

交叉科学文库



物理学的哲学思考

柳树滋

光明日报出版社

JIAOCHA KEXUE WENKU

交叉科学文库之十二

物理学的哲学思考

柳树滋 著

光明日报出版社

1988年

·交叉科学文库·

物理学的哲学思考

柳树滋 著

*

光明日报出版社

北京永安路106号

新华书店上海发行所发行 安徽歙县印刷厂印刷

*

开本：850×1156 1/32 印张：11.25 字数：250千字

1988年3月第一版 1988年3月第一次印刷

印数：1—9500

书号：13263·008 定价：2.90元

序

伊壁鸠鲁之神在世界的狭缝里生活，一代人在伊壁鸠鲁神中间生活。

他们既无有他们长辈们的那种史诗般的英雄履历，也没有他们晚辈们的那种“田园诗”般的现代快乐。

当他们来到科学王国的时候，这里是一派“纳乌曼”（Hayka）气氛；当他们开始耕耘的时候，这里又泛起“赛因斯”（Science）清波。

所以，他们要用两倍的生命，去推动生活的战车。

党的旗帜，他们紧紧跟随；科学的焦点，他们拼命追逐。

他们既做儿子，又当父亲；他们既要革命，又要建设。

科学与生产的交界处，他们去开发；自然与社会之间的处女地，他们去探索。

他们用生命谱写着历史，历史有时却表现得有点吝啬。

自然科学家说，他们不会在“希尔伯特空间”里走路；社会科学家说，他们不会用“科班的语言”进行经典式的临摹。

在革命家的眼里，他们是“承上启下”的模范后生。在企业家的眼里，他们又变成“星期五经济学”里的标准顾客。

别人争相去的地方，他们不会去；别人不愿去的地方，他们不断去进击。别人欲取的东西，他们不愿取；别人欲弃

的东西，他们却恋恋不舍。

当人们都在“赋生命以时间”的时候，他们却“赋时间以生命”；当人们都在寄欢乐于空间的时候，他们却寄空间于欢乐。

……。

啊——他们，

一群科学世界里的“普罗米修斯”，一批交叉科学领域的拓荒者。

他们已经做了什么？

他们将要做些什么？

所有这一切，成了外部世界都在竭力窥探的秘密；所有这一切，成了内部世界都在激烈论争的功过！

为了让历史记忆，为了让世人评说，我们出版了《交叉科学文库》——一束历史的花朵。

作为一代人的智慧，作为一种科学观的浓缩，作为一种理想的追求，作为一桩事业的拼搏，……。

这是特殊时期历史交叉的产物，又是特殊领域科学交叉的结果。

采摘这朵奇妙的历史花絮吧！

研究这幅神秘的历史画卷吧！

世纪之交的伟大使者！

中国管理科学研究院

1988.3

目 录

福克和布洛欣采夫关于量子力学解释问题的争论……	(1)
关于水分子之间吸引和排斥的矛盾……	(33)
化学运动中的若干矛盾……	(40)
原子内部的矛盾——以氢原子为例……	(50)
坂田昌一和《新基本粒子观对话》……	(54)
海森堡关系的哲学奥秘……	(57)
现代物理学的革命与“危机”	
——学习《唯物主义和经验批判主义》……	(63)
一本有价值的物理学方法论专著	
——评介凯德洛夫主编的《物理学的方法论原 理》一书……	(83)
两位科学巨人的论战及其哲学意义……	(100)
——爱因斯坦和玻尔关于量子力学解释问题的争论	
全国现代物理学哲学问题座谈会评介……	(131)
* * *	
实践出科学……	(143)
科学实验是一项独立的社会实践……	(158)
科学研究要敢于冲破禁区……	(151)
逻辑证明在检验真理中的作用……	(170)

* * *

应当重视思维演化规律的研究·····	(179)
知识发展“重演律”及其研究意义·····	(182)
《列宁的辩证法与实证主义的形而上学》一书简介···	(193)
从抽象上升到具体是科学研究的普遍方法·····	(210)
科学思想史与抽象具体律·····	(224)
两类客体和哲学基本问题的几种表述方式·····	(231)
知识的塔式结构和哲学的方法论功能·····	(249)
物质层次结构中的若干哲学问题·····	(281)
马克思与两大知识领域的统一·····	(289)
现代自然科学与三种哲学传统·····	(293)

