

挑战极限：我的人生及科学之旅*

Myriam P. Sarachik¹ 著 陈颖睿² 译

(1 美国纽约城市大学城市学院 物理系 纽约 10031)

(2 台湾师范大学物理系 台北 11677)

1933年我出生于安特卫普，比利时的弗拉芒语区，那年正值希特勒崛起，一个注定要形塑我的生命轨迹的事件。当纳粹在1940年5月10日入侵比利时的时候，我就读一年级，还差三个月满7岁。我大家庭的成员(父母、兄弟、好几个叔伯、姑姑、表兄弟姊妹)都用尽任何可能的方式逃往加莱(Calais)，大部分是靠步行。我们抵达加莱的时候，加莱正被德军包围，而家族也分散成失联的小组。接下来几天，以及几周的混乱与随后发生的事件，可见于家弟Henry Morgenstein的著作。在加莱战事发生期间，家族中的一些女人及孩子，还有我的哥哥Paul，搭上一艘英籍船，穿过



图1 Myriam P. Sarachik 近照(摄于2020年8月)

英伦海峡前往位于伦敦西南郊区的瑟比顿(Surbiton)，而瑟比顿正遭到强烈的歼灭攻击。加莱沦陷之后，留在加莱的家人们又联络上了。我们在加莱附近的昂德尔(Andres) Quechan先生的农场住了好几个星期。后来，纳粹发布命令，要求每个人都得回家。

回到安特卫普，我们生活在德军的占领之下几近一年。情形每况愈下——黄星识别标志、戒严、盖世太保的搜查，安特卫普每晚都遭到英方持续不断的轰炸。父母亲、弟弟Henry和我(哥哥Paul在英国)当时搬到远离老家的城中心，靠近博尔赫霍特(Borgerhout)的机场，那儿更是英方猛烈轰炸的重点目标。1941年的春天，我的家族再度打算逃亡(叔叔Chiel说的：双脚之下大地燃烧)。先遣人马成功地经由法国的德军占领区，利用伪造的出入许可证进入西班牙北部的昂代伊(Hendaye)，然后搭上一艘西班牙船(Marques de Comillas)，航行几星期后到达古巴哈瓦那。才晚了一天出发而已(因为要等洗的衣服晾干)，我们这一家(爸妈、Henry和我)就没那么幸运。抵达法国与西班牙的边境时，被守卫发现我们的出入许可证是伪造的。父亲又拜托一名走私客把我们弄出边境，很不幸，我们被一名骑摩托车的宪兵发现并且逮捕，先拘留在靠近波尔多，围着倒钩刺铁丝网的梅里尼亚克(Merignac)集中营，再被送到德拉兰德集中营

(Camp de la Lande)，在图尔(Tours)附近的一个强制聚居处。一个星期日我们逃出集中营(爸说算是送给我的8岁生日礼物)，深夜里偷偷越过德军占领区和维希政权(Vichy)之间的分界线。我还清楚地记得，当晚是如何到达边境旁的一个农场。小睡大约两小时之后(我累坏了)，我们被叫醒并成功渡越过边境——就一直走一直走，经过空旷地面时则奋力跑(“妈，我快忍不住——尿裤子了”)。在尼斯暂留了6周(住在Grasse附近的表亲拒绝我们，他们假装不是犹太人)，我们又在毕尔巴鄂(Bilbao)待了几周(没什么东西可以吃)，终于搭上一艘西班牙船Magallanes(我还记得船上那种小白面包好吃极了)，终于在1941年底到达哈瓦那，跟其余的家族成员团聚。那是在日本偷袭珍珠港没多久之前。

我对这些事情的记忆虽然断续，却惊人得清晰。特别是最后那次成功的逃亡，只有Henry和我记得，但他当时年纪太小还不懂事，母亲则大部分都不记得了。散落的细节片段，我因一向忙于生计，没能跟父亲问起，而1968年父亲在纽约竟因行人事故早逝。

多年后，在诺曼底登陆50周年寻找集中营之时，我得知在我们逃亡之后没多久，德拉兰德集中营就给围上了倒钩刺铁丝网。集中营里的人后来被转往德朗西(Drancy)，先是男人，接着是女人小孩，最后

2020-09-08收到

† email: phyyrwork@gmail.com

DOI: 10.7693/wl20210303

* 本文经授权翻译自 *Annual Review of Condensed Matter Physics*, 2018, 9: 1-15.

是父母已先行留下的孩子们，然后全部人都在1942年中被送到波兰的灭绝营。我的家族成员大部分(并非全部)活了下来，散居全球各地：阿根廷、比利时、巴西、英国、古巴、法国、以色列和瑞士。

偷渡、使用假证件和贿赂，全是负面的字眼。我们竭尽所能去求生。3名邪恶的独裁者，却救了我们的命：特鲁希略(Rafael Trujillo)批准发放去往圣多明各(Santo Domingo, 多米尼加的首都)的签证，没有这签证，很多犹太人根本连尝试逃亡都不可能；佛朗哥(Francisco Franco)允许我们在西班牙通行；巴蒂斯塔(Fulgencio Batista)让我们滞留古巴。而我忧郁独居的外祖母Bomama，在车站被一名妓女搭救，借她那身负恶名的同伙之助，把我外祖母藏在阁楼里，直到战争结束。何者为善？何者为恶？

