



把简单的事情复杂化叫文化,把复杂的事情简单化是效率 ——*Mind Concert Academic Salon* 学术讨论侧记

翁羽翔[†]

(中国科学院物理研究所 北京 100190)

“简单”与“复杂”是人们在剖析客观事物时所归纳出的两个极端属性,也是描述客观事物被人了解及掌握难易程度的感观印象。因此“简单”与“复杂”既有客观的一面,也有主观的一面,因人而异,因事而异。只要人类现代文明进程不被中止,“简单”与“复杂”将会是一个永恒的话题,争论也将永无休止。

总体而言,简单是对事物的一种高度概括,只有真正抓住了事物的本质,越是简单平淡的表述,就越具有摄人心魄、令人永世难忘的魅力。“大道至简”,唯有得道者方能到达至简的境地,说出至简的大道,没有一番复杂的修炼和经历何尝能悟出事物的本质!古今中外,堪称得大道者又有几人?

面对战乱的痛苦,生离死别的悲伤,每一个

人、每一个家庭都有一个说不尽道不完的故事,然而托尔斯泰竟然冷冷地说道:“幸福的家庭都是相似的,不幸的家庭各有各的不幸”,从此任何一部世俗小说都离不开托翁划定的圈子。《圣经》则更加简单,对未来事物的概括也就用了几个字“阳光底下无新事”。中国古代哲学家、道教的鼻祖老子试图阐释万物运行所遵循的大道,在其《道德经》的开头便写道:“道可道,非常道”,在我看来这句话“简”则简矣,而“了”则未了。可见要做到简单而又明了是一件多么难的事。

简单只是为那些已经经历了复杂磨炼过的人所准备的,只有经历了复杂,才能领悟简单的震撼力;只有在复杂基础上凝练出来的简单,才会有生命力。因此对于貌似简单的事物要追究其复杂的一面,对于复杂的事物当尽量约化出简单的道理。对于人生也是如此:年轻人要丰富其人生和学识,执经叩问;年长者则应浓缩其人生的真谛,昭示后人。而读书求学,便是一个将书本变

2015-01-26收到

[†] email: yxweng@iphy.ac.cn

DOI:10.7693/wl20150208

厚，然后再将其变薄的过程。

物理是追究物质运动本原的学科，精确的定量描述是物理学科的生命。然而简洁的表述依然不失为物理学的重要法则。好在再复杂的问题经物理学家用微分方程一表述出来，就显得不仅是形式简单，而且还美得令人窒息：经典力学中牛顿第二定律可表示为距离对时间的二阶微分；电动力学中麦克斯韦电磁波方程表示为时间的一阶微分，空间的二阶微分；量子力学中的薛定谔方程为时间的一阶微分，空间的二阶微分。这些简洁的表达是在复杂的实验和理论的基础上被总结和推导出来的。简洁规律在物理学中获得巨大的成功，激励了一些顶级物理学家开始思考更为复杂的生命现象，希望给出和物理学一样具有统一性的法则。作为量子力学奠基人之一的薛定谔更是开风气之先，开创了把物理学和生物学综合在一起去思考生命现象本质的新思路。他用原子间化学键的作用，解释生物大分子结构的稳定性；用生物大分子中有关元素的空间排列解释“遗传密码”，并把自己的思想写进一本名为《生命是什么》的小册子。这些石破天惊的想法直接催生了DNA作为遗传密码载体的发现。

基于物理学的成就，物理学家也充满了自信。18—19世纪在科学界处于统治地位的拉普拉斯决定论就是一个很好的例子。决定论认为宇宙像时钟那样运行，某一时刻宇宙的完整信息能够决定它在未来和过去任意时刻的状态，根据这一论断，宇宙的事物运动满足一组微分方程，给定初始条件和边界条件，就可精确计算未来时刻的运动状态。也就是说，简单的微分方程组包含了所有复杂而精确的信息。然而事实上，在万有引力场中，一个貌似简单的三体运动问题就打破了决定论的幻想，因为到目前为止三体问题在数学上无法精确求解。再如天气预报，也要求解非线性微分方程组，然而在求解过程中发现了混沌现象。所谓混沌（Chaos）是指发生在确定性系统中的貌似随机的不规则运动。一个由确定性理论描述的系统，其行为却表现为不确定性、不可重复、不可预测，这就是混沌现象。混沌现象最初

