

# 物理和做物理的文化

## ——一段经历的回忆与思考

王正行

(北京大学物理学院 北京 100871)

2013-06-20收到

† email: cswang@pku.edu.cn

DOI: 10.7693/wl20140507

如何做物理是一种文化，这比较容易理解。按照牛津字典对culture的解释，第一条就是way of life，做物理当然是物理学家的way of life。既然是way of life，不同的个人和群体之间自然就存在差别。在加州大学LBL(现称LBNL，劳伦斯伯克利国家实验室)的那段经历，使我对此开始有了切身的体会。

“文革”末期，我随胡济民先生(1919—1998)参加核数据工作，就开始接触比尔(William D. Myers)和沃拉迪(Wladyslaw J. Swiatecki)著名的小液滴模型。“文革”中止后，国门渐开，胡先生赴美开会，结识LBL的比尔，并邀他来访，开始了我与比尔的交往。比尔在访问期间，给了我一篇论文的副本。他返美后，我参考这篇论文做了些计算，把结果寄给他。他看后有了兴趣，来信(那时还没有手机和互联网)问我愿不愿去跟他做。故事就这么开始。

LBL在加州大学伯克利校园背后的山上，那是禁区，入口有警卫把守。记得我到LBL后，比尔领着我做的第一件事，是去山谷那边的人事处建档，接着就回过头去拍照办出入证。那时中美两国正在度蜜月，LBL开始对中国人开放，但还不让苏联人进去。在LBL的核科学部核理论组，我从1982年待到1984年(见图1)，其间还赶上在山顶的

Lawrence Hall of Science欢迎中国总理的到访。

在那期间，莫特儿孙(Ben R. Mottelson)离开丹麦玻尔研究所所长的位子，到那里待了整整一年，不贪恋世俗的权势而着迷于这奇妙的物理，真正做了散仙。我做学生时，就在杨立铭先生(1919—2003)的核理论课上学过莫特儿孙与小玻尔(Aage Bohr)和瑞英瓦特(L. James Rainwater)共获诺贝尔物理学奖的原子核集体运动模型。他每天背个学生背包上山，中午和大家一起围坐在会议室的桌边午餐，饭后还经常收拾桌上的餐具送回餐厅(cafeteria)。一次他拿起我身边的一个托盘问我还用不用，我说It's not mine，引得大家哄堂大笑。

午餐时的话题多数仍是物理，周五午餐时还有专题的讨论，这在我们国内简直是匪夷所思(见图2)。一次莫特儿孙讲他的新理论，大家顾不上吃饭，外组的人也来，会议室爆满，我去晚了只好挤在后面站着听。当然，这种情形比较特殊，有点像是一次非正式的演讲了。多数的时候，是由一位作主题发言，在黑板上边写边讲，大家一边讨论，一边进餐。讨论中遇到问题，有时还要跑回办公室去翻书查资料。高档酒店的餐厅有乐队伴奏，有钢琴家弹琴伴奏，物理学家用餐却用演讲作伴，这种做物理的way

of life我头一次经历。

正式的演讲是在更大的会议室，事前有布告通知，时间都在午后两点开始，连演讲带讨论，四点多结束。记得在那里听过杨振宁先生讲他与邹祖德先生的几何模型，是关于高能核碰撞的，由高能组一位储长发的男青年主持。还听过一次实验室领导职位应聘者的演讲，实验室的头面人物几乎全来了。这种正式的演讲和讨论，中间都有coffee break，大家可以喝杯咖啡，吃点点心，放松一下，就像在音乐厅欣赏音乐后，大家聚在saloon神侃一样。这咖啡和点心可不是公款消费，不是不吃白不吃，每隔一段时间，志愿者会在会间募捐一次。你这次没带钱或支票或者不想担当



图1 本文作者在LBL的Bevalac加速器大厅前(1984年)



图2 午餐时间(左起: Wilets, 本文作者, Glendenning, Moller, Redlich, 1984年)



图3 本文作者在LBL核理论组的办公室(1983年)

然没关系, 没人在意, 会有人大方地出手。但你还好意思总是轻松坦然的用吗? 这也是一种文化。

许多人当初选择物理, 不是着迷于奇妙的物理世界, 而是心仪其理论逻辑的严谨与优美, 把物理当成数学。我就是这样, 数学推演和计算是我的长项。那时个人计算机(PC)才刚刚出现, 整个理论组只是比尔有一台在用。那是公家的财产, 比尔为建新加速器去华盛顿国会为请款作证时(他是资深物理学家, senior scientist, 时任LBL学术委员会的头, 所以对我说“我相当于你们的 party member”), 他办公室那台PC立刻就被上面拉走给别人去用。当时做计算都是通过terminal(终端)接到计算中心的大机器, 打

