

百年诺贝尔物理学奖探析*

仲伟纲 丰建淑

(泰山医学院 泰安 271000)

摘要 分析了100年诺贝尔物理学奖的获奖项目和记录,由此阐述了物理学思想的内涵和可借鉴的研究方法,同时指出了评审诺贝尔物理学奖获奖项目的失误以及由此带来的遗憾。

关键词 诺贝尔奖 物理学

PHYSICS NOBEL PRIZES OF THE LAST CENTURY

ZHONG Wei-Gang FENG Jian-Shu

(Taishan Medical College, Taian 271000, China)

Abstract The achievements of the past century that were awarded the Nobel Physics Prize are analyzed, from which the essence of physical insight and methods of investigation are summarized. At the same time, mistakes in the award process and unfortunate consequences are pointed out.

Key words nobel prize, physics

诺贝尔物理学奖自1901年开始颁奖已有100年的历史。100年来,诺贝尔物理学奖颁奖94次,有164人次获奖。它基本上奖励了物理学领域的最高层次的科研成果,引导了物理学发展的方向,蕴涵了物理学发展的历史。回顾分析诺贝尔物理学奖的获奖项目和记录,能领悟到它的科学价值和科学精神^[1],能感悟到它的有益启示,还能回味到它的遗憾。这对于把握物理学的发展脉搏、确立科研创新方向、借鉴科研方法和制定科研战略具有重要意义。

1 分析^{2-4]}

1.1 诺贝尔物理学奖的国别分析

100年来,164人次诺贝尔物理学奖获奖者分布15个国家,其中美国73人次,占获奖总人数的44.5%。德国和英国各有21人次获奖,各占获奖总人数的12.8%。法国有11人次获奖,占获奖总人数的6.7%。俄国和荷兰各有8人次获奖,各占获奖总人数的4.9%。瑞典有4人次获奖;瑞士、丹麦、意大利、日本各有3人获奖;加拿大、奥地利各有2人获奖;印度和巴基斯坦各有1人获奖。很明显,100年来,诺贝尔物理学奖主要集中在美、德、英、法4个经

济、科技与教育发展水平较高的发达国家。4个国家共有126人次获奖,占获奖总人次的76.8%。这说明,一个国家的经济、科技与教育的发展水平与获得诺贝尔科学奖并不是没有关系的。有趣的是,前50年(1901—1950年,其中6年未颁奖)颁奖44次,共有48人次获奖,欧洲有37人次,占77%,美国9人次,只占18.75%。但1950年后,美国开始扶摇直上,遥遥领先。这一获奖人次多少的变化,意味着20世纪50年代的物理学发展中心由欧洲转移到了美国,也反映了美国科技进步极具代表性的特点。

1.2 诺贝尔物理学奖获奖项目工作性质的分析

按诺贝尔物理学奖获奖项目的工作性质区分,大致可分为重大科学发现、重大理论突破、重大技术与方法发明三大类。重大科学发现方面有86人次获奖,占获奖总人数的52.4%;重大理论突破方面有44人次获奖,所占比例为26.8%;重大技术和方法发明方面有34人次获奖,所占比例为20.7%。重大科学发现的获奖项目占总获奖项目的一半以上,充分说明物理学是20世纪科学革命的重头戏,是20世纪科学发展的主导学科^[5]。值得注意的是,在这些

* 2001-07-16收到初稿,2002-06-18修回

重大获奖项目中,绝大多数都与物理实验有关,纯理论研究很少,就是获奖的重大理论研究也是大量实验事实的总结,再用数学公式简洁表达的结果。

1.3 分阶段的诺贝尔物理学奖获奖项目的学科分析

头 25 年(1901—1925),诺贝尔物理学奖主要反映出从 19 世纪末、20 世纪初以来发生的现代物理学革命的洪流,即描写高速运动现象的相对论理论的创立以及描述微观客体特性的量子论的提出和量子论初期的一系列发展成果,如 X 射线、天然放射性、电子的发现、阴极射线、原子结构、黑体辐射的研究以及量子概念的提出等都获得了诺贝尔物理学奖,反映了物理学这一时期的发展方向。