是由美国气象学家洛伦茨在20世纪60年代初研究天气预报中大气流动问题时偶然发现的。混沌现象表现为对初始条件的极端敏感性，即初始条件十分微小的变化经过不断放大，对其未来状态会造成极其巨大的差别。洛伦茨用“蝴蝶效应”来生动地比喻这一现象：亚马逊雨林一只蝴蝶翅膀偶尔振动，也许两周后就会引起美国德克萨斯州的一场龙卷风。混沌现象再次打破了拉普拉斯决定论，同时也表明，复杂的事物可以还原为简单的规律，而从简单的规律却无法完全演绎出复杂事物的全部。这也部分揭示了“简单”与“复杂”之间的关系。“复杂”尽管令人头痛，但其从来就是不可缺少的。

然而对于科学的传播者而言，大众对其提出的简单化原则的要求不仅合理也很正当。尤其在科学传播的时候，要求我们把复杂的学问做得像诗人席慕容所渴求的、功效如明矾那样的诗：

“他们说在水中放进
一块小小的明矾
就能沉淀出所有的
渣滓
那么如果
如果在我们的心中
放进一首诗
是不是也可以
沉淀出所有的
昨日”

我们可敬的科学家们，当你面对一双双充满渴望而又有些迷茫的眼睛的时候，我忍不住要轻轻地问一声：“你的明矾准备好了吗？”

2014年1月9日，《物理》编辑部组织的*Mind Concert Academic Salon*活动在物理所M楼的咖啡厅举行，第一次主题报告的报告人是北京大学物理学院、北京大学理论生物中心的欧阳颀院士。欧阳老师早年以研究非线性化学反应中的图灵斑图以及螺旋波而著名，后来其研究以非线性

性动力学为核心，以物理为基础，逐渐将研究方向延伸到系统生物学、合成生物学、定量生物学，形成了物理与生物学交叉的研究风格。

他报告的题目是“生物定量理论研究对物理学与应用数学的挑战”。上世纪的物理学家在生物学家面前曾表现出与生俱来的傲慢，例如上世纪60年代一位著名的物理学家在美国第35任总统肯尼迪的名言“不要问国家能为你做些什么，而要问你能为国家做些什么”的启发下，更是喊出了“不要问物理学家能够为生物学家做些什么，而要问生物学家能够为物理学家做些什么”的口号(引自欧阳颀老师的报告)。欧阳老师作为21世纪从事物理与生物学交叉学科研究的物理学家却显得谦逊有加。不同于上世纪的前辈，欧阳老师的开场白就足以表明他的立场：“不要问生物学家能够为物理学家做些什么，而要问物理学家能够为生物学家做些什么”。

欧阳老师报告的第一部分介绍了他们在系统生物学方面的研究进展，即用非线性动力学的理论来解释生物系统。从系统的角度来看生物，生物便是一个整体。而这个整体的核心部分，就是它的生物网络。如果把网络的每一个节点看成一个变量，那就可以建立起一个非常复杂的非线性动力学方程组。网络本身的结构、非线性动力学方程的动力学性质以及这个网络的功能，这三者之间有着非常紧密的关系。他们的工作，就是研究这些关系。其中具有挑战性的问题是，平均场方法对于研究系统包含大量参与者，是一种十分有效的物理统计和数学手段(如温度反映的是分子运动的统计平均速度)，而该方法不适用于某些特殊的复杂生物体系，比如生物中偏离平均场分布而服从幂率分布的系统。因此有必要发展新的数学物理方法。令人印象最深刻的一个例子是细胞凋亡过程中的p53蛋白质控制网络。欧阳老师团队从这一还谈不上复杂的蛋白质控制网络中，提取出了30多个对时间为一阶导数的联立动力学方程组以及82个动力学参数，研究表明，上述方程组能够定量描述网络的控制行为。

另一方面的内容是他们最近所做的合成生物

学方面的研究。这门学科从工程角度来讲，就是创造一个新的东西来为人类服务；从科学角度来讲，就是在创造的过程中，进一步了解生物系统。他们在这方面所做的工作是要给一个生物创造它本身没有的功能，或者把这个生物没有、而别的生物有的功能转移给它。巴普洛夫证明了狗有条件反射，而一个大肠杆菌是没有条件反射的，他们要设计一个网络、一个控制系统，把条件反射搬到大肠杆菌上去，让它有这个功能。

欧阳颀老师的报告引起了与会者的极大兴趣，也引发了热烈的讨论。为了尽量保持讨论的原貌，笔者不打算考证其中引用事实的可靠性和精确性，请读者将下列文字材料当作随意漫谈，而不应将其当作公开报道的事实加以引用(以下录音由《物理》编辑部整理)。

