

王福山先生谈海森伯(I)

沈 惠 川

(中国科学技术大学基础物理中心,合肥 230026)

本文写于王福山先生大殓的日子(1993年12月22日)。从此,阴阳阻隔,我再也收不到他那热情洋溢的来信,再也看不到他的音容笑貌,再也聆听不到他的谆谆教诲了。前几天收到的一纸讣告,犹如晴天霹雳,使我震惊、难过、彻夜未眠。我没有想到,没有想到1993年春节一别竟成永诀,没有想到一月前寄来的写于专刊“Werner Heisenberg in Leipzig, 1927—1942”文章抽印本上的题词竟成了他的绝笔。王先生自1989年7月起寄给我的68封来信(平均每三周一封)以及诸多出版物,现在成了我们之间永留纪念的信物。

王福山先生(1907年11月11日—1993年12月10日)是我国著名物理学家和教育家、复旦大学物理系原系主任和同济大学物理系名誉系主任。1929年至1940年期间,他在德国莱比锡学习,师从海森伯。他的作品有《二十年代的海森伯》、《我在德国(1929—1940)的点滴回忆》和《第二次世界大战期间德国的原子能工作》,译作有《严密自然科学基础近年来的变化》(W. 海森伯著)和《一个非政治家的政治生活——回忆维尔纳·海森伯》(伊丽莎白·海森伯著)。等本文作为以上这些有关海森伯科学生平和学术思想的出版物的补充,是从王先生自1989年7月起寄给我的68封来信中节选出来的。王先生的原话几乎一字未动,笔者仅按内容进行重新编排分类。

1 海森伯的著作和学术思想

○(笔者,下同)王老师,我读过你译的海森伯夫人的书《一个非政治家的政治生活》。1989年我在意大利国际理论物理中心(ICTP)时,曾见过这本书的英译本,译者是S. Cappellari和C. Morris,由Birkhäuser公司出版。英译本中有海森伯的39幅照片,但是中译本中没有。我已将该书复印了一份。如果你希望得到这些照片,我可复印一份给你。

●(王福山先生,下同)海森伯夫人书的英译本我未曾见过。承告其中有39幅照片(德文原版里是一幅也没有的)。我猜想这些照片一定大都取自Armin Hermann的“Werner Heisenberg”这本书里(还有也是他著的《世纪科学》书里),书中有许多关于海森伯的照片。

○海森伯夫人的书中的39幅照片,我查了一下,其中有19幅是海森伯夫人自己珍藏的,两幅由洪堡(Humboldt)基金会提供,一幅

由洪德(Fritz Hund)提供,一幅由魏扎克(Carl Friedrich von Weizsäcker)提供,还有一些是其他人提供的。

●承告海森伯夫人书英译本中39幅照片都由诸多私人提供,可能与一般见到的不大一样,或者大同小异。我自己以前也带回一些,但在“文化大革命”中全部抄光,包括海森伯给我的信,其中一封还是他亲笔写的。惜乎这些宝贵纪念物现在都没有了。

○在意大利时,我还看到过一本海森伯的书《量子物理的哲学问题》,由6—7篇演讲拼成,不知王老师有没有见过此书?

●此书我在海森伯著作目录中亦未找到,所以猜想或许是别人将他专讲量子物理哲学问题的文章收集起来成一册的。为了弄清这点,是否可请你翻阅一下此书的序言。倘使看不出什么名堂,则可否将每篇的题目和在何处讲的抄录一下,让我去对一下?

○王老师,对下来的结果,《量子物理的哲学问题》就是《严密自然科学基础近年来的变

化》一书的前几篇文章的内容。

●这就弄明白了。德文本原名采用书中第一篇演讲的题目，以后各篇就以演讲日期的先后为次序。我从德国带回的那本只有六篇，大概是初版。《严密自然科学基础近年来的变化》是我在复旦大学“理科大批判组”时被交下的一个任务，原校对、上海社会科学院几位文科老同志（也是交下的任务）从英译本译的这本书，共八篇讲演。我在校对中等于重译了一下。此外，我们从各种杂志上又收集到了四篇，故一共12篇（其中一篇后来才知道原收集在他的《跨越界限》一书里）。《跨越界限》这本演讲集被人引用得比较多。现在武汉大学王自华同志想翻，已在杂志上发表过几篇。我总觉得翻译不容易，尤其碰到讲风俗人情，有名堂的风景建筑之类的东西，要做好它必须查阅有关的《百科辞书》等。我自己根本未想到要翻译海森伯的所有作品，主要原因恐怕还是我不是搞科学史的，想不到它。另外我现在无法出门，所以也是心有余而力不足，只能自叹此生莫矣！王自华实际是我的研究生，他译的几篇海森伯文章都寄给我，可惜我几乎没有一篇读完的。他想翻译的《跨越界限》中的一篇讲演《纪念慕尼黑800周年》，开头描绘慕尼黑各种各样有历史意义的市景，对于不熟悉的人译起来一定非常吃力，非要翻阅参考资料不可。

