

基础科学研究应该接受 马克思主义哲学的指导

钱 学 森

国防科学技术工业委员会科技委

今年早些时候,我写过一篇讲基础性研究的文字^①,说明基础性研究包括两类性质不同的研究:基础科学研究和基础应用研究。前者是在探索中认识客观世界,暂时还不知道会有什么应用,自然也不知道会有什么收益;而后者是为了一个方面的应用,必须先下功夫把这个方面的基本规律搞清楚,是有鲜明的目的性的。因为基础科学研究是探索性的,风险大,只有投入,近期无产出,所以任何国家领导机关在确定这样一些研究项目时,自然总会有些犹豫,想把经费转来支持基础应用研究。这是可以理解的。美国、日本、西欧都对高温超导舍得花钱,连对实验结果有争议的常温核聚变各国也都愿意开支研究经费,因为这都是基础应用研究,有可预见的收益。但对基础科学研究,就是在经费比较充裕的美国国家科学基金会(每年约20亿美元),一项申请也往往很难得到专家评审委员会的通过。以致美国 Richard A. Muller教授向美国国会议员们建议^②,国家要相信有成就的科学家,让他们自己选题,行政当局少插手。他说可以分四个步骤发放研究费:第一,向全美国的科学家发出询问:谁是他认为最优秀的、现在正在作研究的科学家,提出名单;第二,向以上名单中的科学家再发出用于以上目的的询问,要他们提出名单;第三,把第二步的过程再重复一次,得到第三批名单;第四,给第三批名单上得票较多的前1000名科学家,每人每年100万美元研究费,不限课题,任其使用。Muller认为,这才能解决基础科学研究的问题,美国国家科学基金会研究经费的一半,即10亿美元,应该这么花。

我想类似的问题在我们社会主义中国也不是一点都不存在。支持基础应用研究还容易下决心,要支持基础科学研究就难了。这里面的一个思想就是,搞基础科学研究,没边没缘,谁知道能不能成功?在这篇文字里,我想就这个问题讲一讲个人的看法:近代科学技术经过约四百年的发展,已经成为一个以马克思主义哲学为最高概括的体系^③,它的演化是有规律的,因此基础科学研究决不是象早年那样没有指导思想的摸索,而是在马克思主义哲学指导下的探索,所以途径和路牌是有的。现在我就试着讲出来,向同志们请教。

决定性与非决定性

22

A. Einstein有一句名言:“我不相信上帝是掷骰子的!”他对量子力学把决定性的牛顿力学

① 钱学森:《也谈基础性研究》,载《求是》1989年第5期。

② 见“Science”1989年4月第21期, Vol. 244, 290页。

③ 钱学森:《关于〈实践与文化——“哲学与文化”研究提纲〉的通信》,载《哲学研究》1989年第4期。

以及相对论力学转化为非决定性的,就曾这样表示了他的不满。那么到底客观世界本身的运动规律是决定性的,还是非决定性的?

其实对这个问题的争议并非自 Einstein 始。早在上个世纪初,大科学家 Laplace 写了本《天体力学》,他呈送给拿破仑皇帝,拿破仑接见了,皇帝说:“教授先生,你的书怎么没有提到上帝?”Laplace 回答说:“我不需要上帝!”意思是世界上的一切都由数学理论、数学方程式决定了,这是牛顿力学明确了的。但是到上个世纪末,为了用分子运动论来解释热力学规律,奥地利的 L. Boltzmann 不得不引入非决定性的统计力学。Boltzmann 的理论与热力学完全相符,但出现了一个矛盾,决定性的牛顿力学怎么会引出非决定性的分子运动论?这个问题在当时科学界争议甚烈, Boltzmann 非常苦恼,以至最后自杀!他对创立统计力学是立了大功的,但解决不了决定性与非决定性的矛盾。这一矛盾直到本世纪60年代兴起了混沌理论才得到解决。按照这一理论,在分子数量极多,成亿、成万亿的情况下,只要在相互作用中有一点点非线性关系,就一定出现“混沌”。“混沌”看起来是非决定性的——混乱无章,可是实际它是决定性的,混乱无章正是决定性规律引起的;但可以当作非决定性的统计力学问题来处理。