1. 目前生物学的规律还不太清楚，可以从简单的生物学问题着手，也可以进行复杂的研究，因为要找到规律。欧阳老师报告中所举温度的例子很好，系统中可能有 10^{20} 个分子，如果你一组一组的做，研究到了 10^{10} 时，你把规律拼起来，这个结论是错的，它一定是个更加基本的规律，例如玻尔兹曼分布等等。在没有办法的情况下，作为初步研究，我们从简单单元往上做，很可能最后得到结论。也可以大家想办法，找到一个更加复杂的规律，但是目前还没有办法。研究过程中可能会有模糊的阶段，做到一定的程度，慢慢就清楚了。十年前，李政道先生对生命科学的分析是，要解决生命科学的问题，需要所有的学科平等协调的发展。说实话，这是个阶段的问题。所谓的阶段问题只有几个，一个是基本粒子，夸克之间的相互作用问题；一个是天体演化问题；还有一个是生物复杂系统问题。生物复杂系统问题可以做一个具体研究课题，因为它的数据很多。生命科学家是解决不了的，数学家也解决不了，物理学家和化学家可以做一些工作。可能需要通过几十年的努力，才能够得到比较清楚的认识，像我们对热力学统计物理的概念，那种意义上的理解。有没有年轻人感兴趣解决复杂系统问

题? 投入到这个领域里边去工作, 是很有意思的。

2. 那么复杂的方程, 即使解了, 也没有什么意义, 方程跟生物的实际情况差得很远。

3. 写出来三页纸的方程只是看看, 你可以得到任何你想要的结果, 因为有发散的参数, 把方程改成半页纸, 1/4 页纸, 参数很少才有用。

4. 方程还是有价值的, 不在于细节的描述, 在于理解的过程, 其描述的一些现象, 你可以用实验去验证。我们这个方程作出了预测, 已经有一些结论了。因为非线性动力学在局部的分析中已经成功了, 那我们就可以用这些去作预测, 这种预测是对的。这个方程并不是完全没有意义的, 只是我没有工具去分析它。实际上这 82 个参数, 80% 不用去测量。生物有一个特性, 叫做结构稳定性, 就是生物网络搭建的形状, 它的拓扑结构, 使得它的大部分参数都是稳定的, 所以参数多少不影响方程本身。这是生物进化过程中生成的。

5. 可以建立柔性方程。经过统计计算, 可以发现重要参数和不重要参数, 约化一些不重要参数, 利用少数等效参数代替繁杂的冗余参数。当然统计数字有时候会出错, 错误的统计数字是不能用来推测的。

6. 我目前在研究城市的人口分布, 所以对复杂系统的幂级数比较感兴趣。人占多大面积、经济和人的关系最后统计出来都是复杂系统。物理学家一直认为复杂系统都可以分解为一个一个小的东西, 一个一个小的东西都可以写成数学的方程, 于是数学方程就一个加一个, 最后可能加到几万个。我被普及了蝴蝶效应, 南美洲亚马逊河的一只蝴蝶扇一下翅膀, 这边冒出大雨来了。一个哲学的问题, 自然界的一切是不是都是上帝安排的一个一个小的方程, 一些数理方程, 或者偏微分方程。这个假设, 是不是无形之中牛顿和莱布尼茨给我们灌输了这个东西, 可能有些现象是永远不能用方程说清楚, 但是现在我们一直都在按照这个办法在做。写成的方程就跟豆芽一样, 就是五线谱, 看不出来能够写出一个贝多芬的音乐来, 没法操作没法弄。地质学里边, 有一个人花了几十年, 就研究矿床系统, 用方程写出来, 还

得了不少奖。他把原来简单的问题弄复杂了。科学就是两个问题, 一个是把复杂的问题简单化, 一个是把简单的问题复杂化。其实他就是想说明矿床是分带性的, 原来就是 18 世纪矿床学说的分带性。各个学科里都有这样的人。

7. 物理规律有两种, 一种是非常微观的, 动力学确定的, 包括经典的牛顿力学以及量子力学; 还有一种是统计规律, 是热力学与统计物理。据我了解, 你可以设想两个之间可以沟通, 10^{20} 这样一个量级粒子的定性计算, 前者的确定性的计算会得到后面的结果, 这个实际上是做不到的, 现在还做不到。所以是可以沟通但是实际上是做不到的。对于生命科学, 两个都需要, 更需要的是新的统计规律。需要物理学家和化学家想办法。确定的规律也是需要的, 例如两个生物分子之间的相互作用, 它的信息不是大量的, 是少量的。

