

# 怀念李政道教授

## ——我的回忆和他对重离子物理学的贡献

永宫正治<sup>1,2</sup>著 马余刚<sup>3</sup>译

(1. KEK, 1-1 Oho, Tsukuba-shi, 305-0801, Japan; 2. RIKEN, 2-1 Hirosawa, Wako-shi, 351-0106, Japan; 3. 复旦大学现代物理研究所 200433)

### 1. 序言

李政道教授于2024年8月4日去世,享年97岁。他的去世不仅是整个世界的巨大损失,也是相对论重离子物理领域的巨大损失。在这篇文章中,我想分享我对他的个人回忆,并回顾他对重离子物理学的贡献。由于我经常把李政道教授简称为“TD(政道)”,因此在本文中我将一直使用“政道”。

我第一次见到政道是在1974年,当时他47岁,我30岁。那一年也标志着我开始全面参与位于劳伦斯-伯克利实验室(LBL)的贝瓦拉克相对论重离子实验。在此期间,政道做了一场关于“李-维克物质”<sup>[1]</sup>的精彩演讲,给我留下了深刻的印象。这是我第一次在这个新领域遇到政道,当然,他当时并不知道我的存在。

李-维克物质是由政道和Gian-Carlo Wick(维克)提出的一个极具挑战性的理论模型。该理论认为,在高密度核物质中,核子的质量降为零。这一观点在重离子物理学中至关重要,因为它表明可能存在一种只有在极端高密度的核物质条件下才会出现的新物质状态。根据高能物理中使用的 $\sigma$ 模型,由于自发对称性破缺,核子(质子和中子)在真空中的质量是有限的<sup>[2]</sup>;然而,在足够致密的核物质中,预计会出现零质量状态。

同年11月29日至12月1日,政道组织了熊山(Bear Mountain)重离子学校<sup>[3]</sup>。这所学校成为重离子物理学领域的里程碑事件,为先驱研究人员提供了一个交流思想和知识的宝贵平台。我对莱昂-莱

德曼(Leon Lederman)在那次学习班上的一段话记忆犹新:“五年前(1969年),我们在欧洲核子研究中心的ISR(交叉存储环)讨论了U+U碰撞的可能性”。

1993年,在布鲁克海文国家实验室(BNL),原定建造的200 GeV质子对撞机项目ISABELLE被正式取消。政道对此自然感到惋惜。与此同时,他向当时的实验室主任Nick Samios提出建议,建议将现有的对撞环改造为重离子对撞机——这就是后来被称为RHIC(相对论重离子对撞机)的项目(见图1)。同年,夸克物质国际会议(Quark Matter Conference)在BNL举行,这是重离子碰撞理论领域的一项重要国际会议。在会议上,政道的RHIC提议得到了核物理界的广泛支持,进一步强调了该项目的重要性。

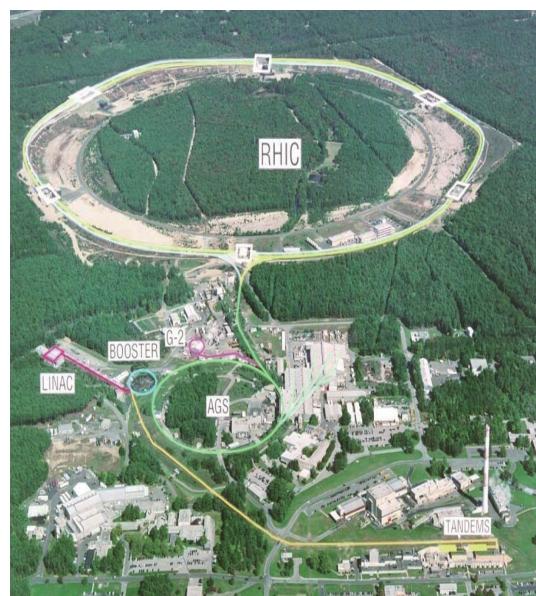


图1 ISABELLE项目取消后,其加速环被改造用于RHIC

## 2. 我与李政道教授的相识

1982年,我从加利福尼亚大学劳伦斯-伯克利实验室(LBL)回到日本,开始在东京大学工作。1982年至1983年间,我提议在日本高能物理研究所(KEK,当时名为日本高能物理国家实验室)利用12 GeV质子同步加速器进行几项重离子实验。然而,KEK当时的官方政策只允许质子加速,不允许重离子束,这迫使我不得不探索其他方案。