印结果要去计算中心取。计算中心备有许多编好的程序, 用户可以根据具体问题的需要进行挑选, 作为子程序来调用, 这就省去自己编这类专用程序的大量时间和精力。

我们想研究超新星爆发中的致密物质, 把比尔和沃拉迪的小液滴模型用于浸泡在中子和电子气体中的极丰中子核体系, 采用固体理论的Wigner-Seitz近似。推出公式后, 我就编程序做数值计算。从计算中心的专用程序中, 我选择和调用了—一个, 很快就算出结果(见图3)。比尔—看, 出乎他的预料,

他不相信! 于是我又修改程序, 反复检查核对与计算, 结果都一样。最后比尔拿着长长的账单对我说, You work very hard! 但他对结果仍然不信, 于是决定不用计算中心的子程序, 自己编一个来算。他算出的结果与我的一致。当然是这样, 我们这些做物理的, 玩计算很难玩过那些专门编程序做计算的数学高手。

就是这样, 问题又回到了—开始, 沃拉迪也来参加讨论: 怎么理解这个让他们难以相信的结果? 我这才发现, 我的 way of thinking 与他们有些不同。我根据推出的公式, 编程序做计算, 计算没有错, 公式推导也没有错, 这个结果我就接受了。这是数学的逻辑。我们的

文化把科学看作一种客观的规则和技能, 我所受的教育看重的是按照规则严格算出结果。这就自然把推演和计算放到了最优先的地位, 认为算出的是什么就该是什么, 需要思考的问题, 只是如何从物理上来诠释这个结果。

比尔与沃拉迪想的是物理, 他们脑子里有一幅物理的图像, 或者说物理的直觉。根据物理图像和直觉, 他们不能理解和接受算得的结果。随着密度的增加, 算出丰中子核的大小有一个突然的改变, 相当于体系发生了相变。浸泡于中子和电子气体中的这样一个极丰中子核体系, 随着密度的增加, 何以会发生这种突变, 实在是难以想象。整个讨论就是围绕这个物理图像的问题, 最后聚焦到核的表面, 觉得需要进一步研究, 沃拉迪就起身离开了。接下来重新推公式做计算, 就是比尔和我的事。后来发现表面可以有不同的定义, 写了一篇文章。而原来发现有突变的计算, 又犹豫了很久才决定发表, 并声明这只是初步的结果, 在物理上到底是真的有相变, 还是我们的模型有问题, 要再进一步研究。这就都是后话。

比尔当时因为小液滴模型和对超重核的研究已经名噪一时, 而沃拉迪是比尔博士论文的导师。他们的工作在理论逻辑的完美和数学演绎的严谨上都属于上乘, 比尔甚至与R. W. Hasse合写过一本数学味极浓的专著: Geometrical Relationships of Macroscopic Nuclear Physics。但他们看重的都是物理图像, 是根据物理的图像来思考, 这是物理的逻辑。回国若干年后, 我在吴丹迪、吴慧芳和黄涛翻译的《爱开玩笑的科学家费曼》—书中看到,

费曼(R. P. Feynman, 1918—1988)的思维方式也是这样。他有一次在日本参加学术会议,在讲演者开始写出一系列方程时,他问了一句“有没有具体的例子?”讲演者告诉了他,接着一步一步推理,费曼坐在下面听得并不经心。可是听着听着他突然喊了起来:“等一等,你这里错了!”讲演者和听众都很惊愕,他是怎么看出来的?费曼后来解释说,他听别人演讲,从来不跟着演讲人的逻辑走。他要根据具体的例子,自己在头脑里构思出所讲问题的物理图像来。他是根据这种物理图像,根据直觉来发现和判断演讲人数学和推理的错的。这是物理学家的物理直觉和形象思维,大物理学家的思维方式和风格原来是这样!

