

细推物理须行乐

——祝贺李政道95华诞

叶铭汉

(中国科学院高能物理研究所 100049)

在政道95华诞之际,作为他当年西南联大的同学、半个世纪的好友及多个项目上的合作伙伴,和大家分享我所了解的李政道。

政道常说:“物理是我的生活方式。”

政道的研究领域,除了众所周知的粒子物理与量子场论以外,还广泛涉及天体物理、流体力学、统计物理、凝聚态物理、广义相对论,相对论重离子碰撞等领域。对于自己的每项研究,他都从最基本的原理和假定出发,从头推导出所有必要的公式。政道非常善于和他人交流探讨,但很少读别人的学术文章。对于别人的工作,他则着重了解其中的未知与未能之处,并常以别人尚不知不能的难题作为自己新的研究方向。所以,一旦进入一个领域,他便能不受已有方法的束缚,常常从全新的角度,很快得到别人没有的结果,彻底改变这个领域的面貌——路是自己重新开拓的,结果又是别人过去没有得到的。

虽然政道从事的是理论物理工作,但他的理论

物理生涯一直和实验室物理工作有着密切的联系。他的博士论文导师费米(E. Fermi)是顶级的实验物理学家,同时又是杰出的理论物理学家。从20世纪50年代以来,全世界高能物理实验的发展进程中都有政道的足迹,高能实验物理学家都和他有很深的友情。政道对实验细节的关注和理解,是他能率先质疑宇称守恒定律并提出具体实验验证方式的关键。

从20世纪70年代开始,政道又为中国的科学和教育事业倾注了诸多心血。在他的推动下,促成了中美高能物理合作。北京正负电子对撞机和大亚湾中微子实验室都是在中美高能物理合作框架下建成并做出重大发现的项目。为了加快人才培养的步伐,促进中国国际化教育科研体系的建立,在国家领导人的大力支持和国内多个部门的积极配合下,政道发起并亲自组织了中美联合招考物理研究生项目(CUSPEA),建议并推动了博士后制度的建立和国家自然科学基金的成立。中国高等科学技术中心(CCAST)建成后,不仅使中国学者得到了和国际一流科学家面对面交流的机会,也第一次让大批国内的物理学者在国际刊物上有了引人注目的地位。随后,北京近代物理中心、浙江近代物理中心、复旦大学李政道物理实验室和上海交通大学李政道研究所也先后成立。

经中美联合考试赴美学子,很多学业有成,逐步回国工作或定期回国讲学。CUSPEA学者们效仿政道,推动中国的教育与科研事业的发展,促进国际学术交流。在这些世人有目共睹的进步当中,

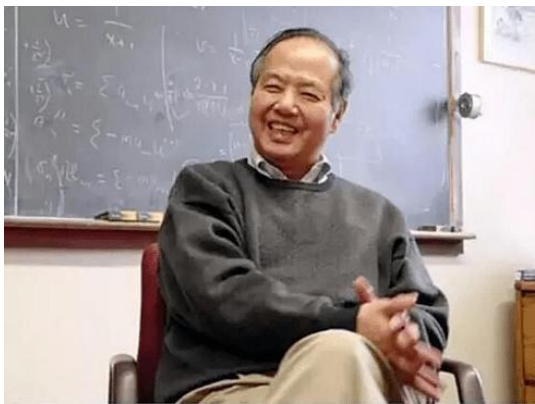


图1 李政道

无不包含着政道的建议、推动和辛勤操劳。

直到十年前,政道仍然是个大忙人,经常一天工作十七八个小时。每次回国更是繁忙。国内熟悉内情的人常用“呕心沥血”来形容他的辛劳。不过,这一成语并未表达出他为科学,为自己血脉、亲情所系的故土工作时的快乐感。

政道的兴趣非常广泛,对文学、历史、艺术有很深的研究和体会,因此结识了很多著名艺术家,比如李可染、吴作人、吴冠中、黄胄、常莎娜等,也和中央工艺美术学院(现清华大学美术学院)结下了不解之缘。政道在讲课中,尤其是解释物理中对称与不对称的概念,常常展示中西方艺术为例子。中国高等科学技术中心每次国际活动,都有一幅精美的宣传广告,广告上的画以及文集的封面都是在听了政道对物理概念的描述后,加上艺术家的想象创作出来的。每一幅画都是科学与艺术碰撞的结晶。

“细推物理须行乐,何用浮名绊此身。”

1996年5月,在给北京大学学生的演讲中,政道引用了杜甫的这一诗句。笔者深感这一句诗正是他物理生涯的最好写照。看到国内关于自己的报道每每冠以“著名物理学家”的称号,政道曾说:“如读者不知此人,这‘著名’二字就是虚的,反之则是多余的。”他对“何用浮名绊此身”的推崇是身体力行的。

一、学生时代

1926年11月25日,政道诞生于上海的一个大家庭。他自幼喜爱读书。父母对他爱好看书的习惯也非常支持,常陪他去逛书店,任他随意挑选购买大量书籍。在他10岁前后的几个年头中,上海的商务、中华、开明等书店,他们每年都要多次光顾。少年李政道对书的种类并不挑剔。文学、历史、科学,古今中外的都看,没有什么固定目的。当时,他曾读过马克·吐温(Mark Twain)的《汤姆·索亚历险记》中译本,觉得故事描写得特别生动有趣、与众不同。

在以后的岁月中,他一直保持这一幼年养成的习惯。在青春时期博览的群书中,他对爱丁顿(A.

