

◎赵国求 著

Quantum Mechanics Foundation in
Dual 4- dimensional space-time

—The space-time origins of quantum probability

双4维时空

量子力学基础

—量子概率的时空起源

Quantum Mechanics Foundation in
Dual 4- dimensional space-time
—The space-time origins of quantum probability

双4维时空

量子力学基础

——量子概率的时空起源

图书在版编目(CIP)数据

双4维时空量子力学基础:量子概率的时空起源 / 赵国求著.
—武汉:湖北科学技术出版社,2016.6

ISBN 978-7-5352-8826-4

I.①双… II.①赵… III.①量子力学—研究 IV.①O413.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第113559号

责任编辑:严冰

封面设计:喻杨

出版发行:湖北科学技术出版社

电话:027-87679468

地址:武汉市雄楚大街268号

邮编:430070

(湖北出版文化城B座13-14层)

网址:<http://www.hbstp.com.cn>

排版:湖北桑田印刷策划有限公司

电话:027-87259530

印刷:武汉市金港彩印有限公司

邮编:430023

787×1092 1/16

16.25印张 362千字

2016年6月第1版

2016年6月第1次印刷

定价:98.00元

本书如有印装质量问题 可找本社市场部更换

著作出版学术委员会

主任：杨叔子 曹天子 高文武

副主任：刘 强 吴国林 曹 彪 陈克求

委员：杨叔子 曹天子 高文武 刘 强 徐 风 曹 彪

吴国林 张 操 李 康 门福殿 陈克求 殷 杰

张 涛 余继峰 桂起权 桂建国 李宏芳 刘 青

黄明强 赵国求

作者简介



赵国求,1944年生,湖北黄梅人,研究员,武汉市学科带头人。1969年毕业于华中工学院(现名华中科技大学)无线电系。曾任湖北省哲学学会理事、湖北省物理学会武钢大学分会秘书长,武钢大学研究员。现任华中科技大学—WISCO联合实验室特聘教授,北京师范大学、华南理工大学相关学院兼职教授,中国自然辩证法研究会物理学哲学专业委员会委员,湖北省自然辩证法研究会物理学哲学专业委员会主任。从事基础物理、物理学哲学、思维科学及中医基础理论现代科学基础研究,是“相互作用实在论”“双4维时空量子力学”和“阴阳平衡等价于自组织系统最佳自稳态”学术思想的创导者。

其主要学术著作有《物理学的新神曲》《物理学教程》《电子探踪》《从相互作用实在到量子力学曲率解释》《量子新论》《奇妙的思维》《中医基础理论现代科学基础初探》《赵国求诗词选》等,共计300余万字,国内外发表论文150余篇,共计60余万字,其中,核心期刊70余篇。

曾获国家、省、市基金资助项目5项,其中3项为负责人。《双4维时空量子力学描述》2014年获湖北省自然科学优秀论文一等奖;《电子探踪》获1995年湖北省科普创作著作二等奖;《物理学的新神曲》获2005年武汉市政府三等奖;《脑科学百年》2001年获湖北省社会科学优秀论文一等奖;《奇妙的思维》2001年获武汉市社会科学联合会优秀著作一等奖;论文《阴阳平衡与中医证实质》1999年获华佗杯国际金奖;《赵国求诗词选》2000年获首届国际龙文化金奖三等奖;中医基础理论现代科学基础学术思想,2009年9月在中国科协主办的北京香山学术讨论会上做了学术报告,《中国医药导报》2010年第18期为其做了封面人物报道。

内容简介

《双4维时空量子力学基础——量子概率的时空起源》是探讨量子力学物理基础的新尝试。全书包含两部分,一是相互作用实在论,二是双4维时空量子力学描述,相互作用实在论是双4维时空量子力学描述的哲学基础。笔者认为,微观量子世界传统质点模型不适用,并采用复数空间转动场物质球(旋转曲率矢量)的运动推演出德布罗意物质波表达式,把波函数从形而上学假设拉回到物理实在的层面。物质波是物理波,大胆预言有潜在的应用价值。物质波传播在双4维复时空,复数本质地进入了时空认知领域。

