

吴可教授访谈录

王一民

在首都师范大学数学科学学院有这样一位老师，他年近七旬，骑着自行车上下班，早上8点准时到达办公室，无论是严寒还是酷暑，是假日还是雨天，日复一日，全身心投入工作，奋战在科研和教育第一线，贡献自己最大的力量。他，就是首都师范大学数学科学学院数学物理研究中心主任吴可老师，今天让我们走近吴老师，和他聊一聊他的工作和生活。

学生：吴老师，您好，很高兴您能接受我们的采访。就我们所知，很多同学第一次听到数学物理这个名词的时候，常常略有疑惑，希望了解一下这一方向的基本情况：它的主要研究内容和对象是什么？和物理有怎样的关系？和基础数学以及应用数学相比，有何特点？国内外现在这一学科的发展情况如何？等等，您能否介绍一下。

吴：数学物理着重研究数学和物理两门学科的交叉问题，既研究数学问题，也研究物理问题，数学家可以做，物理学家也可以做。更具体一些，主要研究物理学中提出的数学问题，或者借助于物理学中的思想和方法的启示解决数学中的问题，或者发展在物理学中可能有所应用的数学理论和方法；数学物理还着重于应用数学的工具讨论和解决物理学中的问题，这些都是数

学物理研究的内容和对象。数学工作者侧重于前者，即数学物理问题中数学的内涵，物理工作者侧重于后者，即数学物理问题中物理的实质。数学物理的研究涵盖了相当多的数学和物理的研究，范围特别广泛。

数学和物理原本是不分家的，远古时代的阿基米德和欧几里得，直到17世纪的牛顿，他们既是数学家又是物理学家，特别是牛顿确定了力学运动的三大定律，发现万有引力定律，他也独立地发明了微积分。

长期以来，可以说直到19世纪末20世纪初，许多有关数学和物理的学术著作都是把数学和物理写在一起的。当时的数学家希尔伯特(Hilbert)写下了著名的专著“数学物理方法”代表了20世纪前数学物理的主要成就，即3类重要的二阶偏微分方程：椭圆型、抛物型和双曲型方程，该著作中既有这些方程的定性理论，也有它们的物理背景、起源和应用相关的物理内容。但是，现在的数学书籍和数学教学过程中缺少物理的背景和运用，数学和物理之间的联系，被彻底分开了。

20世纪的物理学的两个重要的理论发现是量子力学和广义相对论，但是至今还是有很多基础问题没有解决，例如引力的量

子化问题，关于它的研究导致了弦理论的发现。20世纪后半叶又引发了大量的数学物理问题研究，如格罗莫夫-威藤(Gromov-Witten, GW)，唐纳森-托马斯(Donaldson-Thomas, DT)等定义在模空间上的不变量，成为当今数学物理研究的热点。英国著名数学家，前国际数学家联盟主席阿蒂亚(Atiyah)曾经讲过，21世纪的数学是量子数学，说明了数学物理研究在当前数学研究中的重要性。量子数学就是研究前面提到的由量子场论和超弦理论所激发的模空间上的几何拓扑不变量，涉及基础数学中有关代数、几何、分析、拓扑、数论等数学分支中一些核心问题。

近几十年来，国际上以美国、西欧、俄国和日本为主，数学物理的研究十分活跃，成果非常丰富，一大批菲尔兹(Fields)奖获得者的研究和数学物理有关，如：唐纳森(Donaldson)、威藤(Witten)、琼斯(Jones)、德里费尔德(Drinfeld)、孔采维奇(Kontsevich)、欧克恩科夫(Okounkov)等。国内数学界也有一些在数学物理研究中做出很好研究成果的团队，如清华大学的张友金、周坚，北京大学刘张炬、范辉军，中国科技大学的胡森，中科院数学学院的王世坤等，以及他们的研究团队，在一些方向

上做出了很好的成果，引起国际同行的关注。但总的来看国内数学物理研究队伍的体量不大，仍有待进一步加强。

学生：首都师范大学数学科学学院在 2006 年增设了数学物理这一二级学科博士点。自此之后，我们学院能够独立培养自己的数学物理方向的博士研究生，从而让我们学院这一学科有了更大的发展空间，您能给我们简单介绍一下我们学院数学物理学科的建设和发展情况么？