不久之后,我访问了布鲁克海文国家实验室(BNL),在那里的自助餐厅碰巧遇到了我在麻省理工学院(MIT)的老朋友李-格罗津斯(Lee Grodzins)。我们曾在超精细相互作用领域有过合作。机缘巧合之下,这次会面成为我职业生涯的关键时刻。格罗津斯对我在KEK的实验想法很感兴趣,邀请我到BNL与他共事。当时,BNL正在探索利用交变梯度同步加速器(AGS)建造重离子加速器的方案。由于这次幸运的相遇,我们得以与东京大学、麻省理工学院和BNL的团队合作,在AGS启动了一系列重离子实验。

在哥伦比亚大学,我发表演讲,介绍了我在贝瓦拉克的研究成果。演讲结束后,没想到政道竟邀请我去他在校园附近的公寓,带我参观内部装饰。这个突然的邀请让我倍感意外。更让我困惑的是,政道还请哥伦比亚大学的Wonyong Lee带我参观了附近的房子。后来我才明白,这是政道发出工作邀请的独特方式。虽然一开始我很困惑,但最终还是接受了。1986年6月,我成为哥伦比亚大学的教授。

## 3. 开始在哥伦比亚大学的生活

我在哥伦比亚大学的新办公室在八楼,正对着政道的办公室。他说:“这个房间非常适合重离子物理学。”他指出,这个房间以前属于吉安-卡罗-维克(Gian-Carlo Wick),他因对李-维克物质的贡献而闻名。能占据这样一个具有历史意义的房间,我深感荣幸。由于距离政道的办公室只有几步之遥,在此期间,我有幸与他进行了频繁而富有启发性的交谈。

1986年,我搬到哥伦比亚大学后不久,哥伦比

亚大学举行了盛大的庆祝活动,纪念政道60岁生日和发现宇称不守恒30周年<sup>[4,5]</sup>。这次活动聚集了300多位杰出的科学家,其中包括20多位诺贝尔奖获得者。这么多杰出人物齐聚一堂,给我留下了由衷的印象,也让我心潮澎湃<sup>[6]</sup>。这次活动给我留下了由衷的敬畏和深刻的启发。在拍摄的众多照片中,图2展示了吴健雄、她的丈夫袁家骝(Luke Yuan)和吴大猷,吴大猷是李政道和杨振宁的导师。

同年,我们在BNL-AGS的实验也开始了。在固定靶的实验中,我们观察到在每核子13~14 GeV能量下对撞的原子核相对于彼此完全停止——这表明可能会形成密度极高的物质。相比之下,RHIC等对撞机实验使用的是质心系每核子200 GeV的能量,预计会产生主要由介子组成的热物质,因为原子核会相互穿过。

这些截然不同的特性在1990年左右就已经被预测到了<sup>[6]</sup>,后来在2000年RHIC开始运行时得到了实验证实<sup>[7]</sup>。

从温度( $T$ )和密度( $\rho$ )相图来看,AGS实验产生的是高密度物质,而RHIC产生的是重子密度接近零的高温物质。这些差异如图3所示。

## 4. 1990年前后的几次插曲

在20世纪80年代末到90年代初,我经历了六



图2 在李政道60寿辰庆典上,李政道、吴健雄、袁家骝与吴大猷合影

次与政道有关的难忘插曲,在此记录下来。

第一件事:政道请我帮助选拔对重离子物理感兴趣的中国年轻物理学家。为了支持这项工作,他主动提出借用他在北京大学的办公室,作为进行访谈的场所。由于他的慷慨,我得以与几位有前途的中国研究人员合作。特别是,我有机会与詹文龙博士合作,他后来成为中国科学院副院长。

第二件事:这个故事同样涉及中国的年轻物理学家,但范围更广。1979年,政道发起了一项名为CUSPEA(中美联合培养物理类研究生计划)的开创性计划。通过该计划,每年从中国选拔出100多名学生。无论是中国申请者还是渴望录取他们的美国大学,竞争都非常激烈。政道最初的设想是让这些学生回到中国并获得学术职位。