微观客体的运动状态经量子分割形成本征态的叠加,有相干性;经量子测量映射到四维实时空,呈现点粒子概率分布特征。量子测量前与测量后微观客体已不在同一认知层次,也不在同一物理时空,希尔伯特空间只是它们的共同数学应用空间。量子测量导致微观客体存在时空、表现形态、物理模型、理论结构的转换,量子概率来源于微观客体场物质球的空间分布,体现双4维复时空到四维实时空,球模型到点模型的转换。物理现象、现象实体、物理时空、物理模型及其理论结构都必须是在内在逻辑一致的,随着人类认知层次的变化,这些都要发生相应的变化,它体现人与自然的统一。

双4维时空量子力学赋予波函数以物理实在性,因此,量子纠缠、量子通讯、隐形传态都有可能得到很好的概念澄清和物理理解。全书内容完整,论证详实,理论框架自成体系,内在逻辑首尾自洽,实在论创新内涵已清晰可见。

《双4维时空量子力学基础——量子概率的时空起源》适合物理、理论物理、科学哲学等专业本科生、研究生、博士生阅读,对量子力学基础有兴趣的研究人员,及大学教授物理、理论物理、量子力学、科学哲学的教师亦有重要参考价值。

序₁

我是在一次广州物理学哲学国际会议上认识赵国求教授的。因为飞机晚点,没有赶上会议的正常讨论,只好晚上安排一个专场,听取赵国求教授专题报告《量子力学曲率解释》。量子力学正统解释是哥本哈根的概率解释,当然还有几个大家熟知的非主流的,诸如德布罗意、薛定谔、玻姆等人的实在论解释。量子力学解释问题争议较大,一直到现在仍是一个国际前沿讨论的热门话题。量子力学曲率解释,是中国的“特产”,在我参会之前有所耳闻,但不了解真实内容,只是觉得新鲜,有兴趣。这次参会就是想听一听到底是什么内容,尝试今后有无参与讨论的可能。

报告进行了近一个半小时,内容确实很丰富。赵老师从传统波函数的振幅里分离出来一个曲率因子,如果把微观客体看作一个由场物质构成的量子球体,则这个曲率就是量子球的大圆曲率,因此波函数描述微观客体形态结构的变化,是实在的物理波。这是对量子力学正统概率解释的重大挑战,引起了我的重视,但觉得哲学成份太重,物理和数学相对稚嫩。讨论中自然要问及曲率解释同传统概率解释之间的内在联系,因为量子力学实验表明,微观量子客体确实具有概率属性。赵老师报告了他的浓厚哲学思考,认为曲率大,在球内找到点粒子的概率也大,曲率与概率正相关。这只是一个定性的说明,我作为一个物理学者当然不满意,我需要二者的物理相关性和相应的数学表述。当时国际著名学者、物理学哲学家、美国波士顿大学曹天予教授在场,他也提出了相同的问题,建议把“曲率概念”同法国人 Rocher 提出的双 4 维复空间——本体空间联系起来,看看是否有所帮助。我们决定在广州多留一天,专门讨论双 4 维复空间与曲率概念的联系问题。

赵国求教授为考虑我们提出的问题,据说他几乎彻夜未眠。第二天他在讨论中建议,将双 4 维复空间的虚数部分 y 变量换成 k 变量,这就得到了一个与曲率 k 相关的双 4 维复数空间。这在数学上我认为可行,因为它在波函数的相位上出现,认为叫“双 4 维复相空间”较为合适。关于“双 4 维复相空间”与“场物质球模型”“物质波”之间深层次的内在联系,当时决定,我们分头再深入考虑,并与曹天予、吴国林约定,选定时间,到杭州专题讨论。

杭州会议之前,我去武汉同赵国求先后讨论过两次,他也两次来杭州交流。赵国求利用复空间转动场物质球的运动推导出与量子力学波函数数学形式完全一样的物质波表达式。它告诉人们物质波是物理波,是场物质的波动运动。这是一个重要进展,我认为非常好。有了这个基础,杭州专题讨论会上,我提出用威格纳相空间数学方法解决“曲率解释同传统概率解释”之间内在联系问题,利用“Moyal 乘积”($*$ 运算)建立了定态薛定谔方程,并给出了一个数学变换,打通了“曲率解释”同传统“概率解释”之间内在联系,解决了曲率解释发展的数学瓶颈问题。曹天予对此很满意,吴国林也一样。后来也发现这是一个正确途径,赵国求由此引伸出了场物质球物质密度与曲率相关的数学表达,从而建立了

