



伦琴射线和 20 世纪科学

刘义保 辛向东

(华东地质学院)

威廉·康瑞德·伦琴 (Wilhelm Conrad Röntgen) 1845 年 3 月 27 日出生于普鲁士莱茵河流域靠近荷兰边界的伦内普, 父亲是位纺织品原料批发商, 母亲是荷兰人。在他三岁时, 家搬迁到了荷兰的阿佩尔多恩。在荷兰学习之后, 伦琴于 1865 年去苏黎世, 在那里的综合工业学院学习机械工程, 他先跟热力学创始人、著名物理学家克劳修斯学习, 后跟随孔脱并成为与之交往甚密的人。在孔脱影响之下, 专门从事纯粹科学研究。在发现 X 射线之前, 伦琴在热力学、力学、电学及晶体物质方面都有很多研究成果, 并先后受聘为霍恩海姆农学院、斯特拉斯堡大学、路德维希大学、维尔茨堡大学教授, 1894 年任维尔茨堡大学校长。

19 世纪末, 人们对气体放电产生了浓厚的兴趣, 把磁铁靠近真空管, 发现放电偏转, E. 戈德斯坦将其取名阴极射线, 但对阴极射线是什么, 其性质如何, 科学界争论不休, 科学家企图通过实验来研究清楚。伦琴在他 50 岁时兴趣也转移到阴极射线实验上来了。1895 年 11 月 8 日傍晚, 伦琴正在操作一个希托夫-克鲁克斯真空管, 已用黑纸把它完全包起来了, 房间是遮光的暗室, 离管子一定距离的地方放有一张涂氰化钡铂的纸片屏。使伦琴吃惊的是, 涂有氰化钡铂的纸片发出了荧光。按照经验, 阴极射线没有这么强的穿透性, 这突如其来的发现, 使伦琴感到非常意外和困惑。连续几天的实验研究, 使他确信这是“一种新的射线”。在随后两年, 伦琴连续发表了关于“一种新的射线”的三篇报告。这些报告被科学家们认为是用精炼和

明晰的方式来阐述科学研究成果的典范。

这种新的未知射线取名 X 射线, 为纪念伦琴的发现, 又称为伦琴射线。X 射线的发现, 当即受到医学界非常的重视, 对 20 世纪科学产生了重大影响。为此, 1901 年伦琴获得了第一个诺贝尔物理学奖。X 射线、放射性、电子三大发现揭开了 20 世纪物理学的序幕。

伦琴所发现的 X 射线, 既不象普通光那样折射, 也找不到什么有规律的反射与折射的痕迹。另一方面, X 射线也不像阴极射线、 α 或 β 射线那样可以为磁场或电场所偏转。1912 年, 德国科学家冯·劳厄提出了一个设想, 他认为, 如果 X 射线是波长很短的电磁波, 那么晶体中各原子有规则的排列就可以使 X 射线发生衍射, 正像刻有许多平行线痕的平面可以当作光栅使用而使普通光衍射一样。劳厄得出了它的繁复的数学理论, 同时, 他又与两位德国物理学家费里德里希和克尼平一起在实验中成功地证实了这种理论。当用 X 射线射到一块硫化锌晶体上, 在晶体后面放置一张与 X 射线垂直的照相底板, 照射一段时间后, 把照片显影, 便发现了一些复杂而又相当对称的斑点组成的衍射图样。这种图样也只能由 X 射线的衍射而产生, 于是人们才完全相信 X 射线是比可见光波更短的电磁波。这不仅使我们认识的“电磁波谱”朝着短波方向拓宽了一大段, 而且开辟了一个研究晶体结构的新天地。劳厄因这一重要发现——既决定了 X 射线的波长又证明了晶体的原子点阵结构, 而荣获 1914 年诺贝尔物理学奖。

劳厄等人的发现, 大大吸引了布拉格父子。他们相信 X 射线在晶体中的衍射现象的波动解释是不可避免的。他们研究了劳厄现象的解释问题, 成功地推导了有名的布拉格关系: $n\lambda =$

$2d \sin \theta$ 。这种关系表明了X射线的波长 λ 和掠射角 θ 之间联系,其中 d 是邻近原子平面间的距离, n 是光谱级。他们的研究成功地发展了一种新的方法,这种新方法不仅可以测量X射线的波长,而且也可以用来分析研究晶体的结构。这就导致了发现一种测定X射线波谱的精确方法,即所谓“晶体粉末法”。1913年他们创造了第一台X射线摄谱仪,开始用于研究X射线的光谱分析、波长与普朗克常数的关系、发射体与吸收体原子量的关系等。布拉格父子因在晶体结构分析中的巨大贡献而获1915年的诺贝尔物理学奖,也是诺贝尔奖颁发以来父子同时获奖的仅有的一次。L. 布拉格还保持着诺贝尔物理学奖获得者中获奖年纪最轻的纪录。

伦琴光谱分析始于英国杰出的物理学家巴克拉和莫塞莱。巴克拉是元素特有的次级X射线(X射线特征谱或称标识谱)的发现者。在卡文迪许实验室时,他发现受X射线照射的金属,在它们的次级辐射中,含有“硬度”十分确定的射线,这些射线和它们的光谱恰恰表明了各种物质的特性。巴克拉对所研究的大多数物质都成功地确定了两类不同的射线,即较硬的K射线和较软的L射线。莫塞莱协助巴克拉研究了一系列元素的K线系,发现各元素的K线系有相似的结构,只是波长不同,如果把各元素的射线谱的相片按原子序数的次序上下排起来,把相同的波长的位置上下对齐,就会看到谱线依次移位。莫塞莱总结出了K系原子序数定律,后人发现对L系莫塞莱定律也成立。巴克拉由于发现X射线特征谱,为后几年发展X射线光谱学奠定了基础,从而获得了1917年度诺贝尔物理学奖。遗憾的是在X射线光谱学方面作出巨大贡献的莫塞莱因为在第一次世界大战中英勇献身,未能与巴克拉共享此崇高的荣誉。

