

量子力学的建立与科技创新的评价体系

——纪念普朗克创立量子论100周年

何祚庥

(中国科学院 理论物理研究所, 北京 100080)

[摘要] 通过量子力学的建立与发展、奠定了原子能、计算机、光纤通讯、激光技术的理论基础, 证明了科学技术是第一生产力的论述的科学性。通过量子力学的发展, 论证了江泽民同志关于“三个代表”的理论是科技创新评价体系的根本性标准。

[关键词] 量子力学; 科技创新; 评价标准

[中图分类号] 04-1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** CN 53-1160/C (2001) 01-0003-06

The Establishment of Quantum Mechanics and the Evaluation System of Scientific and Technological Innovation

——In Commemoration of the 100th Anniversary of
the Establishment of Planck Quantum Theory

HE Zuo-xiu

(Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100080, China)

Abstract: The establishment and development of quantum mechanics lay down the theoretical foundation for the development of atomic energy, computer, fiber-optical communication and laser technology. It also attests to the scientificity of the theory that science and technology are the first productive force. The development of quantum mechanics argues that Jiang Zeming's theory on "Three Representatives" is the fundamental criterion of the evaluation system of scientific and technological innovation.

Key words: quantum mechanics; scientific and technological innovation; evaluation system

1900年的12月14日, 普朗克宣布创立了量子论。这是一个划时代的伟大的发现。

一、量子力学开创了人类的高技术时代

量子力学不仅解释了微观世界里的许多现象、经验事实, 而且还开拓了一系列的新的技术领域。首先, 量子力学和狭义相对论再加上原子核物理的深刻的研究, 共同开拓了一个新时代——原子能时代, 从而为人类找到了一种可以说“取之不尽, 用之不竭”的能源, 并有可能将人

类活动的踪迹, 由地球移到别的星球, 如月球、火星等等。然而更为重要的是量子力学还开辟了一种全新的信息技术, 使人类进入信息化的新时代, 或又称为电脑时代。

量子力学除了应用到原子、分子、原子核、粒子等微观体系外, 它还被应用到固体领域等复杂体系, 用它解释了铁磁体、铁电体等物质的电磁性质, 也解释了为什么有些材料是绝缘体, 有些是导体。尤为重要的是, 解释了为什么某些材料是半导体。而且根据量子力学, 在这些半导体中, 可以有电子导电、空穴导电等等区别, 从而

• [收稿日期] 2000-12-29

[作者简介] 何祚庥, 中国科学院院士。

又提出半导体的二极管、三极管等等的观念。后来又发展为集成线路。大规模集成线路的组合,成为现代电子计算机的技术基础。可以说,没有量子力学,就没有以电脑控制占主导地位的现代化工业。

由量子力学的深刻的研究所提出的光的受激辐射的原理,还被用来研制种种形态的激光器,广泛地应用于科学实验,制成激光雷达、激光制导以及光武器(又称为“死光”)等等。尤为重要的是激光通讯,它可以通过光纤网络高速而大容量地传播信息,所谓“信息高速公路”就是利用光纤来实现信息量大于 $10\text{ G}\cdot\text{b}$ 以上的通讯网络。这已成为当代新经济的重要内涵。顺便说说,描述光纤通讯的光的传播的方程式,却是二维的量子力学方程。

二、量子力学和认识论问题

然而量子力学所给予人们的还不仅仅是科学和技术上的成就,量子力学还丰富和发展了唯物主义哲学,发展了马克思主义的认识论。

首先是量子力学深化了人们对物质和运动的基本规律的认识。古典物理学所追求的一个崇高理想,就是自然界将能由一系列的微分方程或偏微分方程组所描述,在给定的始值条件和边值条件下,人们将能描述和预测世界发展的一切细节。天体物理学家拉普拉斯曾认为:如果有一个智能生物能确定从最大天体到最轻原子运动的现时状态,就能按照力学规律推算出整个宇宙的去状态和未来状态,这又称为拉普拉斯式的决定论。