* * *

关于物质定义和物质论的若干问题·····	(293)
正确地提出和探讨物质问题·····	(298)
物质概念：从恩格斯到列宁·····	(305)

* * *

跋：我的求学之路·····	(313)
---------------	---------

福克和布洛欣采夫

关于量子力学解释问题的争论*

一、引言

从1900年普朗克常数发现之后到1927年，非相对论量子力学的体系完整地建立起来了。它的建立引起传统物理学观念的根本变革，成为人类认识和掌握原子范围内自然规律之最强大的武器。同时，它的公理体系和数学方法也经受了实践的考验，获得日益广泛的应用。在此基础上，对量子理论的创立和发展曾经作出杰出贡献的，以玻尔和海森堡为首的哥本哈根学派形成了以“并协原理”为核心的所谓量子力学的正统解释，这种解释受到西方占统治地位的实证主义哲学的支持。

“量子系综”概念是作为反对正统解释的一种方案而提出的。最先提出这一方案的是斯赖切尔(1929年)^①。其后尼柯尔斯基发展了这一观念(1936年)，并立即得到Д、И、布洛

^① Journal Franklin Institut, 207, 1929.

* 复旦大学物理系理论物理专业毕业论文，写于1963年春，此次略加删节。

欣采夫 (Блохениев) 的响应。布洛欣采夫在1944年和1949年先后出版了他的《量子力学原理》第一版和第二版。这样,一个标榜辩证唯物主义精神解释量子力学的、逻辑上一贯的方案逐步形成了。这就动摇了二十多年来“正统解释”在学术界的垄断地位。“量子系综”观念提出的历史功绩即在这里。正因为如此,不少具有唯物主义倾向的科学家和哲学家利用这个新的武器批判哥本哈根解释中的实证主义。1953年前后,这一方案由于苏联的社会条件和苏联哲学界的支持而取得了优势。

正当“量子系综”观念在苏联胜利凯旋的时候,也暴露出它自己的弱点:在对“正统解释”的实证主义进行批判时,忽视、贬低、甚至歪曲了哥本哈根解释中建立在牢固实验基础上的、实质上是正确的、或暂时还无法判断其错误的物理学原理,也提出过某些简单化的论证和武断的结论。这种做法引起了物理学家的不满,反感最大的要算是B. A. 福克 (Фок) 了。他和亚历山大罗夫提出了“量子态的实在性”观点与之抗衡。这一学派也打着唯物主义的旗号使用唯物主义的语言进行论战,这就出现了两个标榜唯物主义 (而且是辩证唯物主义) 而攻击对方为唯心主义的学派之间的斗争。1952年,福克在《哲学问题》杂志第4期上发表《论所谓的量子力学系综》一文,两个月后布洛欣采夫在同一杂志第6期上发表《答福克院士》的文章。这时争论达到空前激烈的程度。过了几年,在1954年3月基辅会议和1958年9月莫斯科会议上,人们都把很大注意力集中在这个问题上。可以说,环绕这一问题及其它有关量子力学的哲学问题,几乎云集了世界知名的物理学家和哲学家,进行了长期的、此起彼伏的激烈论战,并引起社会上广大非专业工作者的兴趣。

这种强烈的论战兴趣并不是来自单纯的好奇心,更不是

茶余酒后的闲聊解闷,而是来自问题本身的性质和现实意义。因为这场论战涉及量子理论的物理基础和哲学基础,关系到量子理论及一般物理学原理的发展,关系到哲学家同自然科学家如何结合起来,共同推动科学的发展和哲学的进步。鉴于问题本身的复杂性,本文作为一个初学者的尝试当然无法解决这个问题,我的目的仅只对这场论战的历史发展作一简单、初步的概括,而且仅限于对争论的余貌作一番粗线条的素描。我力图从中显示出论题本身在逻辑上的发展,并从一些众所周知的、比较肯定和可靠的事实材料出发,对福克与布洛欣采夫论战的矛盾焦点、矛盾的性质和根源、解决矛盾的道路作出某些判断。

二、问题的提出和“量子系综”的定义

争论首先是从福克《论所谓的量子力学系综》一文挑起。他开宗明义地指出:“布洛欣采夫‘量子系综’观念的本质在于,他认为量子理论不是实在微客体的理论,而是某种虚构的结构——量子系综的理论”。“按照这个观念的精神对量子力学的解释,既会导致自身的矛盾,又会导致对辩证唯物主义基本原理的矛盾”,因而“这种观念是显然错误的”,而唯一同唯物主义精神相符合的是“量子态的实在性”观点,即认定 Ψ 函数为单个粒子客观的量子态的表征,它是属于单个粒子的。布洛欣采夫在《答福克院士》的文章中逐点反驳了福克的看法,他认为“关于量子力学物理内容的问题,目前有两种逻辑上彻底的观点”,即“玻尔的唯一主义并协原理* 概念,它从