这一段科学史说明,从决定性的牛顿力学演化为非决定性的统计力学是一次科学进步,而用混沌解释了统计力学的非决定性则又是一次科学进步。那么上帝到底掷不掷骰子呢?从上面这段历史看,应该说:如果这个“上帝”指的是客观世界本身,那么“上帝”是不掷骰子的,客观世界的规律是决定性的。但如果这个“上帝”指的是试图理解客观世界的人、科学家,那他有时不得不掷骰子,而且从自以为是地不掷骰子到承认不得不掷骰子也是一个科学进步。后来科学又发展进步了,科学家能看得更深更全面了,“更上一层楼”了,科学家又不掷骰子了,那又是一个进步,是又一次的科学发展。这样我们就把“上帝不掷骰子”和“上帝掷骰子”辩证地统一起来了。客观世界是决定性的,但由于人认识客观世界的局限性,会有暂时要引入非决定性的必要。这是前进中的驿站,无可厚非,只是决不能满足于非决定性而不求进一步地澄清。

决定性与非决定性的问题也存在于人的思维规律理论之中,这就是逻辑学。早在17世纪,德国数学哲学家 Gottfried Wilhelm Leibnitz 就认为,总有一天数学计算能解决一切争议,一旦遇到不同意见就说:让我们来计算计算吧。这个设想到了本世纪初,数理逻辑有了很大发展,于是又有一位德国数学家 David Hilbert 就认为,一切数学问题都在原则上是可以判决的,是完全决定性的,而且他着手建立这样的数学大厦。但在 Hilbert 晚年,他的这一美好理想破灭了。本世纪30年代, Kurt Gödel 和 Alan M. Turing 先后用不同方式说明根本不存在这样的体系。他们证明:没有一组有很多个公理和推理准则所组成的体系能解决所有正整数提出的问题。现在美国 IBM 公司的 Gregory J. Chaitin 更进一步证明数论中存在着随机性,要用统计,即非决定性的理论^①来解决。这也是由于近一百年来数学原理,或称元数学的发展。现在逻辑学家们已跳出经典逻辑,即所谓一阶逻辑的范围,开辟了二阶逻辑等高阶

① Gregory J. Chaitin, "Randomness in Arithmetic", «Scientific American», 1988年第7期,第52—57页。

逻辑,称之为模态逻辑^①。所以思维规律的学问已经大大发展了。现在我们明白,在某些局限性下出现的非决定性问题,在更高层次中又会变为决定性的。这已经是马克思主义的辩证逻辑了。

渺观、微观、宏观、宇观、胀观

我们怎么解决量子力学的非决定性呢?第一是要树立解决这个问题的决心。世界上是有这样的科学家的^②,如提出“隐秩序”的D. Bohm^③,他说世界是决定性的,但在量子力学理论中还有没看到的东西,我们要抓“隐秩序”。Bohm的思想是对的,但他和他的同道都没有成功。我想这个“隐秩序”不能只在微观世界去找,它藏在比物质世界微观层次更深的的一个层次,即渺观层次。什么是渺观呢?

这要从所谓普朗克长度讲起。物理学家们意识到物理学中有三个常量,即万有引力常数G,光速c和普朗克常数h。它们可以结合成一个长度,即 $\sqrt{\frac{h}{2\pi} \frac{G}{c^3}}$ 。这个长度极小,大约是 10^{-33} 厘米。过去多少年,这只是个有趣的量,并不知道它有什么具体意义。但近年来理论物理学家为了把四种作用力:引力、弱作用力、电磁力和强作用力纳入统一的理论,即“大统一理论GUT”,提出一个“超弦理论”(Superstring Theory),而这里“超弦”的长度正好是大约 10^{-33} 厘米。超弦的世界比今天中子、质子等“基本粒子”的 10^{-15} 厘米世界还要小19个数量级!我们称基本粒子的世界为微观世界,那超弦的世界不应该称为更下一个层次的渺观世界吗?