1926—1950 年的 25 年间,诺贝尔物理学奖主要授予的项目有:中子和正电子、核分裂、人工放射性的发现;X 射线性质的研究;粒子波动性、人工放射性的研究和证明;矩阵力学、波动方程和量子力学的相对论方程、泡利不相容原理以及介子存在的预言等,反映了这一时期是量子物理学和原子核物理建立、发展的时期,同时孕育着粒子物理学的建立。所以,这一时期是现代物理学辉煌发展的一个重要时期。

在 1951—1975 年的 25 年中,诺贝尔物理学奖的授奖项目主要集中在原子核物理学和粒子物理学方面,如量子电动力学重正化理论,实现原子核人工嬗变、原子壳层模型和原子核的集体运动模型;K 介子奇异性质的研究;弱相互作用不守恒、奇异量子数和粒子八重态分类法以及 K 介子衰变时 CP 不守恒的发现等。在这一时期也有凝聚态物理学的获奖项目,如半导体、激光器、液氦理论、超导理论的研究;三极管效应、穆斯堡尔效应、约瑟夫森效应、隧道效应的发现等。

百年诺贝尔物理学奖的最后 25 年(1975—2000),粒子物理学的获奖项目仍然占较大的比重,而凝聚态物理学与天体物理学的得奖项目也十分令人瞩目。粒子物理学的获奖项目主要集中在基本粒子的发现,如 J/ψ 粒子、中微子、 τ 轻子的发现等,凝聚态物理学的获奖项目则比较广泛,如低温物理学、光谱技术和激光光谱技术、高温超导体的研究以及量子化霍尔效应、分数量子化霍尔效应的发现等。在天体物理学方面的获奖项目有:宇宙中形成化学元素的核反应以及恒星结构和演化理论的研究,宇宙微波背景辐射的发现和证实广义相对论引力的理论获奖。

1.4 获奖者做出代表性工作时的年龄和获奖时的

年龄分析

物理学获奖者的创造高峰期大约在 25—45 岁之间,年龄分布在 21—58 岁之间,平均峰值年龄 36.1 岁(见图 1)。图 2 是获奖者获奖时年龄的分布,可以看出,获奖者做出代表性工作的年龄分布与获奖时的年龄有一定的差距。根据统计,获奖人做出代表性工作与获奖的时间差平均为 16.1 年,这即说明一个新思想、新理论的确立和被普遍承认大都要经历一个过程,也从另外一个侧面反映了物理学革命的深刻性。

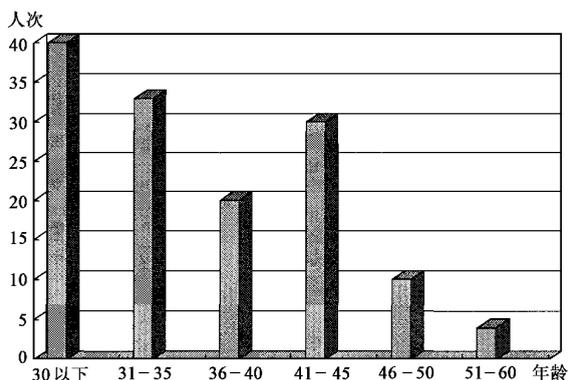


图 1 诺贝尔物理学奖获得者做出代表性工作时的年龄分布(统计 145 人)

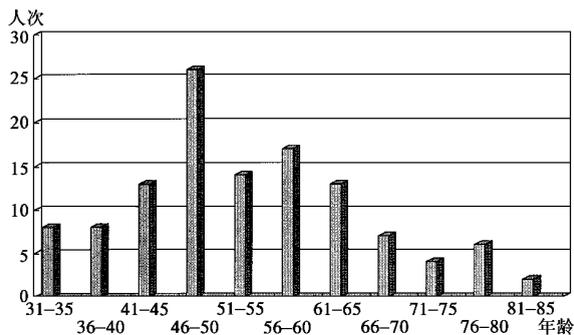


图 2 诺贝尔物理学奖获得者获奖年龄分布(平均年龄 52.2 岁)

2 启示

100 年来诺贝尔物理学奖的启示是多方面的,如:一个国家、一个研究机构、一位科学家要想获得诺贝尔奖,教育是基础,创新是关键,交流是桥梁,管理是保障^[6]。另外,建功立业、趁年轻、名师出高徒、他山之石可以攻玉等也是不可忽视的经验。而重要的是通过 100 年诺贝尔物理学奖的历史回眸,使我们感悟到了物理学大厦的图景和思想内涵以及物理学研究的一般方法。