* “并协原理”同后面将要提到的“互补原理”是一个意思。

分析观测者测量的可能性出发”，以及他本人“从唯物主义的量子系综观念出发”的观点。“而福克正是企图调和这两种对立的观点。福克把波函数当作个别粒子的实在态的特征的这种理解，当我们更仔细地来考察它时就会发现，这只是口头上彻底唯物主义理论方面的一个进步。因此，把波函数强加于个别粒子就会回到玻尔所谓‘波函数是观察者的消息的记录’的唯心主义观念。”乍一看来，问题是如此明朗、尖锐，似乎只有在这两种直接对立的观点中进行抉择的余地，而不可能有其它的理解。但是当我们深入考察一下双方的论据就可以看出，其中各有合理之处，又都无法彻底驳倒对方，真实的矛盾及其解决途径，应从更深层次去寻找。

福克的第一个论据是：“量子系综这个概念没有一个令人满意的定义，布洛欣采夫关于这个定义所作的尝试包含着逻辑上的错误”，即犯了形式逻辑中恶性循环的错误。一方面，量子系综通过波函数来定义，另一方面，波函数通过量子系综来定义。福克的这个指责是有道理的，因为布洛欣采夫在《量子力学原理》一书俄文版第54—55页上的确说过不合逻辑的话：“系综是若干彼此不相联系地处在由波函数 Ψ 所表征的同一态下的粒子的堆集”，由此必然得出个别粒子的态是由波函数来定义的，即 Ψ 属于个别粒子的结论。但他接着又说，“波函数所表征的粒子的态只能理解为从属于一定的系综的粒子的”，因而 Ψ 不属于个别粒子。布洛欣采夫在《答福克院士》中事实上纠正了这个毛病，重新精确了“量子系综”的定义：“波函数（或其堆集，更确切地说，混合系综场合下的统计性算符）确定着粒子对一定宏观环境的从属性，而从属于同一宏观环境的粒子的结合则构成纯粹系综或混合系综。”这一定义消除了字面上恶性循环的错误，但是布、福论战中的真实

矛盾却随之被掩盖起来了：一方面，布派陶醉于这一定义，以为由此就可断定 Ψ 函数是属于量子系综的；另一方面，福派亦可承认这个定义，并由此引伸出有益于自己学派的结论。例如1954年基辅会议的参加者、福派观点的积极宣扬者和坚定捍卫者A.И.柯斯塔列夫就曾这样说：“我们不反对这一定义。但是，这样一来，波函数已是属于个别的微观粒子，且仅仅决定于与系综无关的外部宏观条件，试问，如果系综的概念已不包括在单个微观客体 Ψ 的定义中，那么这个定义同量子系综的解释又有何关系呢？因此，量子系综的概念就变成第二性的、派生的概念，而它本身就不再是在量子力学中研究的原始客体了”^①

这样看来，由同一个定义出发，可以而且已经得出了彼此对立的结论。由此可见，单靠定义既不能驳倒对方，又不能确立自己，因为真实矛盾在认识中的反映应当在认识过程中通过对真实矛盾的揭露和分析来解决，任何有意、无意地掩饰这种真实矛盾的企图事实上都无法抹煞矛盾本身，而只能导致逻辑矛盾。当然，任何人都都有权要求一个理论体系具有逻辑上的严整性，要求定义不包含逻辑错误。福氏的最初的指责作为这种最起码的要求是合理的。而布氏也不得不纠正了自己在定义中的逻辑错误。不论双方的主观意图如何，实际矛盾必将越出单纯定义的范围而显示出来。

三、构成系综的粒子之间的独立性和关联性

福氏的第二个论据字面上是从定义开始的，实际上谈的

^① *Философские Вопросы Современной физики*, АН СССР, Киев, 1956. с. 142.