19世纪的机械论自然观的破灭,并没有改变这一决定论的自然观,只不过由电磁图像代替了力学图像。19世纪下半叶发展出来的统计力学首先把统计规律引入物理学,但是统计力学所探讨的对象,往往是数达 10^{23} 的粒子,以致统计涨落所引起的偏差,完全可以忽略。统计力学所给出的预测,仍然是确定的或“决定论”式的预言。

量子力学打破了这一思维定式。量子力学虽然是微观世界的基本特征——“波粒二象性”的深刻反映和概括,但是这一“波粒二象性”的物理实质,并没有立刻弄清楚。一个显然的事实是,量子力学中的粒子,并不是通常牛顿力学里所定义的粒子,因为它们不能同时具有确定的位

置和动量。量子力学中的波,又不等同于通常的牛顿力学里的机械振荡中的波,如声波,因为这种“波包”又能扁缩为粒子。量子力学的另一位奠基人玻恩,提出几率波的概念。量子力学中的波,所描述的是粒子在空间分布或动量分布的概率。所以,量子力学的方程式,一方面在形式上是决定论的,亦即一旦给定了始值条件和边值条件,“波包”就会严格地按照薛格方程式所决定的演化方向而前进;但是量子力学中的“波包”在物理的解释上,却又是概率论的,亦即量子规律是决定论的和随机论的规律的统一。

量子规律的出现,丰富了人们对自然界发展规律的认识。例如,在生物体发展中虽然有遗传又有变异,但物种的演化,却又按照达尔文所指出的物种要向不断进化方向发展。其本质上的原因,就是自然规律不仅是有决定论的,而且也是有概率论的或随机论的。

自然规律是决定论和随机论的深刻的统一。同样,对于社会发展的规律来说,社会历史发展的规律是一元的,亦即是按照广大人民群众所期待的人类进步的方向而发展;但另一方面这一规律的表现又是随机的,亦即通过各种偶发事件,甚而是戏剧性的事件来实现的。但是,由于人类是有认识能力的生物,所以,有组织的人群将能依据他们对社会发展规律的某些认识,促进或促退历史向前进方向的发展。但总的来说,社会历史发展的规律是“一元化”和“多样性”的统一。

但是,由于人们习惯用古典物理学的思维定式来看待物理学新发生的问题,这就导致两种认识,或者认为“上帝并不投掷骰子”,因而要求修改量子力学,使量子力学满足决定论的模式;或者就偏向于另一极端,认为理论的“目的不在于揭露现象的实在要素,而在于尽可能地在我们的经验种种方面之间追寻出一种关系”。

从自然观的角度来说,量子力学还第一次打破了不连续形态物质和连续形态物质间的“硬而分明”的界线,使自然界走向连续物质形态和不连续物质形态的统一。

其次,量子力学的发现还诱发了激烈的哲学的争论。量子力学的规律本质上是统计性质的规律。统计规律的实现,必定伴随着大量事例的统计;每一次的测量就必定破坏粒子所处的原来的

状态，每次测量必然出现有“波包”的“扁缩”。这正如投掷一个骰子，其结果必定或者是“红四”，或者是“黑六”，……也就是在概率的测量中，必定是破坏了原来的概率，实现未定状态，在测量后就“扁缩”到某一确定的“本征态”如“红四”或“黑六”，……。相当一些初学者，或者对量子规律的特点理解不深者，就或者惊讶于为什么测量后波函数必定归结为和测量相应的本征波函数，或者就进一步怀疑量子状态的本来面貌不可知。所以，在中国的某些研究量子力学哲学问题的人士，就会去认为“微观世界的‘本来面目’或‘自在状态’不可捉摸”，认为“认识不是‘实际事物’的反映，知识也不是‘真理’或‘真实’的简单近似”，因为“在量子测量过程中，必定伴随有仪器的干扰”。柳树滋甚而认为“人类总是带着‘有色眼镜’去看待微观世界，这一‘有色眼镜’是永远也无法摘除的。”所以，所谓的量子力学的“规律”就只能是主客观相互作用的结果。至于金涛涛更借此而大谈特谈所谓的“客观性危机”。也甚而鲜明地提出，“月亮在无人看它时确实不存在”，“唯物主义今天已被证伪了”！