物质密度分布与概率密度分布的数学联系,曲率波也更物理化为物质密度分布波。这正是我们想要得到的。双4维复数时空场物质密度分布与四维实时空概率密度分布,通过傅立叶变换,可以相互映射,类似于量子力学的表象变换。量子概率的时空起源似乎有了端倪,曹天予对此特别感兴趣,希望进一步深入研究。我们的基本结论是:微观客体在双4维复时空呈现物质波的运动,而通过量子测量,在实四维时空呈现点粒子的概率运动,双4维复时空是闵氏空间的复数拓展。合作论文《量子力学曲率解释论纲——双4维时空量子力学描述》发表在《武汉理工大学学报》2013年 No.1(60-67)期上,并由人大复印中心《科学技术哲学》2013年 No.8(16-23)全文转载。到此,我们的合作研究完成了前期的完善整合阶段。

最近的一两年,赵国求又在美国《现代物理》杂志发表了3篇中、英文文章,引起了较大的反响。我因为忙,只是通过电话进行过几次讨论,它是双4维时空量子力学描述理论体系的进一步深化与发展,值得进一步关注与重视。

2015年6月赵国求就研究课题今后的发展,在上海大学听取了曹天予教授的意见。曹天予指出:双4维复数时空框架在量子物理概念基础的探讨中,是一个有希望的研究方向,坚持下去有可能取得重大概念上的突破;目前国际上量子物理概念基础的研究是一个热点,去年在日内瓦就此专题开了一个国际大会,几十位国际一流物理学家,包括 Nobel 奖获得者,提交了他们的探讨设想,其中有些研究的思路与赵国求的思路比较接近;今年9月28日到10月2日,法国国家科研中心(CNRS)将在 The Henri Poincare Institute 召开有关“数学和物理中的新空间—形式的和哲学的反思”专题研讨会,如何通过拓宽传统的时空概念来处理量子物理,特别是量子引力中出现的各种复杂的概念问题,是其主要议题,赵国求的研究正好也涉及此类议题;理论物理基础研究中的时空进路,在法国是个经久不衰的传统,在俄国也有不少追随者,就量子物理的基础研究而言,法国数学家 Rocher 从20世纪70年代就致力研究,但进展较慢,他近几年的研究与赵国求的研究有很多相似之处,他们数学功力强,是优势,但往往被形式主义的思路所误导,赵国求的研究,除了物理直觉外,还自觉地以实在论(唯物主义)为指导,有其独特的强处;在前期研究基础上,近10年来,我们提出了场物质球模型和双4维复数时空量子力学描述新理论,用场物质球模型推导出了物质波波函数,证明波函数描述的是物理波,由此指出本征态线性叠加的物理本质,而且场物质密度分布与量子概率分布可以相互映射,类似表象变换,这是一个重要进展和突破,尽管我们已经接近,但要完成数学空间的最后突破,还需要付出许多艰苦努力。赵国求的新著《双4维时空量子力学基础——量子概率的时空起源》是现阶段研究工作的力作,值得出版。

我同意曹天予教授的论述。目前量子力学第二次革命已经在全球兴起,我会在相关方面做一些研究,若有成果,一定会邀请赵国求教授进行共同交流、讨论。

李 康

2015年9月26日

序₂

量子力学是物理学的两大基础之一。虽然量子力学理论以及预言得到了大量实验证明,可是对于量子力学波函数的物理含义,争议很大,物理学家是不清楚的。著名物理学家费曼在谈到量子力学时说过:我可以很确定地告诉大家,没有人真正了解量子力学。

赵国求教授经过几十年的研究,写了新作《双4维时空量子力学基础——量子概率的时空起源》,这是探讨量子力学物理基础的很新颖的尝试。他对量子力学中许多疑难问题的讨论,以前很少有人这样提出过。

量子力学中的质点模型,据我所知,日本的板田昌一、汤川秀树,法国人托姆都有过批判,也引起过不少学者的关注。赵国求是主张量子力学可以修改质点模型的学者之一。

采用非质点模型讨论微观客体的运动规律,在赵国求的研究之前已经有好几种理论尝试,例如弦理论、圈理论等。这些理论把所谓看不见的维度均都放在实空间,空间变成11维,26维。这些理论已经暴露出了很多问题。单就理论的多种存在形式,弦理论就让人够头晕的了,有 10^{500} 个!这样的巨大的数字,难以想象。换一句话说,弦理论没有固定的理论形式。所以,需要寻找新的理论模式。

