

# 大卫·派因斯

施郁<sup>†</sup>

(复旦大学物理学系 上海 200433)

2018-11-16收到

<sup>†</sup> email: yushi@fudan.edu.cn

DOI: 10.7693/wl20190708

2018年5月3日, 美国著名物理学家大卫·派因斯(图1)不幸辞世, 终年94岁。

有一套非常受欢迎的物理学丛书, 叫作《物理学前沿》(*Frontiers in Physics*), 从1961年一直出到现在, 很多物理学名著属于这套丛书。该书的主编就是派因斯。每本书都有他写的序言, 大部分内容一样, 属介绍性质, 告诉读者说这是非正式的专著, 介于正式的专著与讲义之间, 比正式的专著更新更快地跟上研究的进展, 最后针对这本书作个简单介绍。不过在笔者看来, 里面的不少书够正式了。这套书中也有派因斯本人的几本著作(图2)。

派因斯1944年从伯克利加州大学毕业, 当了两年兵以后, 回来做研究生。他想找奥本海默(Julius Robert Oppenheimer)做导师。当时奥本海默已经离开洛斯阿拉莫斯实验室, 回到他同时在伯克利和加州理工学院两校的教授职位。很快奥

本海默要去担任普林斯顿高等研究院的院长, 于是安排派因斯进入普林斯顿大学物理系作研究生<sup>[1]</sup>。

普林斯顿大学物理系有一位年轻的理论物理学家玻姆(David Bohm), 是奥本海默的得意门生。当年奥本海默曾想带他一起去洛斯阿拉莫斯, 但是未被批准, 因为玻姆是共产主义者。

派因斯本来就认识玻姆, 到普林斯顿后与他合住了9个月(几年后玻姆又与派因斯夫妇和另一对研究生夫妇合住一所房子), 学到很多物理知识, 加上奥本海默很忙, 所以就改选玻姆为导师, 还与他合用办公室。

派因斯曾评价玻姆是美国“二战”之后的那一代理论物理学家中最强的三位之一, 另两位是费曼(Richard Phillips Feynman)和施温格(Julian Schwinger)。笔者将派因斯算成美国第二代本土物理学家。第一代的费曼、施温格、玻姆完全在美国国内完成学业, 而他们的导师惠勒(John Wheeler)、拉比(Isidor Isaac Rabi)和奥本海默都曾去欧洲留学。

玻姆当时研究等离子体, 派因斯认为玻姆当时比世界上任何人更懂等离子体。玻姆研究了经典等离子体中电子相互作用以及屏蔽效应, 希望将这些问题推进到量子区域, 以用于金属中的电子。这就成了派因斯的博士论文题目《电子相互作用中的等离子体振荡》。他们发明了现在凝聚态物理领域众所周知的无规相近似, 将库仑作用的长程部分用等离子体振荡描述, 而且量

子等离子体振荡只有轻微的衰减, 短程部分用屏蔽势表示。

1950年, 奥本海默被怀疑是共产党人, 玻姆因此被传唤, 要求说明他本人和其他同事在伯克利参加共产党活动的情况, 被他拒绝, 导致拘留。虽然后来被宣布无罪, 但是被普林斯顿大学停职。玻姆先是去了巴西、以色列, 后来安顿在英国。

玻姆的另一个主要兴趣是量子力学的基础, 在离开美国时, 他著名的《量子理论》(*Quantum Theory*)一书已经出版。后来玻姆主要从事量子力学基本问题的研究, 提出了隐变量理论, 他最出名的工作是阿罗诺夫—玻姆效应。再后来他转到了哲学领域。

派因斯在宾夕法尼亚大学做了两年讲师。在这里, 他和一个学生以及盖尔曼(Murray Gell-Mann)合作, 将无规相近似用到原子核多体问题。盖尔曼是玻姆和派因斯的朋友, 后来成为理论粒子物理一代大师, 提出夸克模型。之后派因斯来到伊利诺伊大学厄巴纳—香槟分校, 在巴丁(John Bardeen)指导下作研究助理教授, 并合用巴丁的办公室。前面说过, 派因斯在普林斯顿时与玻姆合用办公室并合住。大概长时间与导师相处在一起帮助了派因斯的成长。

巴丁是迄今为止历史上唯一获得两次诺贝尔物理学奖的人。当时巴丁刚离开贝尔实验室来到厄巴纳。在贝尔实验室, 巴丁与肖克利(William Shockley)和布列坦(Walter



图1 大卫·派因斯(David Pines, 1924—2018)(图片来自网络)