这就是在1988年到1990年间，在中国的土地上所出现的，有关量子力学哲学问题的一场争论。其争论的焦点就在于：1) 在微观领域中是否存在不依存人们意识的客观实在；2) 如果在微观领域内存在着这样一种客观实在，它们能否被人们所认识。2000年7月，本文作者在北京师范大学出版社出版了一本新著——《现代物理学研究中的哲学问题的三大论战》，就纪录了在中国土地上出现的这场争论，并做了《一个评述》。

在国际范围内，就更有许多国际重量级的科学大师，介入于量子力学哲学问题的争论。这里有被称为“世纪之争”的由爱因斯坦和玻尔所发起的对“EPR佯谬”问题的争论，有许多著名科学家，如贝文、玻姆，还有吴健雄教授等都介入这一争论之中，对于“量子力学测量问题”，先后就更有玻文、海森堡、冯·普意、魏格纳、霍勒、罗森菲文德……先后介入这一场争论之中。有兴趣的是，对于这些哲学观念之争，人们不仅发表了不同哲学主张，而且还建构了许多“理论”，如有关测量问题的理论，甚而实验物理

学家也加入到争论之中，用实验来评定争论的是非。

玻普曾攻击马克思主义哲学是“伪科学”，据说“马克思主义不具有‘可证性’”。可是，在唯心和唯物之争的问题上，现在已不仅仅是哲学的或物理的理论的分析，而是由科学实验来判定哲学争论的是非。

作为一位曾经长期在物理学哲学问题这一领域的从事研究的工作者，我们能贡献的意见是列宁曾说过的两段话：一段是“在哲学方面，‘现代物理学的危机’的实质就在于：旧物理学认为自己的理论是‘对物质世界的实在的认识’，就是说，是对客观实在的反映；而物理学中的新思潮则认为理论只是实践（引者按：实践总是主客体的统一）的符号、记号、标记，就是说，它否定不依赖于我们的意识并且为我们的意识所反映的客观实在的存在。”另一段话是：“遵循着马克思的理论的道路前进，我们将愈来愈接近客观真理（但决不会穷尽它）；而遵循着任何其他道路前进，除了混乱和谬误之外，我们什么也得不到。”

三、量子力学和科学创新评价标准问题

现在我国正在建立国家科学创新体系，要贯彻“有所为有所不为”的方针，这就牵涉到科学创新的评价标准的问题。我国也建立了许多国家级的奖金，奖励对国家做出有突出贡献的科学工作者，这又涉及科学创新的评价标准的问题。我以为在科学评价标准的问题上，有三类评价标准，这就是美学评价标准，学术或科学评价标准，实践评价标准，或又称为社会历史评价标准。

首先是何谓美学评价标准？我曾向王元同志请教，“现今的数学研究，可以说99.99%以上的数学问题的研究都是没有实际用途的，那末你们凭什么说，这项科学成果可以得一等奖，那一项可以得二等奖？”我意想中的回答是，那是由于此工作对学科的推动，如提供新的解决数学问题的方法，提出深刻的数学思想，带动一个或几个领域的研究，等等学术评价标准，来评定某项科学成果水平的高低的。没有想到的是，王元同志鲜明地回答说：“美学标准，也就是它的结果

是否‘漂亮’、‘干净’或‘beautiful’……等等。”而且,王元同志还强调说,“这是数学工作中唯一地并为大多数数学家所共同接受的评价标准。”

可以举一个例子。例如,歌德巴赫猜想说,“任何一个偶数都可以归结为两个素数的相加,这又简称为 $1+1=2$ ”这一猜测如果能得到严格的证明的话,那末这一结果将无疑是十分‘漂亮’或‘干净’的结果,因为任何一个偶数竟然能如此简洁地归结为两个素数的相加!可惜的是,虽然电子计算机的长期实践,从来未发现例外的例外,但是电子计算机的运算,在数域中总是有限的,因而无法由电脑的运算得出任何一个偶数均能拆成 $1+1=2$ 。

