



布喇格父子对早期凝聚态物理学的贡献

刁 述 妍

(山东省临沂师范学院物理系, 临沂 276001)

凝聚态物理学是一门应用性很强的学科, 已成为当今物理学异常活跃的领域。凝聚态物理学发展得如此迅速, 是与许多科学家的努力分不开的。从历史上来看, 凝聚态物理是固体物理的向外延拓, 固体物理又以研究晶体开始。本文介绍的就是布喇格父子在研究晶体结构方面取得的成就。

一、生平简介

威廉·亨利·布喇格(William Henry Bragg, 1862—1942)出生于英格兰西部的坎伯兰。1885年毕业于剑桥大学。先后任澳大利亚阿德莱德大学教授, 利兹大学教授, 伦敦大学教授, 伦敦皇家研究院教授和院长, 纯粹和应用物理学国际联合会主席。1907年成为英国皇家学会会员。主要从事 X 射线、快带电离子的穿透和致电离本领、X 射线结构分析、X 射线谱学方面的研究。1912年在实验上证明了晶体结构的周期性, 1913年, 用电离室探测 X 射线衍射的反射线, 获得了成功的衍射样图, 同年制成第一台 X 射线谱仪, 用以研究 X 射线的光谱分布、波长与普朗克常数之间的关系, 以及发射体与吸收体的原子量等等。著有《放射性研究》、《晶体分析导论》、《电磁学史》等。

威廉·劳伦斯·布喇格(William Lawrence Bragg, 1890—1971)是 H·布喇格的儿子。出生于阿德莱德(澳大利亚)。毕业于阿德莱德大学(1908)和剑桥大学(1911)。先后任曼彻斯特大学教授。英国国家物理实验室主任, 卡文迪什实验室主任和卡文迪什

我带上门以后, 热泪终于夺眶而出。

这以后就再没机会向吴教授求教。但新年还曾收到过几次吴健雄和袁家骝的贺年短信, 当他们回中国时, 也还见到几次。1992年5月31日在钓鱼台国宾馆举行当代物理学家联谊会, 我远远地看见了吴教授, 多想向她问候。可是到晚宴(流水席)时没有找到他们两位, 很遗憾。事后才知道, 那天是吴健

13卷2期(总74期)

教授, 伦敦皇家研究院院长。从事 X 射线衍射理论、X 射线结构分析、金属和合金中的多行性和相变性问题、蛋白质化学、物理学史等方面的研究。1912年与武尔夫各自独立地发现联系 X 射线波长与晶体点阵常数的方程, 奠定了 X 射线谱学的基础。1939年, 利用 X 射线获得晶体原子结构的光学象等, 主要著作有《X 射线与晶体结构》(与其父合著)、《电子衍射》(与其父合著)、《矿物的晶体结构》等。

小布喇格和父亲在 X 射线和晶体结构的实验研究方面合作非常密切, 他们利用 X 射线对晶体结构进行分析, 取得了突破性的进展, 分享了 1915 年度诺贝尔物理学奖, 布喇格父子是自诺贝尔奖颁发以来父子同时获奖仅有的一次, 时至今日, 小布喇格仍保持着诺贝尔奖获得者中获奖年纪最轻的纪录。

二、科学背景

对晶体宏观结构的观测和研究从一千年以前就开始了。1784年, 法国矿物学家奥伊在其著作《晶体结构理论》中, 强调所谓“组成分子”。这篇论文奠定了晶体学的基础。十九世纪末, 晶体是由小的“组成分子”堆积而成的思想已为人们普遍接受, 这些小的“组成分子”就是原子和原子团之类, 晶体则是他们排列的三维周期阵列。但是, 这种把晶体结构看作晶体点阵的思想, 是真实的客观实在呢, 还是一种理想图象? 直到 1912年, 劳厄和他的实验助手非里德里西与克尼平合作, 发现了晶体对 X 射线的衍射现象, 认为 X 射线是电磁波并初步揭示了晶体的微观结构。

三、布喇格父子对晶体微观结构的解释

和劳厄一样, H·布喇格也在研究 X 射线的本

雄 80 整寿, 他们已提前离去。1994 年暑假我、爱人、儿子小健和儿媳, 自波士顿开车去纽约度周末, 正好侄儿小雄也在纽约, 我们打算去看吴教授和袁教授, 可惜没有联系上! 没想到就再没有机会看到吴教授了。在此, 谨道一声: “吴阿姨, 我们怀念您!” 祝袁老伯身体健康!

