

科苑中的一棵常青树

——记固体物理学家黄昆教授

王炳燊 吴汲安
(半导体研究所)



1985 年盛夏的一天,中国科学院学部委员、半导体研究所名誉所长黄昆教授收到第三世界科学院院长、国际理论物理中心主任萨拉姆教授发来的一封电报,电文如下:“黄昆教授,我荣幸地通知您,在 7 月 7 日举行的全体大会上,您已被选为第三世界科学院院士,谨致良好的祝愿。”黄昆教授已经不是第一次接受这样的荣誉了。1980 年,他被选为瑞典皇家科学院外籍院士,他是这个以评选诺贝尔科学奖金而闻名于世的科学院中唯一的中国科

学家,作为一位对于固体物理学作出卓越贡献的科学家的黄昆教授来说,接受这些荣誉也是受之无愧的。

早在青年时代,黄昆就以固体物理学中的重要成果“黄散射”、“黄-佩卡尔(Пекар)理论”、“黄方程”以及与近代物理学大师 M. 玻恩合著《晶格动力学》一书而闻名于国际物理学界。

新中国成立不久,1951 年黄昆由海外归来,按照事先约聘、任教于北京大学。1977 年 11 月出任中科院半导体研究所所长,1983 年任名誉所长。三十五年中,黄昆教授呕心沥血为新中国培养和造就了一批又一批的物理学家,同时也继续研究固体物理学中一些重要而基本的问题,在晶格弛豫和多声子跃迁理论方面不断作出新贡献。现在年近古稀的黄先生,仍然孜孜不倦地勤奋工作着,不断思考着,指导许多研究课题的进行,还亲自动手做具体计算,在科学道路上永不停歇地攀登。作为他身边的科研人员和学生,我们都深深地为之感动。

我们赞美他——科苑中的一棵常青树。

卓越的贡献

1947年,黄昆在英国 Bristol 大学莫特教授(1978年诺贝尔物理学奖获得者)指导下作研究生期间,发表了《稀固溶体的X光漫散射》一文,论证了体积不同的外来原子溶于晶体中引起的弹性畸变,会导致X光的漫散射,并计算了X光衍射光斑发生的变化。由于当时实验条件的限制,他的理论预言直到1967年才被一位西德物理学家所证实。此后,这种散射发展成为一种直接而有效地研究晶格微观缺陷的大小与对称性的手段,这就是著名的“黄散射”(HDS)。

1948年初,黄昆受 Fröhlich 的聘请到利物浦(Liverpool)大学任研究员。他与后来成为他夫人的丈夫·里斯(A. Rhys)在1950年发表的题为《F中心的光吸收和无辐射跃迁理论》一文中,提出了与晶格弛豫有关的光谱与无辐射跃迁理论。在此之前几个月,苏联物理学家佩卡尔院士曾独立地提出多声子光谱理论,所以被称之为“黄-佩卡尔理论”或“黄-里斯理论”。黄昆的文章发表后,引起学术界的广泛重视,国际上接连发表了一批重要文章,使光谱理论(辐射跃迁)有了重要发展。1959年实验上明确证实了光谱的多声子结构。此后,多声子结构已成为对固体光谱作理论分析的重要内容,而标志引起这一结构的晶格弛豫强度的量,一直被称为“黄-里斯因子”。

多声子无辐射跃迁理论的发展,经历了曲折的过程。五十年代,不少理论物理学家试图用这一理论解释发光中心淬灭以及半导体中的载流子复合问题,然而在定量上并不成功,因而出现理论上不少混乱的观点和模型。七十年代对半导体中深能级的深入研究,又证实了多声子过程的正确性。八十年代初,黄昆教授自己又重新研究了这一问题,证明原有理论框架是正确的,但计算中所用的 Condon 近似不合理,在作了这一修正之后,他证明了六十年代、七十年代提出的出发点很不相同的模型是等价的,从而澄清了三十年来围绕这一理论的发展出现的混乱。以后他对这个理论做了进一步发展和应用,又作出了新的贡献。这一理论在六十年代后还被化学家在反应动力学中用来研究化学反应的微观基础。