○我这里有一本海森伯的《基本粒子统一场论》，请王老师评价一下。这本书中有一个所谓“宇宙方程”，现在搞基本粒子的人都不相信它，但我觉得它不一定完全无用，起码作为一种数学结构还是有研究价值的。我对非线性波动方程很感兴趣。海森伯方程就是一个非线性波动方程。

●关于海森伯《基本粒子统一场论》一书，我以前确实很想翻阅一下，因为在书上介绍时一般看到的只是一个公式，大家称它为“宇宙方程”，其他一点不说，不知其如何得来，各字母代表什么，很想知道其究竟。对于此书价值的看法，我亦同你一样：不一定完全无用，至少可以作为前人如何想解决这问题的参考。先是他

对基本粒子不基本的看法，我觉得有点道理。基本的是普遍存在的能量或物质。对于这个想法，武汉大学的桂起权上次也偶然谈到：哲学上是有道理的，问题是海森伯想建立一个方程，它的解相当于体现各基本粒子的态，这个想法是否有一定道理。看来泡利起先一定也相信，否则他不会同海森伯一起搞这工作。后来泡利断然洗手不干，问题太难也是一个重要原因。我不看书，故不知现在一般人如何对待基本粒子的可分不可分问题的。我觉得此书，对当时听他报告的听众是很有启发的，是部好书。

○我在研究德布罗意的文献时，发现在德布罗意同玻姆(Bohm)、维吉尔(Vigier)、高林武彦等人合写的一篇文章中，提到海森伯的统一场论，还把方程写了出来。这是否说明海森伯也在追求德布罗意所奋斗的目标呢？

●你提到的这件事很值得注意。我总觉得海森伯的出发点是有道理的：认为各种基本粒子不过是能量(或物质)转换结合的产物，不是不断可分的东西。最基本的是能量或物质。但目前大家都相信夸克理论，因为它可以解释并预言一些新的粒子，可也有困难之处。我在瞎想，现代物理学中现在有两个可以类比的情况：德布罗意的双重解原理和非线性波动力学与经典(传统)量子力学的对立；海森伯统一场论和夸克理论的对立。一边尚未成功，数学极其困难；一边似已成功，然而也有一些问题。德布罗意和海森伯都呼吁青年物理学家致力于解决他们提出的理论。这样一个类比是否有点意思？

○更有意思的是，德布罗意生前所写的最后一本书的书名就叫《海森伯不确定性和波动力学的概率诠释》。他们两人的物理学观点完全不同。这个问题先搁在一边。接着上面所说的海森伯的那本书，我在意大利复印过《基本粒子统一场论》的英文版，但不知是谁译的。我怀疑是海森伯自己译的。

●我查阅了海森伯一生所写的文章和书的目录：发现英文版先于德文版。英文版出于1966年，德文版1967年，其后有俄文版1968年，日文版1970年。为什么先有英文版，在序

言里也看不出。除非是有位英国学生(或学者)也去听课,把课的内容用英文整理出来,在海森伯的修改认可下作为书出版的。在序言最后海森伯感谢 Bui-Duy-Quang 博士“在准备书稿时所做的可靠有效帮助”,不知这位博士先生是何许人(这名字好像是东方人)。总之,为何先有英文版,尚须待查。

○ 这位 Bui-Duy-Quang 博士或许就是王老师 1934 年在德国疗养院里遇到的那位日本人杉正俊。你不是说过他是朝永振一郎的父亲——一位哲学教授——的学生吗?

● 我说不可能是。杉正俊是写哲学的,不是物理学家,而且朝永后来告诉我,他早已故世。我猜想这位博士可能是姓“朴”的南朝鲜人。

○ 王老师,海森伯有没有全集?他一共写了几本书?