质,但他认为 X 射线不是电磁波而是一种粒子,并想方设法加以证明,以便推翻劳厄的理论。当时,小布喇格正在剑桥大学从事研究工作,当他得知父亲的想法后,也对 X 射线进行了研究,经过反复探索,小布喇格认为父亲的想法是错误的。于是父子二人相互取长补短,共同切磋,他们认为 X 射线的确是一种电磁波,晶体中整齐排列的相互平行的原子面可以看成衍射光栅,劳厄衍射图上的斑点是这个光栅反射 X 射线的结果,他们对劳厄衍射图给出了与劳厄理论相一致但又简单得多的解释,证明了劳厄图可以看作是由于晶体中原子富集面对 X 射线的反射形成的。按照小布喇格的想法,X 射线在晶体中被某些平面所反射,这些平面可以是晶体自然形成的表面,也可能是由于点阵中原子规则排列而形成的任何面;这些“原子平面”互相平行,平面间的距离决定了一定波长的 X 射线发生衍射的角度。分析晶体衍射图,就可以确定晶体内部原子(或分子)间的距离和排列。布喇格父子不仅对劳厄现象给出了圆满的解释,而且成功地推导出了有名的布喇格公式。

四、布喇格公式

设有一晶体,它的内部原子的排列如图 1 所示, I、II、III 等是原子构成的一组互相平行的平面,它们之间的距离是 d 。又设一束 X 射线射在这组平面上,每一个平面上都会有原子受到照射,被 X 射线照射的原子成为衍射中心,并向各个方向衍射 X 射线(散射)。理论分析和实验都表明,对于任一确定的晶面,各原子所衍射的 X 射线,只有在符合反射定律的衍射方向上强度为大,而在其他方向上衍射的 X 射线很弱。对于一组晶面,由不同晶面上“反射”的 X 射线,又要发生干涉。当 X 射线以掠射角 θ 射到一组平面上,其中两条射线 1 和 2,它们的反射线为 1' 和 2' 由图 1 知 $1A1'$ 和 $2B2'$ 两条路径的长度差为 $2d\sin\theta$, 如果这个差值正好等于波长的整数倍, 1' 和 2' 两条射线便会互相加强。它们干涉加强的条件为:

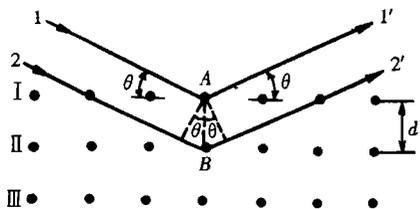


图 1

$$2d\sin\theta = k\lambda \quad k = 1, 2, 3, \dots,$$

这就是著名的布喇格公式。把 X 射线的波长 λ 和反射出现的掠射角 θ 联系起来。式中 k 为光谱的级数。应用布喇格公式不仅可以测量 X 射线的波长 λ , 而且可以由求得的 d 来推断晶体的结构, 确定晶体内部原子(或分子)间的距离和排列。

五、X 射线衍射分析法

劳厄和布喇格父子创立的 X 射线衍射分析法既是研究晶体结构很有效的方法, 又可以用来研究高分子的结构。1913 年, 布喇格父子对氯化钠、氯化钾晶体进行了测定。氯化钠、氯化钾都是典型的无机盐, 过去人们认为它的晶粒是由许多氯化钠、氯化钾分子构成。通过 X 射线结构分析了解到, 这类晶体的每一个晶粒就像一个庞大的分子, 其中全部的氯离子、钠离子(或钾离子)通过没有饱和性和定向性的离子键结合成一个整体, 并没有单个的氯化钠或氯化钾分子存在。同时, 他们父子二人利用 X 射线摄谱仪测定了金刚石、水晶等几种简单晶体的结构。随后布喇格父子在学生们和各国来访者的合作下, 继续改进他们的工作, 他们首次推算了晶体中正负离子的半径, 改进了 X 射线摄谱仪及计算方法, 可以测定 X 射线的衍射强度及多至 11 个参量的复杂晶体结构。他们的研究领域从无机物扩大到有机化合物、金属和合金乃至生物学等。奠定了 X 射线谱学及 X 射线结构分析的基础, 揭开了晶体结构分析的序幕, 从而为深入研究物质内部结构开辟了可靠的途径。

总之, 布喇格父子同时荣获诺贝尔物理学奖的殊荣是当之无愧的, 他们为凝聚态物理学的发展奠定了坚实的基础, 在科学技术高度发达, 各学科相互渗透、相互促进的今天, 面对 21 世纪的挑战, 各国科学家对凝聚态物理学的研究将会更加重视, 物理学园地必将更加绚丽多彩。