然而,到了20世纪80年代末,出于某些考虑,政道决定终止CUSPEA。尽管感到失望,但我认为CUSPEA取得了巨大成功,因为它培养了一代中国顶尖物理学家。

第三件事:本件事的中心内容是BNL的AGS(交变梯度同步加速器)。政道组织了一次大型研讨会,评估所有与AGS相关的活动(见图4)。与会者包括因发现 $\mu$ 子中微子而闻名的梅尔-施瓦茨(Mel Schwartz)、代表丁肇中发现J/ψ粒子的吴秀兰(Sau Lan Wu)、政道本人、稀有衰变专家迈克-泽勒(Mike

Zeller)和比尔-莫尔松(Bill Molzon)以及代表重离子物理学领域的我本人。这是一个总结AGS科学贡献的理想时刻,因为该设施即将关闭。

第四件事:读者可能对这一件事特别感兴趣。1991年,我担任哥伦比亚大学物理系主任。一天,我在系里的地下室发现了一捆具有重要历史意义的信件。已经退休的萨姆-德文斯(Sam Devons)教授向我通报了这些信件的情况,并说它们暂时存放在政道的办公室里。

当我在政道的办公室检查这些信件时,发现它们是物理学界重要人物——H. A. 洛伦茨、马克斯-普朗克、阿尔伯特-爱因斯坦、尼尔斯-玻尔、恩里科-费米等人的手写信件。其中,费米的四封信尤其引人注目。

经过讨论,政道同意将这些信件汇编成一本小册子,其中包括物理系的简史,并分发给新生<sup>[8]</sup>。该计划后来扩大到将正式档案存放在大学主图书馆。由于哥伦比亚大学每年只招收10到20名物理学专业的本科生,他计划制作的2000本小册子可以在未来100年内分发。这的确是一个绝妙的主意。

费米1938年9月4日的一封信值得特别关注。当时,意大利正处于墨索里尼法西斯政权统治之下,与纳粹德国结盟,并颁布了歧视犹太人的“种族保护法”,尤其是在学术界。费米的妻子是犹太人,

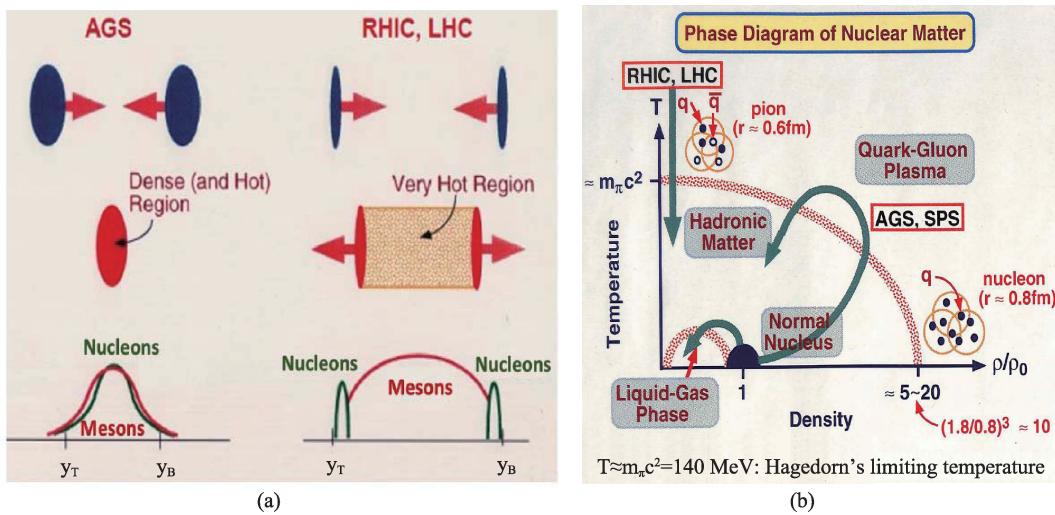


图3 AGS与RHIC上预期的反应动力学(a),以及其在核物质相图中温度(T)与密度(ρ)平面上的投影(b)。

图示绘制于1990年前后



图4 AGS综述研讨会上的一张合影。从左至右依次为: Mel Schwartz、Bill Wallenmeyer、San Lan Wu、李政道、Mike Zeller、Bill Molzon, 以及我本人

