

泡利——一位具有传奇色彩的物理学家

何伯琦

(华中师范大学化学系)

因发现不相容原理而获 1945 年度诺贝尔物理学奖的泡利 (Wolfgang Pauli, 1900—1958), 是近代物理学史中一位特别引人注目的优秀物理学家, 他所留下的轶闻趣事广为流传。他的一生留给后人的启迪耐人寻味。

一、才智出众的“神童”

1900 年 4 月 25 日, 一个婴儿在世界音乐之城维也纳诞生了。然而他并没有成为音乐家, 这位和量子概念同年降生的人, 成了“一位最善于批判的, 在逻辑上和数学上要求严格的科学家”, 他就是泡利。

泡利从小受到父亲 W. J. 泡利 (维也纳大学的生物化学教授) 和教父——物理学家马赫 (Mach) 的影响和熏陶。中学就读时, 就自修了约当 (Jordan) 的《数学分析教程》和大学物理。1918 年, 刚以优异成绩毕业于维也纳一所中学的泡利, 就向德文杂志《哲学学报》投寄一篇关于引力场的能量研究的论文, 并于次年发表。

中学毕业后, 泡利带着父亲的介绍信到慕尼黑找著名物理学家索末菲 (A. Sommerfeld)。泡利要求不学大学课程而直接读研究生课程, 并参加高年级研究生的讨论班! 这使索末菲惊讶不已, 老师觉得这个年轻人未免有点不知天高地厚。但很快泡利就使老师感到他是讨论班上掌握问题最快, 理解问题最深和最有才能的一个参加者, 他成了索末菲最得意的学生, 并接连发表了两篇关于相对论的论文。

到慕尼黑一年以后, 德国著名数学家克莱因 (C. F. Klein) 正主编出一本从各方面反映科学现状的巨著《数学百科全书》, 克莱因邀索末菲撰写一篇关于相对论的综述文章, 索末菲竟异乎寻常地将这一任务交给了不满 20 岁的泡利。泡利以令人惊讶的速度写了一篇长达 250 页的综述, 这篇文章与韦耳 (Weyl) 的“空

间、时间、物质”的文章一起, 是至今被公认的评述相对论的两篇经典著作。索末菲在给爱因斯坦的信中称赞这篇文章简直是“神乎其神”。爱因斯坦读了这篇文章后写道: “每一位读了这篇成熟的、经过深思熟虑的文章的读者, 未必会相信, 文章的作者竟只有 21 岁。评述人对相对论思想发展的心领神会, 数学结论的无懈可击, 对物理实质的深刻洞察力, 明晰而又系统的表达能力, 文献知识的广博, 题材的完备处理, 评价的恰到好处——人们简直不知称呼什么才好。”

1921 年, 在索末菲的指导下, 泡利以“论氢分子的模型”的论文获慕尼黑大学哲学博士学位。之后到哥廷根大学担任玻恩 (M. Born) 的助教。这年秋天, 他与师弟海森伯随导师索末菲参加了哥廷根的一个学术会议。应邀前来讲学的玻尔 (N. Bohr) 发现这两个年轻人非同一般, 立即邀请他俩去哥本哈根理论物理研究所工作, 从此, 泡利、海森伯与玻尔结下了不解之缘。从 1923—1928 年, 他从哥本哈根转到汉堡, 成为伦茨 (W. Lenz) 的助手, 并担任讲座。1928 年, 瑞士教育委员会任命他为德拜 (Debye) 的继任者, 在苏黎士工业大学担任教授。1940 年, 为躲避法西斯迫害, 应邀到美国普林斯顿高等研究院工作, 并加入美国籍。1946 年又回到苏黎世, 直至逝世。

二、“理论物理学的肝脏”

本世纪 20 年代中和 30 年代初, 物理学有许多重大的突破, 如: 矩阵力学和波动力学的创立及解释、量子场论、狄拉克方程等, 泡利虽然不是它们的创建者, 但在理论物理的许多方面仍有重要的建树, 对物理学的进展作出了不可磨灭的贡献。