五十年代初,黄昆正确分析了当时人们开始用微观理论计算极性晶体光学振动模时的发散困难,综合了介质的电磁理论与晶格动力学,提出了一对唯象方程,这就是“黄昆方程”。这对方程不但非常简单明确,避免了以前采用微观模型必需作的复杂近似假设,而是完全可以由实验参量表达的正确方程。黄昆利用这对方程,首次指出了光子(电磁波)与光学声子(晶格振动)相互耦合而形成新的模式,后来,人们认识到固体中其它元激发,如激子、磁子等都应与光子耦合,这类新的耦合量子就统称为电磁激元(Polariton)。历史上,是黄昆第一个在理论上提出了这一耦合的概念。

1972年国际上曾专门就电磁激元的研究召开了一次国际学术会议。会议文集重新刊印了黄昆当时的论文,序言中论述电磁激元研究的发展时,首先叙述了黄昆的贡献。

黄昆的其它一些研究成果,后来也被证明是具有深远意义的。例如,他在1948年发表的《金银稀固溶体的溶解热和电阻率》一文中,用分波法处理了金属中电子的散射问题,实际上已包括了后来被称为电子气的 Frider 振点的物理内容。

在国际物理学界中,不仅是固体物理学家,而且包括研究物理学其它分支的学者乃至正在学习物理学的学生们都知道黄昆教授的名字,这也许是因为他是《晶格动力学》这本名著的作

者之一。1947年,黄昆曾在物理学大师玻恩教授处做过短期的工作。当时玻恩正着手写一本新的、全面用量子力学研究晶格动力学的专著。他发现黄昆不仅熟悉这门学科,而且有深刻的见解,就建议在自己已有手稿的基础上,由黄昆执笔合作著书。经过多年的科学研究和艰苦的写作,1954年,《晶格动力学》这本经典著作由英国牛津大学出版社出版了。这本书全面地论述了晶格动力学的基础理论,其中不少是黄昆的研究成果。三十多年过去了,《晶格动力学》仍然是这个领域里的一本经典权威著作。所有晶格动力学的专著和固体物理学著作的有关章节,都把这本书作为标准的参考文献。玻恩是量子力学的创建人之一,也是作为固体物理学基础之一的晶格动力学的开拓者。这位荣获1954年度诺贝尔物理学奖的大师在看完黄昆执笔写的《晶格动力学》最初一部分稿子后,就已经非常高兴和满意。他在给爱因斯坦的信中说:“我现在正在跟一个中国的合作者黄昆博士完成一本晶格的量子力学的书。书稿内容现在已经完全超越了我的理解,我能懂得年轻的黄昆以我们两人的名义所写的东西,就很高兴了。”这封信显示了这位伟大学者的谦虚和奖掖后进的美德,并恰如其分地评价了黄昆的贡献。而黄昆却总是强调地说此书主要是总结玻恩学派几十年的成就,他自己的贡献是次要的,即使有所创造也都受到了玻恩的启发。

忘 我 的 开 拓

黄昆教授是我国高等教育中固体物理学和半导体物理学两门课程的主要创始人之一。1951年回国后,为了急需培养这方面的科技人才,他中断了自己取得卓越成就的固体理论研究,全力投入教学工作。1953—1954年,他第一次在我国系统地介绍了近代固体物理的基本理论和各分支的基本知识,后来在北京大学正式开设了这门课程。1965年编写了高等学校教学参考书《固体物理学》。

四十年代末,晶体管的发明导致半导体学科的飞速发展,而作为半导体学科理论基础的半导体物理学,当时在国际上还没有专门的教科书,黄昆第一次在我国组织开设这门课程,并亲自主讲。1956年,他参加了“十二年科学技术长远发展规划”的制订工作。接着开办的北京大学、复旦大学、吉林大学、南京大学和厦门大学五校联合半导体物理专门化专业就是实施“规划”的重要措施之一,由黄昆任主任,谢希德任副主任,这是我国半导体科学事业发展的一个重要开端,它不仅创立了从理论到实验的一系列课程,而且培养了一批发展我国半导体科学事业的骨干力量。1958年,黄昆与谢希德合著的《半导体物理学》一书问世,它是我国半导体科学发展中最早最重要的理论著作,当时在国际上亦属前沿。