要在头脑中画出一幅直观和清晰的物理图像,并且始终根据这幅物理的图像和直觉来思考,这让我想起爱因斯坦的一段话。在许良英和范岱年编译的《爱因斯坦文集》第一卷中有篇文章,题目是《探索的动机》,这是1918年4月在柏林物理学会为普朗克六十岁生日举办的庆祝会上,爱因斯坦所作的演讲。在这篇演讲里,爱因斯坦说,人们总想以最适当的方式,来画出一幅简化而易于领悟的世界图像,……这就是画家、诗人、思辨哲学家和自然科学家各自按照自己的方式去做的事。换句话说,爱因斯坦认为,物理学家与画家一样,也是在作画,在绘制简化易懂的世界图像,即进行形象和感性的思维。

其实,逻辑和理性的思维,与形象和感性的思维,这本是人类思维并协互补的两个方面,主要

分属左脑和右脑的功能,并无绝对的划分。只是有人注重逻辑推理,有人偏爱直观形象,这是个人的风格和品味,就如玻恩(M. Born)与玻尔(N. Bohr)的不同。但显而易见,直观形象的表述更容易被多数人接受,因为多数人并不熟悉或习惯物理中专业的推理与分析,所以费曼用图形来表示微扰论的级数展开成了20世纪理论物理的一大亮点。

我们国内做物理研究,是小圈子内的事,很少受到圈外的关心和注意,尽可表述得很专业和抽象。但美国社会是个十分开放的环境,生活中有各种各样的圈子,有机会接触不同的个人和群体。一次周末参加教会的晚餐会,我邻席是位商店老板,他得知我做物理,就主动与我谈宇宙大爆炸。有段时间我每周二中午到山下校园旁的YWCA(基督教女青年会)一个小时,由教会的志愿者帮我练习英语口语。这位志愿者露丝(Ruth)是伯克利高中的英语教师,她经常会找些物理方面的文章来跟我讲<sup>1)</sup>。军队是花纳税人的钱,所以每年要开放一段时间,接受纳税人的检查。乘机机会,我们



图4 登上停靠于Alameda军港的企业号航母(1983年)



图5 本文作者在LBL的88'回旋加速器楼实验物理学家的办公室(1983年)

几个普通的中国人也登上了停靠于Alameda军港的企业号航母(见图4)。当时加州的购物税是6.5%,广义的说,我们也是纳税人<sup>2)</sup>(除非你只买食品,买食品不征购物税)。一位水兵领着我们“视察”,下舱看了他们的餐厅、卧室、活动室以及工作的场所,甚至还看了核动力的心脏核反应堆。这类例子还可举出一些,虽然我性格内向不善交往。比尔曾告诉我有许多各种各样的主题沙龙(saloon),并建议我尝试选择参加,但我没有兴趣。在这些交流互动的场合谈论物理,很难想象物理学家

1) 顺便说一句,露丝很喜欢中国,曾到中国旅游,但却会问我为什么中国的首都要从Peking搬迁到Beijing? Beijing在她口中读出来也不是“北京”而是“北影”,她可是教美国孩子英语的老师。

2) 买标价\$100的东西,得付给商家\$106.5,其中\$6.5是商家代收的税款。

还能使用数学方程的语言。其实，不仅是跟一般的社会公众，就是跟实验物理学家的频繁交流互动也是如此(图5为本文作者在LBL的实验物理学家的办公室)。比尔和沃拉迪物理思维的习惯与这个大环境有明显的关系，他们做物理的文化与我所熟悉和偏爱的并不一样。

用图像来思考和表达，最擅长的当然还是画家，这就有了物理与绘画交融的共同基础。在一个开放的文化环境，画家与物理学家之间有着广泛交流的机会。其结果就是，与我原来的印象完全不同，画家使用图像语言，不仅仅表达他们关于人文的思考，甚至也诠释物理的观念。在这种文化里，科学与艺术并没有严格的界限，这是我在LBL受到的另一个观念上的冲击，他们称之为 culture shock(文化冲击)。有份LBL的刊物LBL Newsmagazine，1981年的一期有篇文章，介绍LBL材料与分子研究部的化学家匹泽(Kenneth Pitzer)。他的研究表明，化学元素有些奇特费解的性质，是相对论效应，首次把周

期表的“镧系收缩”和“惰性对效应”等困惑化学家多年的反常现象，与相对论联系起来。为了解释什么是相对论，该文的作者没有采用物理学家常用的讲法，而是引用了一幅画家的作品(见图6)。这是荷兰著名画家埃舍尔(Maurits Cornelis Escher, 1898—1972)的版画，作于1953年，画题就是“相对论”，英文为Relativity。国内美术界把它泛泛地译成“相对性”，看来他们对用这个词作为画题的物理含义有些吃不准。这也表明，我们的文化环境，还没有为画家与物理学家之间的交流提供足够宽松和自由的渠道。