吴：2001 年秋，费少明从德国回国，选择到首都师范大学工作，随后，同年年底我从中科院理论物理研究所调到首师大，开展数学物理研究，后来又通过正常途径引进了杨紫峰、赵伟忠、李春霞、孙善忠和杨洁等，加上学院原有的部分老师一起，经过十年左右的努力，首都师范大学的数学物理研究在数学科学学院形成了一个有特色的团队。他们的主要研究内容有：

量子信息的研究。学术领衔人是费少明，研究人员有王志玺、王晓红、高秀红和叶晨光等，主要研究量子纠缠态的可分性、局部么正等价分类、纠缠度等。这两年他们还建立了量子信息实验室，开始做有关纠缠态的实验。

高结构和高代数的研究。自然科学中很多关系不是严格相等，而是某种等价关系，研究这类关系要用数学中的范畴思想，在范畴理论中还要研究等价关系之间的关系，即高一层的结构和关系，称为高范畴，高结构，相关的代数也称高代

数，理论物理学中拓扑量子场论就属于这类结构。例如：讨论无穷维的海森伯（Heisenberg）代数的范畴化，该代数是两维自由玻色子场论中玻色场的量子化后的基本代数，物理方面的运用非常广泛，希望以此为入手，研究范畴化的代数在量子场论中的运用。

拓扑弦和拓扑顶角的研究。物理学家认为物理真空不空，具有非平凡的拓扑结构。拓扑弦主要研究超弦真空的拓扑性质，是超弦理论中的一个研究方向，目前也是数学物理研究的一个热门课题，大量的数学问题从这里产生，前面提到过的 GW 不变量，DT 不变量都是它的研究内容。

此外还有：辛几何的研究和经典可积系统或者孤子方程的研究。

学生：您 1969 年从北大毕业，1984 年在中科院获得博士学位，中间经历了“文化大革命”的十年，想向您了解一下您在那期间的学习情况是怎样的？

工作这么多年，除了自己进行科研之外，您也带了好多学生，在学生培养方面您是怎样做的？

另外，经常见您下午在校园里快步走锻炼身体，生活非常规律，您每天的工作应该也很有规律。您在这样一个年龄还在从事着教学和科研工作，值得我们好好学习，想请您给我们在学习上提出一些建议，让我们也有一个好的学习习惯。

吴：下面谈谈我个人的情况。我 64 年上大学，66 年就赶上“文化大革命”，整整十年没有学习，77 年我花了一年多的时间努力复

习，78 年参加“文革”后的第一次研究生入学考试，勉强通过，一位在口试现场旁听的数学界的前辈说我，12 年不读书，仍然只有 2 年级的水平。严格讲是 10 年不读书，10 年之后连大学 2 年级的水平也没有了，我花了 1 年多的时间，恢复到了大学 2 年级水平。后来另一位老师打趣的对他说：“文革”没有被整死就不错了。

“文革”对国家的经济和科学技术，都造成了极大的破坏。66 年到 76 年，国家的发展停滞了 10 年，每个人的生命都被耽误了十年或十几年。我们这代人被耽误的正是 20 ~ 30 岁，人生的黄金时期，很多人都有一个善良的愿望，要把丢失的时间补回来。

虽然我的考研成绩刚刚过关，仍没有被中科院数学所录取，导师陆启铿老师帮助我转到中科院理论物理所，当时是个新建单位，需要研究生，于是开始了学习理论物理和从事数学物理研究的生涯。

没有想到，不过几年时间，到了 80 年代，数学物理研究变成了不同学科交叉研究的一个重要核心问题，当时的研究是从量子规范场论中的反常的拓扑背景，即量子场论中的大范围性质研究开始的，规范场理论就是几何和拓扑中的纤维丛理论，规范场的大范围性质的讨论就用纤维丛理论整体性质示性类，即陈示性类和陈-西蒙斯（Chern-Simons）示性类，它们给出了反常的拓扑起源。到 83 年，该问题基本解决了，进而推动了弦理论中的反常消除条件的讨论，引

起了弦理论的第一次革命。随后高维空间的紧化导致卡拉比(Calabi)-丘(Yau)流形, 镜对称等的研究, 引起众多物理学家和数学家的重视, 研究成果非常丰富, 一发而不可收, 数学物理的研究成为 21 世纪核心数学的一个重要研究方向。

