

我的研究经历与体会

龙有文

(中国科学院物理研究所 北京凝聚态物理国家实验室 北京 100190)



承蒙《物理》编辑部的邀请,让我以高年级研究生的身份谈谈自己的科研经验。然而,在科学研究领域中,自己只是小生后辈,不敢妄谈经验。在此我更愿意与各位分享自己的研究经历与体会,希望能给学弟学妹们

提供一定的参考与启发。

2002年9月,我从湖南赶往北京,进入中国科学院研究生院进行硕博连读课程的学习。当我第一次看到“中国科学院研究生院”这几个大字时,顿时有种强烈的自豪感与责任感,并暗自告诫自己要为振兴我国的科研事业而努力!一年的学习时光在课堂、作业、讨论中很快度过。2003年8月,我进入中国科学院物理研究所,师从靳常青研究员进行课题的研究。

在几个在研项目中,我选择的是一个海外杰出青年基金所资助的课题。主要工作是利用高压高温的极端实验条件合成新型带宽调控型 $\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{CrO}_3$ ($x=0, 1/6, 1/3, 1/2, 2/3, 5/6, 1$)系列钙钛矿固溶体 Mott 化合物,并研究材料奇异的电子态及压力诱导带宽调控的绝缘体-金属化相变。系列固溶体的研制在国际上尚属首次,而需调控的参数不仅包含了组分与温度,还包括压力。因此,最佳合成条件的摸索很不容易,非常需要细心与耐心。在系列样品的合成中,我总共经历了两百多次的失败。但是,面对失败一定不要气馁。依我看失败也是一个实验结果,可以从中不断总结经验,由此改进实验方法并寻找最佳条件。经过一年左右的大量工作,我终于成功地合成出质量较好的 $\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{CrO}_3$ 系列新型钙钛矿 Mott 固溶体。自己的辛勤与汗水终于得到了回报,心中默默地感到欣慰。好的材料是实验物理学家开展研究的基础。接着,我们便对系列新型化合物进行了

电、磁、热等方面的物性测试。高压是我们研究组的特色,我们也在原位高压下研究了系列材料的晶体结构与电子结构,并与美国德州大学奥斯丁分校的合作者一起发现了材料的奇异电子行为以及压力诱导带宽调控的金属化转变。这方面的部分研究结果已发表在近期的 Phys. Rev. Lett. 上。

由于测试设备的限制,有时候为了测量材料某方面的物理性质不得不等待一个月以上的时间。可以想象,系列样品不同物性的测试将花费较长的一段时间。正是在这段时期,通过阅读 Cr 系相关文献,我的目光同时被另外一种 Cr 系化合物 RCrO_4 ($R = \text{Ca}, \text{Y}, \text{Nd}, \text{Dy}$)所吸引。 RCrO_4 具有锆石型晶体结构,而锆石结构对外加压力相当敏感。因此,与我研究组特有的高压设备相结合,观察到 RCrO_4 化合物压力诱导的不可逆的锆石-白钨矿晶体结构相变。此外,利用我们的高压高温装置合成出直径为 5mm 的白钨矿型 YCrO_4 与 DyCrO_4 。在这两种化合物中, Cr^{5+} 离子具有异常的外层电子分布($3d^1$)。通过直流磁化率、交流磁化率、磁化强度、等热剩磁磁化强度、比热、中子衍射等多种实验测量技术和方法,观察到化合物中奇特的磁性行为。这方面的部分结果已在 Appl. Phys. Lett., Phys. Rev. B 等期刊上发表。论文评审人在谈到我们的工作时说:“这些研究是高压物理学家、材料物理学家、晶体物理学家、甚至地球物理学家普遍感兴趣的科学问题”。

纵观过去几年的硕博研究时间,我最大的感受是充实。不可否认,很多时候实验是枯燥的。特别是在不断失败的情况下,往往让人怀疑实验能否取得成功。我个人认为,如果原理上没问题,就应该好好坚持,不要半途而废,轻易放弃。好的实验结果的获得往往需要个人甚至集体长期的辛勤付出。2007年6月20日,薛其坤院士在中国科学院物理研究所“明理时空”论坛上做过“科研过程中的一些体会”的报告。报告给我最深的感触就是勤奋与细致是做好工作的前提。在实验物理中,吃苦耐劳的精神非常

重要. 我们不能肯定一份耕耘就会有一份收获, 但可以肯定的是没有耕耘就很难有所收获! 当然, 每个人都不可能时刻处于亢奋的状态. 在繁忙的实验中, 也要注意抽空运动运动. 一来使身心得到放松, 同时也可以锻炼身体. 当我脑力疲惫时, 往往会去篮球场上“发泄”两个小时. 这样再回到实验室的时候, 又可精力充沛地投入到自己的研究工作中.