他写信给哥伦比亚大学物理系系主任 G. B. 佩格勒姆(Pegram), 询问两年前给他的教授职位是否还有空缺—即使不是完全相同的职位(见图5)。佩格勒姆立即给予了肯定的答复。

同年晚些时候, 费米获得了诺贝尔奖。抓住这个机会, 他和家人从斯德哥尔摩逃到了美国。1939年1月, 他成为哥伦比亚大学的教授。

第五件事: 这一件事更具个人色彩。1991年, 在一次例行访华中, 政道在日本大阪作了短暂停留。我在机场见到了他, 并一起乘火车前往金泽参

加核-核碰撞国际会议。在那里, 政道就相对论重离子物理学的意义发表了精彩演讲。

在火车上经过一个农村小镇时, 我想起了自己的童年。第二次世界大战期间, 我在城里的家被炸毁, 我在农村生活了几年。在旅途中, 我与政道分享了这些记忆——这些对话我至今记忆犹新。

最后一件事: 这件事也是我的个人记忆。大约在那个时候, 政道和他的妻子秦惠簪(李珍妮特, Jeannette Lee)经常邀请我和我的妻子去他们的公寓(见图6)。珍妮特当时身体很好, 但不幸于1996年去世。

September 4th, 1938  
 Dear Professor Pegram,  
 I am writing now in order to  
 inform you, that the reasons that  
 I had then for refusing your  
 offer do not exist any more.  
 I would greatly appreciate there  
 fore if, in case that you should  
 know of a similar opportunity  
 for me at Columbia or somewhere  
 else, you would let me know of  
 it.  
 Thanking you in advance for  
 what you will be able to do for  
 me, I am with best greetings  
 Yours  
 Enrico Fermi

图5 恩里科·费米的来信, 请求哥伦比亚大学为他安排一个职位<sup>[8]</sup>

## 5. 关于 RHIC 实验的建议

让我们回到 RHIC 的故事上来。1990 年,在 RHIC 加速器获得正式建造批准后,立即就计划中的实验展开了公开和建设性的讨论。讨论结束后,1991 年,四个研究小组提交了实验提案,每个小组都受到 3000 万美元预算上限的限制。最终,只有两个探测器系统获得批准。

我们小组与欧洲核子研究中心小组合作,提交了一份名为 OASIS 的实验提案。其目的是测量双电子和光子,以及在有限的实体角内识别质子、K 介子和  $\pi$  介子等强子,但要有全方位角( $2\pi$ )覆盖。相比之下,STAR(RHIC 的螺旋管径迹探测器)提案的目标是实现近乎全  $4\pi$  的覆盖,但没有详细的粒子识别。另一项提案“Di-Muon”侧重于双缪子测量,而规模较小的项目“SPARC/Tales”则建议在较窄的角度范围内测量双电子和强子。

我自然而然地与政道讨论了 OASIS 的提案,政道鼓励我继续研究。不久之后,1991 年夏末,计划咨询委员会(PAC)召开了会议。最终,STAR 实验获得批准,而其他三项建议(包括 OASIS)则被否决,不过委员会建议将其余建议合并为一项。

政道博士对这一结果并不满意,部分原因可能是我参与了 OASIS 提议。尽管如此,他还是采取了积极主动的措施,组织了一次晚宴,将 BNL 的领导层召集在一起:主任尼克-萨米奥斯(Nick Samios)



图6 在政道的公寓中(左起:李夫人珍妮特、我本人、鲁德曼夫人、政道,以及我的妻子)

和他的妻子、副主任梅尔-施瓦茨(Mel Schwartz)和他的妻子、政道和他的妻子,以及我和我的妻子。

这次聚会的结果是,三项被否决的提案在 1991 年晚些时候成功合并,并以 PHENIX 的名称重新启动,就像传说中凤凰涅槃一样。

然而,如前所述,美国能源部(DOE)对 PHENIX 的资助上限为 3000 万美元。幸运的是,日本的 KEK 公司提供了 1000 多万美元经费,用于支持双电子测量部分。即便如此,双缪子探测工作仍有 1000 万美元的资金缺口。这标志着我漫长而充满挑战的旅程的开始。