赵国求的“双4维时空量子力学描述”理论,就是一种新的探索。其要点是,他把所谓宏观看不见的维度均都放在复空间的虚部,把微观客体想象成旋转的场物质球,用旋转场物质球的运动推导出了德布罗意物质波表达式,把波函数从形而上学的假设层面,推到了物理实在的层面。

新的理论必然伴随对时空的新认识。牛顿力学对应有牛顿时空,描述宏观低速物理现象;相对论力学对应有相对论时空,描述宏观高速物理现象,光速极限是理论的内在要求,按照爱因斯坦的本意,它是一种约定;量子力学也应有自己对应的时空,描述微观世界的物理现象,赵教授认为是“双4维复时空”,将复数本质地引入了时空,在双4维复时空中“量子突变”既是实验事实,也是一种理论约定。各种时空在一定条件下可以相互转换,不是不可通约的。超光速是大自然的秉性之一,我们不能用对大自然一种认知层面的时空属性,去否定对另一层面时空属性的识知。在赵国求的理论框架中,物质波的通讯功能是可以开发的。这个大胆的预言可能有潜在的应用价值。不仅如此,双4维时空量子力学赋予波函数以实在性,那么量子纠缠、量子通讯、隐形传态可能得到很好的物理解释。

在赵国求的理论框架中,量子力学中的“多世界”并没有想象中的那么神秘。他认为,当场量子化之后,其作用由连续变得不连续时,本征态就是通过量子跃迁,截断、删除一个场的作用量子之后,微观客体原先连续运动状态余下的自由运动状态。它可以用平面波来描写。由此,我们可以建构一个正交归一的线性空间。定态波函数 $\psi(x)$ 可以分解成微观客体各种自由运动状态——本征态(平面波) $\psi_n(x)$ 的线性叠加。由于物质波

是物理波,它是微观客体的一个真实状态,因此,建在本征态上的坐标系就可以同惯性系相联系。这就是量子力学中的“多世界”。

赵国求进一步认为,本征态之间由于量子删除,宏观连续时序概念在微观层面被截断,当然可同时并存。即便是能量连续分布的本征函数系,数学上也可以通过正交归一处理,将本征态之间的连续性联系截断,使其同时并存。这对于量子力学中本征态同时并存的奇怪性质,不能说不是一种合理的解答。

本征态之间的“突变空间”、测量中的“瞬间坍塌”——超光速,就这样在量子理论的构建中埋下了种子。因此,量子力学的非定域性是传统理解理论的内在规定性,是“类空间隔”在量子力学中的不同展现方式,不能视为对相对论的违背。对本征态作正交归一数学处理,既是量子力学建立线性波动方程的要求,也是整个量子力学描述微观现象的要求。量子力学时空与相对论时空有交集,也有异域。验证贝尔不等式的实验就是在这样的线性空间进行的,存在超光速是自然的理论推论和内在要求。

作者在讨论量子测量的本质时认为,量子测量是连续作用的介入,破坏线性、破坏正交,恢复宏观时序的实验操作。量子测量使得微观客体从突变运动演变成连续变速运动,建在本征态上的惯性系演变成非惯性系。这相当于在高维欧几里德平直空间镶嵌一个黎曼弯曲空间,由此可以与广义相对论相联系。有关这方面的讨论,作者更多的是提出了一些新的思维方法,读者可以通过认真阅读书中相关章节得出自己的启示。

赵国求教授是一个坚定的物理实在论者,他的理论强烈地反映出唯物论倾向,他的相互作用实在论是其哲学思维的集中反映,具有东方人形象思维特色。

我与赵国求教授认识才几年时间。从年龄上说,他已是年近古稀,可是当我与他初次见面时,我感觉他有青年人的活力。赵国求教授花了50年的时间研究,写就一本内容丰富,思想新颖的物理书奉献给读者,是值得一读的。所以,当赵国求教授请我写序言时,我是欣然接受的。

希望赵国求教授新作《双4维时空量子力学基础——量子概率的时空起源》,将给读者带来愉快的思考,并且为量子力学的发展提供正能量。

张 操

2015年9月20日

序₃

量子力学中波函数的物理本质问题,一直是量子力学基础中的国际性难题,也是量子力学热点议题之一。赵国求积 50 年之力,集成《双 4 维时空量子力学基础——量子概率的时空起源》一书,书中针对波函数的物理本质及量子力学其它基础性问题,展开了一系列深入探索,获得了重要研究进展,可喜可贺。全书论证别开生面,自成一体,对关心量子力学基础性问题的研究者将会有重要启迪作用,值得出版。就我看,这种启迪作用主要体现在如下几个方面。