● 我在海森伯太太的书中刊登的出版商的广告中,看到现在也有《海森伯全集》,但还未出齐(可能现在已出齐)。至于海森伯写的书,我查了一下,共有 12 本,其中两本重复(因所用文字不同),故实际是 10 本。它们是:(1)《量子论的物理原理》,1930,(有日、法、英、意大利和中文译本);(2)《严密自然科学基础近年来的变化》,1935,(有英、意大利、西班牙和中文译本);(3)《原子核物理》,1943,1949,(有意大利、西班牙、日文和中文译本);(4)《宇宙射线演讲集》1943,1953,(海森伯主编,无中文译本);(5)《现代物理学的自然观》,1955,1961,(有西班牙、丹麦、意大利、葡萄牙、英、日和中文译本);(6)《物理学和哲学》,1958,1959,(有西班牙、意大利、法、丹麦、波兰和中文译本);(7)《基本粒子统一场论引论》,1966,(有德、俄、日文译本,无中文译本);(8)《自然规律和物质结构》1967,(海森伯 1964 年在雅典做的报告);(9)《部分与整体》(有英、丹麦、西班牙、南斯拉夫译本,中文译本为《原子物理学的发展和社会》);(10)《跨越界限》(有日、英、荷兰、西班牙文译本,无中文译本)。

○ 美国人格莱克(J. Gleick)写的一本

书《混沌:开创新科学》中有一段话:“量子理论家海森伯临终前在病榻上宣布,他要带两个问题去见上帝:相对论和湍流。书中还说,这个传说的主人冯·诺伊曼(von Neumann),或兰姆(Lamb),或索末菲(Sommerfeld),或冯·卡门(von Kármán)听海森伯说:“我真的相信他对第一个问题会有答案。”这一传说很有意思:说明海森伯并不仅仅研究抽象的理论,而且对实际问题很感兴趣。

● 这一传说的确很有意思,可见湍流这问题很难解决,而他对湍流问题也一直放在心上。第二次世界大战刚结束时,10 个德国科学家关在英国,他们有不少时间可以做研究工作。在他 1946 年 2 月 5 日写给索末菲的信中说到:“……此外我做了一篇关于超导理论的文章……而联系到魏扎克的一个工作,我做了关于湍流理论的一个工作……”说明他一再要回到他最初所喜爱的工作(指他的博士论文)。他临死之前在病床上的话,魏扎克记下过,我一时查不到了。

○ 前几年金尚年介绍我为山东教育出版社《世界数学家思想方法大辞典》撰写“狄拉克”条目时,我曾收集到狄拉克称赞海森伯的谈话。狄拉克认为海森伯是与开普勒(J. Kepler)相仿的天才人物,能够从大量的观测资料中总结出反映问题实质的数学规律。如果理论工作者山穷水尽了,狄拉克说:“那时留下的唯一路线就只有实验观测了。”“迟早会出现一位新的海森伯,他将能抓住这些实验资料的主要特征,知道怎样用一种与海森伯将光谱学实验资料用了建立矩阵力学相类似的方法,来应用它们。”

● 狄拉克觉得海森伯在总结实验数据方面的能力可与开普勒相比,这比喻十分确切。

○ 如果有机会能写一篇题目为《从开普勒到海森伯,从牛顿到狄拉克,从惠更斯到薛定谔》的文章,那是一件十分有意义的事。

● “从许许多多实验数据中要抓住哪些数据是主要的,哪里是次要的;次要的可以暂时不管。”——我记得(听到或读到)海森伯总是这样宣教——“而后取主要的来建立理论。”然而我

想,要从许许多多数据中看出主要与次要的来,确非易事。这里一方面要靠科学家的天赋本能,另一方面或许要有(有意无意的)哲学指导。你打算以后有机会写篇《从开普勒到海森伯,从牛顿到狄拉克,从惠更斯到薛定谔》的文章,这倒是个物理学史好题材,我很赞同。

○在目前,强调对实验资料的分析很重要。现在的数学物理学家在数学和物理的关系上总是处理得不好。物理学家在使用数学工具时,一是要用足,二是不能过头。在这方面做得最出色的是爱因斯坦。爱因斯坦之后的许多理论物理学家,数学都用得太过头了,以致于写出来的文章犹如天书,没人看得懂,而且与事实相差甚远。

●你说的有道理。我想到一个例子是 ψ 函数的归一化: $\int \psi \psi^* d\tau = 1$ 。我记得听海森伯或者可能是玻恩(M. Born)的课时,说“归一化说明我们在整个空间中不论何处找到这个粒子的几率等于1。”这也就与 ψ 是几率函数的概念联系起来。这完全是物理!(当然是在传统量子力学的诠释下才对。)这个深刻印象我至今不忘!否则的话,归一到1这件事就太任意了,太不可理解了!