接下来的五年半，我们都待在古巴。我成了一个流亡之人，一个被当地人称之为Polaca的难民(即波兰人，其实他们的意思是指犹太人)。我回到校园，学西班牙语，转到美国学校之后则学英语(我年纪太小不能就读当地的Bachillerato中学)。我学会西班牙语诸多时态的动词变化，依照字母顺序记熟所有副词(a, ante, bajo, con...)，背得30以下的平方乘法表，和12以下的立方乘法表；我狼吞虎咽地阅读，学钢琴，还开了个独奏会，喜爱哈瓦那爱乐交响乐团(当时由伟大的Erich Kleiber指挥，虽然他不是犹太人，也逃出了德国)，参加古巴国家游泳队的培训，在我离开古巴的时候古巴队正要去跟墨西哥队比赛。有一天，父母得知在我们逃出之后剩下的人，包括我亲爱的奶奶，被施放毒气并烧毁，那天的情

景我还历历在目。我却在这样一个美好的岛屿成长，充满阳光、田园牧歌似的环境——富饶、美丽、宁静，远远隔绝混乱与屠杀的天堂。

我们的移民配额号码终于排到美国使馆整迭文件的首位，美国签证发下来了。1947年的3月我们抵达纽约，终于如愿来到这个国家，这个希望、自由与无限可能之境。这个转折真是令人振奋，使我联想到小时候突然察觉到自己的视线高出了餐桌的那一天——一个不可思议的新世界对我展开了。鲜有人比移民更珍惜美国的开放与自由。

花了几个月在Bensonhurst Brooklyn的初级中学完成8年级学业之后，1947年秋天我在位于Washington Heights的Stitt初级中学念完9年级。这是个粗野的学校，我是其中唯二的白种学生之一，显然无法融入。我讲话带着奇怪的口音，学习经历也比同学们超前太多。放学后的械斗是家常便饭，而且总是吸引大群人围观取乐。直至今日，我仍然对那些自愿护送我回家的同学心存感激，那时候焦急等待我平安回家的母亲总是在窗口张望。我饱受惊吓，不敢相信学生在学校里居然是不安全的！

我在Bronx科学高中就读5个学期，那时学校刚开始收女学生。这是一所很好的学校，学生资质好，学习标准高，教材广博而要求严格。我同期的同学有Steve Weinberg和Shelly Glashow(以粒子物理的标准模型著名)、Danny Greenberger(以Greenberger—Horne—Zeilinger纠缠态著名，现在是在纽约城市学院的同事)，还有很多各界的知名人士。

我接着转入巴纳德学院，那里只有一门导论课程是与物理相关的，所以我就跑去对街的哥伦比亚

大学，跟那些男生们一起上物理课。当时我对很多东西有兴趣：西班牙文学、法国文学、数学、化学、哲学(直到我真的修了哲学课为止)、物理(也许)……我热爱音乐！我梦想成为和霍洛维兹(Vladimir Horowitz)或鲁宾斯坦(Arthur Rubinstein)齐名的钢琴家——最好是后者。我持续多年学习音乐——直到我觉得实在做不完所有的事才放弃，因为人一天也只有24小时啊。

好吧，我为什么选择物理？物理有趣，而且它是我遇到过的最大的挑战。其他事情我不用那么费劲儿就能做好，物理就难了——确实是个挑战。我的父亲崇拜物理多于所有其他的学科，而我崇拜我的父亲。他是个异常聪颖、自学成才的人，如果有机会接受正规的教育，他一定会选择物理。我修习物理导论课的第一个学期前半段学得很糟，但之后就进步很快了。

哥伦比亚大学的物理系是1950年代物理学发展的温床。我在校期间就有好几位老师得到诺贝尔奖，之后还有好几位诺贝尔奖得主是因为他们在哥伦比亚大学物理期间的工作而得奖：相干辐射(微波激射器)的发现、宇称不守恒、 μ 中微子的发现、核子结构……等等。周五下午5点的学术报告大会是每周大事，演讲厅总是挤得满满的(与如今观众寥寥可数的学术报告会差异甚大)。

我就读大学部的时候，遭遇到了生平第一次的女性不平等待遇。大三大四时我在贝尔实验室曼哈顿分部工作，好几个同班的男生(也没有比我优秀嘛)是由技术部门雇用，而我的工作性质虽然与他们类似，却是由秘书及清洁部门雇用，薪水只有他们的三分之二。这种事颇恼

人,但你也不能怎样——当时现实就是这样。

我欠 Polykarp Kusch 教授好大的人情,在好几次事业的转折点,都幸亏有他强力介入。虽然他对于女性从事物理工作的看法,以现今的标准而言仍嫌老旧,他却是个秉正的君子。大四的时候,我找他帮我写求职求学的推荐信,他硬是先训了我 20 分钟:“一个物理学家可以找个出租车司机的女儿结婚,但是一个女性物理学家可不能嫁给一个出租车司机。”尽管如此,他还是设法安排我到 IBM 的 Thomas J. Watson 实验室工作。之后,他又帮助我进入哥伦比亚大学的研究生院,接下来我得到贝尔实验室的工作也是他的功劳。