由于劳厄,布拉格父子的工作,为X射线结构分析打下了基础。20年代开始了应用X射线光谱去研究元素特性。30年代去研究物质的电子能级结构,建立了新的学科。如把X射线与晶体研究结合起来就形成了“X射线晶体

学”这门新学科。瑞典物理学家西格巴恩扩展了莫塞莱定律的成果,并制作了精密仪器。他采用了布拉格公式,发现了一系列新的X射线,确定了X光谱波长单位,制定了各种元素的X射线谱,写出了《X射线光谱学》。这样又诞生了一门新学科,为此西格巴恩获得了1924年的诺贝尔物理学奖。

1923年,美国物理学家康普顿发现,当X射线为物质所散射时,散射波中会发现波长增大的波。这一效应便是康普顿效应(我国物理学家吴有训在这方面做了大量实验工作),它进一步肯定了电磁辐射具有粒子性,促进了量子物理学的发展。为此,康普顿荣获了1927年诺贝尔物理学奖。

20世纪60年代,由于射电望远镜和射电天文学的大发展,促进了人类对整个宇宙起源与性质的大规模研究。由Giacconi领导的小组,利用Uhuru卫星进行X射线观测,并与地面的光学及射电观测相结合,在1971年以后,发现了一系列X射线双星系统,统称X射线源。它们的周期很短,一般小于5天,是密近双星系统,它们的基本结构是一颗正常星及一颗致密星。只有中子星才可能具有规则的脉冲发射,而黑洞则不可能有,因为旋转的中子星使磁矩有周期的变化,而旋转的黑洞却没有这种特性,黑洞的磁矩总是平行于它的转动轴的。这样大体可以断定:具有周期脉冲结构的X射线源可能是中子星,而具有不规则的短时光变结构的则可能是黑洞,因此X射线源的发现,使人们第一次有可能测定致密星的质量,并对中子星及黑洞理论进行有效的检验。

X射线不仅在物理学、天文学、化学方面取得了极大的应用,在生物、医学方面的应用也相当广泛。40、50年代后,物理概念、方法和仪器在生物学中的应用,给生物学带来了革命性的变化。1953年根据DNA的X射线衍射资料和有关生化数据,提出了DNA的双螺旋的分子结构模型,这被认为是20世纪以来生物领域的一个关键性的突破;与此同时,用X射线晶体方法也测定了蛋白质的主体结构,这些工作促

由物理学看生命科学

王唯工

(中研院物理所,台北)

去年秋天至今年春天,在台北物理所余海礼先生的大力促成之下,中研院举办了一系列的生命科学演讲,请到从事生命科学之研究人员,由物理学的角度来看生命科学中之各种现象及其中可能隐藏的原理。

受邀的讲员有周成功、张复、黄荣村、林诚谦、徐明达、陈义裕六位先生及笔者。他们分别在细胞如何通讯;生物信息之传递;生物型态之形成;心灵、意识和认知等方面做了深入浅出的讲解。

笔者受命为他们精彩的演讲,做一个综合性的整理,希望做出的这盘什锦是画龙点睛。如果不幸是画蛇添足,扭曲了各位讲席的本意,还请诸位讲席及各位读者多多包涵。

一、生物信号传递: 数位信号或类比信号

生物信号的传递其实与我们现代了解的信号是一样的,有调幅的(类比),也有调频的(数位)。以往大多集中在调幅的研究,甚至只观察有或无(0或1),像激素、神经传导物质等等。然而近年来,研究愈来愈精细,观察也愈来愈有效,发现许多生物的控制机制是在极短的时间完成的,例如卵子的受精,当一个精子穿进了卵

进了分子生物学的形成和发展。在医学方面,美国特夫茨大学教授科马克和英国电子工程师杭斯菲尔德利用电子计算机作辅助工具,与X射线扫描装置相结合,创造了一种崭新的诊断技术,它能够把普通X射线技术所不能或难以显示的人体体内组织某一断层清晰地显示出来。这种新技术称为X射线层析图像技术,它把X射线照相技术提高到一个新的水平。这项技术已成为一种有效的医疗诊断工具,是诊断领域的重大突破,也是X射线应用研究的新发展。这两位科学家为此而荣获1979年的诺贝尔



细胞,卵子立刻发生整体性的变化,一方面要阻止下一个精子的进入,同时要全面的动员,开始细胞分裂。这个受精的信号必须在极短时间内传遍整个卵细胞。另一方面,生物常常公用许多第二信差,例如CAMP或一些Kinase,尤其是 Ca^{2+} 。这些分子在生物体或细胞中,几乎无所不在。那么要依靠这些信号来当广泛的第二信差,岂不是容易出错吗?

其实调频信号有不易出错而又可快速传递的优点。让我们由物理学的立场来探讨调频信号如何可能在生物系统中产生及应用。

调幅的信号在生物系统中,多靠扩散。当

尔生理医学奖。

近来,世界一些研究机构在X射线激光领域竞争激烈。X射线激光是激光科学的一个重要前沿领域。X射线激光是一种穿透能力极强的光源,它的时、空分布具有相干的特性,将为物理、化学、材料科学和生命科学提供前所未有的观测手段,将会极大地促进和带动这些学科的发展。如何用尽可能小的泵浦能量,在尽可能短的波长上产生高增益的X射线是目前许多国家投入大量的人力、物力进行研究的奋斗目标。