1925 年 1 月 16 日, 泡利在《物理周报》上发表了题为“原子内的电子群与光谱的复杂结

构”的论文,第一次正式提出了不相容原理:原子中不能有2个以上的电子处于完全相同的状态。泡利指出:电子的一种新的量子性质——“不能作经典描述的双值性”,对于理解反常塞曼效应是必不可少的。这一原理不仅导致了自旋的发现,也使得当时所知的有关原子结构的知识变得有条有理,使人们理解了原子中电子壳层的形成,以及元素按原子序数递增排列时所观察到的化学性质的周期性。

泡利在物理学中另一个出色的成就就是提出中微子假设。1914年查德威克(J.Chadwick)在对放射性物质的 β 衰变进行观测时,发现 β 衰变是连续谱,且有一点点“能量失窃”。为解释这一问题,玻尔认为在放射 β 射线时,能量仅在统计意义上守恒,对于单个反应并不守恒。泡利强烈反对这一看法,他认为解决 β 衰变中能量的短缺和“氮的危机”,可能是同一个谜的两种表现形式。1930年12月4日在给盖革(H.W.Gieger)和迈特勒(L.Meitner)的信中,泡利首次提出了“中子”的假设。他认为:在原子核内部除存在质子和电子外,还存在一种自旋为 $1/2$ 的电中性粒子,这种“中子”具有磁矩,在 β 衰变过程中,它与电子同时被放射出来,由这一机制既可解释 β 谱的连续性,能量也依然守恒。1931年,在帕萨迪纳(Pasadena)举行的美国物理学年会上,泡利重申了他的新粒子假设,并预言:按这一假设, β 射线的能谱应有一个尖锐的上限。尽管当时泡利对新粒子的假设信心不足,但费米(E.Fermi)却对泡利的“中子”(费米改称中微子 ν)假设极感兴趣。后来,在泡利等人工作的基础上,费米于1934年提出了“划时代的 β 衰变理论”。1956年,中微子被观察到。

在场论中,泡利对分立对称性也有过重要的研究,是他最完整地证明了CPT定理。

泡利对理论物理学的重要贡献还有:基本粒子自旋与统计关系的研究,气体与金属的顺磁性的量子力学理论,把波动力学从单粒子推广到多粒子、介子的解释及核的结合力……。

正是由于泡利在理论物理学众多领域中的

突出贡献和他对物理学的促进作用,韦斯科夫(V.Weisskopf)在葬礼上评价泡利是“理论物理学的心脏”,这的确恰当地表达了所有认识他的人对这位伟大人物的评价。

三、上帝的鞭子与哥本哈根精神

凡是与泡利一起工作过的人,都非常佩服他的才智与发现理论弱点的本领,对他的锋芒毕露,尖锐的批评与罕见的幽默感触极深,以至荷兰物理学家埃仑菲斯特(P.Ehrenfest)赞誉他是“上帝的鞭子”。在他死后,人们还杜撰了一则故事:泡利灵魂升天后,仍念念不忘精细结构常数 $\alpha = 1/137$ 之谜,于是他去问上帝,上帝交给他一张纸条,说答案在上面,泡利接过去一看,立即用德语回答:“这是胡说”。连上帝也逃不过一鞭!

正是这个上帝的鞭子和海森伯、弗兰克(J.Franck)、克莱因(O.Klein)等一大批年轻物理学家,在“精神领袖”玻尔的带领下,在学术争论中为求真理,他们不论师尊、不讲亲疏、不顾情面,“以不同寻常的合作精神,不断讨论和自由交换思想”,形成了举世瞩目的“哥本哈根精神”,促进了物理学的发展,使哥本哈根理论物理研究所成为了全世界物理学家“朝圣”的“麦加”。

传说有一次玻尔在讨论会上发言时,泡利突然大声喊叫:“住口,别冒傻气!”玻尔并未生气,却温和地说:“但是泡利,你听我说……”泡利立即顶回去:“不,我一个字也不想再听!”对老师尚且如此,对其他人就可想而知了。

尽管泡利言词犀利、尖刻,使人有时难以承受,但由于不同凡响的敏锐反应能力和善于剖析问题的症结,大家都愿意听取他的意见,乐意与他议论问题。克莱因在他的回忆录《探索》一书中写道:“泡利外表上象一尊佛,但这是双眼闪烁着智慧之光的佛。泡利在学术争论中是无可比拟的。对他来说,任何解决问题的正确方法,如果证据不够简洁、充分和合乎逻辑,则没有任何意义。他的科学著作……是长期积极思考的产物,在思考过程中一次又一次地推敲论据,他那极端严格的要求没有达到就决不罢