S. Eddington)的《膨胀的宇宙》留有深刻的印象。书中描写的恒星、星系,特别是整个宇宙居然还在扩展,唤起他的想象力,使他对科学更有兴趣。在为人之师后,他又注意培养学生的读书习惯。政道曾建议刚到美国的中国留学生多读些文学书以提高英文水平,并说他自己到美国时英文水平很差,就是这样学的。他还说:“并不要局限于名著,差的不妨也读几本。读多了你们才能辨别好坏。”

1941年12月,日本侵略军进入上海租界。当时,政道刚满15岁,便只身离家从上海去浙江求学。在此后的3年里,随着日寇铁蹄不断踏向中国内地,他一直过着流动的生活。不久,狼烟燃至贵州,他又去了四川,最后到达昆明,转入西南联合大学求学。从浙江至贵州的途中,衣食全无保障,疟、痢等疾流行,他时而独自,时而和其他爱国学生结伴,主要靠徒步跋涉,运气好时就搭一段“黄鱼”车。一次,他因车祸受了重伤,有半年多卧床不起。



图2 李政道在西南联大的学生注册卡片

西南联合大学在昆明没有好的教室、图书馆。当地茶馆晚上有汽灯,而联大校舍中没有,很多学生便在茶馆读书。政道每天一大早就到茶馆买一杯茶,这样可以占一个位子坐一整天。他入联大是二年级转学生,但学校让他上大三和大四的课程,而大二的课程,则只需参加考试。

回忆起战时的求学情景,政道说,当时浙大和西南联大的物质条件很艰苦,可是有王淦昌、束星北、吴大猷、叶企孙、赵忠尧等第一流的老师,学习环境是很优秀的。他更清晰地记得当年同学们对



图3 李政道(左二)和叶铭汉(左三)、陆祖荫(右一)、楼格(左一)在西南联大校园

祖国未来的向往和成就事业的信心。

日本投降后,1946年吴大猷先生得到一笔经费出国研究,可有两名研究生随行。吴大猷先生选了朱光亚和李政道。当时在西南联大,政道虽已具备很好的经典和近代物理基础,但在名义上还只是大学二年级学生。到芝加哥大学后,他因没有大学文凭(其实由于国内的连绵战火,他甚至连中学和小学也没有毕业),一度很难进入研究生院,只能先当非正式生。进入研究生院后不久,他就得到物理系的费米(E. Fermi)、特勒(E. Teller)和扎克赖亚森(W. H. Zachariasen)等教授的帮助,很快成为正式研究生。

芝加哥大学物理系由于费米的影响,是当时全世界最活跃的物理中心,系里的教授,除上述三位外,还有迈耶(M. G. Mayer)、马利坎(R. S. Mul-

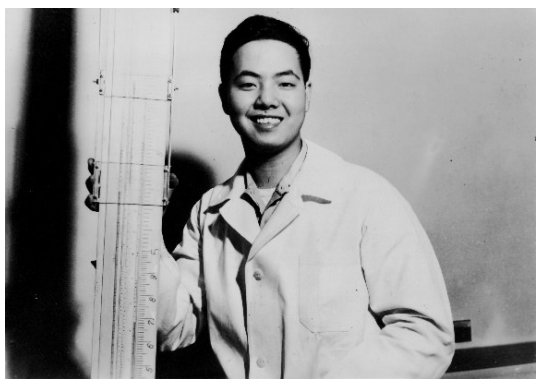


图4 李政道在芝加哥大学(上海交通大学李政道图书馆提供)

likan)、温策尔(G. Wentzel)等。当费米要政道跟他做博士论文时,政道很觉兴奋。此时,费米除有理论方面的学生政道外,还有两位实验方面的学生,斯坦伯格(J. Steinberger)和加文(R. Garwin)。费米每星期和政道单独讨论半天时间。每次讨论由费米提一些问题,政道在下一星期就向他作一报告,并共同讨论。这些从现有结果到存在问题的讨论,往往很快就变成研究项目。

当时的恒星演变理论认为,恒星都是从小而热的白矮星开始的,这意味着白矮星的主要成分应该是氢。政道在分析这一问题时证明,氢的含量不能大于1%,因此,白矮星只能是恒星演变的后期,而不是开始。这一工作,后来成为他的博士论文。