Watson 实验室与哥伦比亚大学很近,是个非常特别的机构。当时在那儿有我的上司 Dick Garwin、Llewellyn Thomas (就是 Thomas 进动那位 Thomas)、Irwin Hahn (Hahn echoes 那位 Hahn),以及其他杰出人物。好几个哥伦比亚大学的研究生在他们的指导下工作。因为邻近哥伦比亚大学,我每学期总能顺便修一两门课。虽然我很想继续学业,但却踌躇不前,觉得一个女孩攻读更高的学位有些不妥。毕竟我生于一个传统的犹太家庭,在人们的观念中,女孩就该结婚生子、操持家务、照料丈夫,而不是在外工作。如果连女人也“不得不”工作,那她的丈夫想必很差劲。这些预设立场虽然都与我的状况不符,此类文化习染与偏见不免深植人心,而且极难根除。

极其幸运,我的先生 Phil 给了我继续完成博士学位的勇气。我是在大一物理课上认识 Phil 的,当时他正攻读双学位。我俩在我从巴纳

德学院毕业的那年夏天结婚。Phil 非常聪颖,心思敏捷(我的大一物理是他带的)。虽然工程学系的老师们极力推荐他继续深造,他倒是没计划攻读更高学位。而此时,有他的支持,我也应许自己继续攻读研究所的学业。

在当时哥伦比亚大学物理系的大约 200 个研究生里,我是少数(5、6 个吧,顶多 10 个)女生之一。我经常是唯一一个坐在满课堂男生中间的女生。课业上我被要求达到的标准跟其他人一样,但是男性的教授并不真把我当回事,也不期望我对物理这行有什么贡献——也许就是教教书吧。他们的这种看法,在我跟指导教授一次例行讨论中给说白了(在完成博士学位之后找工作的时候,又有好几件事情强化了这个看法)。实际上,虽然我很会解问题也很会考笔试,当时我并没有真的很了解物理——遇到口试我就没辙。我真的是透过从事教学,透过从事活跃的研究工作,才学会如何像一个物理学家一样去思考。这是一个从不间断的终身学习过程。

我的博士论文是跟同学 Erich Erlbach 合作,由 Dick Garwin 指导完成的,内容关于测量磁场在铅与锡(第一类)超导体薄膜中的衰减。我们的实验还在进行时,Bardeen、Cooper 和 Schrieffer(BCS)发表了他们出名的超导理论。他们的理论核心是,在电子态密度(DOS)中存在能隙($E=3.5 T_c$)。我们的测量则成为 BCS 理论中所谓超导能隙的最早实证之一。我们的结果说明,超导穿透深度 λ 可以从磁场衰减的温度依赖性推导出来,我们的数据显示铅的超导能隙在 $4.9T_c$ 到 $5.4T_c$ 之间。与此同时,Richards 和 Tinkham 以更直接的远红外线测量定出 $4.1T_c$ 的值。



图2 Sarachik 于 1963 年在贝尔实验室

拿到博士学位之后,我留在 Watson 实验室一年,继续跟 Dick Garwin 做博士后研究。在这期间,我怀了大女儿 Karen。并被强烈要求在怀孕第 4 个月一开始就待在家,这令我非常苦恼,所以我坚持自己的立场,几乎整整 9 个月都努力不懈地工作(产科医生:“什么!?你还在工作?”)

Karen 出生之后,我再次屈服于家庭教养对我的期待。我没做任何规划,心想也许初为人母能够提醒我找到人生角色的合适定位,而后得到圆满。完全待在家照顾 Karen 几周之后,我愈来愈不快乐,愈来愈抑郁——世界不断地往前进,而我却被绑在这儿了,动弹不得!当时的窘境是:没有收入,如果我要去找工作,怎么雇人照料 Karen? 没有人帮忙照料 Karen,我又怎么去找工作? 出乎意料地(也许也没那么出乎意料?), Phil 也受够了,一段时间之后,他坚持要我放下自我设限:“出去找工作吧,我们会有办法的。”于是我开始第一次尝试找物理方面的工作,一种完全由男士霸占的领域。

这次进入就业市场对我而言是一次痛苦又屈辱的经验。物理学正

蓬勃发展，到处都在设立物理系，工业界欣欣向荣，正在扩大、招人，科技方面的就业市场尤为热门。1962年1月在纽约举办的美国物理学会年会中的就业博览会(是的，在那年代有钱在纽约开会)，其他求职者(很多人我认识)大都可以得到超过一打的面试机会，而我却没有得到——连一个都没有。我的同事兼好友Ed Stupp觉得这太不可思议，所以设法帮我安排了两个面试：一个是在新泽西州的一家小学院，面试人员固执地坚持我应该就是要找一个兼职；一个是做卫浴的公司(American Standard)，面试人员建议我弄一个全女性的实验室，就像有人弄了个全女性的交响乐团，专门提供工作给女性音乐家。就我所知，所有在IBM Watson Labs完成论文的研究生都得到了IBM Yorktown Heights的工作，而我只得到了一个兼职，就这样。我遇到屈辱无礼的事儿还有很多，足够写一本书(我才不要写呢)。当时我有个不