休……他毫无例外地对一切都要打上一个问题。他不讲怜悯，不动感情；批评尖刻，但经常于人有益。玻尔和海森伯虽然自尊心极强，但非常重视泡利的批评意见。他们极为钦佩泡利的无比诚实”。玻尔本人也高度评价了泡利在学术争论中的表现：“确实，每个人都渴望听到泡利永远很强烈和很幽默地表示出来的对于新发现和新思想的反应，以及他对新开辟的前景的爱和憎。即使暂时可能感到不愉快，我们也永远从泡利的评论中获益匪浅的；如果他感到必须改变自己的观点，他就极其庄重地当众承认，因此，当新的发现受到他的赞赏时，那就是一种巨大的安慰。同时，当关于他的性格的那些轶事变成一种美谈时，他就越来越变成理论物理界的一种良知了。”泡利也正是通过这种自由民主、开诚布公的学术讨论与通信，对物理学的发展具有“极大的影响”、“产生了促进作用”。

四、“泡利效应”与泡利的失误

人无完人，金无足赤。以理论思维极强而闻名于世的泡利，在实验动手能力上却是弱者，他笨手笨脚的动作，常常对实验室造成灾难。与泡利一起工作过的年轻物理学家甚至把实验出现稀奇古怪的毛病，把实验仪器的损坏与爆炸归之于泡利，并戏谑地称之为泡利效应，只要泡利出现在实验室，实验仪器就会不可思议地出毛病。“有一天，哥廷根大学物理研究所弗朗克教授的实验室里的仪器莫名其妙地炸裂成了碎片，没有发现任何明显的原因。后来的调查表明，这个灾难发生的时间正好是一辆载着泡利从泽瑞奇到哥本哈根的火车在哥廷根车站停了5分钟的时间”。于是大家嘲弄地说，这是“泡利效应”的铁证。从此，泡利效应传遍欧洲，后来发展到谈虎色变的程度：只要泡利进入实验室，实验室的工作人员就紧张得手忙脚乱，以致果真出现差错，发生事故。

在科学探索的道路上没有“常胜将军”，以善于剖析问题的症结、发现理论弱点而见长的泡利也有过失误。最著名的例子莫过于“弱相互作用中宇称不守恒”与“电子自旋概念”的提

出。

1956年，为解释 $\tau-\theta$ 之谜，李政道与杨振宁提出了在弱相互作用中宇称不守恒的设想及几个验证实验的建议。不久，分别以哥伦比亚大学吴健雄和芝加哥大学泰莱梯(Telegdi)为首的两个实验小组开始做实验。坚信时一空对称性的泡利，不相信这个实验会证明宇称不守恒，他在1957年1月17日给韦斯科夫的信中说：“我不相信上帝是一个软弱的左撇子，我可以跟任何人打赌，做出来的结果一定是左右对称的。”至1957年初，他突然收到好几封美国来信，说吴健雄的实验证实了李-杨的设想，而且接着在48小时内，瑞德曼和伽莱又发现了 $\pi_{\mu e}$ 衰变也是左右不对称的，收到这些信后，泡利说他几乎休克。他又在给韦斯科夫的信中说：“幸运没有人跟我打赌。假如有人打赌的话，我就要破产了，因为我没有这么多财产。现在这样，我只是损失了一点名誉。”

1925年提出不相容原理后，泡利本人对描述电子的第四个量子数的物理实质并不理解。他只能含糊地说，这是一种经典方法无法描述的双值性。因此，当曾做过他助手的克罗尼格(Ralph de Lear Kronig)先提出电子旋转的想法时遭到了泡利的强烈反对，泡利认为电子自旋的经典力学特性是不正确的，劝他不要在这方面耗费精力。可是另外两个年轻人乌仑贝克(G.Uhlenbeck)和高德斯密特(S.Goudsmit)在他们的老师埃仑菲斯特的支持下，于同年10月17日，向《自然科学》提交了一篇论文，他们在文中建议电子的第四个量子数应对应电子的另一个自由度——自旋，这个作为基本粒子内禀属性的概念就这样公之于世，而迷信权威的克罗尼格相信了泡利的话，“没有勇气发表他的思想”，以至失去了一次重大发现的机会。