陈景润证明,“任何一个偶数可以归结为某一素数加上两个素数的相乘,或又称 $1+2=3$ 。”这也是十分‘漂亮’或十分‘beautiful’的结果。但如果和哥德巴赫猜想相比较,就要略逊一筹。所以,美学标准的确是评价科学创新水平的某种标准;既然大多数数学家已经共同接受这一评价标准,而且在一些别的科学门类中,如物理学、化学……等领域,也会认同这是诸多评价标准的一种,所以,我们就在这里将“美学评价标准”列为诸多评价标准的一种。

至于学术评价标准或又称为科学评价标准,所看重的是有无新的贡献及其在学术上贡献的大小,有的科学工作影响及于诸多的领域,有的新开拓的实验方法、理论方法得到广泛的应用,……等等,所以,其贡献的大小,也是可以评定的。但是,在学术评价标准中,所优先看重是一个新字,要求有新思想、新方法,新发现,新成就,有些科学家如丁肇中就说,在基础研究中,只有第一,没有第二,因为‘第二’就很难认为是新贡献。但是,学术标准所要求的新必须是科学地证明了的“新”。哥德巴赫猜想,至今未能证明,所以这一猜想尚未成为科学,陈景润的“ $1+1=3$ ”,其结果还不如哥德巴赫漂亮,但这是陈景润所首先给予了科学的严格的证明的结果,所以又称为陈氏定理。在数学研究中,人们所承认的是有无严格的数学证明;而在物理学或化学等等实验科学的领域中,人们所关注的除了有无严格的逻辑的证明外(请注意:这里既包括经过严密检验的前提或出发点,也包括严密的计

算或严密的逻辑的分析),而更为关注的是,一些观念、猜想甚而是理论有无科学实验的证明。物理学、化学,……等等科学,在本质上是一门实验的科学,一切“美丽”的或“漂亮”的猜测,想象,甚而已是假说,如果得不到实验的证明的话,那末这只能是有兴趣的猜测、想像或假说,并不被人们承认为科学。玻普甚而宣称某种理论如果不能找出由实践来检验、判断其真伪的方法,(这在玻普称之为可证伪性),那末玻普就称为伪科学。

但是,以上所讨论的评价标准,还仅是学人在学术圈子以内的评价标准。某些学者更看重的是实践评价标准,或者说历史社会的评价标准,亦即对人类未来发展贡献大小的评价标准。大物理学家费米就认为,他的最重要的贡献并不是引入中子作为轰击原子核的炮弹(这一工作导致费米获得诺贝尔奖金),而是提出非均匀结构的天然铀石墨组成的核反应堆。正是这一成就导致原子弹所用到的军用铀的生产,导致原子能发电站的建立。

三个标准的统一是评价科学工作的最高标准。

四、物理学的三次大突破

以上三种科学创新评价标准,当然是由于评价者站在不同的评价角度。有些科学工作可能在美学上或学术上是高水平的,但是却没有实用价值,有些科学工作在应用上有很大的经济效益,但是在学术上缺少创新之外,或有所创新却并不高明;所以在不同人群中,会有不同议论和看法。但是,只要是存在创新的,并且从以上三种角度中任何一种角度来看,是属于有贡献的工作,都应该得到社会公众合理的鼓励和评价。当然,作为一位既关注人类未来,又关注科学发展的科学工作者来说,最为值得重视的,或者应该得到最高评价的,是三种评价标准相统一的那种科学工作。量子力学就是那种应得到综合的最高评价的科学发现。

毫无疑义,德布罗依波以如此简明的公式所刻画出的波粒二象性,在美学上是异常漂亮的或靓丽的结果;量子力学开拓了原子物理、分子物理、固体或凝聚态物理、原子核物理的新领域,

甚而在未来还将影响到生物的领域，其对科学发展的贡献，无疑是划时代的；至于由量子力学所开拓的原子能，所开拓的电脑和光纤网络，将长期地、永远地、深刻地影响到未来人类社会历史的发展。

量子力学的发生、发展及其应用的历史经验证明：只要人们所研究的是物质运动规律的基本问题，那末这样的探索就必然导致三种评价标准的统一。所以在我们即将建立的国家科学创新体系中，除了要集中力量于解决足以影响国民经济或国防建设的全局的8~10个重大科学技术问题以外，还需要集中一定的力量于以探索物质和运动的基本规律为目的并且看起来是“无用”的基础研究。因为“技术的发展是生根于基础研究之中”，而“如果一个社会仅仅局限于技术的转化，那末经过一段时间，由于得不到基础研究所积累的新发现、新知识的支持，那末也就没有什么可以转化的了。”（丁肇中：《基础研究与工程技术》）