和费米的讨论涉及广泛的物理领域,诸如天体、流体、粒子、统计、核物理等。在流体力学里,政道发现,要产生湍流,必须在三维空间。这是流体力学和湍流学中的一条重要定理。普林斯顿高研院的冯·诺依曼(Von Neumann)关注到了这篇论文,热情邀请政道去高研院任职。那时冯·诺依曼正在设计建造世界上第一台计算机,解流体力学方程是其目的之一。政道后来说,如果不是物理牢牢地吸引住了他,他很可能就踏入了计算机领域。

关于弱相互作用普遍性假设的论文,也始于同费米的讨论。政道与特勒的两位学生罗森布鲁斯(M. N. Rosenbluth)和杨振宁,对 β 衰变、 μ 介子的衰变及俘获进行了分析,发现这些过程都具有相同的强度。他们同时预言,这类相互作用可以由重的中间粒子来传递。之后,政道成功地预言了这中间玻色子的存在,并取名为W(借用英文weak一字的第一字母)。

1949年底,政道在芝加哥大学完成了博士论文和论文答辩。

费米的严格科学态度,公正待人方法,一直伴随着政道。他对实验观测的一贯重视,也来自费米。除了学业上的进步,费米对学生的生活也很关心。有段时间,费米发现政道明显瘦下来了,便向中国学生打听,是否政道生活费不够,伙食不足。



图5 李政道和秦惠箬

原来是政道谈恋爱了。

博士论文答辩后次年,政道与同样来自上海的中国学生秦惠箬在芝加哥市政府大楼结婚。为了秦惠箬继续攻读硕士学位,政道毕业后辞退了普林斯顿高等研究院(ISA)的邀请,先去加州大学伯克利分校工作一年,然后再到普林斯顿。政道与自己的爱妻感情十分深厚,这就是一个例子。政道和熟悉的人说,他事业上的成功是和惠箬分不开的。

在李夫人病重期间,政道开始用写幻灯片(Slides)的彩笔作画,因为他总是随身带着一套这样的笔。每到一个地方,他就把周边看见的事物,快速地画出来,回家后拿给李夫人看。由于政道对艺术的鉴赏能力,加上他独特的观察能力,他的画就像他的物理研究也与众不同。

李夫人去世后,遵照她的遗愿,政道用他和李夫人多年的积蓄,成立了箬政基金,支持优秀的大学本科,其中至少一半是女生。已有北京大学、复旦大学、上海交通大学、兰州大学、苏州大学和台湾清华大学六所大学2000多名本科生获得基金资助。箬政基金帮助他们利用暑假和课余时间了解和获得学术研究工作的训练和经验,使他们有机会与活跃在第一线的高水平科学家接触,扩展他们的视野。被选中并顺利结项的学生命名为“箬政学者”。

二、对物理学的贡献

政道对物理学的贡献可以分为两个方面——

理论物理方面的工作和对实验物理的推动。

到普林斯顿后,李政道和杨振宁共同发表了两篇统计物理方面的论文,首次给出不同相热力学函数的严格定义。在此基础上,他们发现不同相的热力学函数在有相变情况下是不可解析延拓的。相变是统计物理中的最基本问题。这一发现推翻了迈耶、玻恩(M. Born)和乌伦贝克(G. E. Uhlenbeck)等的理论,对后来惰性气体的实验起了很大作用。这两篇论文标志着量子统计的新开端。后人评价,这两篇文章是统计物理中最美丽的结果。

图6 1956年Seattle国际物理会议,左一为乌伦贝克
(上海交通大学李政道图书馆提供)

1953年,政道到哥伦比亚大学物理系任助理教授,两年后升为副教授,1956年升任教授,至2011年退休,在哥大勤奋耕耘了近60年。其间,他曾于1960~1963年在IAS任教授,但仍为哥伦比亚大学兼职教授。1964年,他被聘为哥伦比亚大学费米物理学讲座教授;1984年,又获该校的最高教衔——全校教授(University Professor)。

李模型是政道到哥伦比亚大学后的第一项工作,这是场论中少有的可解模型。他证明,在该模型下,重整化可以严格推导出来。由此可以验证,在微扰论中,重整化不一定正确。这篇论文对以后的场论和重整化研究有很大的作用和影响。对他工作一贯挑剔刻薄的泡利(W. Pauli)对李模型给予高度的评价,还逢人便夸。这篇政道独立完成的论文,树立了他在理论物理界的地位。

不久,政道的兴趣转向粒子物理。由于达立兹(R. H. Dalitz)等人的工作,有关奇异粒子的 θ - τ 之谜

成为当时粒子物理的主要问题。政道先后提出几种解释这一现象的模型。当时,绝大部分物理学家都坚信宇称守恒定律,也有很多人误以为宇称守恒早就得到了实验验证。政道是难得的深度了解实验细节的理论物理学家。他很快意识到,宇称守恒在弱相互作用中缺乏可靠的实验依据,必须对不同粒子反应过程中所有对称性的证据作仔细分析。