2.1 原始创新

第 94 次诺贝尔物理学奖授予的获奖项目有 107 项,基础性的理论创新、技术创新和开创性的成果约占 73%。由此可见,诺贝尔物理学奖所弘扬的是一种原始创新、自主创新的精神。“创新是一个民族进步的灵魂,是一个国家兴旺发达的不竭动力”,创新也是推动物理学发展的不竭动力。像普朗克的量子论、德布罗意的电子波动方程、海森伯的测不准原理、李政道—杨振宁的宇称不守恒原理、巴丁—库珀—施里弗的超导理论、玻尔的核子集体运动理论、格拉肖的弱电统一理论、威尔逊的相变临界理论等都是基础性的理论创新,都以获得诺贝尔物理学奖而名垂青史。这些获得过诺贝尔物理学奖的科学创新成就,不仅名副其实地推动了社会生产和人类文明的巨大进步,而且进一步引领了全世界的重大技术革命和科技创新的大格局,带动了许多新的交叉物理学科的建立与发展,致使这门古老的物理学科不断焕发青春活力,不断推动人类的文明进步。

物理学的发展在创新,创新在人才,尤其是物理学现阶段的发展,面临着新的挑战。这就更需要创新,更需要我们物理学工作者不断更新物理思想,转变科学观念,与时俱进,开拓创新,培养创新的人才和形成创新的机制,具有紧迫性。因为,获得诺贝尔物理学奖的物理学大师,无不具有超常的创新思维,无不表现出对自然超常的理解力。创新人才的产生,有赖于在科学界营造这样一个良好的学术氛围:一是要解放思想,二是要实事求是。科学家既要敢于举起智慧的长矛,在科学的旷野上,毫无顾忌地向一切未知宣战,又要善于把握工作尺度,使之与自己的实际能力相适应,从而实现真正意义上的创新。

2.2 实验支撑

100 年诺贝尔物理学奖的获奖项目无一不与实验有关,就是理论项目也是在实验证实后才获奖的。如 1927 年电子衍射实验证实了粒子的波粒二象性,提出波粒二象性理论的德布罗意才于 1929 年获奖;1957 年吴健雄实验证实弱相互作用中宇称不守恒,当年,杨振宁、李政道获诺贝尔物理学奖;1973—1978 年实验上发现中性流存在,提出弱、电统一理论预言有中性流存在的格拉肖、温伯格、萨拉姆于 1979 年获奖等。还有,德国在 20 世纪 20 年代,是现代物理学的强国,量子力学的创始国,这是有它的原因和条件的。从量子力学的创建来看,德国人非常重视实验和实验数据的分析。从普朗克开始分析黑体辐射到后来矩阵力学的创立,最关键的就是对光谱

的分析。当时德国对光谱的分析可能是最多的,海森伯就是从光谱分析而提出矩阵力学的。他们的理论是和实验密切地结合在一起的,这是德国物理最大的一个特点^[7]。事实证明,物理学的理论大厦是由实验支撑的,没有实验,物理学大厦的基础就不牢固;实验是检验物理理论正确与否的惟一标准,是各种观点、争论的最公正的裁判,是修正理论错误的依据,更是发展新理论的起点。1895—1897 年实验中连续发现 X 射线、放射性、电子、塞曼效应,才拉开了认识微观世界的序幕。因此,我们特别强调,物理学的研究要把理论和实验密切地结合在一起,重视实验研究,重视物理实验室的建设,加大投入,更新实验设备,巧妙地设计实验方法,精心地分析实验现象,在实验中寻求新的突破和新的发展。