坚持真理，勇于承认并修正错误，也是泡利为人的可取之处。1957年，海森伯想出了一个“世界方程式”，试图完全从对称原理出发解决物理学的所有问题，例如质子质量与电子质量之比，以及 $\alpha = 1/137$ 等。他邀泡利一同研究，这是卅年后他们的第二次合作。他们合作后，工



格物致知 学以致用

——贺汤定元院士 75 岁生日

褚君浩

(中国科学院上海技术物理研究所)

今年五月十二日是著名物理学家汤定元院士七十五岁生日。他是我国红外技术的创建人,半导体光电器件的开拓者,窄禁带半导体学科的带头人。汤定元先生早年留学美国,回国后,先后任中国科学院应用物理研究所(1958年改名为物理研究所),半导体研究所助研、副研和研究员。1964年调中国科学院上海技术物理研究所任研究员,并先后兼任室主任、副所长和所长,红外物理国家重点实验室学术委员会主任。1991年被选为中国科学院数学物理学部委员。“格物致知,学以致用”,是汤定元先生的座右铭。努力认识世界,并用以改造世界,是汤定元先生一直追求的美好理想。目前一个在国际上颇有影响的红外物理及技术研究队伍已经在我国建立,对该学科领域和国民经济产生了很大的影响。

汤定元先生 1920 年出生在江苏省金坛县

作进展似乎很快,那些日子在泡利寄给美国的信中,关于质子质量与电子质量之比,头一封信说已达 1000,第二封信就说已达 1300 了。1958年初,泡利要到美国去,他在给吴健雄的信中提出:“请你找很少几个人,我愿和大家谈论海森伯和我的这个理论。”吴健雄本来只通知了很少几人,但后来却到了 400 多人。泡利在报告时,越讲越感到不对劲,以至不能自圆其说。杨振宁等许多人听后都怀疑他们所做的东西是虚构的。一位物理学家戴逊(F. J. Dyson)听后说:“他们简直是乱搞,如果这也算是物理学的话,我看我们得重新审查一下他们 1925 年的工作是不是也是乱搞的。”大家知道,1925年,海森伯提出了量子力学的矩阵形式、泡利提出了不相容原理,两人均因 1925 年的工作而获诺贝尔物理奖。

农村,父亲是乡村私塾先生,家境贫寒,初中毕业后就考进了吃饭不要钱的无锡师范。那时就开始研读《无线电收音机入门》和萨本栋写的《普通物理学》,这引起他极大的兴趣,无形中决定了他终身的方向。两年后,抗日战争爆发,学校关闭,他与几位老同学一起,肩背铺盖,步行到武汉,后转入国立四川中学师范部,读到毕业。在那兵荒马乱的时期想找一个小学教员的位置,也毫无门路,只能报考大学,结果虽然没有考英语,但以优秀的物理成绩,较高的总分,被录取在中央大学物理系。1942年大学毕业后留校任助教,在这期间他与刚回国的赵广增先生一起工作,在非常艰难的物质条件下进行气体放电的研究,赵先生的不畏艰难、不折不挠和勇于探索的科学精神使他深受感动。经过一年多的努力和不知多少次的失败,最后终于获得成功。汤定元的名字第一次出现在美国的

作过这次演讲后,泡利立即给海森伯写信,说他不相信这个“理论”了,而海森伯回信要他继续研究下去。不久,美国报纸转载德国报纸上的一条新闻,说海森伯与泡利两人解决了物理学中最令人瞩目的基本问题,信中海森伯说,他们的基本理论已经完成,只是有些细节还没有填进去。泡利看到这则消息后非常生气,立即写了一封信给海森伯:“我完全不同意你在报上所讲的话”,并在信上画了一个大方框,里面什么也没画。泡利在方框下面写道“我可以和名画家琴德洛特画得一样好,只是有些细节还没有画上去。”这年夏天,在日内瓦召开的国际高能物理年会上,海森伯又在大会上作报告,讲他和泡利的理论。泡利当即反对,并对海森伯进行了无情的攻击。真是“牢骚太甚防肠断”,三个月后,泡利就与世长辞了。