早在35年以前，中国的科学工作者曾经在总结物理学发展的历史经验的基础上指出，自17~18世纪以来，人们在探索物质的运动的基本规律方面有三次大突破。第一次是对物质的宏观而低速运动方面的突破，它集中表现为牛顿力学以及热力学等定律的建立，所带来的是蒸汽机和稍后一些的内燃机的发明，人类也就由青铜时代、铁器时代，进入于蒸汽机时代。第二次是在宏观而高速运动方面的突破，这就是法拉第和麦克斯韦电磁方程式和狭义相对论的建立，所带来的是发电机、电动机、电灯、电话、电影、电视的发明，人类也就相应地进入于电气时代。第三次是在微观而低速运动方面的突破，这就是薛定格和海森堡所建立的量子力学和稍后一些量子统计力学，所带来的是原子弹、氢弹、核反应堆、电脑、光纤网络的发明，人类也就相应地进入于原子能时代和电脑时代。

物理学的发展在经历了三次大突破以后，一个逻辑的必然的发展，就是向微观而高速的运动规律进军，或者说，寻求物质运动基本规律的第四次大突破。正是在上述思想的指引之下，自1965年以来，中国的科学工作者曾经进入了夸克模型或又称为层子模型的研究，又在夸克或层子的基础上，进入了量子色动力学和弱电统一理论

的研究，还有复合粒子量子场论的研究……。可以说，物理学的第四次大突破，已经初见端倪。它还将进一步向什么方向发展，它将带来什么样的新技术和高技术的发明？这就是中国国家科学创新体系所不能不关注的重大科学技术问题。

乍一看来，这样的探索是集中了许多优秀的人才，化费很多钱而且是“无用”的研究。可是，现在人们所广泛关注的“E-mail”以及“信息高速公路”和“国际互联网的网络”正是在国际的高能物理的研究室里所首先诞生，由高能物理学家为解决数据传输问题而研制，进一步发展国际互联网络的。而且，在中国首先引进这一技术，并和国际通道联网，从而引起社会公众广泛关注的，是中国科学院高能物理研究所。

五、“三个代表”的理论是评价一切科学工作，也是评价国家科学创新体系的最根本标准

前一时期，江泽民总书记提出“三个代表”的理论：“共产党人要成为先进社会生产力发展要求的代表；要成为先进文化前进方向的代表；要成为广大人民群众根本利益的代表。”

这一“三个代表”的理论，不仅成为评价科学工作的根本标准，而且也是指导和评价我国一切工作的根本标准。

邓小平曾说，判断改革开放得失成败的标准主要是“看是否有利于发展社会主义社会的生产力，是否有利于增加社会主义国家的综合国力，是否有利于提高人民的生活水平。”

现在江泽民同志就在社会生产力的问题上加上了“先进”二字；在综合国力的问题上就删除了和生产力内涵相同的内容，而在文化的问题上也加上了“先进”的形容词；在人民利益标准的问题上，又进一步强调了最广大的人民群众和根本的利益。

公允一些说，江泽民同志所提出的“三个代表”的理论，确实进一步发展了“三个有利于”的判断标准。遗憾的是，现在在各报刊上刊出的学习“三个代表”的理论的文章中，往往只看见“共产党人要集中力量发展社会生产力”，但却忽略了先进的形容词。事实是，在如何发展社会生产力的问题上，存在着先进技术和落后技术间的