满一岁的娃儿，而这事只会帮倒忙。很多人一直问我，为什么你不带你的孩子？那谁带她？一个男人绝不会被问这种问题。真的，如今不再允许在面试的时候问这类问题，经过这么多年我们真的进步了。

哥伦比亚大学的Kusch再次救援了我。我去找他，我们谈了很久(包括“为什么不找个教职，可以同时照顾到孩子？”)，他同意帮助我(“我们训练你就是让你得到尝试的机会”)。第二天我恰好就接到贝尔实验室在新泽西物理研究部主任Sidney Millman的电话，邀请我去面谈。我获得一份两年期的工作：担任Ted Geballe的技术人员。我立刻接受了。

我相信待在贝尔实验室的这段时间为我往后的事业打下了基础。贝尔实验室真的是个了不得的地方，科学发展在这里积极活跃而光彩夺目。想知道最新、最热门、最有趣的东西，只需跟上同事一起去食堂吃午餐，大家都在那里讨论物理的最新最热门的进展。常常会有人建议你量个电阻、比热、磁响应试试——看看你在玩什么设备而定——看看可否厘清最新的哪个问题或是了解哪个奇异的新物质。

我刚到贝尔实验室的时候花了一阵子找寻自己在这段时间能做想做的事。一开始我跟着George Smith(后来获得诺

奖)一道做实验，测量一种 V_3X 超导物质的热电功率。Smith是位令人印象深刻的物理学家，我从他那儿获益良多。我们的实验简明有意义，又好玩。

接下来我着手做的实验，有助于解决一个30年来的谜团。de Haar, de Boer 以及 van den Berg 发现，一些特定物质会呈现电阻的极小值，原因不明。1953年，A. H. Wilson 写道：

“……一些非常纯的金样品在降温时出现了电阻极小值。效应虽然微小，却很难错失……这个极小值的成因目前远不清楚……看来这里有某种新的物理原理。”

1962年我刚到贝尔实验室的时候，有关局域磁矩的物理研究正火热进行。含1% Fe的4d过渡金属Nb-Mo-Re合金的测量工作才刚刚完成并发表，人们追踪到一个与Fe有关的局域性磁矩之生成与消失。我做了一个技术上并不复杂的实验，测量这种系列合金的电阻与温度的关系，鉴定确有这样一个电阻的极小值会发生，充要条件是样品里有一个局域磁矩。在这种合金中，磁矩的大小与Fe的百分比成正比(图3)。

当时尝试解释这个效应的理论模型有两种，但我测量到的结果与两者皆不符。与此同时，Jun Kondo以三阶微扰论证，局域磁矩与巡游电子自旋间的交换耦合，导致奇异(singular)散射发生在近费米能量处，其贡献呈 $\ln T$ ，这就可以解释电阻极小值的发生。Kondo于2005年，在这项成就的简史中写道：

“电阻极小值只在杂质原子呈磁性时出现，最可信的证据就是来自Sarachik的工作。在4d过渡金属的合金中掺杂一个原子百分比的铁，

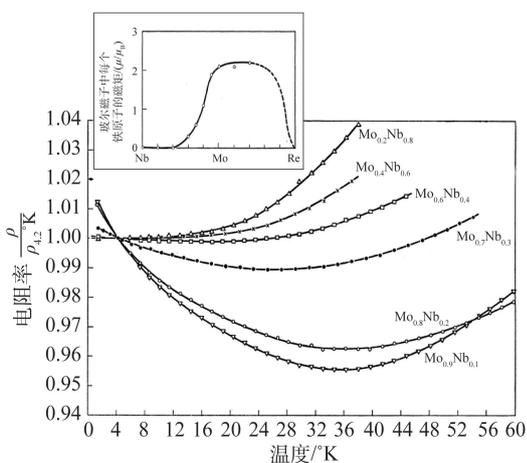


图3 含1% Fe的 Mo_xNb_{1-x} 合金样品，当 x 值改变时，电阻率随温度的变化。插图显示，在含1% Fe的Mo-Nb-Re合金材料里，局域磁矩的形成。值得注意的是，样品呈现局域磁矩，是电阻极小值发生之充分必要条件(改编自 *Phys. Rev.*, 1964, 135: A1041)

可能会有磁性，铁原子带着大约一个玻尔磁元的磁矩；视合金的价电子而定，也可能会没有磁性。Sarachik 测量了这类合金的电阻，发现电阻的极小值就只在合金有磁性时发生。”

Kondo 和我因为这项研究工作而注意到了彼此。他留意到我在 1963 年磁性物质会议上发表的摘要，寄给我一份他那篇现在赫赫有名的论文的预印本。太棒了！我立刻就知道他的答案是对的。简言之，Kondo 发现，导带电子以集体行为形成一个多体的电子云，以相反的磁矩在局域磁矩附近造成屏蔽。Kondo 效应是最早阐述电子集体行为的理论之一——我相信这项工作是我漫长的专业生涯中，最有意义的发现。