(1) 本书试用“场物质球模型”代替“点”模型,并引进复空间,利用洛伦兹变换推导出物质波表达式——平面波波函数。波函数描述场物质球的旋转与运动!由此得出物质波是物理波的实在论结论,这是一个物理上的论证,让波函数第一次有了明确的物理意义。有人形象地称让波函数接了“地气”,很有意义,值得一读。

(2) 在作者的理论框架内,它的复数时空背景是明晰的,双 4 维复时空是闵氏实数时空的复数推广,这使得复数自动进入到时空之中。物质波传播在双 4 维复数时空,通过量子测量,回到四维实时空,与可观察值对应,呈现概率分布。波函数的“坍缩”在双 4 维复时空 $W(x, k)$ 到四维实时空 $M^4(x)$ 的转换中实现,是全空间的,突变的、不可逆的、退相干的。测量使量子世界回到经典世界。测量前后物理空间发生了变化,这对理解量子测量的物理过程是一个有益的启示,对理解量子力学中的复数应用也有帮助。

(3) 作者对量子测量中概率事件的本质来源,从场物质球模型出发,给予了物理机制上的揭示和数学上的论证。量子概率缘于微观客体的有形结构,并溶于描述时空的属性之中。微观客体的非点特性是量子力学中概率分布的物理源头。这对于理解物理描述对象和背景时空的关系,也是一个有益的探索。

(4) 作者认为,当场量子化之后,经典场演变成了量子场,其作用由连续变得不连续,本征态就是通过量子跃迁,截断、删除一个场的作用量子之后,微观客体原先连续运动状态余下的自由运动状态。场的定态相当于通过量子分割,删除了连续作用场,而保留其余下作用结果的自由运动状态。这里,原先的连续时序被截断了,本征态可以同时并存,这就是量子力学中的多世界。如果作者的认知可以达成共识,我认为,那将是对一个粒子各种本征态“同时并存”奇异现象不理解的解放。

(5) 微观客体的位置测不准隐含在自身结构之中,量子测量中球模型与点模型的转换,正好可以表达这一物理事实。“位置测不准”有了实在论的物理解释。本质上,任何微观客体都不能定位得比康普顿波长 $\lambda_0 (d = \lambda_0 / \pi = 2R_0 = 2h/m_0c)$ 的范围更准确,有了物理模型上的可理解的说明。

(6) 作者利用新模型对电子、质子、中子自旋磁矩的计算,简捷、明了,至少提供了物

理模型上的理解。

总之,本书有显著的创新性,其研究成果有助于理解量子力学基础问题的深入讨论。但是,也正因为如此,理论的完善也会有更多的讨论空间,这需要更多学者的参与,在量子力学基础性难题的讨论中做出中国人自己的贡献。

陈克求

2016年1月16日

序₄

“《双4维时空量子力学基础——量子概率的时空起源》，在50余年的探索中降生，我们期待它是科学探索中的一个坚实脚印。”这是作者的心声，也是读者的期待。

我与赵国求先生的认识是在2006年商丘举行的全国近代物理会议，之前我曾拜读过赵先生的《量子力学的曲率解释》。由于专门对量子力学基础问题的探讨书籍资料不多，这本书使我很感兴趣。看过之后，感觉立意明确、思路创新，加之赵先生在这次会上透彻的报告，使我对量子力学曲率解释的认识更清晰。以后我又参与了2010年在清华大学举办的国际量子力学基础研讨会议、2014年在武汉华中科技大学举办的全国量子力学基础学术会议，聆听了赵先生量子力学基础研究的新进展报告，使我对该书的主题和内容有了更基本的了解。而且随着交往的增多，对赵先生的研究之路、诗词情怀也略知大概。

喀兴林先生说过：“所谓基本原理以下的事情，就是指上述那些对量子力学的一系列基本问题如何理解的问题；这些问题是量子力学的基础，研究并弄清这些基础性问题无疑是十分必要的，搞清这些基础性问题可以使人们对微观世界运动规律的认识跨前一大步。对基本原理以上的事情也会有极大的推动。”（《高等量子力学》，高教出版社，2001年8月第二版，60-61页）。赵先生正是以系统地探索量子力学基本原理以下的问题为己任，历经50年的思索，基于数学、哲学、量子力学、相对论的统一考虑，提出了双4维复数时空量子力学描述，在量子力学基础性研究淡化的现实状况下，赵先生做出了自己特有的贡献，更显得弥足珍贵。赵先生知难而进的学术勇气、半个世纪的清苦坚守、以及数学、哲学、量子力学、相对论的通识能力令我肃然起敬。