○王老师,我想起一个问题:狄拉克在 q 数理论中用的是海森伯的不可对易方法,但后来在其狄拉克方程中倒用起薛定谔的连续波观点来了;而且,海森伯本人后来也是用波函数来建立他的“宇宙方程”,这似乎有点奇怪。

●关于这个问题我这样来回答不知是否切合:我在1936年至1937年间听海森伯的课“量子力学和波动力学”(海森伯总是称“矩阵力学”为“量子力学”,因“量子”二字就表示不连续)。这种课在德国当时不是每学期都开的,往往随教授高兴;有时要数年轮一次。这次冬季学期四个月,中间还要放“圣诞和新年假”约三周。他先讲量子力学四星期,而后讲波动力学也接近四星期(每周两次课,每次两小时)。接着大概用两星期证明二者是等价的(这证明很美,很严格的,我已忘掉,不知是否与约当和狄

拉克的变换理论有关)。证明等价之后他即说:“由于量子力学是不连续的代数,大家不习惯(虽然有些问题用它来算比较方便),所以大家都用连续的波动力学来解决问题。”最后1—2或2—3星期讲“应用”时,他自己就用波动力学方法(泡利用很聪明的方法,用矩阵力学解决了氢光谱问题。海森伯对之非常钦佩,自叹不如)。再可以说一件事:1926或1927年,海森伯有一篇文章讲氢原子,因两个电子可以互换位置,但态仍同一,而变为退化时,用的是矩阵力学。在其后的一篇文章继续下去时,连接着改用波动力学方法。这时提出了交换能、交换力等概念,解决了有正氢和仲氢两个实验上不同光谱的问题。海森伯从此之后发表的文章都用波动力学方法。我这个说明不知是否解决了你的问题?

○你刚才提到“(有意无意的)哲学指导”问题,能否谈谈海森伯的哲学?

●记得我曾说过,没有一个物理理论是经过“辩证唯物主义”的推敲而得出来的,未之有也!1991年春节接武汉大学哲学系桂起权(前不相识)来信,附来一份他与王自华的合作课题项目:“哥本哈根学派科学哲学思想研究”。此外还附来一份他发表在《自然辩证法研究》(1987)上的文章:《海森伯科学哲学思想的新评价》。他说可以看出他搞科学哲学和辩证法的基本特点是:“保卫好的科学理论和科学家”,他坚信“好的科学理论必定暗含好的哲学(有待进一步发展),真正的深层辩证法必定与科学相通、相一致,如果不一致,问题就出在哲学家自己(没有搞通)。”我欣赏他的话:如果不一致,问题就出在哲学家自己。这和我说的“未之有也”可以说完全是一个意思。上次收到方在庆(他是桂起权的学生)来信,说他想研究玻尔和海森伯哲学观点的不同之处。我对哲学问题更是一窍不通,以后只好提供几本书请他们从他们的书中去找了。

○海森伯在《物理学和哲学》一书中讲了许多哲学,好像他对中国的老庄哲学也感兴趣。

●对,我记得海森伯在一篇演讲(见《超越

界限》)中引了老子讲的一个故事,大概老庄思想深奥渊博,面面俱到,无所不包,以致现代

物理学里的思想观念逃不出他们哲学思考的范畴。

二维非线性光学超晶格中光学双稳、倍周期反转及混沌

受光计算机美好远景的鼓舞,这几年光学双稳的研究吸引了更多的科研工作者。光学双稳器件有许多用途,包括光晶体管、光微分放大器、光逻辑开关等。由于非线性光学材料的响应时间极短(可达 10^{-14} s量级),使得光器件比起通常的电子器件具有更高的速度增益。此外,它还具有载信息量大及抗电磁干扰的特点。