## 6. 理化学研究所捐款

1992 年初,在 PHENIX 重获新生后不久,我决定寻求日本理化学研究所(RIKEN)的支持,以帮助支付双缪子测量的费用。经过几轮谈判,理化学研究所同意支持扩大 RHIC 项目,将自旋物理计划纳入其中,包括安装西伯利亚蛇和自旋旋转器。

幸运的是,到 1994 年底,日本理化学研究所正式批准了自旋计划和用于双缪子探测器的 1000 万美元资金,使 PHENIX 项目得以继续推进。后来,负责自旋项目的研究小组也加入了 PHENIX 合作项目。

1995 年,美国能源部(DOE)又为日本理化学研究所提供了 1000 万美元,作为支持双缪子探测器的配套资金。因此,PHENIX 能够安装两个  $\mu$  介子臂—一个由理化学研究所资助,另一个由能源部资助。PHENIX 探测器的完整结构如图 7 所示。与此同时,能源部还额外拨款 1000 万美元支持 STAR 实验。

1995~1996 年,在日本理化学研究所的帮助下,我开始寻找自旋物理学的理论带头人。这一点非常重要,因为能源部将自旋物理归入高能范畴,而 RHIC 则归入核物理范畴。因此,我们需要强大的理论支持。我的首选是麻省理工学院的鲍勃-贾菲(Bob Jaffe)教授。他仔细考虑了这个提议,但最终拒绝了,因为他无法承担更多的工作。

随后,我去了政道的办公室,向他咨询谁适合这个职位。当时,我们没有找到具体的解决方案。

然而,令我惊讶的是,仅仅几个小时后,政道就来到我的办公室,对我说:

“如果我自己来担任这个角色怎么样?”

我深感惊讶,立即给时任日本理化学研究所所长有马朗人发了一份传真,征求他的意见。随后,日本理化研究所内部进行了多次讨论,最终,有马所长提议任命政道担任新成立的日本理化研究所(RIKEN)-BNL研究中心(RIKEN-BNL Research Center, RBRC)主任,而不仅是理论顾问。

这成为我对RBRC成立的微薄贡献,RBRC于1997年正式启动。

## 7. 日本理化研究所-BNL研究中心

自政道于1997年担任日本理化研究所-BNL研究中心(RBRC)的创始主任以来,该中心取得了令人瞩目的成就。成功背后的一个关键因素是政道引入了大学和日本理化研究所之间的联合任命制度,根据该制度,研究人员与每个机构各拥有50%的隶属关系。这一创新框架使RBRC能够吸引和培养许多杰出的物理学家。

此外,RBRC的Lattice QCD(格点量子色动力

学)团队也取得了卓越的成果,该中心成为众多著名理论家的摇篮。RBRC很快获得了国际认可,成为日本和美国之间最成功、最引人注目的联合研究项目之一。毋庸置疑,政道孜孜不倦的奉献精神是这一成功的核心所在。

RBRC的其他主要成就包括(a)在STAR和PHENIX中安装了自旋旋转器和西伯利亚蛇,它们是在加速器中保持束流极化的装置;(b)为PHENIX开发和部署了高性能双缪子探测器。

政道还邀请著名艺术家李可染创作了一件象征在高能重离子碰撞中创造新物质的艺术作品。这件作品成为RBRC的标志性代表(见图8)。

1997~2004年,在政道的领导下,RBRC蓬勃发展。在其继任者的得力领导下,中心继续蓬勃发展:他们是尼克-萨米奥斯(Nick Samios,2004~2013年)、萨姆-阿伦森(Sam Aronson,2013~2017年)、延与秀人(Hideto En'yō,2017~2023年)和鲍勃-特里布尔(Bob Tribble,2023年至今)。