超弦的世界还有一个特点,它不是四维时空(三维空间加一维时间),它是十维时空,四维之外再加六维。多出来的六维在高一层次的微观世界是看不见的,因为它太细小了。这就使我猜想:微观层次的量子力学所表现出来的非决定性,实际是决定性的渺观层次中十维时空运动的混沌所形成的。本来是决定性的运动,但看来是非决定性的运动。这是因为超弦的渺观世界是十维时空,有六维在微观世界看不见,不掌握,因而有六个因素没有考虑,漏掉了,可以说是因为微观世界科学家的“无知”,造成本来是决定性的客观世界,变得好象是非决定性的了。这才是“隐秩序”,藏在渺观的秩序。对不对?可以探讨。

从渺观到微观差19个数量级。我们不妨让微观世界到人们所熟悉的宏观世界之间也差19个数量级,而微观世界的典型长度是 10^{-15} 厘米,那么宏观世界的典型长度就是 10^{-15} 厘米 $\times 10^{19} = 10^2$ 米。那是一个篮球场的大小。

从宏观世界再往上呢?我们说是宇观世界,这也是大家知道的天文学家的世界。它是不是与宏观世界也差19个数量级?如果是这样,那将是 $10^2 \times 10^{19}$ 米 $= 10^{21}$ 米 $\cong 10^6$ 光年, 10^6 光年是银河系的大小,正是天文学家的世界!

所以从渺观、微观、宏观,直到宇观,以上构筑方式是成功的。有没有再上面的世界层次?这不能瞎猜,要看有什么事实指向。在大约半个世纪前,天文物理学界的科学家从天文观测发现,我们所在的这个宇宙是在膨胀的,并且倒推到大约100多亿年前,整个宇宙从一个微点开

① J. Barwise, S. Feferman 编:“Model Theoretic Logics” Springer(1985)。

② 见 P. C. W. Davies, J. R. Brown 编:“The Ghost in the Atom”, Cambridge University Press 1986。

③ D. Bohm:“Wholeness and the Implicate Order”, Routledge and Kegan Paul(1980)。

始爆炸！因此这个宇宙学理论的别名是“大爆炸理论”（Big Bang Theory）。时空有了起点！世界在这以前不存在！这一发现无疑是现代科学的进步，打破了古老的静止世界的观点；但也带来了问题：时间有了起点！据说当时罗马教皇就非常高兴，说科学家证明有上帝，是上帝创造了世界！不但罗马教皇高兴，中国的方励之也高兴，他抓住了大爆炸理论关于时间有起点的观点，并以此为依据批评恩格斯，因为恩格斯在《反杜林论》中论述时间没有起点，过去无穷尽，将来也无穷尽。其实罗马教皇和方励之都错了，这在查汝强同志和何祚庥同志的文章中①已有详细论述，我不在此重复了。我们应该注意：外国宇宙学家们也认为时间有起点是不合常理的，所以近八、九年来，提出了“膨胀宇宙论”（Inflationary Universe theory）代替“大爆炸理论”，而且对我们所在的这个宇宙起始膨胀的机制提出了设想，也指出我们所在的这个宇宙不过是大宇宙中数不清的宇宙中的一个。大宇宙要大得多。

所以我就提出，在宇观世界之上的再一个层次，就称为“胀观”。胀观比宇观再上19个数量级，典型尺度是 10^{16} 亿光年，比我们所在的宇宙的现在尺度，即大约几百亿光年要大得多了。