赵先生的理论观点新颖，立意也很清楚。对赵先生的这本著述，专家、学者可以研究评说。我们深信，赵先生的理论研究不仅“是科学探索中的一个坚实脚印”，而且也会推动量子力学基础理论的研究，使其出现繁荣局面。

中国石油大学(华东)理学院 门福殿

2015年9月21日于胶州湾

序₅

《双4维时空量子力学基础——量子概率的时空起源》一书将要出版,它是赵国求教授50年来研究量子力学基础问题的心血结晶,值得庆贺。

赵国求的研究从原来默默耕耘,到逐渐成为大家所认知之途,实际上,正是学术研究方法走向规范之路。众所周知,仅靠经验,知识的可靠性是无法得到保证的,还必须靠先天的思维创造,才可能构造更加可靠的知识体系。一个可靠的知识体系,其概念必然是明晰的,这样,它才能得到检验和得到更进一步的推进,从而使知识体系更为可靠,或者扬弃这个知识体系,而得到更好的知识体系。这样一种方法,正是人类获得不断增长的、正确知识的必然之路。

我较早地关注了他的早期研究,但并没有介入,其中一个原因,那就是早期的有关研究中,有些概念与表达,还不够清楚和明白。后来,一个偶然的的机会,遇上并谈起,就逐渐加入到研究讨论之中,其中包括与曹天予教授、李康教授的多次讨论。我在此期间更加强概念的明晰和体系的演绎性,从而使体系有更大的解释力和预见力。“双4维时空量子力学”是一个有意义的探索,从时空来说,将时空从原来的四维实时空,拓展到了双4维复数时空。

双4维时空量子力学描述放弃传统的质点模型,采用转动场物质球模型,通过洛伦兹变换较为物理地推演出了物质波波函数,这是一个非常有意义的推进,它至少从一个角度告诉人们,波函数是如何由“物质”起源的,而且在这个“物理推导”过程中,它是满足狭义相对论的,这在一定程度上解决了量子力学与狭义相对论的冲突问题。从波函数这里,我们也看到了经验上的宏观概率分布,是如何在微观上物理地起源的,即物质波具有物理实在性、概率分布也具有物理实在性,它们不是数学的,而是物理的。

如果赵国求的转动场物质球模型得到一定程度的检验,那将是量子力学的福音。我期待时间的验证,更期待物质波实际应用价值的新发现。“双4维时空量子力学基础”包含两个部分,一是相互作用实在论,二是双4维时空量子力学描述,前者是后者的哲学基础,这其中包括提出了一些新的概念,如自在实体、现象实体。现象实体的提出将认知过程从本质与现象的二元对立,修正为现象-现象实体-自在实体三元过渡。赵国求认为量子概率来源于微观客体的非点空间特性。测量前与测量后描述微观客体的物理空间、现象实体、物理模型、存在状态都发生了转变,测量成了“物质波”到“概率波”的转换通道。“物质波”和“概率波”可以相互映射,而希尔伯特空间则是它们的共同数学应用空间。这是一个新的认识途径,我认为值得引起人们的关注和重视,也希望有更多的研究者加入这一研究行列,擦出更多共识火花。

在量子力学基础问题上发表一点真知灼见确实太难了!研究它,注定是一条艰辛的、

漫长的荆棘丛生之路。赵国求在这条艰辛的探索之路上已经走过了50年！50年来，赵国求可能遇到过无数学术难题和前进道路上的学术和其他障碍，也可能经历过无数个不眠之夜，但他坚持下来，闯过来了。这是一种可贵的执着探索精神，值得称道。

《双4维时空量子力学基础——量子概率的时空起源》这部著作，在我看来，已初成体系。当然，一个理论体系的建立，它的成熟与完善还需要千锤百炼，需要有更多热心人、有志者的参与，尤其是反对意见，有争议才有推进，争论是学术的生命。赵国求经常说，量子力学基础研究的顺利推进，要感谢一路走来各个时期的领导和学术盟友的大力支持、帮助与鼓励。这是他的心里话，也给我留下了深刻印象。祝愿有志者一路同行。