文章解释说，埃舍尔阐述的观念是：三个不同的世界，其地平面互相正交，不同世界的居民，生活在各自的世界。他们关于水平和垂直的观念不同，不可能在同一个地板上行走和坐立。但他们可以使用同一座楼梯。图中上面的楼梯，有相邻的两人朝同一方向走，但一个是上楼，另一个是下楼。他们不可能接触，因为他们生活在不同的世界，不知道彼此的存在。埃舍尔这样诠释的，正是爱因斯坦相对论的基本观念：在不同参考系

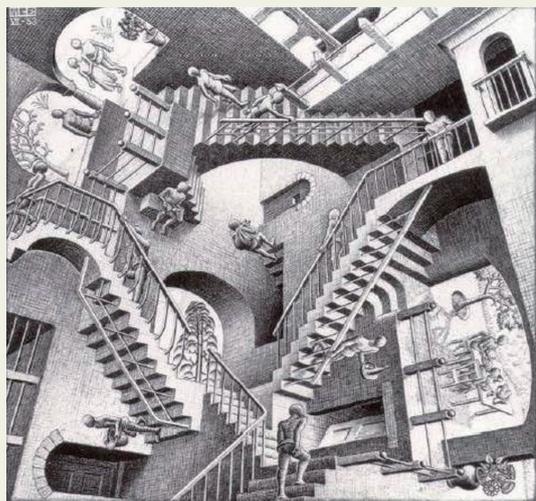


图6 相对论(埃舍尔作, 1953年)

的人，其物理经验与直觉不同。三个世界，每个都是三维，一共就是九维。这幅版画绘出的，是九维空间中三个互相独立的子空间。画家对抽象空间的这种直观想象力，真是令人惊叹不已。物理学家需要和追求的，不也正是这种对奇妙物理世界的直觉吗？在用直观和形象的语言来进行表达时，画家竟然也在做物理。原来，在物理学家与画家之间，边界是连续光滑的，并不存在一个阶跃式的无限深势阱！

在这样的文化环境里，画家不仅会用图画的语言阐述物理的观念，也借用物理的观念来表达他们关于人文的思考。古典和传统的绘画，是在二维平面上画出现实的三维世界。而像埃舍尔这样尝试在二维平面上画出抽象的高维世界，是现代抽象派绘画的一种思潮，始于西班牙画家毕加索(Pablo Picasso, 1881—1973)。图7是毕加索开创立体主义的名作《阿维农少女》(The Girls of Avignon)，它所尝试表达的，就是一种高维空间的视象。

画面中间两人的脸是正面，鼻子却是侧面。左边那人的头是侧

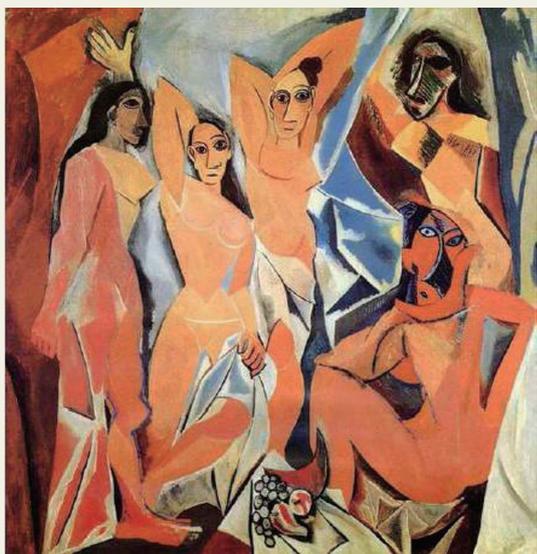


图7 阿维农少女(毕加索作, 1907年, 图片取自网络)

面，眼睛却是正面。右边蹲着的人体位朝向左前方，头却拧向正后方，而且腿臂均被拉长。画中人物形体的方位和比例都不合乎三维空间的透视，不同视角的图象被置于同一个形体上。这种绘画语言，现在被称为“同时性视象”。没有一点数理基础的人，很难对这种绘画有恰如其分的审视与理解，因为它所融入的是高维空间的观念。毕加索在这里是设想我们在三维空间看到的形体，从高维空间来看，可以同时采取多个不同的视角，好像是在绕着对象转着圈子看，而且光线看似扭曲产生形变。画家用这种绘画语言昭告世人，在上帝那高维空间全方位视角的锐利目光审视下，人们呈现和暴露出来的形象丑态毕露，并不像自己看起来那样清纯优雅和美丽。这幅画的原始构思，源自画家在巴塞罗那红灯区阿维农大街看到的应招女郎的形象。用这种方式来剖析人性，在当时引起了社会的强烈反响，而这种人文的主题，就不是物理要讨论的范畴。