2.3 数学表达

164 人次诺贝尔物理学奖获得者中,有的是因其杰出的数学工作起了主要作用的,如普朗克、薛定谔、爱因斯坦、玻尔、玻恩、杨振宁、李政道等。开创数学应用于物理学研究先河的是古希腊科学家阿基米德(公元前 287—212 年),他首先在《方法》的论文中,把物理学和数学融合贯通,综合考虑^[8]。通过分析几何物体的不同切面,成功地计算出物体的面积和体积,并运用无穷数这个概念成功地解答了把球体体积看作无穷个圆的相加的难题。阿基米德把数学运用在物理学上的突破与 17 世纪牛顿的微积分学重大突破一样共同为现代科学奠定了两大坚实的基础。现代科学是物理学与数学的结合,而基本工具就是微分学和积分学。牛顿曾用几个最著名的数学公式($F = Gm_1 m_2 / R^2$, $F = ma$)去描绘宇宙图景。今日的物理学的内容极其广泛,小至基本粒子,大到宇宙都要受物理学基本规律的支配,然而物理学的基本定律可由 9 组方程式来表示和概括^[9]。这足以说明物理与数学是联系最紧密的两门科学。在数学与其他科学的关系方面,培根曾说,数学是“通向科学大门的钥匙”。伽里略说:“数学的模型是对现实世界的对象物化了的的东西,它的概念形式结构的确是客观世界的真实反映。”爱因斯坦在谈到数学时说:“数学之所以有高声誉,还有另一个理由,那就是数学给予精密自然科学以某种程度的可靠性,没有数学,这些科学是达不到这种可靠性的^[10]。”

尤其是现在物理学的研究与计算机的结合,形成了计算物理学^[11]。它以电子计算机为主要工具,其主要特征不在于“计算”,而在于通过计算对自然过程进行模拟实验,从而作出发现。这种“数学实验”

的发现由理论物理学作进一步的论证,并由实验物理学去验证.计算物理学的意义在于,它发展了物理学研究的一种新方法.这样,如果从方法的角度区分物理学的研究模式,物理学已经是实验物理学、理论物理学、计算物理学三足鼎立的新格局了.这样一个格局的形成是具有重大历史意义的.然而,实验物理学、理论物理学、计算物理学的研究和发展都离不开数学.数学是物理学最简洁的语言,是最有力的研究工具之一.因此,现在的物理学研究应与数学高度结合,要把最新的数学和物理学发展联系在一起.其基本方法是首先建立一个“数学模型”,应用机器证明或推理分析的方法,解决物理学中的难题,用数学公式达理,再巧妙地设计物理“实验模型”,通过实验验证求真,建立起新的物理学理论和规律.物理学发展到今天,可以这样说,学不好数学的人,就很难学好物理学,数学功底不深厚的人,就很难成为一名著名的物理学家.

2.4 臻美建构

物理学是美的建构,是美的科学,它具有明快简洁美、均衡对称美、奇异相对美和和谐统一美的特征^[12].杨振宁也告诉人们:高不可攀的物理与处处存在的“美”息息相关——自然创造美,而物理学就是去发掘这些美.欣赏物理学的美,会使我们领略到物质世界奥妙无穷的内在美,会使我们感到物理学更加“亲近”和美好,会激发我们无边无际的遐想,会赋予我们永无休止的创造欲望.

简单性思想究其精神实质和方法论的意义来说,一直对物质探源具有指导作用.而且一种理论上的简单性越大,它所涉及的事物的种类越多,它的应用范围越广,它给人们的印象也就越深.如爱因斯坦的相对论,海森伯的测不准原理,普朗克的普朗克常数,麦克斯韦的电磁场方程,汤川秀树的介子理论,薛定谔的波动方程,卢瑟福的核理论,哈恩的重核裂变反应,费米的反应堆理论,杨振宁与米尔斯的规范场理论等,无不如此.

对称性是物理学中最普遍的概念.自然现象的对称反映到物理学中便有了数学公式的及图形的对称.不仅出现了原子结构模型的对称,还会有物质的能与量的对称,物质运动的时空对称.1905年由爱因斯坦创立狭义相对论,为时空统一性概念的提出铺平了道路.19世纪发现了周期表结构,而在20世纪量子力学发展之后才找到元素周期的根本原因出自库仑力的转动对称.狄拉克预言的反粒子存在,可以说是对称概念在量子物理学发展中的辉煌事例.

1956—1957年间,李政道和杨振宁经过十分精确的观察,又被吴健雄实验证实,左右对称在弱相互作用中不是有效的,从而显示对称与非对称概念在粒子物理学研究中的特殊意义.