李政道和杨振宁于1956年合作完成的论文“宇称在弱相互作用中是否守恒的问题”,给出了实验测量离散对称性C(电荷共轭)、P(宇称)和T(时间反演)的严格条件,指出已有的弱相互作用的实验并未验证这些对称性,并在此基础上提出了几种检验弱相互作用宇称是否守恒的实验途径。1957年,他们又提出二分量中微子的理论,对宇称不守恒作出了定量的预言。在另一篇论文中,他们对T和CP不守恒问题,特别是中性K介子系统作了研究。



图7 李政道和杨振宁

1957年1月,吴健雄小组提供 β 衰变实验,得到弱相互作用中宇称不守恒的明确实验证据。紧随吴健雄实验之后,有近百个不同实验得到同一结论。为此,李政道和杨振宁荣获1957年度的诺贝尔物理学奖。吴健雄生前,对这段历史,尤其是政道在宇称不守恒发现过程中的决定性贡献,有详细的描述。

在此后的几年里,政道将弱相互作用研究中的新思想推广到其他物理过程中。以对称性原理为出发点的研究成为60年代粒子物理的主流。

1957~1960年,李政道和杨振宁、黄克孙研究了玻色硬球系统的统计。同时,李政道和杨振宁建立了统计物理中多体问题通用的理论框架。他们发现有相互作用的玻色系统可以导致超流现象,从而对氦2的奇特性质有了进一步了解。



图8 1959年在美国加州大学伯克利分校
(上海交通大学李政道图书馆提供)

图中左起:塞格雷、杨振宁、李政道、麦克米伦、劳伦斯、拉比、海森堡

政道较早强调了高能中微子实验的重要性,并对早期实验作了理论上的促进。1961年,他在题为“高能中微子实验”的论文里,基于弱电统一的可能性,给出W粒子质量的上、下限分别为300和30吉电子伏(实验测量结果约80 GeV)。在另一篇与杨振宁合作的论文里,计算了W粒子在高能中微子束实验中的产生截面。这些计算是60年代寻找W粒子的依据。这一时期受政道影响的一批实验至今仍是弱相互作用的主要信息源。

1964年,李政道和诺恩伯格(M. Nauenberg)对零质量粒子理论中的发散作了进一步分析,并引入一套解决该问题的系统性办法,有关结论被称为KLN定理。KLN定理表明标准模型微扰展开是红外安全的,对标准模型的确立具有重要的支撑作用。它是一个目前强相互作用实验中不可缺少的定理,也是用高能喷注去发现夸克和胶子的理论基础。

CP不守恒发现后,政道提出一系列CP不守恒的模型,并验证这些模型和当时的实验测量是相容的。几年后,他又在自发破缺的基础上提出另一模



图9 诺恩伯格和李政道,摄于1986年11月22日
哥伦比亚大学宇称不守恒发表三十周年暨李政道教授
六十大寿生日庆祝会(上海交通大学李政道图书馆提供)

型,该模型至今仍是解决CP问题的可能性之一,也是目前建造B介子和 τ 轻子-粲夸克工厂等大型加速器的主要研究目标之一。

1969~1971年,李政道同威克(G. C. Wick)提出一个解决量子场论中紫外发散的方法——在希尔伯特空间引入不定度规。他们发现,这类理论和已有实验结果并不矛盾。

1973年李政道和威克(G. C. Wick)从理论上探索了自发破缺的真空在一定条件下恢复对称性破缺的可能性。政道在1975年发表的论文中进一步指出,迄今为止,高能物理实验一直努力将越来越高的能量集中于越来越小的范围。为了研究真空,必须转向另一个方向,将很高的能量集中于一个相当大的范围。论文进一步指出,在很高的粒子密度下(比如在原子核内),一些标量场的期待值有可能明显偏离其通常的真空值,从而改变与其耦合的费



图10 图片摄于约1975年前后,左起依次为李政道、吴健雄、
塞格雷(E. Segre)、瑟伯(R. Serber)、威克(G. C. Wick)、
在吴健雄家中聚会(上海交通大学李政道图书馆提供)

米子的质量(比如改变核子本身的质量)。这种质量的改变会表现为一种从通常的核物质向具有较高密度和结合能的核物质的新形态的相变,并指出它在相对论重离子碰撞中产生的可能性。

李政道与弗里德伯格(R. Friedberg)、希林(A. Sirlin)在20世纪70年代末,找到一批场论中的经典解及其量子化解。政道称其为非拓扑孤子,建立了场论的一个新领域。接着,他和弗里德伯格又将这种解用来建立强子模型。



图11 弗里德伯格,摄于1986年11月22日哥伦比亚大学宇称不守恒
发表三十周年暨李政道教授六十大寿生日庆祝会(上海交通大学
李政道图书馆提供)