Kondo 微扰理论的解当中有个问题： $\ln T$ 项在 $T \rightarrow 0$ 的极限会发散。这个发散问题成了接下来十几年密集的研究工作所关注的焦点，目标是找出一个非微扰的方式来计算低于 T_k (Kondo 温度) 的电阻行为。理论学家为了解决“Kondo 问题”所做的努力，最终导致重整化群理论的产生，Ken Wilson 因此而得到 1982 年的诺贝尔奖。一直以来，Kondo 效应是人们所认知的在固态系统中电子行为的核心特征，如今也在晶格和量子点系统(重费米子系统)中出现，它的应用更延伸到超越磁矩问题的范畴。

这个实验是我独立完成的——这篇论文的共同作者(Ernie Corenzwit 以及 Lou Longinotti)只负责制作样品。我本能地知道，男性的合作者一定比我会收割功劳，现在这种现象仍是个问题，许多最近的研究也这样显示。我受到一些有限的关注——有一阵子人家叫我“电阻

女孩”。那篇 1964 年的论文获得的引用也不多，直到 1970 年代中期之后基本上就从视线里消失了。有关电阻极小值及 Kondo 效应的大量评论专文，都没有提到这个核心的实验，直到近来 A. C. Hewson 和 Kondo 本人指出该实验在此发现中的关键地位。电子的集体行为屏蔽了挡在那里碍事的局域磁矩，电子总是要遵循自然法则。人们(包括女性)的集体行为屏蔽了年轻物理学家的贡献，特别是年轻女性的贡献，然而人们有选择的自由，如今也开始行使这个自由，当女性的贡献被确认出来的时候，就承认它。我当时是生气了，但因太忙碌无暇去烦恼这个事，就只是继续往前做新的研究。

虽然我在贝尔实验室的职务是技术人员，实际上就是两年的博士后契约。这样的博士后还颇多，却只有少数能够在两年结束时取得永久职务而留下来。我当然也想留下来。可后来我从侧面得知，我的考绩还蛮差的(排名在末 1/3)。

所以，我又得找工作了，生命中另一个挑战时期由此开始。我感觉自己已经预备好可以找份教职了，但是所有申请的单位都当我是在找第二个博士后位置。在那振奋人心的时代，这极不寻常，特别是当时科学(尤其是物理学)貌似会吞噬掉整个国家的预算。再一次通过 Ed Stupp 的安排，Philip 实验室愿意提供给我一个职位，就在纽约市北部，年薪则比一般价低好几千美元。我提出异议，并且进一步询问，他们说这是比对工业界付给类似工作女性的薪资；对此我别无选择。但我有一个选择：虽然当时还没有其他工作机会，我还是拒绝了他们。

Phil 比我早一点完成博士学位，在 IBM 工作了几年，之后到哥伦比亚大学工学院教书，而我和他在此同时都要找工作。Phil 倒是早就了解到一个现在所谓的“双体问题”：“你的先生在多所顶尖大学都拿到教职机会，你还有个漂亮的小娃娃，你还有什么问题？”Phil 为此没有接受任何一个职位，直到我们俩在地理相近的区域同时找到了工作——他在纽约大学得到副教授之职，纽约城市学院(CCNY)则是唯一提供给我教职的大学。

我在 1964 年秋季加入物理系，当时 Harry Lustig 正着手进行一个日后高度成功的计划，意图运用国家科学基金会的“卓越中心”经费来提升整个系。这真是令人振奋的时期。接下去几年，整个系不但规模扩大，也网罗到 3 位超量级的杰出教授：Bunji Sakita、Herman Cummins 以及 Mel Lax；另外还有 Henry Semat、Mark Zemansky、Danny Greenberger、Joe Birman、Bob Alfano 以及更多。我们成为一个真正卓越的系，不过，因为不在所谓的常春藤联盟之中，只是以训练移民与经济弱势学生为主的公立机构，我们的系并没有得到实至名归的能见度。

身为女性，我一开始就被指派负责大一的物理课，也教许多别的课，大部分是大学部的。每个人都认为女生比较擅长教学，这种推论其实常常不正确。我只是刚刚达标，一直以来我不间断地寻求的目标之一，就是改善教学；我试了又试，持续地尝试，各种手段各种方法，企图引导学生在学习过程中更趋主动，时而有一些成效。

一到 CCNY，我马上就向几个联邦机构申请科研经费。出乎意料

地，空军科学研究部(AFOSR)愿意资助我的计划！真是太高了。我和AFOSR的一个代表同CCNY校方一位院长一起商讨管理费比例；最终确定为20%。这样相对少的经费，已足够支付好几名研究生、液态氮和耗材、差旅费、一些仪器、维修费，等等。如今，单个研究人员的科研经费管理费高得多，勉强够一名学生的资助和其他所需的最基本的费用；一项可行的研究计划，现在需要几个不同的经费来源，或联合多个研究者的计划共同进行。这种现象的后果很清楚：更多的计划，更多的报告，产出却减少。还有，更多的争执和更少的乐趣。

来到CCNY的第一年，我怀着第二个女儿Leah。问题又来了：预产期是8月初，系主任坚持要我在1965年春季请假。这次我还是断然拒绝。我跟他宣战，而后借助一些(男)同事们的帮忙，让系主任改变决定。他同意我可以继续教学和研究，但是怀孕期间都不能在员工餐厅露面。看看，如今的情况与那个时候大相径庭！