与线性系统的行为不同,非线性系统可能有稳定解,也可能出现自振荡解,还有可能其解是完全无序的,这种状态称为混沌态。一个处于失稳态的非线性系统对外界的干扰是非常敏感的,微小的扰动会大大改变其解随时间的演化形式。而与其他非线性系统不同的是,非线性光学系统中的失稳发生的时间尺度非常短(在 10^{-6} — 10^{-3} s量级),这就保证了在数据采集时周围环境保持不变。所以,研究非线性光学系统中的失稳动力学具有独特的优越性。

通常制作光学双稳器件是在法布里-珀罗标准具中填入非线性光学介质来实现。在这样的系统中,反馈集中在标准具的镜面上。为了提高双稳器件的集成性,70年代末外国学者提出了无镜双稳器件的构想。这种系统是一维折射率周期调制结构,系统的反馈分布于整个周期结构介质中。和电子在一维周期性势场中运动时存在导带、禁带一样,光波在周期结构介质中的传播也可以用所谓通带和禁带加以描述。在线性周期结构介质中,若光波频率落在禁带内,光波将会被强烈地反射;而当光波的频率落在禁带外,光波将无阻地透过介质。然而对非线性周期结构介质,由于其折射率受光强的影响,因而当入射光强改变时其带结构会相应地发生变化,这样有可能当光强足够强时,原先落在禁带内的光波频率会由于带结构的移动而落在通带中,此时在周期结构中激发出孤子。这种孤子一旦被激发而在入射光强减小到低于激发阈值时仍能存留,因而系统表现出双稳滞后现象。

根据介电晶体中调制结构的调制周期与光波波长在同一数量级,80年代初,我们在国际上提出了光学超晶格的概念,并将研究集中在如何通过微米结构材料工程设计来提高非线性光学超晶格的二次、三次谱波的转换效率上。1989年我们提出了折射率沿两个正交方向受到调制的二维光学超晶格系统^[1],并发展了能够处理该系统中多波传播和相互作用的四波动力学

理论^[1]。研究表明,该系统的透射特性与一维周期调制结构有很大的不同:即使在入射波矢严格满足布拉格条件时(系统中将激发出四束衍射波),出射面上的两束光波也不一定很弱。实际上,如果折射率调制强度比 m 小于1,则入射波振幅随穿入深度的增加而按指数衰减,因而出射面上的两束光很弱;而当 m 大于1时,四束出射波的强度则是正交方向折射率调制强度的振荡函数。根据这一特性,我们提出了通过控制折射率调制强度可将二维光学超晶格设计成一个四通开关^[1]。随后我们又研究了二维非线性光学超晶格的光响应特性,并于1993年在国际上首次提出:在二维非线性光学超晶格中,存在一种我们定义为折射率调制机制的光学双稳新机制^[2]。这种机制正是利用了两维光学超晶格在 $m > 1$ 区域内透射的振荡特性。最近我们通过详细的计算机模拟还发现:对于不同的调制强度比,该系统出射光对入射光的响应既可以表现出双稳,也可能表现为周期自振荡,并在入射光强增加时通过倍周期分岔过渡到混沌态,或通过倍周期反转到稳定态。周期自振荡可应用于全光型超高频调制器的研制;而混沌态的出现则可能在通信和数据加密方面有所应用。

为了验证我们提出的理论预言,我们随即进行了相关的实验研究。我们选择的材料是掺铁的铌酸锂单晶,采用光栅全息写入法来制备二维非线性光学超晶格,并首次在实验中观察到双稳和失稳现象^[3]。

二维正交非线性光学超晶格双稳器件因四束出射光都具有双稳特性而具有更高的集成性。现代微结构材料生长技术已使制备二维光学超晶格成为可能。此外,还可以利用声光效应将超声换能器与介电晶体耦合而对其折射率进行二维调制^[4]。前面提到的全息写入法因只适用于光折变材料,并且由于光折变材料响应速度慢且具有擦除效应,因此作为研制具有应用前景的双稳器件就需选择既有良好的非线性又有极快响应速度的材料。我们认为现在有两方面的研究将是极为重要和紧迫的:(1)联系具体材料,改进理论模型,研究其响应动力学的稳态和失稳行为,为器件的设计提供指导;(2)利用MOCVD和脉冲激光沉积(PLD)发展选区外延及图案外延技术来制备二维光学超晶格,并最终研制出这类实用化的光双稳器件。