从1982年起,政道对格点规范产生兴趣。为解决格点规范中的费米子谱倍增和平移、转动对称性破坏两大问题,李政道和克里斯特(N. H. Christ)、弗里德伯格提出随机格点的理论。政道还进一步提出一个问题:时间和空间是否可以离散的?他们发现,已有理论都可以在离散的时空上描述。这套称为离散力学的理论可以是经典,也可以是量子的。它是今后统一场论的可能途径之一。

1986年,收入政道近200篇论文的三卷《李政道文集》出版。此后的10年,政道的研究课题包括孤子星、黑洞、凝聚态物理、多体物理、相对论重离子碰撞、粒子物理和场论等,这方面的70多篇论文收入《李政道文集》第4卷。

孤子星是非拓扑孤子和广义相对论结合的产物,该领域是政道1986年创立的。他和弗里德伯



图12 1986年哥伦比亚大学宇称不守恒发表三十周年暨李政道教授六十大寿生日庆祝会,左起依次为钱德拉塞卡(1983诺奖),詹姆斯·克劳宁(James Watson Cronin, 1980诺奖)、拉比(I.I. Rabi, 1944诺奖)、李政道、丁肇中(1976诺奖)(上海交通大学李政道图书馆提供)

格、庞阳详细研究了孤子星的特有性质,发现它们可以有各种大小质量。最大质量远远超过钱德拉塞卡极限,因此是暗物质、类星体等的理论模型之一。1986年以来,李政道和弗里德伯格、任海沧在高湿超导的研究中,探讨了凝聚态物理、多体统计等方面的问题。基于高温超导材料相干长度短的特性,政道对空间关联的库珀对做了分析,并和弗里德伯格一起提出玻色子-费米子超导模型,该模型结合了玻色-爱因斯坦凝聚和BCS理论。接着,又和弗里德伯格、任海沧一起对该理论实验观测作了预言。

关于理想带电玻色子的玻色-爱因斯坦凝聚,早在1955年沙弗罗斯(M. R. Schafroth)就做过相当有影响的工作。但李政道、弗里德伯格和任海沧发现,沙弗罗斯的结果由于忽略了静电交换能,存在大的错误。对这一基本性问题,他们给出了新的正确解:理想带电玻色系统,在低密度下并非超导体,当密度超过某一临界值后才成为第二类超导体,其临界磁场远高于沙弗罗斯给出的值。在李政道的超导研究中心,出现了一个场论中的基本问题:什么情况下一个复合粒子,比如库珀对,可以被看作是基本的自由度?是近似的,还是严格的?政道对该问题做了解答,并和弗里德伯格、任海沧合作证明了一个严格的等同定理。根据这个定理,可以把任何纯费米子系统当做基本费米子和基本玻色子,

两者之间有短距离的排斥势。该定理为李政道的玻色子-费米子超导模型确立了坚固的理论基础。

20世纪末开始,已逾古稀之年的政道,和弗里德伯格(Friedberg)、赵维勤合作,导得一个沿着一条确定轨迹积分求解N维薛定谔方程的基态量子波函数的新方法,将方程从二阶偏微分方程化为一系列沿着这条轨迹的一阶常微分方程。基于这一确定轨迹,引入相应的N维量子波函数的格林函数,导得一个全新的微扰展开系列。进一步发展了一种新的迭代方法,选取恰当的尝试波函数,求得相应的修正位势,并进行迭代求解。在证明了一个层次(hierarchy)定理的基础上,证明了迭代系列的收敛性,并以双阱位为例,得到收敛的修正能量和波函数系列。之后的工作进一步指出,N维薛定谔方程可以化成一个等价的N维静电问题迭代求解,并将此方法应用于求解N维Sombrero型位,对任意维数,任意角动量的态,得到能量和波函数的收敛迭代系列,还将此方法用于迭代求解低激发态。

三、对21世纪物理学的影响

随着21世纪的临近,“细推物理”达半世纪之久的政道,又把目光投向下世纪物理学的发展。进入90年代以来,他在世界各地的演讲中,常把目前物理学所处的状况和19世纪末相比。

19世纪末,经典物理已相当完善,牛顿力学、麦克斯韦电磁理论、统计物理均与当时的实验观测符合得很好。于是,有人提出物理学的研究已接近尾声。其实,那时仍有两个和经典理论格格不入的谜,一为迈克耳孙-莫雷实验,一为黑体辐射能谱。20世纪初,这两个谜的破解导致了物理学史上最伟大的革命,产生了相对论和量子力学,并带动了其他学科的发展。在量子力学基础上诞生的半导体、激光、计算机,则造就了工业技术的革新。可以说,整个20世纪的文明和对19世纪末两个谜的破解有极密切的关系。