在物理学发展的过程中,物理学家一直企图将四种相互作用力统一起来,即现在物理学的热门话题“大统一理论”.“大统一理论”是从统一的角度认识自然界神奇精彩的多样性的重要途径,也是物理学追求更加完美的目标之一.为此,物理学家正在努力向着这个目标接近.牛顿在17世纪实现了地面力学与天体力学的统一,麦克斯韦在19世纪实现了光学与电磁理论的统一;爱因斯坦在1905年到1916年间实现了时空集合与引力理论的统一.格拉肖、温伯格、萨拉姆因把电磁理论和弱相互作用理论统一起来而获得了1979年的诺贝尔物理学奖.1974年乔治和格拉肖又分别提出大统一理论,试图让基本相互作用中的3种作用达到统一.在近期所有向大统一的进军中,最富有挑战性的就是约翰·舒尔茨和麦克·格林等提出的“超弦”理论.“超弦”理论是物理学家追求统一理论的最自然的结果,谁在这一理论上有所突破,就能实现物理学的真正大统一,就会有一系列诺贝尔物理学奖级的研究成果出现.

3 遗憾

任何事物都是一分为二的.诺贝尔物理学奖有它辉煌的一面,也有失误,甚至不光彩的一面.这种失误和不光彩却带来了千年的遗憾和诺贝尔奖声誉的丧失以及推动物理学发展的不可弥补的损失.

3.1 姗姗来迟

重大科学发现、理论突破、技术和方法的发明需要一段时间的验证和得到世人的认可,十年八年后再授予诺贝尔奖是可以理解的.如果研究成果已经得到公认,再让获奖者等待二十几年乃至三十年,那就是诺贝尔奖评审委员会的失误了.

英国物理学家马克斯·玻恩早在1926年就发表了“波函数统计分析”的论文.直到1954年,即28年后,诺贝尔奖委员会才将诺贝尔物理学奖授予他.当他获奖时激动地说了这样一段发人深省的话:“压倒多数的物理学家都承认我的波函数分析,但是也有不承认的,诸如像普朗克、爱因斯坦、薛定谔等著名科学家,因此,我的这项研究成果足足等待了28年才获得诺贝尔奖.”还有诺贝尔物理学奖得主泡利从发表论文到获奖间隔了不平常的21年,发现宇宙射

线的赫斯,等待 25 年才获奖;贝斯久等 29 年,于 1967 年获得诺贝尔物理学奖。

3.2 失之交臂

由于各方面原因致使科学家与诺贝尔奖失之交臂的情况时有发生,而且这种情况也在中国科学家中得到了印证。

中国科学院院士赵忠尧先生 1930 年在美国第一个捕捉到正电子,成为第一位发现第一种反物质的科学明星,他应在 20 世纪 30 年代获得诺贝尔物理学奖。但继赵先生之后,有两人做出了与他不同的两个独立的实验,一个没有重复出赵先生的结果,一个没有观察到赵先生实验中的软伽玛射线。后来证明,在两个相反的实验中,一个是做错了,一个是仪器的灵敏度不够,赵先生的实验结果是正确的。别人的数据混淆了是非,使诺贝尔奖与赵先生失之交臂。

3.3 选错项目

诺贝尔奖的评选有严格的规则和程序,按说不应该选错获奖项目,但选错获奖项目的还不少。

1938 年诺贝尔奖委员会公布,基于证明经中子轰击产生新的放射性元素而授予费米诺贝尔物理学奖。对此,国际上一直有争议,争议的焦点不在于费米是否该得奖,而在于选择哪项成果作为授奖依据。费米是 20 世纪杰出的科学家,贡献是多方面的。对此,费米本人也不满意。在颁奖演说中,他指出了自己工作不足的地方:哈恩和斯特拉斯发现了在衰变过程中放射性铀产生的钡,由此必须重新审查费米提出的“93 号元素”的说法。把新元素研究和原子核反应研究一起当作费米获奖的理由显然不妥。

瑞典盲人物理学家古斯塔夫·达伦因发明了光控开关而获得 1912 年的诺贝尔物理学奖,但雷达和喷气马达这两项不知要重大多少倍的发明却没有得到青睐,达伦的德国同行们就讥讽地说:开罐头的起子也有资格获得诺贝尔奖?