斗争;存在着生产力各生产要素的优势组合的和劣势组合间的斗争;存在着不断调整产业结构,实现产品的升级换代,更好地满足人民群众的需求和因循守旧,拒绝改进,漠视人民群众不断变化发展中的新的需求之间的斗争;存在着保护环境,保护资源,实施可持续发展战略,和“饮鸩止渴”,“竭泽而渔”等等短期行为间的斗争。中国正在由农业国转变为工业国,中国的工业化正在由装配线时代向以控制机为主导的后工业时代迈进,在将来还将有智能机器人取代普通体力劳动和脑力劳动。所以我国必须“以信息化带动工业化”。中国的体制改革以及所有制某些环节的改革必须适应和促进这些先进生产力的发展,而不是抽象地泛论那种体制或所有制更为先进。中国的先进的生产力还必须和国际的先进的生产力携手共进,不能孤立于世界经济发展的大潮流之外,所以中国必须“提高对外开放水平,积极发展开放型经济”。不仅“请进来”,还要“走出去”。从世界范围来说,人类正面临环境污染、生态破坏、资源枯竭、能源危机、气候反常、人口爆炸等六大难题。凡此种种,就构成了先进生产力和落后生产力之间的激烈的斗争。至少,由量子力学所开辟的电脑、光纤等等技术,是当今最为活跃的先进社会生产力。

文化是为经济建设服务的。先进的社会生产力的发展,就必然要求有先进文化的指导、促进、鼓舞和呼唤奔走。我国在现阶段当然“以经济建设为中心”,然而,早在1949年9月21日,毛泽东在政治协商会议的开幕词中就说:“随着经济建设的高潮的到来,不可避免地将要出现一个文化建设的高潮”。“中国人……将以一个具有高度文化的民族出现于世界”。所以,随着中国人民由温饱、小康向富裕阶段迈进,中国人民的精神生活消费将会超过物质生活消费。所以,在发达国家中,精神生产力占国内生产总值的份额,就超过了物质生产力。

现在报刊上刊出的一些文章,把先进文化的内涵局限为马克思主义,这是不全面的。马克思主义是先进的文化,自然科学也是先进文化,这二者都是科学地反映了自然和社会发展规律的文化。至少,量子力学就是人类宝贵的精神财富之一。

文化又是经济的反映。当今我国存在着多元利益主体的格局,而历史必然向“一元化的科

学、民主、效率、公平”的方向迈进。所以,在文化问题上,就更充满了先进文化和落后文化间的尖锐的斗争。即便在“马克思主义”的名义下,在“科学”的名义下,还会有创造性的不断发展的新鲜活泼的马克思主义和僵化的教条式的封闭保守的“马克思主义”之间的斗争,有真科学和假科学之间的斗争。现在确实有“真科学假搞,假科学真搞”一类的现象。有些号称“马克思主义”的学者,竟然会写出什么《法轮功不是迷信》的文章,还要认为这是“发展”了马克思主义!

“三个代表”的理论是相互统一的。在先进社会生产力和先进文化中的“先进”一词,归根结底,是因为先进的发展要求和方向反映了最广大人民群众的根本利益。所以,如果共产党人就是代表了最广大人民群众的利益,就必须旗帜鲜明地反对“部门主义”,反对“地方主义”。如果共产党人的确是代表人民群众的根本利益的话,就必须认真纠正目光短浅只顾眼前的“短期行为主义”。

在科学工作里,这种短期行为的具体表现之一,就是自1985年以来,我国的基础研究已由占“研究与开发”费用的5%下降到2%,到了1999年,就进一步下降到1.5%(这里所用的基础研究的概念,是沿用国际上通行,如联合国教科文组织中所用的定义,而不是我国统计资料中,连同应用基础也包含在内的“基础研究”。)然而不论是发达国家或发展中国家,其基础研究一般约占“研究与开发”费用的10%~15%。

早在1978年,邓小平同志《在全国科学大会开幕式上的讲话》中,就曾指出:“有许多理论研究,暂时人们还看不到它的应用前景;但是,大量的历史事实已经说明:理论研究一旦获得重大突破,迟早会给生产和技术带来极其巨大的进步,……使社会物质生产的各个领域面貌一新”。普朗克量子论的发现,薛定格和海森堡的量子力学的建立的历史经验表明,我国必须切实而不是用空话“加强基础研究”。

江总书记提出的“三个代表”的理论的内涵是十分丰富的,需要我们认真钻研和领会其精神实质,学好用好这一“三个代表”的理论,用以衡量和指导我国的各种工作。

[责任编辑:张云平]