综上所述，我建议在大家公认的世界三个层次，即微观、宏观、宇观之外再加两个层次，一是微观下面的渺观，二是宇观之上的胀观，一共五个世界层次。情况见表。这张表是对前些日子吴延滔同志文章②的修正：微观与渺观的交界处大约在尺度 3×10^{-25} 厘米；微观与宏观交界处大约在尺度 3×10^{-8} 厘米，即大分子的尺度；宏观与宇观交界处大约在尺度

层 次	典 型 尺 度	过渡尺度	例	理 论
?				
?				
?				
胀 观	10^{40} 米= 10^{24} 光年= 10^{16} 亿光年	3×10^9 亿光年 3 亿公里 3×10^{-8} 厘米 3×10^{-25} 厘米	银河星系 太阳系 篮球场 大分子 基本粒子	广义相对论
宇 观	10^{21} 米= 10^5 光年			牛顿力学
宏 观	10^2 米			量子力学
微 观	10^{-17} 米= 10^{-15} 厘米			超 弦?
渺 观	10^{-38} 米= 10^{-34} 厘米			
?				
?				
?				

① 查汝强：《评“宇宙始于无”》，载《中国社会科学》1987年第3期；何祚庥：《物质、运动、时间、空间》，载《哲学研究》1987年第11、12期。

② 吴延滔：《暴涨宇宙论中的哲学问题》，载《哲学研究》1988年第1期。

3 亿公里,即太阳系的大小;宇观与胀观交界处大约在 3×10^6 亿光年。现在有物理理论的只是微观的量子力学及其发展、宏观的牛顿力学和宇观的广义相对论,新设的渺观和胀观还没有严格的理论。没有理论就要创立理论,这就是基础科学的研究方向了。更何况随着研究的深入,还会出现渺观以下的新层次和胀观以上的新层次。所以现在基础科学研究是有方向的,不是无边无际的探索。

不但如此,现在的微观研究差不多都是在 10^{-15} 厘米以上,还有微观世界的下半部,直到与渺观交界处的大约 3×10^{-26} 厘米处,量子力学及其发展还大有可为。宇观的上部,直到与胀观交界处的大约 3×10^6 亿光年,广义相对论也还大有可为。这也都是基础科学研究的新领域。

在这里要注意的是,以上所提出的基础科学新领域直接作实验或观察都比较难。在微观世界下半部,物理实验可能要用能量超过现在已有或计划中的高能加速器,即大于几十个 Tev。在宇观世界上半部,天文观测所要的仪器也大大超过现在已有或计划中的天文观测设备。不能作实验或直接观测,怎么做理论核实呢?好在今天我们已有计算能力很大的电子计算机和电子计算机系统,而且在不久的将来这种计算设备的能力还会提高。因此理论可以通过复杂的计算,综合成为可以同实验或观察结果相核对的结果,作间接对比。这个方法,即基础科学研究用电子计算机,今天已经在试用,效果是好的。这一方向也是将来基础科学研究要注意的。

开放的复杂巨系统的研究与方法论

上面一节是从整体结构层次看基础科学研究的方向,那么是不是在古老的宏观层次还有基础科学研究的重大课题呢?我以为是有的。这就是系统科学涌现出来的一个大领域:开放的复杂巨系统。

一个系统是由子系统所组成的。开放是指系统与系统外部环境有交流。子系统数量少,这个系统称简单系统;子系统数量达到几十、上百,这个系统称大系统。今天的系统科学对于比较简单的小系统和大系统,是有理论方法直接来处理的。如果子系统数量极大,成万上亿、上百亿、万亿,那是巨系统了。如果巨系统中的子系统种类不太多,几种、几十种,我们称之为开放的简单巨系统,那还好办,现在也有处理的方法,这就是近 20 年来 I. Prigogien, H. Haken 等发展起来的耗散结构理论或协同学理论,都把统计力学发展了,他们的理论处理开放简单巨系统很成功,解决了不少重要问题。