政道指出,物理学在20世纪末又走到了与20

世纪末类似的微妙阶段。它已找到物质的基本结构:轻子和夸克;也知道物质之间的基本相互作用:引力、弱、电、强相互作用;并为这些相互作用建立了一套完整的理论描述,理论和现有的实验也都互相符合。但是,取得这些成就的20世纪物理学也还存在着两个谜:目前的理论都建立在对称性原理上,而大多数对称性量子数却都不守恒;夸克还没有直接观测到。这两个谜的破解,很可能会像19世纪末两个谜的破解那样,最终导致21世纪科学和技术的革命。

政道还指出,这两个谜的关键都在物理的真空,这真空是含洛伦兹不变性的,它不是19世纪的“以太”。按照现代物理的观点,真空是很复杂的。对此,政道曾说:“人们可以把物质去掉,但去不掉相互作用。”根据量子力学,时空的任何一点,任何一瞬间,都可以产生许多粒子反粒子对。这些粒子和物质的作用可以改变物质的物理特性。对称性破缺目前就归结为真空,这就是自发破缺理论。量子色动力学中,夸克禁闭也可以看作是量子色动力学真空的性质造成的。政道认为这样的解释虽然可以自圆其说,但正确与否还需要经过实验观测。他多次在各种国际会议上强调,要解开这两个谜,需要改变真空的性质,而应用相对论重离子碰撞产生高温高密的物质,有可能在一定空间范围内改变真空,实现恢复对称性和退禁闭的相变。这个新观念指出了一条全新的基础性的研究道路,开辟了相对论重离子碰撞物理学的研究。

20世纪70年代中期以后,在政道的推动下,这一新的领域吸引了粒子物理与核物理领域理论和实验物理学家的广泛关注。政道一直推进和关注布鲁克海文国家实验室(BNL)的相对论重离子对撞机(Relativistic Heavy Ion Collider, RHIC)的建造,与RHIC实验物理学家密切联系,一直关心其实验结果。欧洲核子中心(CERN)也实现了在大型强子对撞机(Large Hadron Collider)上开展重离子对撞实验。21世纪初,相对论重离子碰撞的实验结果证实,在重离子对撞过程中产生了由强相互作用

的夸克胶子等离子体(sQGP)。李政道高度评价这一结果,指出这很可能是一个新物理时期的开始。美国物理学会将RHIC的最新实验结果列为2005年的最重要的16项物理成就的第一项。

1989年6月,中国高等科学技术中心举办“相对论性重离子碰撞”国际学术研讨会。为了称颂人类有可能通过相对论性重离子对撞机来探索宇宙的起源和真空的复杂性,李可染教授为该会议创作主题画“核子重如牛,对撞生新态”。

至于基本相互作用理论下一步怎么走,政道认为,还需要更多实验方面的启示。当年,宇称不守恒的发现,使人们找到了弱相互作用的解。现在,则希望能从T或CP的实验中得到提示。目前,T和CP不守恒只在K介子衰变中发现,其来源尚不清楚。美国、日本正在建造的3个B介子工厂,都是为了寻找CP和T在底夸克系统中的不守恒。

轻子系统是否有时间反演的不守恒,这个问题实验上还没条件回答。北京正负电子对撞机(BEPC)是这一能区唯一合适的实验装置。为了回答上述问题,正负电子流和探测器都需要进一步加强。正因为如此,政道对中国科学院高能物理所的 τ 轻子-粲夸克工厂计划十分支持。他认为,这不仅有利于保持中国在高能物理领域的地位,也是达到下一世纪物理前沿的最直接而且在价格上又较合算的投资。

2006年,八十高龄的政道和弗里德伯格(Friedberg)合作开展了一系列关于中微子的质量本征态与相互作用本征态之间的转换矩阵的工作。他们从对称性出发,假定转换矩阵可由中微子的有效质量项在中微子场算符作平移变换下保持不变而得到。不存在T破缺时导出的中微子转换矩阵提供了第三混合角 θ_{13} 不为零的可能性。还向存在T破缺的情况进行了推广。2012年大亚湾中微子实验测量到 θ_{13} 不为零后,他们的理论仍能继续作为讨论中微子混合模型的框架。之后,他们进一步将这种对称性应用于夸克混合的CKM矩阵,并建议u, d夸克质量的微小可能和时间不对称的微弱有关。

