本命年时,高能所进入改革创新时期,生活有了明显的改善,还住进了宽敞的28号楼。2015年我荣获王淦昌物理奖。退休前任高能所学位委员会主任、中国科学院学位委员会委员。

四、群论教学和专著的出版

我是教师出身,优秀教师在我心目中有着崇高的地位。大学毕业第二年(1962年)我就在兰州大学讲授群论课。1964年在北京大学跟胡宁先生学习粒子物理对称性理论时,主要的数学工具就是群论。1986年从美国访问回来,我就受邀在中国科学院研究生院(国科大的前身)讲了二十年的群论课。退休后还在清华大学,华中科技大学讲过群论课。出版了多本群论教材,荣获中国科学院一九九六年度教学成果奖二等奖(教材):群论及其在物理

中的应用。作为《中国科学院研究生教学丛书》之一,科学出版社出版了我写作的《物理学中的群论》一书,至今印刷了26000多本。物理所的胡江平教授有次见面时告诉我,我的讲课内容帮助他解决了导师布置的科研问题,引起导师的注意。他的导师就是著名物理学家张首晟教授。我才理解为什么在清华见到张教授时,他专门去买了一本我的群论教材(英文版)请我签名,还要了我在华中科技大学的讲课视频,并称赞我关于晶格对称性部分讲得好。

五、丰富多彩的退休生活

由于理论物理专业的特点,2005年从高能所退休后,我还能半工作半休息地度过丰富多彩的退休生活。

在1992年杨振宁先生七十寿辰庆祝会上,他总结自己一生最重要的三大科研成果,其中第三项成果就是他在1967年完成的一项奠基性的工作:有排斥 δ 相互作用的一维多体系统精确解。我在写量子群专著中,用物理学家熟悉的语言,详细推演了杨先生文章的计算细节。二十一世纪随着低温实验技术的提高,推动了冷原子物理的发展。杨先生的精确解得到了实验的直接验证。当然实验上要把多体系统压缩到一维体系,必须引入外势场。最简单的外势场是谐振子势。就是除了接触相互作用外,粒子间还必须要有谐振子势的相互作用。既然方程式修改了,精确解就要重新计算。2008年北京物理所陈澍教授向我提出,在强接触相互作用的极限下,如何计算这系统能级的精确解。这是一个纯粹的群论问题,而且又是一个基本的物理问题。作为合作,我从数学角度找到了这问题的精确解。2009年我去清华大学高等研究院介绍我们的新工作。

杨先生当然有兴趣知道他的重要工作已经得到实验检验,他认为新系统不仅在强接触相互作用的极限下有精确解,而且在粒子数趋于无穷大时也应该有精确解。以八十七岁的高龄,杨先生在三年时间内发表了七篇学术论文。我很幸运有机会在杨先生的直接指导下,与杨先生合作署名完成了其中的五篇文章。

2010年10月6日杨先生发来电子信件,邀请管习文教授和我合作完成一篇关于多分量费米子在四个区域的渐近行为的文章(Dear ZQ and XW, I proposed that we work on a Guan-Ma-Yang paper about the asymptotic behavior in 4 region of Fermion with multicomponents.)。计算中遇到的困难超过预期。在杨先生的直接指导和参与下,我们经过一年多的努力,圆满完成了这项研究,并在Phys. Rev. A上发表了两篇文章。但是在计算后期,杨先生还有更重要的工作要做,决定不再做具体计算,并鼓励管习文教授和我继续完成这项计算。杨先生在2011年5月21日给管习文教授的来信中说: Please do not include my name as an author in the paper you will write with Ma. Just thank me in the paper. 因此非常遗憾,杨先生没有在文章中合作署名。

在我第六个本命年,杨先生邀请我连续三年,每年四个月,访问清华高等研究院。这期间我开始研究推广的盖尔范德方法,并为清华大学研究生讲了一学期的群论课。2018年我们住进了泰康之家,我把群论研究的新成果写进了两本群论专著,英文版在2019年出版,中文版将在2023年出版。还撰写出版一本数独游戏的著作(2020年),从理论角度提出了求解数独游戏的系统方法。我的退休生活是在尽情享受长寿时代带给我们的舒服、安心和快活,并达到价值再创造的新高度。