20 世纪 80 年代初, 在读研究生时候, 我主要做了两项研究工作, 都是属于不同方向的交叉研究。一个是研究可积系统的几何理论, 考虑的问题是协变的延拓结构。那时没有互联网, 看文献靠杂志和预印本交流, 特别是人员交流时, 把有关的预印本带来。当时中科院计算中心的冯康先生去欧洲参加学术会议, 带回来一篇日本学者佐佐木(Sasaki)的预印本, 关于可积系统的延拓结构, 交给向延育(冯康的研究生)阅读并开展研究。在向延育报告了他的研究成果后, 郭汉英老师提了一个问题, 延拓结构既然是几何方法, 真正的几何量就应该是协变的, 如何协变化? 于是郭汉英想到用陆启铿先生提出的非线性联络论的工具做这件事, 从而提出了协变延拓结构的基本方程, 开展了系统的研究。在郭汉英带领下形成一个团队, 参加的有向延育, 王世坤, 侯伯宇, 我有幸也参加到这样的研究团队中。其中有些突出的成果, 如给出了恩斯特(Ernst)方程(轴对称稳态爱因斯坦引力场方程, 最早是恩斯特写出来的)的多重(也称 n 重)克尔(Kerr)解(一种有旋转的黑洞解)和带电的多重克尔解。三十多年了, 在广义相对论爱因斯坦方程严格解的研究中,

还没有出现能超出它的新解, 该成果已被收录到有关爱因斯坦方程严格解的专著中。当时, 前面提到的美国恩斯特教授带着研究生, 得到了 2 重解, 我们得到了 n 重解, 82 年两个团队在兰州开研讨会, 面对面地国际竞争, 两个组得到的表达式不同, 为了说服对方, 需要比较 $n=2$ 的结果, 最终从我们的 n 重解导出了他们的 2 重解。在这项成果的研究中, 王世坤做出了巨大的贡献, 至今我还记得王世坤在兰州开夜车的情景。

第二项工作是有关量子场论中, 现在称为韦斯-朱米诺-威藤(Wess-Zumino-Witten, WZW)模型的低能有效作用量的推导。83 年的春天, 美国普林斯顿高等研究所(IAS)的阿德勒(Adler)教授, 访问理论物理所, 当时威藤刚刚完成新的工作, 用试探的方法给出了 WZW 模型的低能有效作用量, 阿德勒随身带着这篇预印本, 走的时候留给了张肇西(现为院士), 理论物理所组织开展讨论威藤的新结果, 李小源(理论物理所研究员)多次解读这篇文献。周光召老师出了个题目: 能否找到一个系统的方法推出该作用量? 经过大家协作最终给出了解答, 郭汉英把结果写成了文章。由于我们的结论和威藤的结果不同, 大家对是否立即投稿持不同意见, 此时美籍华人理论物理学家乔玲丽教授正好在国内访问, 告诉我们这项工作国外很多人在做, 如果你们有结果要及早投稿发表。于是投给了国际著名的杂志“物理快报”(Physics Letter B), 审

稿人发现和威藤的结果有区别, 威藤是国际一流理论权威, 和他的结果不同, 一般人只会接受威藤的结果, 审稿人很快给出意见, 认为我们文章有错, 不同意发表。因为计算非常复杂, 不可能把厚厚的一叠算稿发给编辑看的, 必须简单明了地证明威藤的结果是错的, 使得编辑确信我们是正确的, 这是唯一可以推翻审稿人意见的办法, 但它不容易办到。我们为此花了半个月的功夫, 最后仅用了两三页纸, 在一个特别简化的情况下, 证明了威藤的低能有效作用量有误。从而编辑部接受了我们的意见, 得以发表, 使得我们的结果是第一个修正了威藤结果的正确结论。其他有关细节可以参考周光召老师的纪念文集上的有关文章。该结果的一个推论, 就是前面提到过的量子场论中的反常的拓扑起源。