贝尔实验室慷慨地把我在那里做研究的设备捐过来，帮助我建立自己的实验室。有Ernie Corenzwit帮忙绘图设计、出主意，我造了一个电弧熔炼炉来做自己的样品，建立起自己的组，开始进行新的实验计划，测量各种材料的输运与磁性。我们继续探讨带有局域磁矩的系统，研究巨大磁矩的形成，测量热功率等等。我在第3年得到终身职，再3年后晋升为正教授。研究工作成果丰硕，教学方面也令人满意，家里一切都好。人生多美好！

接下来却是我人生中最痛苦的时期。我们请了一位管家，Annie

Meier Froelich，主要来照顾Karen和Leah。1970年秋，上学期刚开学那天，我回到家，发现Annie和Leah连同我们的车都不见踪影。12天后，Annie在Monkton Vermont被发现陈尸车中。为了找到Leah，出动了FBI人员、猎犬、Vermont州警、直升机、广播、电视、登报。连CCNY的一些同事都跑到Vermont来加入搜寻。几周后，10月底，Leah的尸体在Dorset Vermont的一个垃圾桶里被找到。Annie在她失踪后的头几天就杀害了Leah。

这之后的十几年过得非常艰难。我想起那天，Leah遇害之后一两年，我在精神病医生的躺椅上突然坐直起来，抱住头：“我说话都是刻薄的，有腐蚀性的，我必须停止。”回想起来，我相信这是个决定性的时刻，是我漫长的回归正轨之路的起始。我保持忙碌，不可以闲着。我们寓所的墙上挂满了我那些年的刺绣。带学生完成博士学业，回归教学，做三年纽约城市大学(CUNY)的物理学博士学位课程的主管人(讨厌!)，以合作方式做些物理研究(很少)。但是，那种之前驱使我做研究的好奇心、能量、推进力和兴奋，全都没有了。

从在特拉维夫大学休假的那年开始，我渐渐找回原来的感觉。表面上我是和Guy Deutscher合作，我们的工作结果不如预期。这段时间里，没有平时那些教学、委员会、研究的义务，每天早晨我都会问自己：“今天要来做些什么？”

我需要找到一种不同的节奏。这期间我有时间可用来阅读思考，听演讲，也能稍微四处游历。在这年年休的末尾，我回到纽约时，已经充满了新的能量与意愿要回到我的实验室。从申请校内(CUNY)的小

型计划开始，时而成功。我不再位于最新研究的前线，连边儿都沾不上；然而，靠着少量的研究经费，我却也弄到了一台前研究生Jim Haddad造的低温法拉第平衡磁力计。大学部的一个学生偶尔来帮忙，我们也让这台机器动了起来。1980年代中期，我也能申请到能源部的经费了。就这样，开始了我生命中最是成果丰硕的时期，我当时50岁出头。

孩子离世的14年里，我的一间比较大的实验室成了系里的“仓库”，塞满了架子柜子，它们里头也都被塞满(旧地毯、玻璃瓶……什么都有)。我弄了个备忘录让大家传阅，提醒他们来认领东西。没反应。于是我又传一个备忘录通知大家，那个周末仍旧没人认领的东西会全部被当垃圾丢掉。就这样清出了实验室。之后我申请到了国家自然科学基金会的计划，购置安装了稀释冷冻机，这样就可以达到我想做的物理实验所需的低温了。

贝尔实验室正在进行的研究工作又成了我的灵感源泉。以贝尔实验室领头，激发出一批为数可观且出色的开创性成果：金属—绝缘体相变行为，取决于Si:P硅中掺磷的密度，乃一强关联无序系统之原型。这项工作最大的挑战之一，是要区分无序与相互作用，这是个直至今日仍然占据着凝聚态物理(及其他领域)中心舞台的主题。

这正是我要探索的问题。我和我的学生还有博士后一道着手测量电阻、磁阻、霍尔效应、p型Si:B(硅中掺硼)系统中磁化率随掺杂比例之变化、磁场，以及单轴应力。Si:B是个有意思的选择，它跟Si:P不同，自旋轨道作用很强；再者，当时人们对它在磁场中的传导性质

知之甚少。在靠近金属—绝缘体相变点，我们测量各种普适类(强自旋轨道耦合、磁场引发之对称破缺，等等)的临界指数；我们测量绝缘态 Si:B 的跃迁导电系数，所得到的数据刻画在降温时从莫特变程跃迁转变为 Efros—Sklovskii 变程跃迁(因此，可用于跃迁之能量在降温时减为与库仑能量相当或更小)；我们研究不同材料在不同状况下，量子干涉现象的发生与否；还有更多更多。因为这些工作的份量，我被选为 1994 年美国国家科学院(NAS)院士，以及 2005 年 L'Oréal—UNESCO(欧莱雅—联合国教科文组织)北美“女科学家”获奖人。妙的是，那次 NAS 推选引发了后来我那些被高度引用的论文。

Sergey V. Kravchenko 在 1995 年的美国物理学会三月会议上发表了对硅质 MOSFET 中的高迁移率二维电子层之研究，其数据似乎呈现出金属—绝缘体相变。在这之前，因为有“四人帮”的局域化理论，又有好几个漂亮的实验结果支撑，大家都“知道”金属态不可能在二维系统发生。没人相信 Kravchenko 的说法，但我却着迷了。Sergey 随后加入我的实验室，虽然我担心他这样资深的人来做博士后不太妥当。结果还不错。