在北京大学任教二十多年中,黄昆教授还亲自指导培养了一批研究生。现在活跃在固体物理学的科研和教学上的许多中年科学家,如秦国刚、甘子钊、夏建白、任尚元等,都是当年黄昆教授的研究生。

1977年,科学的春天回到祖国大地,为了振兴我国科学事业,黄昆教授调任中国科学院半导体研究所所长。他在组织全所科研工作、完成国家科研任务的同时,十分重视全所的科研和学术水平的提高。1978年,他亲自给研究人员讲授半导体能带理论,对有关人员的理论水平的提高有极大帮助。并在他的影响下,半导体所近年来组织和培养起一个理论与实验结合的、学术水平不断提高的、学术气氛开始活跃起来的半导体物理研究集体。

二维电子气是当前国内外一个十分活跃的研究领域,半导体所也在样品、实验工作方面迈出了可喜的一步。黄昆教授想到研究人员迫切需要掌握二维电子系统的理论,否则很难做出第一流的工作。于是,他率先作了探索之后,很快就开设了“调制掺杂异质结的量子霍尔效应”讲座,以他特有的深入浅出、概念明确和自成体系的风格,把研究人员领到当前国际上研究的最前沿。

身为一所之长,黄昆教授始终坚持在研究第一线。《多声子无辐射跃迁的绝热近似和静态耦合理论》这篇很有价值的论文,就是他在1980年完成的。论文证明了在纠正无辐射跃迁过程中 Condon 近似实际上包含的微扰处理上的错误之后,出发点很不相同的绝热近似和静态耦合理论在一阶跃迁过程中是等价的,澄清了多年来的一些带根本性的疑难问题。在此之后,国际上又出现了一批文章,从不同角度得出了相同的结论,也引出了需要进一步研究的问题。1983年,他又结合我国学者贾唯义的有关实验,与顾宗权一起发展了无辐射跃迁理论计算的多频模型,提出了声子统计分布,它揭示了多声子跃迁理论一个新的方面。过去理论主要是计算电子跃迁几率,而黄昆和顾宗权提出的声子分布律,实际上是阐明在多声子跃迁中发射了哪些声子。因此,可以说是从一个新的方面发展了多声子理论。

最近,黄昆教授又把主要精力转向国际上正在迅速发展的半导体超晶格、量子阱及二维电子气等问题。

严谨的学风

黄昆生于1919年,自小勤奋好学,天赋又高,学习成绩很优秀。在燕京大学物理系学习时,就喜欢和同学讨论问题,并时有独到的见解。1941年,他来到昆明西南联大任物理系助教,1942年考上该校物理系研究生,导师是著名物理学家吴大猷教授(现任台湾“中央研究院”院长)。当时云南虽然是抗战后方,生活和工作条件十分艰难,而西南联大人才云集,学术空气极为活跃,随吴大猷先生工作,对黄昆以后从事固体物理的研究有着深远影响。

1945年黄昆到英国柏雷斯托尔大学,做了莫特教授的研究生。莫特教授当时已是国际上著名的固体物理学家,他对许多物理现象有独到的见解,在物理学不少方面做了开创性工作。莫特教授有很深的洞察力,善于在错综复杂的现象中抓住本质,强调物理模型、物理思想,用简洁的方法把主要问题概括出来。黄昆在莫特教授的影响下,在多年的研究实践中,形成了自己独特的治学风格。