完全是另外一回事。请看：“从布洛欣采夫的定义，构成系综的粒子是彼此不相联系的，因而它们之间的相互作用原则上被消除了。”但是在物理学中“复合系统能够表现出新的规律性，而且这些新规律性的出现仅仅是由于系统各构成部分之间的相互作用。”这样一来，“系综不是一个复合系统……系统纯粹是一个虚构的概念……这种纯粹是虚构的用多粒子代替一个粒子的考虑，并不能得到个别粒子所没有的新的性质或新的规律性。”是的，构成系综的粒子之间确实不存在任何通常力学意义下的相互作用，或者说不存在任何相互作用。这一点布氏也是承认的。不仅如此，他还把这种独立性看成是系综概念中根本的一点。如果粒子之间有某种相互作用存在，那就不能把这种粒子的集合称作系综了。但是难道有了这种独立性就使得多粒子并不比单粒子具有新的规律性了吗？福派的回答是肯定的。正是由于这个道理，一切福派攻击布派而认为系综概念是不必要的这个结论，无不援引粒子的“独立性”的观点。柯斯塔列夫就是这样。他在1954年基辅会议的发言中问道：“量子系综怎样才能实现呢？事实上，并非一切在同样宏观条件下等同微观客体的系统都是量子系综，而只是那些微观客体在其中绝对独立的系统才是量子系综……在这种情况下，归根到底，用什么来解释量子系综同吉布斯系综相比的特殊性质呢？显然只能用单个微客体所特有的性质，从这一观点来看，量子系综的概念是第二性的、派生的概念。在关于微观客体的实验中，我们越是接近于量子系综概念实现的条件（尽量减小相互作用），就越把单个微客体的性质提到了首位。”^①

粗看起来，承认“粒子的独立性”是有利于福派的。由

^① 同上，第143—144页。

此观点出发，他们可以毫不困难地由“粒子”推演出“系综”，前者是第一性的、原初的概念，后者是第二性的、派生的概念。由于“独立性”， Ψ 函数既适用于单个微观粒子，又适用于这样的粒子结合成的“系综”。其实，福派所谓的“系综”在本质上和单粒子没有任何区别，这和布派所谓的“系综概念”的定义是不同的。福派的论据也并没有能够驳倒布派。在布洛欣采夫看来，系综概念是第一性的。通过系综可以间接地对单粒子的行为作出判断。其实，布派所谓单粒子行为的含义与福派的理解是不同的。粒子的独立性并不带来不可克服的困难。因为相互独立的粒子之所以能组成一个统计系综，是由于它们都从属于同一宏观环境，这说明它们之间事实上存在某种与环境有关的、使统计行为得以实现的关联性。似乎这与粒子的独立性概念是矛盾的。从通常的观点看来，“独立的”就是“无关联的”，“关联的”就是“不独立的”。既承认独立性又承认关联性是多么违反常识，多么难以理解！然而，这只是把常识的观点当作先验的理论前提的结果。辩证法要求我们具体地分析具体矛盾，不仅要指明在什么意义上粒子之间具有独立性，在什么意义上粒子之间又是相互关联的，而且要在二者的辩证统一中达到对二者的全面、具体的理解。有人会说，这是一个哲学问题，与自然科学不相干，如果你不能提出新的实验方法和数学方法，那么这不过是空口说说。可是，在理论思维的领域内，科学家怎能离开哲学的指导呢？我们就来看一看哲学是怎么来思考这个问题的，进而说明布派、福派在这个问题上的真正对立是什么。

“没有任何相互作用”和“绝对独立”的粒子是不存在的，在理论的抽象思维中我们应当有条件地理解这件事。“任何”、“绝对”这两个词是不合适的，在抹去这两个词之后，可

以把“没有任何相互作用”理解为构成系综的粒子之间不存在通常意义下的相互作用，即力的相互作用。如果存在这种相互作用，那么系统就不能被看成是系综了，至少不能被看成是纯粹系综，而变成了考虑到这种相互作用在内的复合系统。这时，作为多个粒子集合的系综必须总起来看作一个单一的个体，即一个复合系统。正如福克所说，这种复合系统将表现出新的规律性。许多这样的相互之间无力的相互作用的复合系统又在更高的程度上构成纯粹系综，如果它们都从属于同一宏观环境的话。但是，不存在上述意义下的相互作用这一点，并不排斥粒子之间由于从属于同一宏观环境，由于纯粹从单一到众多的量的变化而引起的使系综概念得以实现的某种特殊意义的关联性存在。甚至可以说它们之间互为前提、互相依赖。否则我们怎能理解在一定条件下相互独立的电子形式衍射图形的实验事实呢？如果粒子之间不存在某种由共同的本质所维系的，从属于一定宏观环境的关联性，集团粒子的统计行为就无法实现了，需知每个粒子自身都有其固有的统计分布（用福克的说法就是“潜在可能性”）。但是一个粒子潜在的统计行为无论如何不能一下子形成衍射图形。粒子的“完整性”要求在独立性中得到实现，而其“统计性”要求又必须在关联性中得到实现。既然“完整性”和“统计性”都是原始的、无可怀疑的实验事实，那么独立性与关联性也必须是现实地统一在一起的。