## 8. 我回到日本

1997年,由于日本缺乏能够领导大型核物理项目的接班人,我回到了日本。我回国的一个主要动

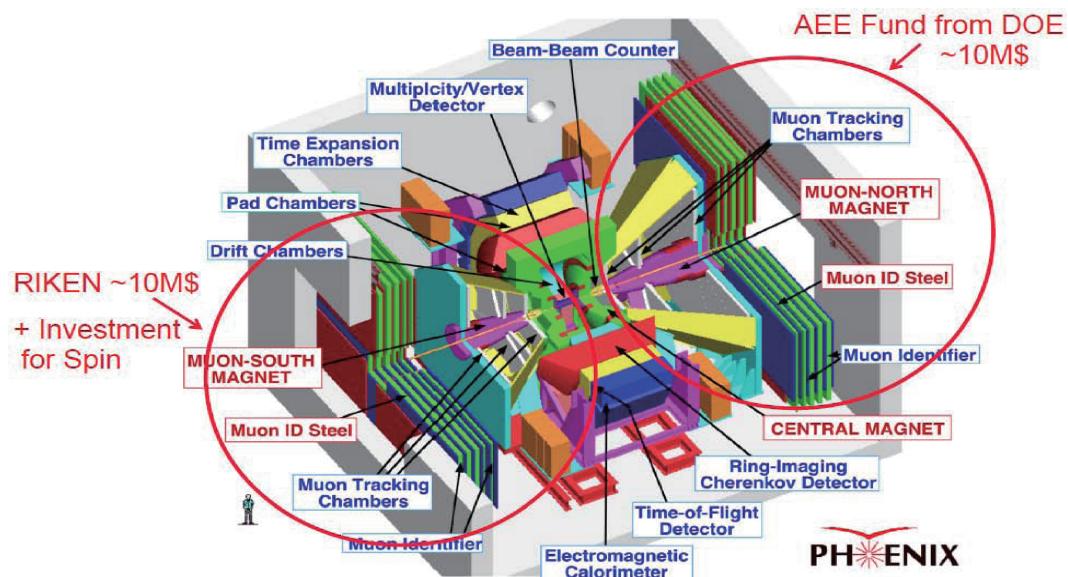


图7 接近最终形态的PHENIX探测器

机是有马郎人教授的直接请求,他后来担任日本文部科学省大臣。

回到日本后,我们制定了新的计划,并向国际咨询委员会提交了修订后的提案,该委员会成员包括 Erich Vogt、T. D. Lee、Akito Arima(有马朗人)、Masatoshi Koshiba(小柴昌俊)等。在给予赞扬和鼓励的同时,委员会建议继续建设日本强子设施(JHF),该设施后来发展成为 J-PARC(日本质子加速器研究中心)。

此后,政道多次访问日本。例如,1999年秋天,他出席了在岛根县松江区(Matsue, Shimane Prefecture)举行的日本物理学会年会,并在会上发表了精力充沛、令人难忘的演讲。

最终,RBRC 在美国设立了约 40 个研究职位,在日本设立了类似数量的职位,在欧洲设立了约 16 个职位。为表彰他对日美科学合作的杰出贡献,



图8 核子重如牛,对撞(重离子对重离子)生新态

2007年,政道被日本政府授予旭日勋章、金质勋章和银质勋章(the Order of the Rising Sun, Gold and Silver)。这是日本的最高荣誉之一,用于表彰在促进国际合作方面取得的卓越成就(见图 9)。

2007年夏天,国际核物理大会(INPC)在东京举行,吸引了1000多名与会者。在主会场会议的前一天,我组织了为期一天的特别研讨会,纪念汤川秀树博士 100 周年诞辰。应邀发言的有 T. D. Lee、Leon Cooper、Yoichiro Nambu 和 John Schiffer——他们都是著名的物理学家。

我特别邀请了政道,因为他继承了汤川博士以前在哥伦比亚大学的办公室,他对此感到非常自豪。汤川在哥伦比亚大学期间获得了诺贝尔奖,后来,政道也搬进了同一间办公室。我在哥伦比亚大学就读期间,政道经常怀着崇敬的心情谈起这种联系。例如,他曾自豪地向我展示他从汤川那里继承的家具和黑板。

遗憾的是,库珀教授由于当时担任布朗大学校长,不得不取消了他的来访。不过,政道在孙子和他们母亲的陪同下,非常享受他的东京之行。

在中国逗留访问北京期间,我一直期待着访问中国高等科学技术中心(CCAST),并有幸多次与政道共进晚餐。我最后一次与政道一起访问 CCAST 是在 2008 年。那次,我的老朋友桥本大作(Osamu Hashimoto)也来了。