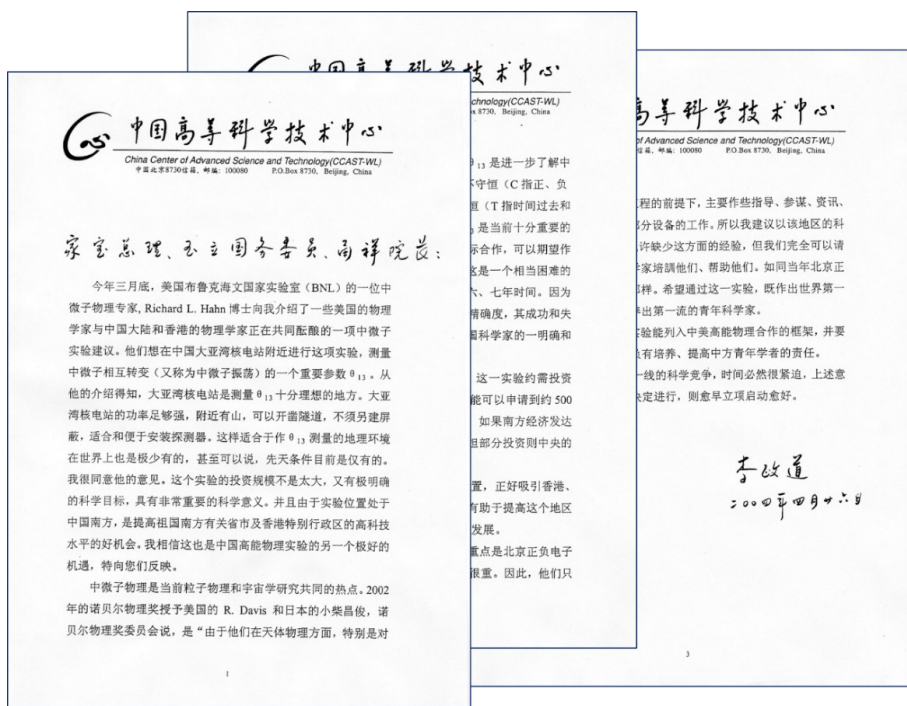


图 13 2004年,李政道致信建议支持大亚湾中微子实验测量中微子振荡的一个重要参数 θ_{13} (上海交通大学李政道图书馆提供)

导得了 Jarlskog 不变量的具体表达式,发现其数值结果与实验测量一致。

政道开辟的对中微子奥秘的探索,对量子场论中真空的特性的改变和测量,和粒子物理与宇宙早期相结合的孤子星模型,仍然是21世纪物理研究的前沿。

四、对中国科学、教育事业的贡献

1972年,中美关系开始走向正常,政道和夫人一有机会就回国访问。看到当时国内科学、教育的状况,他心中十分担忧。在见到国家领导人时,多次坦陈己见,并建议用设立少年班的办法来培养少数学科的人才。他在各地参观时,看到不少为样板戏训练人才的少年班,觉得在当时环境下培养科学人才这也许是一条可行之路。政道的意见遭到“四人帮”反对,为此他还和“四人帮”有过一场辩论。后来,毛泽东接受了他的建议。

“四人帮”垮台后,国内百废待兴。振兴教育更是其中一项要务。政道便利用暑假回国为中国科技大学研究生院师生讲课,全国各校组织了约千名师生在北京友谊宾馆听讲。一个夏天,每天三小时,

开了“场论与粒子物理”和“统计物理”两门课。他由浅入深地讲授,系统地介绍了当代物理的最新发展。

那时,国家开始选派年轻学生出国读大学,并派遣教师、科研人员出国进修。政道在美国专门设立了一个高能物理实验领域的中国访问学者项目,这在美国称为“李政道学者”。在他的安排下,这些访问学者都进入了高能物理的前沿领域,为以后北京正负电子对撞机的建设和高能物理研究打下了基础。

针对当时中国的情况,为培养一流科研人才并为高校建立国际联系,政道认为,最有效的方法是挑选大学生出国攻读博士学位。那时,国内尚未开设GRE和TOEFL考试。由于缺少一个客观可行的办法来评价中国学生,美国的一流研究生院难以录取中国学生。为此,政道亲自设计了中美联合招考物理研究生项目(CUSPEA),每年约有100名中国物理系高年级学生通过考试进入美国一流的研究生院。

这一形式很快也被化学、生物等学科采用,所有通过CUSPEA考试的学生都得到美方的全额奖学金。CUSPEA和美国的入学手续有些不同,为了使中国学生能在大学毕业后立刻进入研究生院,政道



图14 李政道与CUSPEA学者在一起
(上海交通大学李政道图书馆提供)

教授和他的助手特拉梅(Irene Tramm)女士,每年都要花很多精力和时间,向70多所美国院校的招生部门做解释和安排,有美国内事务则由吴塘、沈克琦等先生组织。

从1979年开始到1989年结束,通过CUSPEA考试共培养了915名学生,这些学生,在美的学业大都在各校各系中名列前茅,为祖国和母校争得了荣誉。其中的不少人在学业有成后,又在各自的研究领域内取得了杰出成绩。现在,他们当中有些已回国工作,成为所在单位的骨干;更多的则周期性回国讲学,成为沟通国内与国际学术联系的重要桥梁。

1979年1月,在美国斯坦福直线加速器中心,政道和帕诺夫斯基(W. K. H. Panofsky)一起组织了第一次中美高能物理会谈。会谈后,两国正式成立了中美高能物理合作项目,一直持续了40年。通过