8. 你利用下一层次的知识可以去理解一些上一层面的事物, 但是你不要指望能够解决所有遇到的问题。比方说, 量子力学学得好, 你能够猜出原子内部大致是什么结构, 但不等于说你就能够推导出元素周期表。

9. 可能大家认为电子学用的最多是晶体管, 但是现代电子学最重要的是数字化。只有实现了数字化以后, 电子学才得以迅猛发展。对于研究生物学这个庞大的体系, 如果一开始的时候就把它数字化, 举个例子, 用傅里叶变换去分解它的性质, 不管是动量空间还是位置空间, 传播它的统计特性, 寻求特征量的问题, 大概所走的路是不一样的。

10. 集成生物学由最基本的生物体元素组成, 但我们对最基本的元素并不了解。另外一方面, 有机世界和无机世界是不一样的。在无机世界, 对于同一系统, 同样的输入到系统之后, 就会产生一个确定输出。但对于一个生物的世界, 集成的一个生物体, 同样的输入不一定是同样的输出。就像人对于一件事物的感觉不一样, 像遇到下雪, 有人高兴, 有人不高兴。同样的输入不一定产生同样的输出。生命现象远比我们试图利

用机械观点的解释来得更为复杂。

11. 对于电子器件，可以做到单向性的传导，信息是单向的或者双向的。生物学很难做到这一点。下一层一定会对上一层有反馈，还会带着这个反馈继续进入后面，使得你搭建的东西跟你想象的结果是不一样的。

12. 生物物理学的目标是什么？

13. 现在的绿色能源、生物物质、生物燃料、生物医药、生物武器等，这些都是以生命规律为基础，设计一个器件，有可预测性。真正做到一定程度的时候，如何控制邪恶的念头是很大的社会问题。

14. 能量、信息，大家都知道是什么意思，从物理的角度说，生命到底是什么意思？

15. 生命是基于遗传信息、蛋白质为基础，有活性信息的个体。

16. 活性又是什么意思？

17. 历史上有大物理学家努力试图去解答这个问题，薛定谔1943年把在都柏林的几个讲座凑在一起出版的一个小册子“*What is life*”，薛定谔不是生物学家，这本书有点形而上的思考，但是这个思考影响很大。第一点，它指出生命和无生命的根本区别就是生物体内应该存在某些单元，专门用来做信息存储和信息传递。到1957年有人因为确认了DNA的双螺旋而获得了诺贝尔奖。第二点是说假如生物体内真的存在对信息进行编码并能遗传的单元，它应该是什么样的结构？水那样的物体或者无定型态的物质肯定不行，编码的信息量太小。反过来，严格有序的晶体结构肯定也不行，严格的周期性也限制了信息编码。于是薛定谔提出准周期(aperiodic)的概念，这对理解基因组是非常重要的概念。1984年人们在铝锰合金中发现了准晶结构，获得了2011年度的诺贝尔化学奖。这就是物理学家的贡献，随便写一点，被其它学科应用了就获得诺贝尔奖了。

18. 生物是物质化的东西，最终还是要还原到物质控制的层面上，并能够反过来改造生物。这点是基本的信念，我觉得应该是这样的。我们从中学开始就歌颂母爱，有一天看到一篇实验研

究的报道，对我打击很大：有两头母牛，生过牛崽的母牛对小牛非常疼爱，另一头没有血缘关系的就踢小牛。但是从小牛母亲身上提取了几毫克的物质，注射到踢小牛的母牛身上之后，这头牛立刻表现出母爱来，所以说母爱是可以物质来衡量的，至少对于牛来讲。我觉得，很多我们讲的生物系统的各种复杂性，最终还是落实到物质上。所以说各种生物感应再复杂，都可归结于复杂系统的输入量，只是我们没有了解它而已。不要反对微分方程，实际上我们不知道电脑的内部结构，从来没有去看设计集成电路有多么复杂，但是我们一直在用。当别人把这么复杂的东西给我们用的时候，我们应该去敬佩他，而不是继续把事情弄复杂。把一个复杂的东西简单化，追求的是效率，把一个简单的东西弄得复杂化了，是一种文化。地学里边，矿床的带型用这个带那个带的定性描述，讲起来显得没文化，直到把欧阳颀老师的斑图理论引入之后，它的文化至少比以前厚实了。