《阿维农少女》于1906年开始创作，1907年完成，与爱因斯坦的相对论几乎同时。按照关洪在其《空间——从相对论到M理论的历史》一书中的分析，毕加索与爱因斯坦都是受了彭加勒(Henri Poincaré, 1854—1912)的影响。19世纪末到20世纪初，欧洲风靡一股四维空间的思潮，法国大数学家和思想家彭加勒有过一系列的论述。特别是在他的《科学与假设》一书中，专门有一章谈到空间与几何，涉及非欧几何和四维空间。爱因斯坦在

伯尔尼的圈子奥林匹亚科学院和毕加索在巴黎的文艺沙龙，都会读过1902年出版的彭加勒的这部名著。这才成就了爱因斯坦关于四维时空的相对论，和毕加索诠释高维空间的名画阿维农少女，两者有着共同的思想渊源。看来在爱因斯坦和毕加索所处的文化环境，科学与艺术是“你中有我，我中有你”，互相交融的。物理可以与绘画分享如何看待这奇妙世界的方式和理念，真的也是一种文化。

说物理本身也是文化，这要费点思索，需要进行观念的转变，因为在我们的文化和语境里，物理属于科学，与文化是不同的两个范畴。其实，不仅如何做物理是一种文化，而且物理本身也是一种文化。按照牛津字典对culture的另一释义growing/breeding，把文化理解为文明的栽培、养育与教化，就不难理解，因为物理恰恰是在培养和教育我们，如何文明理性地观察和看待我们周围的一切。现在大学校园里经常举办“物理文化周”之类的活动，说明这个观念正在或已经渐渐被我们接受。而按照费曼的说法，物理不仅是一种文化，还是当代文化中最主要的部分。他在《费曼物理学讲义》的结语中说，物理学家看待这奇妙世界的方式，“是当代真正文化的主体”<sup>3)</sup>。这值得专门来阐述，本文就不进一步展开，在这里只是点到为止。

当然，物理与美术毕竟不同，它们分属文化的两种不同类型。美术源自画家对人文的思考与解析，最后以直观的视觉形象表达出来。所以光和影，色彩和构图，这些视

觉元素构成了美术绘画的语言。而物理是从我们对自然现象直观形象的观察开始，最后归结为逻辑和理性的阐述。所以逻辑和推理，公式和曲线，这些分析元素成为物理的语言。与这二者相比，爱因斯坦提到的诗人，更一般地说包括作家在内的文学家，是把他们对人性的分析和解剖，用文字和词汇这种形象语言来表达。而思想家和哲学家，则是把定义与概念等思维的形象元素，纳入逻辑的分析推理之中。

总之，自然科学，特别是物理学，与文化不能绝然分开，而是与文学艺术思想哲学一起，共同构成一种完全的文化，甚至是“当代真正文化的主体”。反过来说，文化也不能拒绝和排斥自然科学，特别是物理学，应该看到自然科学在当代社会文明的培养与教化方面具有的无可替代的作用，科学的教育本身就是一种最重要的素质教育<sup>4)</sup>。我们过分强调自然科学的特点，把它当作一种精致高超客观而与人文毫无关系的技艺，完全从文化分离出来，这可以说是过去那个时代我们文化的一种偏颇与缺失。

如何做物理是文化，而物理本身也是一种文化，她培养和教育我们如何用物理的逻辑和思维方式来观察和看待周围的一切。这是在伯克利的那段经历留给我的众多启示之一，它对我后来的教学和研究都有很大的影响。那段经历已经是多少年前的往事，但它留给我的回忆，和由此引起的种种思考，一直在我心中萦绕。写出来奉献给读者，也许大家会有兴趣。

3)原文是：“... the wonderful world and the physicist's way of looking at it, which, I believe, is a major part of the true culture of modern times.”

4)作者曾问过中国科学院的一位所长，从学以致用这种实用主义的角度看，在大学学的物理对当所长有没有用？他说当然有用，他应对和处理所长的工作，就是按照物理的逻辑和思维方式。