那段时间真是振奋人心。接下来的几年里，我们发表了一连串日后被高度引用的论文，都是在二维系统发生金属—绝缘体相变的证据。1996 年我们发现电阻率不但与温度，也和外加电场成比例。这引起大家的注意。之后不久我们又发现，那意外的金属态行为，是被与层平行的磁场所压制住的(哇!)。这些论文，还有许多接下来的论文，引起广泛的兴趣、注意以及

讨论，大概有一打的理论因此而生。争议点不外乎是我们居然在二维系统，这种金属态不准发生的地方，看见了真正的金属—绝缘体相变。我们进入了一个新的领域，电子间的作用与它们的动能相匹配，或更强——所谓的强关联电子系统。我们对这种系统中的物理行为至今还不甚理解。

在这段期间(90 年代中期)，有一天我突然接到 AFOSR 计划监督员来电，建议我在 5 天之内提出一个与磁性相关的计划申请书，他可能可以提供经费。我从来没有遇过这种事，之后也再没发生了。

Eugene Chudnovsky 在 1980 年代来到雷曼学院(Lehman College)(CUNY 的姊妹机构)任教的时候，曾试着说服我做宏观磁量子隧穿方面的研究(MQTM)，而我当时太忙碌。这时，我马上联络 Eugene，讨论该怎么响应 AFOSR 这通电话——我们决定合作，而且得到了这笔经费!

不久之后，Jonathan Friedman 作为研究生加入了我的实验室。他选择以寻找 MQTM 作为博士论文主题。与巴塞罗那大学的 Javier Tejada 以及 Xerox(施乐公司)的 Ron Ziolo 合作，我们在 Mn_{12} 醋酸盐，一种典型、高度对称的分子磁铁中，发现了 MQTM。这种材料，是由磁矩尺寸颇大(相对原子尺度而言)的自旋磁矩 $S=10$ 所组成的磁性团簇，被限域在各向异性的单轴晶体中有序地排列而成，自旋向上或向下，会在足够低温下呈现磁滞行为(见图 4(a)中的数据及双势阱)。当外加磁场使得各向异性势垒相反两侧势阱的自旋能级重合，就会发生共振量子隧穿，而导致磁滞曲线上的阶梯。图 4 所示为粉末样品以及单晶样品的数据。

我们在 1995 年的磁性会议上发表了这个结果。1996 年 5 月我们在 *Physical Review Letters* 刊登的 MQTM 论文至今累积了近 1900 次引用。欧洲物理化学界也一直有数量可观

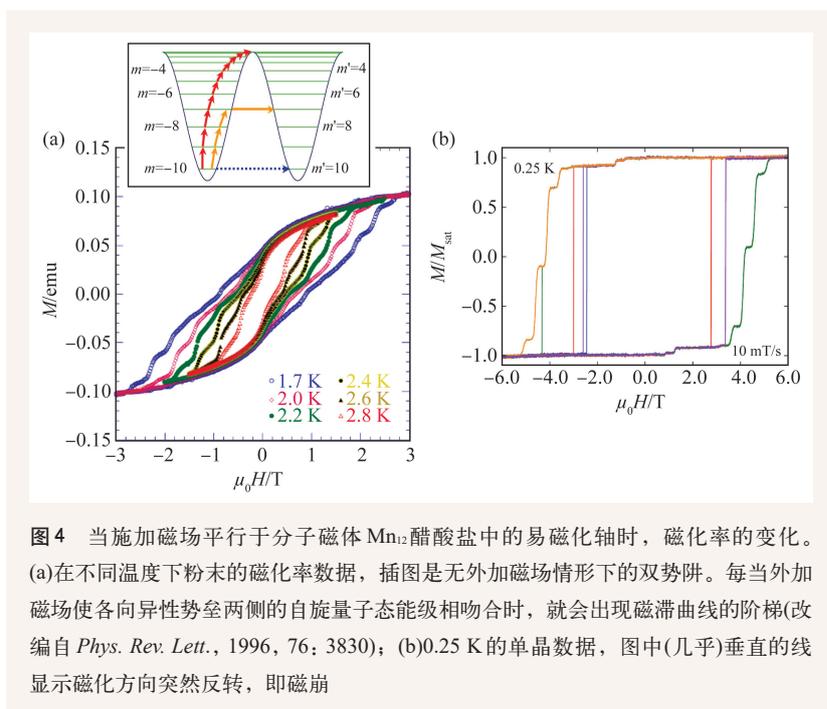


图 4 当施加磁场平行于分子磁体 Mn_{12} 醋酸盐中的易磁化轴时，磁化率的变化。(a)在不同温度下粉末的磁化率数据，插图是无外加磁场情形下的双势阱。每当外加磁场使各向异性势垒两侧的自旋量子态能级相吻合时，就会出现磁滞曲线的阶梯(改编自 *Phys. Rev. Lett.*, 1996, 76: 3830); (b)0.25 K 的单晶数据，图中(几乎)垂直的线显示磁化方向突然反转，即磁崩