2009 年,我前往上海参加亚太物理学会



图9 (a) 在因其对日美合作作出重大贡献而获得“日本功绩勋章”; (b)政道的右侧为当时理化研究所(RIKEN)所长、2001年诺贝尔化学奖获得者野依良治博士

(AAPPS)会议。访问期间,我参观了上海交通大学李政道图书馆。我被馆内规模宏大、内容丰富的展品深深打动,这些展品精美地记录了李政道的整个生平和职业生涯。这一印象至今记忆犹新。

## 9. 李政道教授从哥伦比亚大学退休后

李政道教授从哥伦比亚大学退休后,他的办公室进行了装修。2014年我去拜访他时,工程仍在进行,他的秘书很友好地为我和政道在他原来的办公室拍了一张照片(见图10)。

如前所述,政道与汤川秀树博士有着深厚而持久的联系。政道退休后,政道的黑板被转交给了大阪大学,因为汤川博士曾在该校任职期间撰写了其开创性的论文。如今,这块黑板仍被大阪大学积极用于研究和教学(如图10所示)。

我收到政道博士的最后一封信是在2019年,当时他已93岁高龄。信中附有一张素描,是他离开纽约后搬到旧金山新家附近的公园里画的一朵花。值得注意的是,即使到了这个年纪,他的字迹依然

清晰遒劲。

孔子曾经说过“吾十有五而志于学,三十而立,四十而不惑,五十而知天命,六十而耳顺,七十而从心所欲不逾矩”。

我第一次接触博士是在他五十岁左右。在他六十多岁时,我们相互了解,关系越来越好。他在七十岁时担任了RBRC的主任。博士三十岁时就获得了诺贝尔奖,五十多岁时仍处于事业的巅峰。即便如此,他在物理学,特别是相对论重离子碰撞方面的影响依然巨大。

## 10. 结束语

如开头所述,我们怀着沉痛的心情与大家分享李政道教授于2024年8月4日逝世的消息,享年97岁。他的去世是全球物理学界,尤其是重离子物理学界的巨大损失。

就个人而言,他的离去在所有有幸认识他的人心中留下了不可替代的空白。

愿他的非凡成就继续激励后人,愿他的精神通过他毕生工作的永恒遗产而永垂不朽。

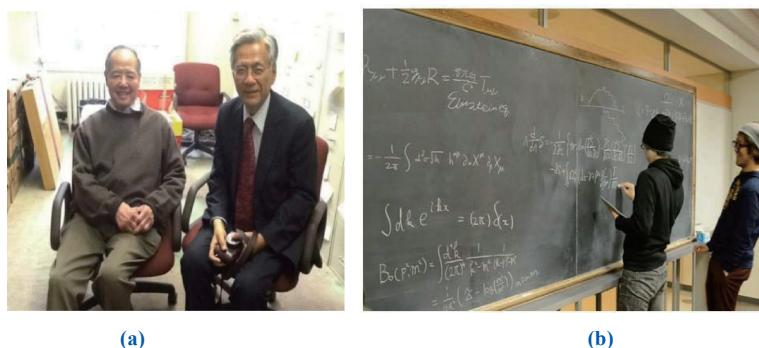


图10 (a) 2014年我拜访政道时,他退休后的办公室正在装修。他的秘书在装修期间拍摄了这张照片;  
(b) 政道的黑板,最初属于汤川秀树,后来被赠送给大阪大学

## 参考文献

- [1] T. D. Lee, G. C. Wick, Phys. Rev. D9, 2291 (1974).
- [2] Y. Nambu and G. Jona-Lasinio, Phys. Rev. 122, 345 (1961); Phys. Rev. 124, 246 (1961).
- [3] Proceedings on Workshop on BeV per nucleon Collisions of Heavy-Ions, New York -How and Why - (1974) (Commonly named as Bear Mountain Heavy-Ion School)
- [4] T. D. Lee and C. N. Yang, Phys. Rev. 104, 254 (1956).
- [5] Thirty Years Since Parity Nonconservation, — A Symposium for T. D. Lee - Edited by Robert Novick, Birkhäuser, 1986.
- [6] S. Nagamiya, Nucl. Phys. A488, 3c (1988).
- [7] I. Arsene, et al. (BRAHMS Collaboration), Nucl. Phys. A757, 1, (2005).
- [8] T.D. Lee, Department of Physics, published in 1992.