物理学发展到现在, 测试手段越来越多, 内容越来越丰富. 仅凭一个人的精力与知识, 很难彻底发掘实验的亮点与新意. 为了解决研究中的科学问题, 合作与讨论在物理研究中显得越来越重要. 合作、讨论的对象是非常广泛的, 可以是同单位或国内的同行, 也可以是国际上的同行. 对于刚刚迈入学术研究的学生来说, 经常会碰到这样或那样的学术问题. 最基本的问题可以向师兄师姐请教, 再深一层次的问题可以向导师或周边的其他老师请教. 当问题仍不能解决时, 可以考虑主动联系领域内的知名专家, 向他们求教与讨论往往会让自己受益良多. 当然, 在这些过程中态度一定要谦虚与诚恳. 特别是与人合作研究时, 尽可能开诚布公, 最好不要隐瞒已发现的实验事实.

在很多情况下, 导师往往需要领导一个研究小组, 考虑的工作比较多. 因此, 我们要慢慢培养自己独立研究的能力. 通过大量阅读专业文献, 及时了解自己领域的发展动态与前沿进展. 更重要的是要把文献中得到的信息与自己从事的具体研究工作联系起来, 以此指导自己应该执行哪些物理实验, 应该怎样进行数据分析与处理, 应该从哪些方面对得到的结果进行比较分析等等. 在这些过程中, 不可避免地会碰到很多难题. 或者是实验测试上的, 或者是数据分析上的. 这时就需要自己利用一切可以利用的资源, 通过上面提到的请教、讨论、合作等方法来解决.

以上这些是我这几年在中国科学院物理研究所进行硕博课题研究的一些经历与体会. 本文完稿后我即将进行博士论文的答辩, 稍后将出国进行博士后的研究工作. 此刻我心里也忐忑不安, 顾虑着出国后到底能不能有所作为. 类似的想法每个人可能都会有, 但我想最重要的还是应该保持一颗平常心. 不论成功还是失败, 我们都应该冷静面对, 沉浮不乱, 宠辱不惊. 最后, 借此机会感谢导师靳常青研究员对我多年的指导与教诲以及其他老师和同学的有益讨论与帮助!

导师评语

龙有文同学在中科院物理研究所攻读硕博连读研究生, 作为他的指导老师, 我对他在这段学习和工作期间的取得的良好成绩表示满意.

压力作为和温度、组分平行的物理量, 在决定物质状态上起着重要作用. 龙有文同学的论文方向为压力调控的关联体系新材料研制及其奇异物性研究.

由于万有引力的作用, 自然界中大部分实体物质处于高压状态, 高压物理是打开宇宙之门的一把钥匙. 随着高压技术的快速发展, 许多以前只能憧憬的实验陆续在实验室和大科学平台上得以实现, 高压物理正在成为当今凝聚态物理、化学、材料等交叉科学研究的重要前沿. 众多物质在压力作用下产生了全新状态, 表现出奇异的物理特性, 耳熟能详的如石墨在高压高温转化为晶莹剔透弥足珍贵的金刚石. 量子力学理论预言氢在足够高的压力可以成为量子金属, 进而转化为超导体, 超导转变温度可以创纪录的接近室温. 金属氢作为最简单的元素, 承载着凝聚态物理研究的经典梦想, 世纪之交的高压物理学家正在稳步的向这个目标推进. 龙有文同学论文研究主要集中在压力驱动的 Mott 化合物的金属化量子行为调控上, 涉及电子强关联行为, 物理内容更为复杂和丰富. 他的论文因而具有挑战性, 首先可供参考的相关文献很少, 必须在依靠自己摸索实验条件研制出高质量的样品基础上进行详细的结构表征和系统物性研究. 龙有文学以致用能力突出, 能够在实验中发现问题和及时提出解决方案, 将研究工作稳步推进. 随着高压物理和大科学平台的日益密切结合, 许多实验需要和国际同行合作, 利用国外先进装置开展研究. 他在论文工作期间, 正好赶上我和美国德州 Austin 大学的周建十教授由基金委资助的海外杰青合作项目启动, 因而很积极加入到这个科研项目行列. 他所研究的带宽调控型 Mott 金属化转变的部分实验需要到美国的 ARGONNE 和 BROOKHEAVEN 实验室的同步辐射光源完成, 他很快掌握了系统处理和分析同步辐射数据的最新方法, 注重在论文工作过程中不断提高综合科研能力. 压力作用形成和调控新的量子态的研究正处于起步发展阶段, 有许多全新的知识和重要领域有待探索和开发, 高压物理学近期在世界范围突飞猛进的发展为青年学子展现自己才华实现远大抱负提供了重要机遇.

(中国科学院物理研究所 靳常青)