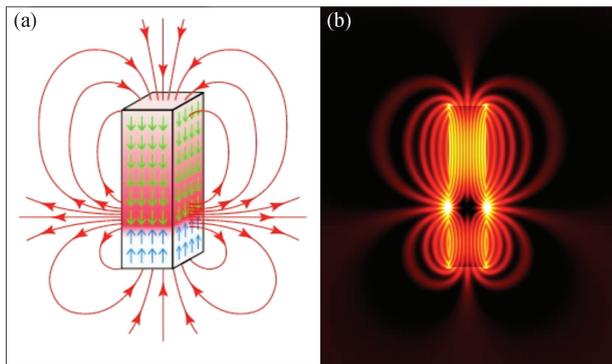


图5 磁崩的动画示意图(a)和计算机模拟图(b)。从样品顶端起始的磁崩,由一个磁矩反转的锋面以亚音速向下传播,并引发塞曼能量的释放

的人在寻找这种材料中MQTM发生的证据——1996年秋,欧洲人在*Nature*发表了更干净的单晶数据。MQTM的发现,激发出巨量的新研究,大大地拓展了分子磁学这个领域。因为我们在分子磁体方面的工作,Jonathan Friedman获得了2002年的Agilent Technologies Europhysics奖,而我和David Awschalom、Gabe Aeppli共同获得2005年的Buckley奖,以表彰我们“在凝聚态系统中量子自旋动力学以及自旋相干性方面的基础贡献”。

磁爆燃是我们另一个很有趣的发现,当时的研究生Yoko Suzuki主导这项工作。此现象为人所知已有好一阵子了,磁矩并不循着受控的序列进行阶段性地反转,却时而突然一次性地达成反转(见图4(b)中那些近乎垂直的线),因此这类事件被称为“磁崩”。我们发现,在晶体中,这种突发性反转的发生,是有一个磁矩反转的锋面,以低于声波两个数量级的速度传播,过程类似化学爆燃。磁弛豫是一种“反应—扩散”的过程,磁矩的反转是其“反应”,局域性地释放塞曼能量,而“扩散”乃指此能量之传播,扩散到材料中的邻近区域。当局域性

做个结尾了。以我的背景如此,很自然地,我在人权与女性议题上开始活跃。违反人权的现象一直持续,也必然将在世上各处继续发生。对于在这些恶劣的情况下受困的人们,我们的持续战斗以试图援助是至关重要的。相较之下,女性在科学范畴的发展机会已有改善,她们被接受和获得成功的可能性也大为增加。我的意思并不是说这个问题已经解决了——还差得远呢,但不容置疑的,我们已有了长足的进展。

在早年,作为物理学科的少数女性之一,我曾参与美国及世界各地许多咨询委员会的工作,除此之外,我也是美国物理学会(APS)许多委员会的会员。由于在这些职务上的活动,我最终被选为APS会长——一年的副会长,一年的当选会长,2003年任期的会长,以及一年的前任会长。年少时,我是有想过要成为像鲁宾斯坦那样的钢琴家——一个高不可攀的梦想。我却没怎么想过会成为APS的会长,带领并影响这个学会,旅行世界各地,展示美国的物理学发展。

虽然许多同仁面临找资金申请资助艰难的窘境,我们这个领域却

的塞曼能量无法由热扩散带走,这种不稳定性即造就了一个磁矩迅速反转的锋面,以稳定的速度在材料中前进。图5为Yoko的同期同学Kevin Mertes(现在是她的先生)对磁崩过程的模拟。

该要给此文

也还存活得好好的。我们在提高精密仪器灵敏度方面精益求精,在难以置信之短之小的时间空间尺度之内进行测量和控制,制成不可思议的新材料,发现新的物相、拓扑效应、时间晶体,等等等等,都取得了长足进步。凝聚态物理仍有许多迷人的问题留待探讨,其他相关领域当然也是这样——等离子体、原子及核物理、沙堆、宇宙学等等。

尽管如此,我们所知的仅仅是沧海一粟。我想到两个例子。一个是我们一直努力挣扎着要弄懂的,诞生于一个世纪前的量子力学,的确美好而不可思议地“管用”,但究竟这头野兽是什么?它的意义是什么?我们学会驾驭它,操控它,还利用它移动宏观的物体。我们成功掌控海森伯不确定原理,对波函数轻轻挤、压、捅、测,从其中提取信息而不造成塌缩。另外,量子态纠缠的特征和其呈现的现象真的是令人难以置信。我觉得这个领域太让人入神。另一个例子是功效卓著的标准模型——它预测了希格斯玻色子,我们也找到了希格斯玻色子。然而,我们虽有能力在单一框架下描述弱作用、强作用及电磁作用,却在尝试了好几十年后仍然无法把引力也囊括在这个框架里。再说,根据这个框架,宇宙超过90%都是以暗能量暗物质的形式失踪了。我们是不是为了坚持一个所爱所知道的理论,才把谜编成这样?这是不是仅为了掩盖我们对自然的基本法则了解不全?

最深刻的问题是有关意识。我可以不否认诸位有意识,就算是动物园里的大象也有意识。科学正在开始了解“意识”。但最成谜的是“自我意识”。为何有“我”?

我的自我意识,片时旋灭。而当下,我正乘它尽兴而行呢!