Brattain)合作发明了晶体管,但是与肖克利有矛盾。三人后来分享了1956年的诺贝尔物理学奖。获得这次诺奖时,他与他的博士后库珀(Leon Cooper)以及研究生施瑞弗(John Robert Schrieffer)取得了超导理论的突破。1972年的诺贝尔物理学奖由他们三位分享。

巴丁一直对超导感兴趣并且疑似其与晶格振动有关,所以长期关心电子与晶格振动的耦合。派因斯在普林斯顿就曾听过他与玻姆讨论超导。派因斯到厄巴纳后,巴丁建议他研究极化子,即慢电子与极化晶体中的光学模耦合。当时对于耦合常数比较小的情况,英国的弗罗里希(Herbert Frohlich)等人已经作了微扰计算。

那时李政道正应巴丁之邀在Urbana访问。李政道曾回忆,巴丁邀请他去研究固体物理中的一个难题。派因斯后来回忆,李政道当时感兴趣于将朝永振一郎研究介子与核子相互作用的中间耦合的变分方法用到粒子物理。派因斯与李政道讨论并互相看了对方的笔记本,两人决定将朝永的方法用于主宰极化子运动的电子—声子相互作用。声子就是晶格振动的量子。后来他们又在娄(Francis Low)的建议下,写出了极化子的相干态波函数。

派因斯又用玻姆和他的理论解释了为什么金属中的电子接近自由电子,说明了它们是准粒子。然后将他们的理论用于研究电子相互作用对电子—声子相互作用的影响,以便为研究超导作准备。

派因斯与巴丁合作写了一篇文章为《电子—声子相互作用》的文章,将离子运动项加入玻姆和他的正则变换,采用无规相近似,得到声波和等离子体振荡。他们发现,在由声子能量表征的费米面一定范

围内,声子可以诱导出电子之间的吸引作用,而且能够克服电子间的库伦作用,使得总的电子相互作用变为吸引作用。

1955年初,派因斯离开厄巴纳,回到普林斯顿大学任助理教授。

当时巴丁已经为研究生施瑞弗选择超导作为论文课题。1955年春天,通过杨振宁和李政道的介绍,巴丁在普林斯顿高等研究院会见了那里的博士后库珀。巴丁当时要找一个精通费曼图、重整化和泛函积分等最新理论方法的年轻人。几个月后,库珀成为巴丁的博士后,与他合用办公室,使用原来派因斯用的办公桌。

巴丁、库珀和施瑞弗(BCS)成为一个合作小组。巴丁和派因斯关于电子—声子相互作用可以导致电子间的吸引作用的工作成为出发点。库珀发现,电子之间的吸引作用导致费米面附近的电子成对形成束缚态。1957年1月,在李政道—派因斯—娄的极化子波函数的启发下,施瑞弗写下了与之高度相似的超导波函数,其实就是将声子算符换成库珀对算符。2月,BCS完成超导BCS理论的第一篇文章,第二篇于7月完成。

BCS理论第一篇文章完成不久,派因斯收到预印本。他用自己和巴丁关于电子有效吸引相互作用的结果,以及BCS的超导临界温度公式,研究了哪些金属可能超导,解释了马蒂亚斯(Bernd Matthias)关于超导的经验规律。

1957年,因为在哥本哈根的玻尔研究所访问,派因斯与奥格·波尔(Aage Bohr)、莫特森(Ben Mottelson)将BCS理论用到原子核超导。这项工作启发米格道(Arkady Migdal)以及金兹堡(Vitaly Ginzburg)和科施涅兹(David Kirshnitz)提出中子星内



图2 大卫·派因斯的著作(图片来自网络)

部的强子超流。后来脉冲星被发现并确认为中子星,导致派因斯等人用中子星内部的超流解释脉冲星的转动频率突然加快。

1959年派因斯回到厄巴纳任教授,直到1995年成为荣休教授,之后任教于加州大学戴维斯分校。他是1990年代研究复杂性的Santa Fe研究所的创始人之一,后又创办了分布在加州大学若干分校的复杂适应性物质研究所(Institute for Complex Adaptive Matter)。在高温超导的热潮中,他与合作者的自旋涨落理论曾是一个主要理论。

如果派因斯1955年后继续留在厄巴纳,有可能会自然成为超导理论的合作者之一。他正好做了与“在正确的时间来到正确的地方”相反的事情——在节骨眼上离开了正确的地方。

## 参考文献

- [1] Pines D. Int. J. Mod. Phys. B, 2010, 24 (20-21): 3814(本文若干信息根据此文核实,不再一一注明)