但是，福克和布洛欣采夫都未能达到对二者辩证统一的理解，没有阐明这种“关联性”的特殊本质。布氏把关联简单地理解为、笼统地归之于微客体同它的周围环境的相互联系。可是客观现实的联系有无穷多的方面，其中本质的东西是什么呢？不能回答这个问题也就等于没有说出什么有价值

东西。实际上，布氏只是用一句笼统的、没有错误的话来掩盖自己对关联性本质的无知，并且沿着这条路线越走越远，以至于从关联性中只看到对环境的依赖，而忽略了他们之所以能够从属于同一宏观环境并在衍射实验中形成有规则的花纹，是依赖于它们自身的共同本性的，即依赖于每个粒子的独立性和完整性。福氏则相反，他没有从独立性中看到关联，只是看到了赤裸裸的抽象的独立性，把 Ψ 函数仅仅看成属于个别粒子，而系综则是不具有任何新的性质的这些粒子的机械总和。

对于“关联性”还要进一步问，这种关联是纯粹外在的、由环境决定的呢？还是内在的、由粒子本性所决定的呢？显然，布氏倾向于前者，福氏倾向于后者。由于这种哲学倾向上的分歧，他们互相指责对方是唯心主义的，并且认为对方的理论是多余的。在这方面，福克表现得特别强烈，他的全部议论可以概括为一句话：“我的就够了，你的又何必呢？”可是问题并没有这样简单，既然分歧表现了双方对于关联性和独立性的非辩证的理解，我们就要努力去探索这个辩证矛盾本身。可是目前整个科学界还没有真正解决这个问题，甚至还没有正式提出这个问题，这也许是争论长期陷入僵局的原因之一吧。

这里我们遇到了一对古老的两极对立：“一与多”的对立，“内与外”的对立。例如，在经费统计物理学中单个经典粒子按牛顿力学规律运动，大量粒子在一定宏观条件下按吉布斯统计规律运动；在社会中，社会是由个人组成的；在生物界中，生物体是由细胞组成的。社会的“细胞”、生物体的细胞、物理学体系的“细胞”与社会、生物体、物理体系的对立的辩证本性是什么呢？也许量子理论的解释同这些问题的解决

有着某种关联吧？

四、波函数的统计解释

福克提出的第三个论据是：“若设想布洛欣采夫的量子系综概念接近于统计集合的概念，那么这和从波函数意义上理解系综相矛盾，”因为这时“ Ψ 函数对应于无数系综的集，而不是对应于某一个统计集合的集。”这里福克强调不能把量子系综理解为经典统计集合的概念是对的，因为对于经典统计集合而言，据以进行分类的那个物理量具有确定的数值，而对量子系综而言，原则上没有确定的数值。我们不能取客体自身作为统计集合的元素，而必须采取对客体进行测量的某种结果作为统计集合的元素。但是不能由此得出结论说，在布氏看来，“量子系综是对客体进行测量的结果的统计总和。”即认为“事件本身并不具有几率，几率不是由于每一单个现象的内部特性所产生，而是由于进行大量的实验而产生”。而在福氏看来波函数是一个粒子状态的表征，而系综（相同条件下同类粒子的机械组合）是确定和显现几率的工具，“粒子在系综中按它的某个量（例如坐标）的分配与一个粒子的几率分配是一致的。”福氏进一步做出结论：“纯统计性观点（即量子系综观点——柳）在哲学上是不正确的，这种观点不是从自然界的客体出发，而是从观测出发；不是从微客体及其状态出发，而是从观测结果的统计集合出发。这就接近于玻尔的实证主义观点，即否认 Ψ 函数属于微客体，而反仅给予 Ψ 以象征性的意义。”

这人结论是武断的，因为布氏并没有把量子系综理解为“测量结果的统计集合”。在布氏的观念中，宏观环境的作用对于解释统计性质具有决定意义。他说：“目前没有其它途径