我除了向科学哲学、物理学哲学同行推荐这本书之外，也向物理学学者推荐这部著作，它会带来量子力学基础研究的新取向和正能量，将会受到读者的欢迎。

吴国林

2015年12月16日

序₆

赵国求教授潜心研究量子力学的多种可能解释及其哲学问题有许多年了。如果说,作为这种辛勤劳动的最大回报,在科学上表现为他富有探索性地提出大胆新颖的“量子力学曲率解释”,那么在哲学上则表现为他配套地建构“相互作用实在论”,这是他研究量子力学哲学问题多年心血的结晶。

赵国求所倡导的“相互作用实在论”,如在《相互作用实在论与实在论比较》一文中所表述,已经达到相对成熟的形态。在武汉的量子哲学学术圈多年反复争论与讨论的氛围和背景中,赵国求所提炼的“相互作用实在论”凝聚了群体的智慧,其基本概念的含义逐步得到澄清,基本观点的表述在逻辑上已达到应有的明晰性,与对立观点或相近观点有了明确的划界,从而对自身观点有了正确的定性和定位。

作为见证人之一,我亲眼目睹“相互作用实在论”从提出、成长到相对成熟的历程。毫无疑问,赵国求从一开始就持有鲜明的实在论立场,说真的,起先我并不看好它。原因在于,在我的感觉中那个初始观点太像机械唯物论,太坚持经典的牛顿式的本体论了!在争论“月亮不看它时,它就不存在”这个论断时,他在捍卫实在论时明显地忽视了“量子现象对于观察的依赖性”。因此,他受到物理学哲学课题组其他成员猛烈的抨击。在经过好几个不眠之夜之后他提出了“相互作用实在论”,保留了实在论的基本内核,却通过明确划分了“现象实体”与“自在实体”两个层次,体现了量子实在不同于经典实在的特异性,从而超越了朴素实在论和机械唯物论。在过后的反复争论与讨论中,“相互作用实在论”的表述形式不断地得到磨练和改进。

在进一步的反思中,赵国求沟通了“现象实体”与“自在实体”的关系,“现象实体”可以层次递进,逐步逼近“自在实体”(例如从德布罗意物质波到康普顿物质波的转变),使得“相互作用实在论”与康德不可知论、范弗拉森的建构经验论等等划清了界线,赵国求也说清楚了“相互作用实在论”与罗嘉昌的“关系实在论”的区别以及它与国际上著名的“结构实在论”的内在联系。

这些研究成果在该论文中都得到充分反映。总体上说,该论文清楚地表明了相互作用实在论的基本特点以及与几种典型的实在论之间的区别和联系。

尽管“相互作用实在论”,从哲学上说并非刻意标新立异之作,但却有内在的时代创新性,很显然它是科学唯物主义的现代继承者,它与辩证唯物主义基本精神也完全相符,不过其主要特色却在于,它是立足于现代自然科学新成果进行认真的哲学思考和哲学概括的自然结果,而不是哲学家的纯粹思辨的结果。这正是它的独特价值所在。

注:代序是桂起权教授在华中科技大学2010年11月26日《多学科论坛》上为赵国求《相互作用实在论与实在论比较》一文所作的评议,本文略有调整。

武汉大学 桂起权

2016.5 武汉

目 录

导 论	(1)
1 突出的量子力学基础问题	(1)
2 相互作用实在论	(4)
3 量子力学波函数几种常见解释	(8)
4 双4维时空量子力学描述	(9)
5 双4维复数时空量子力学描述中的本征态与量子测量	(11)
6 展望	(12)

第一篇 波-粒二重属性与量子运动

第一章 波-粒二重属性	(17)
1.1.1 光子、电子的波-粒二重属性	(17)
1.1.2 实验中观察到微观客体波动性的环境条件	(19)
1.1.3 质点模型与波模型	(20)
1.1.4 电子通过双缝的几种说法	(20)
1.1.5 量子力学中微观客体波粒二象性物理模型假设	(22)
1.1.6 科学家对质点模型的批判	(25)
1.1.7 波的定义及其推广与理解	(26)
1.1.8 波包与粒子	(28)
1.1.9 量子力学中的态函数种种	(29)
第二章 量子运动	(32)
1.2.1 量子力学中电子怎样从一点运动到另一点	(32)
1.2.2 量子力学传统解释中的测不准原理(或译为不确定性原理)	(35)
1.2.3 双4维时空量子力学描述中测不准原理	(38)
1.2.4 量子测量	(39)