但是如果巨系统里子系统种类太多,子系统的相互作用也花样繁多,各式各样,那这巨系统就成了开放的复杂巨系统。对开放的复杂巨系统现在还没有理论,没有从子系统相互作用出发构筑出来的统计力学理论!那么什么是开放的复杂巨系统?举例说:人体、生物体、人脑、地球环境以至社会。这就是人体复杂巨系统、生物体复杂巨系统、人脑系统、地理系统和社会系统。社会系统尤其复杂。因为社会中的人是有意识的,他的行为不是什么简单的“条件反射”,不是有输入就有相应的输出;人接受信息后要思考,作出判断再行动,而这个过程又受各种条件影响,是变化多端的。所以社会系统可以称之为开放的特殊复杂巨系统。

从开放的复杂巨系统的实例可以看到它的广泛性,它涉及到医学、生物学、思维科学、

地理科学以及社会科学的理论。但对复杂巨系统目前还没有理论！当然现在也有人很天真，硬要干；这又分两种情况：一是搞耗散结构、协同学一派的人，硬用处理简单巨系统的理论去处理复杂巨系统，包括一批热衷于美国所谓“系统动力学”的中国人，他们当然不成功。二是一下子上升到哲学，空谈系统的运动是由子系统所决定的，因此微观决定宏观，以至提出什么“宇宙全息统一论”^①。他们没有看到人对子系统也不能说完全认识了，子系统内部也还有更深的更细的子系统的子系统，以不全知去论不知，于事何补？

现在能用的、唯一处理开放的复杂巨系统(包括社会系统)的方法，是把许多人对系统的点点滴滴的经验认识，即往往是定性的认识，与复杂系统的几十、上百、几百个参数的模型，即定量的计算结合起来，通过研究主持人的反复尝试，并与实际资料数据对比，最后形成理论。在这个过程中，不但模型试算要用大型电子计算机，而且就是在人反复尝试抉择中，也要用计算机帮助判断选择。这就是所谓定性定量相结合的处理开放的复杂巨系统的方法^②。对社会经济问题，经过试用，结果良好。

如上所述，开放的复杂巨系统和社会系统是如此广泛的问题，而现在对它的基础理论还不清楚；但也有一个切实有效的实用方法，其特点是把存在于许多人的、对一个客观事物的零星点滴知识一次集中起来，集腋成裘，解决问题。这一项重要基础科学研究就应该从这样一种实践经验出发，认真总结提高，建立一个基础理论。这可以是系统科学的基础学科，即系统学的重要课题；同时也是科学方法论的重要发展。它是真正的综合集成，不是国外说的综合分析 Meta-Analysis^③。

在前面几节中，我提出了对基础科学研究的一些看法。而我之所以能提出这些看法，是从马克思主义哲学中得到启发的。这也就是我说的马克思主义哲学是智慧的泉源^④。所以基础科学研究应该接受马克思主义哲学的指导：基础科学研究也是一条向前不断流去的长河，是有方向的，不是不可知的。我们应该常常想着毛泽东同志的一句话：“马克思列宁主义并没有结束真理，而是在实践中不断地开辟认识真理的道路。”^⑤

① 王存臻、严春友：《宇宙全息统一论》，山东人民出版社1988年版。

② 钱学森：《软科学是新兴的科学技术》，载《红旗》1986年第17期。

③ “综合分析”(Meta-Analysis)，近年在国外有所探讨及试用；但也不成熟，方法太机械，未能实现综合的真正要求。参见：L. Hedges, I. Olkin, “Statistical Methods for Meta-Analysis”, Academic Press (1985); F. M. Wolf, “Meta-Analysis: Qualitative Methods for Research Synthesis”, Sage, Beverly Hills, CA (1986); R. Rosenthal, “Meta-Analytic Procedures for Social Research”, Sage, Beverly Hills, CA (1984); R. Light, D. Pillemer, “Summing Up: The Science of Reviewing Research”, Harvard University Press, Cambridge, MA (1984)

④ 钱学森：《智慧与马克思主义哲学》，载《哲学研究》1987年第2期。

⑤ 《毛泽东选集》第1卷，第272页。