19. 另外，我觉得时间问题在生命系统中很关键。比方说，物理系统时间是可逆的，但在生命系统中是不可逆的。时间对干细胞最有意义，干细胞一旦变为肝细胞后，就回不到干细胞了。如果我们能把已有的细胞进行驯化，让它发生逆过程，那么白血病之类的病都可以治了。所以生命细胞逆转问题，就是怎么把时间倒过来，或者平衡逆过来的问题。

20. 不一定是逆转。杭州有一个女大夫，提出了肝体外循环的概念。对生命来说，有时候，某些环节会出错。肝病是可以治疗的，但是治疗肝病的过程中，肝还需要工作的话，就相当于你生病了，单位还让你去上班，事情就比较麻烦了。这个女大夫做了一个很好的工作，她在体外建立了一套系统，代替肝脏进行体外循环，再去治疗肝，等治疗好了肝之后，再把替代肝功能的東西去掉。这是一个非常聪明的做法。这可能有助于理解生命系统，某一个环节出问题的时候，它会让整个演化的进程变味了。这个时候，哪怕是暂时有一东西替代都可以有助于保持原来的演代进程。

21. 物理学家可以为生物学家做什么？比

较典型的的就是同步辐射技术的应用，同步辐射光源对于生物学家解蛋白质结构非常重要。听完报告以后，觉得仅仅解出这些生物大分子的结构对生物学家的帮助有限，还需要更多研究结构与功能关系的研究手段。

22. 能量可测，怎么测我们知道；信息可测，怎么测我们知道；这个生命怎么测？就是说，我要怎样觉得我现在是在活着？在薛定谔的文章发表的时候，还没有看到那么多复杂的东西，现在那么多复杂的东西，有没有什么新的认识？Life这个东西和能量和信息不一样，我们怎么测？

23. 现在信息是有能量的，擦除一个字节信息的能量大概在 10^{-21} J，非常小。有跟没有，也就是说人活过还是没有活过，这个信息在宇宙中是有记录的。

24. 听完报告，觉得做生物的人目标太庞大，一次就想解决十个问题。但是电子工程师的想法很简单，他们就是想把电压调成0伏，或者5伏。做物理的人把问题分层了，研究基本粒子物理的人就研究原子核内部的问题，我做凝聚态了，我就不想夸克、质子，只考虑原子就行了。

25. 将微电子工程和生物体进行类比恐怕是不恰当的，因为微电子工程制作的大规模集成电路尽管很复杂，但是其中每一个元件的作用及其集成过程都是清楚的、确定的，也就是构效关系是确定的，所以是可以分层的。对生物体来说，现有认识水平下，不同层之间的构效关系是不明确的，层与层之间的作用也是不清楚的，因而是不能分层的。

26. 实际上生物学家和医学家也想把问题简单化，比如说他想做一个基因突变和癌症之间的关系，他想分层，但是分不下去，每种基因突变的原因不同，根本找不到规律，必须从一个系统层次上往下看才行。不是我想把问题复杂化，而是从不复杂的层面看，你看不到东西。

27. 生命科学里边有非常根本的问题没有解决，也不知道怎么解决，但已有一些比较简单直接的层次，比如直接杀死癌细胞，大家也会做。我们科研的选题有短的也有长的，短的大家都会做，但长的思考往往比较少，所以年轻人可以有更长远的思考。

(Mind Concert Academic Salon是“中关村科学沙龙”系列活动之一，由《物理》编辑部主办，得到了中国科学院科学传播局的大力支持。本期沙龙由杨国桢院士主持，参加成员有：曹则贤研究员、陈小龙研究员、傅绥燕教授、高原宁教授、韩秀峰研究员、黄学杰研究员、姬扬研究员、姜晓明研究员、来鲁华教授、李明研究员、欧阳颀院士、郝秀书研究员、王赤研究员、武向平院士、吴忠良研究员、翁羽翔研究员、向涛院士、叶大年院士、杨国桢院士、杨元喜院士、朱日祥院士)



微弱信号检测 半个世纪的骄傲

Model 7210
多通道锁相放大器

全球唯一
通道之最



Model 197光学斩波器



生产商：阿美特克商贸(上海)有限公司北京分公司
电话：010-85262111-10 传真：010-85262141-10
Email: info@ametec.cn
网址: www.signalrecovery.com.cn

中国代理商：北京三尼阳光科技发展有限公司
电话：010-65202180/81 传真：010-65202182
Email: sales@sunnytek.net
网址: www.sunnytek.net