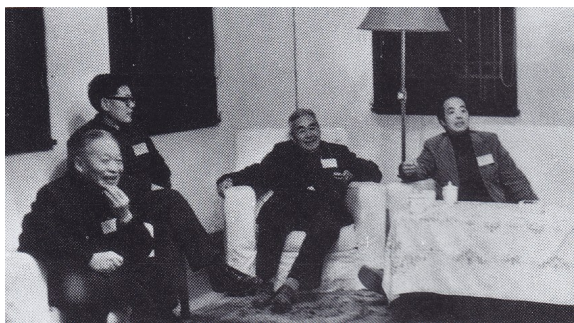


图15 1980年广州粒子物理讨论会上,钱三强、张文裕、周光召、李政道一起座谈

这一合作渠道,在政道的精心安排下,美国的高能物理实验室为BEPC的设计、建造提供了大量技术上的支持,美国也参与了大亚湾中微子实验项目。

在北京建造能区为3~6 GeV的正负电子对撞机的建议是1981年提出的,在这项有关中国高能物理研究和科技发展的关键决策中,政道教授起了十分重要的作用。他力主整个加速器和探测器都在中国建造。BEPC于1984年动工后在4年内建成。它曾是世界上这一能区最先进的实验装置,有50多位美国及其他国家的科学家来进行合作研究。1992年,BEPC上有关 τ 轻子质量的精确测量,被称为当年国际粒子物理实验中最重要的结果。

1985年和1986年,经政道建议,中国分别设立了博士后制度及自然科学基金。政道还帮助设计了博士后制度及自然科学基金的具体实施方案。在博士后制度实行前,青年科研人员对研究单位选择余地很少,不同单位间研究人员也很少流动。博士后制度的建立从根本上改变了这一状况。现在博士后的规模已扩大了好几倍,最初只有250名,而1996年的新博士后就有近1200名。自然科学基金的设立,在中国首次将同行评审引入科研经费的分配。10年来,它已成为促进中国基础科学发展的有效手段。

让自己衷情的现代科学技术在中国的土地上生根开花结果,是政道的一大夙愿。为了创造一个良好的学术环境,促进科研人员、尤其是青年科研



图16 在第九届中美会谈上,李政道、周光召、谢家麟、叶铭汉讨论BEPC工程建设问题



图17 1984年10月, BEPC 奠基时合影(左起:张厚英、李明德、李政道、叶铭汉、何国伟)

人员在国内的工作和交流,组织海外中国青年学者回国短期工作和讲学,在他的努力下,1986年成立了中国高等科学技术中心(CCAST)和北京近代物理中心(BIMP)。CCAST的主要经费来自瑞士的世界实验室,政道为主任,中国科学院院长周光召为副主任。CCAST每年约组织25个工作月,有来自全国各地的近千名科研人员参加研讨,讨论的课题除物理外,还有环境科学等内容。BIMP则几乎每天都有学术报告会,内容包括物理、化学、生物和各种交叉学科。

政道在“往事回忆”一文中谈到:“40年前,经吴大猷教授推荐,我获取了中国政府的一笔奖学金,赴美留学,在物理学方面继续深造。这一难得的机会改变了我的一生。一个人的成功有着各种各样的因素,其中‘机遇’也是最重要的,也是最难驾驭的。尽管成功的机遇不可预订,但它的几率却可以大大增加。通过吴教授,我才能得到这一机遇。我对这一机遇的珍视,是促使我近年来组织CUSPEA考试的主因之一。希望更多类似的机遇能够光顾年轻人。”

政道多年来为祖国、为科学所做的一切,正是在给年轻一代创造机遇。2019年,约200位来自世

界各地的CUSPEA学者相聚,庆祝CUSPEA项目走过40周年。政道亲自为活动题词“薪火相传”。在政道的鼓励下,CUSPEA学者们积极筹划成立科研机构 and 慈善基金,促进国际的科技交流,承担起下一代人应有的责任。

过去十年里,政道将他的手稿和信件全部捐给了上海交通大学的李政道图书馆。李政道研究所成立后,吸引了一批国际一流的物理学家,很可能成为二十一世纪物理研究的国际中心。

参考文献

- ① Lee T D, Yang C N. Question of Parity Nonconservation in Weak Interaction. Phys Rev, 1957, 104: 254~258
- ② Feinberg G, ed. T D Lee selected Papers. Birkhauser. 1986
- ③ Haicang Ren and Yang Pang, T D Lee selected Papers. Gordon and Breach Science Publishers, 1998

作者简介:叶铭汉,中国工程院院士,曾任高能物理研究所所长和中国高等科学技术中心学术主任。参加我国第一台和第二台静电加速器的研制和运行、改进,参加领导北京正负电子对撞机的建设,全面负责北京谱仪的设计和研制,先后获中国科学院科技进步特等奖、国家科技进步特等奖。