由于“文革”的耽误, 我的数学没有学到家, 理论物理又是半路出家也没有学好, 弥补这种缺陷的办法就是向数学方面的专家和物理方面的专家请教, 和他们合作。上面的两个例子就是讲了在和各方面专家的合作过程中, 取长补短, 从而发挥出了我个人的作用。也表明一个成果的出现, 往往要有很多人的合作, 共同努力, 相互学习, 在首师大数学物理的研究团队的建设过程中, 我们充分注意到了这个经验, 吸引了数学方面非常好的专家, 也要有物理方面非常好的专家, 可以取长补短, 形成了一个和谐融洽的研究团队, 才能在激烈的国际竞争中有所作为有所成就。

信息技术导致全球的一体化，现在做任何一件事都要参与国际竞争，无论是做学术研究，技术革新，还是生产一种商品，都要争世界第一，做了第二就会在竞争中失败。要争第一，一定要了解国际发展的动态和主流，读国际最新的文献，加强国际交流。要争第一，要选好要做方向和题目，敢于挑战权威，这就要学科带头人发挥作用的地方。团结和谐的研究团队也是我们争国际第一的重要条件。

具体到做数学物理研究，又需要有数学和物理两个方面的广泛的基础知识。我总希望数学物理方向的研究生能超过自己，多学点知识，在首师大给他们安排的课程比较多，要求他们在学习上的投入大，付出更大的努力。方法上经常提醒研究生要多问，问也是一种很好的学习方法，做学问一定要有学有问，同学之间、师生之间和老师之间要经常讨论，有问题向有关的专家老师请教。

我被“文革”耽误了12年，

念研究生时，已经快32岁了，时间对我不多，要抓紧时间多做一些学术研究，多年来，基本上把上班时间和业余时间都用在了研究工作中了。每天的早中晚都会按时到办公室，看看文献，想想问题，很少顾家，家里的全部事情都由夫人打理，平时我对夫人照顾很少，后悔不及，没能把她照顾好。今年春天发生意外，我夫人不幸去世，顿时使我失去了主心骨，家庭没有了顶梁柱，陷入了极度的悲痛和困难之中，人生遭受到了第二次重大的打击。“文革”中被斗时我刚到20岁，总觉得以后还会有希望，现在是年老体衰，比不上年轻时了。原以为会和夫人一起携手度过人生的最后阶段，可想不到她先我而去，至今仍难以从悲痛中自拔。在目前十分困难的情况下，许多人包括我的同事、同学、朋友，以及我的老师、领导，都给了我很多帮助。我的研究生们也尽了他们的最大努力，经常陪伴我，和年轻人在一起讨论学术问题，从而淡化悲痛。我只能每

天更有规律地到办公室，看点文献，和研究生谈谈要研究的问题，我给他们提供一点研究的经验，他们在帮我读文献做着复杂的计算推演，一起开展研究工作，以此熬过我人生中又一段非常困难的时期。

学生：非常感谢吴老师接受我们的采访，从您这里学到了很多东西，在今后的学习和生活上会给我们很大的帮助。明年就是首都师范大学建校60周年，同样也是数学科学学院建院60周年，最后我们很高兴请您给首师大以及数学院的同学提点希望和祝福。

吴：我已经是进入老年的人了，对于年轻的人，希望大家珍惜美好的时光，有意义地度过每一天，把明天的理想和今天的努力结合在一起，不要留下遗憾。现在的外部世界太精彩了，人生的道路上充满着诱惑甚至是陷阱，第二个建议是要学会独立思考，提高辨别好坏的能力。

学生：谢谢老师！祝愿您工作顺利、身体健康！

科苑快讯

宇宙中最早的星系

天文学家发现迄今为止最遥远、最古老的星系，是一个距大爆炸仅仅7亿年的高度活跃的恒星工厂。研究者估计这个命名为z8_GND_5296、距地球131亿光年的星系产生行星的速率要比今天的银河系高百倍。这一发现已发表于《自然》(Nature)，它可能已经证明恒星爆发式诞生的活跃程度超乎天

文学家的想象。星系照片由哈勃太空望远镜拍摄(方块部分是放大效果)，比典型的遥远星系亮度要高。

研究者从它的红紫外颜色推断其富含“金属”(比氢、氦更重的元素)。因为所有这些元素都源自恒星中心的核聚变反应，它们会在恒星爆炸成为超新星时喷涌而出。这一发现表明，在距今7亿年以前的宇宙中，就己能目睹恒星的诞生和死亡了。

(高凌云编译自2013年10月23日www.sciencemag.org)