黄昆作为一个理论物理学家,对实验一直怀着极大的兴趣和关注。实验中发现的问题,从理论上进行研究,作出深刻的结论。他的绝大部分理论创造,都是从具体实验现象的矛盾出发、分析前人工作中的问题,紧紧抓住问题的核心进行深入的理论研究,从而得出一般性的、物理上有创新的概念,发展新的理论。他不赞成脱离实验闭门造车式的理论研究,也不赞成用过于繁琐的方法而陷于教学公式之中。但是在具体计算中,他又十分仔细,十分严谨,每个公式都要认真推导和反复计算。他善于用简单明确的模型方法去解决复杂的问题,而这正是建立在他的精深的学术思想的基础之上的。如处理与晶格弛豫有关的多声子过程理论的方法,事实上是与多年之后物理学上才明确提出的动力学时对称破缺有联系的。电磁激元问题,多频模型也都是用简单明确的模型得出非常重要的结论。

黄昆强调基础知识的重要性,但反对脱离实际漫无边际地“打基础”,他特别强调研究工作的主动性,主张独立思考,对问题作出自己的判断。他自己就不迷信权威和文献,对所研究的问题常常独立地从最基本的概念开始研究。

对待学问,黄昆教授是那样的认真,对任何一个未深入理解的问题或观点,从不轻易放过。每次讲课都作认真准备。对待研究成果都经过反复审核,对自己的论文可以说是字斟句酌。因此,他的著作能经得起时间的考验。

黄昆教授是一位有声望的科学家,但在研究集体内是提倡和发扬学术民主的典范。他极力提倡开展各种学术活动,和实验工作者及年轻的科学工作者一起讨论,是他最喜欢的科学活动。对于有争议的问题,在没有完全弄清楚之前,他绝不轻易下结论。他不迷信权威,但却非常重视作出重要成果的年轻人。他说,一个研究所能否办好,与补充有朝气的优秀青年有很大关系。他对自己指导的研究生,在每一个环节上都严格要求,极端负责。他的第一个博士生是本文作者之一的王炳燊,1985年以优秀的成绩和有价值的研究论文通过了答辩。另一名在他指导下的硕士毕业生杨桂林在获得学位不久,就取得一项重要成果,他的论文在美国中西部固体物理年会上被评为优秀论文第一名。

黄昆教授除了荣任瑞典皇家科学院外籍院士和第三世界科学院院士外,1984年应美国斯诺基金会邀请,作为该会第一个物理学教授去美国讲学,为表彰他在学术上的功绩,圣玛利亚大学授予他“第二届理论物理弗雷曼奖”,中美洲州立大学协会授予他“卓越的外国学者”称号。他还荣获中国科学院自然科学三等奖(1957)和一等奖(1984)。面对这些荣誉,黄昆总是谦虚地说:“我是一个普通的科学工作者,没有什么神奇和惊人的地方。”他经常告诫大家,一个科学工作者对自己的工作总应有谦逊的态度。因为科研工作需要靠互相交流来发展和积累,这就需要诚实谦逊的态度、实事求是的态度。不能随意夸大,更不能弄虚作假。评价成果首先要由他人来作,由历史来作,不需要自己大吹大擂。

高尚的品德

黄昆教授于1959年参加了中国共产党。在他身上,杰出的科学家和优秀的共产党员的高尚品德是不可分离的。黄昆不为名、不为利,一心一意为祖国科学的发展、人才的培养而创造性地辛勤劳动,退居二线任半导体所的名誉所长后,仍为课题的方向、选题以至具体研究方案作具体指导。工作出了成果,中青年工作人员写好的论文稿,他一次又一次地修改审阅,然而,只要主要工作不是他亲自做的,他绝不同意在文章上署名。其实有不少研究成果报告都是经他指导的。

他思考问题,总是从全局利益和合理布局出发,从不为本单位、本部门谋取不合理的经费和设备。讨论研究经费时,他坚决反对大手大脚浪费国家有限的科研经费。他说做基础研究,化了钱就应该相应地在科学上做出贡献。这些话是值得大家深思的。

青年时期就作出了卓越的科学贡献,中年时期献身于祖国教育事业的黄昆,现在已是一位桃李满天下的满头白发的老人了,但是他的心永远是年轻的,他仍然孜孜不倦地在学习,在思考,在计算,在讨论,在发现……。