3.4 千虑一失

科学家朱曼曾对诺贝尔奖的颁奖作过一种评价,他认为诺贝尔奖只是授予那些收获者,而不是那些播种者;只给予那些继承者而不是创始者。而这种现象正好是发生在东方人和女性身上。不怨有人认为,这是对东方人和女性的歧视。

20 世纪 50 年代初,李政道、杨振宁首先对物理学的宇称守恒定律提出了质疑,并从理论上提出了宇称不守恒,认为至少在基本粒子弱相互作用的领域内是不守恒的。但理论总是灰色的,至少是一种假说,还得由事实来说话。首先用实验来证明这一理论

的是旅美华人女物理学家吴健雄。吴健雄的这一成果轰动了全球,但是在 1957 年的诺贝尔物理学获奖者中却只有李政道、杨振宁,没有吴健雄。

中国科学院院士、核物理学家王淦昌先生于 1941 年在美国权威杂志《物理学评论》上发表的论文“关于探测中微子的一个建议”,被美国的科学家阿伦采纳,他按此建议做出成功的实验,引起国际上的注意,被称为“王淦昌-阿伦实验”。后来,莱因斯等人用强大的核反应堆做实验,终于较精确地测得了中微子的存在。莱因斯因而获得了诺贝尔物理学奖,而测试方案的设计者,却因天时、地利都不成熟而与诺贝尔奖无缘。

4 展望

100 年来,物理学的研究对象在时间及空间尺度上成 10 个数量级地扩展,研究力量(如人员)与研究成果(如论文)成数量级的增加,发展速率成倍提高,基础研究与实际应用之间转化反馈周期明显缩短。凡此种种表现,新世纪物理学的发展正立足于远比 100 年前雄厚的基础上,将以更快的发展速度取得更加辉煌的成就,诺贝尔物理学奖级的研究成果将会不断涌现。这些研究成果仍将依据观察和实验所获得的事实,运用数学和符号系统,不断创建新的物理世界图像。21 世纪物理学的进步将继续通过理论与实验之间的不断交互作用而实现,而实验是根本的。物理学也将更加需要数学,后者作为一种语言的推理工具,帮助物理学在创建理论过程中进行超越通常想像力的抽象描述,并可能在某个地方出现两者的会合^[13]。

20 世纪的物理学留下了更多的长期悬而未决的难题^[14],这些疑难问题的存在是新物理学将要诞生的信号,蕴涵着物理思想与观念上的革命性突破。当会有后人不断地去探索解决,并提出新的难题,其中必有未来诺贝尔奖得主。但愿诺贝尔奖不要让过去的失误再现。

参 考 文 献

- [1] 仲伟纲. 山东医科大学学报, 2000, 14(2):74 [Zhong W G. Journal of Shandong Medical University, 2000, 14(2):74 (in Chinese)]
- [2] 路甬祥. 科学新闻周刊, 2000(32):4 [Lu Y X. Science News Weekly, 2000(32):4 (in Chinese)]
- [3] 王宝安主编. 中国冲刺“诺贝尔”. 北京:中国经济出版社, 1999. 12 [Ed. Wang B A. China Rushing at Nobel Prize. Beijing: China Economy Press, 1999. 12 (in Chinese)]

- [4] 申先甲.大学物理,2001,20(1):40[Shen X J. College Physics, 2001, 20(1):40(in Chinese)]
- [5] 仲伟纲.自然杂志,1999,21(1):44[Zhong W G. Ziran Zazhi, 1999, 21(1):44(in Chinese)]
- [6] 仲伟纲.自然辩证法研究,1999,15(5):65[Zhong W G. Studies in Dialectics of Nature, 1999, 15(5):65(in Chinese)]
- [7] 周光召.物理,2000,29(1):1[Zhou G Z. Wuli (Physics), 2000, 29(1):1(in Chinese)]
- [8] 冯哲.文汇报(上海)2001年6月28日,第5版 Feng Z. Wenhui bao (Shanghai) 28 Jun. 2001, Page 5(in Chinese)]
- [9] 李炳安.自然杂志,1991,13(10):666[Li B A. Ziran Zazhi, 1991, 13(10):666(in Chinese)]
- [10] 许良英编译.爱因斯坦文集.北京:商务印书馆,1976.136 [Xu L Y trans. Selected papers of Einstein. Beijing :Commercial Press, 1976. 136(in Chinese)]
- [11] 董光壁.自然辩证法研究,1997,13(4):7[Dong G B. Studies in Dialectics of Nature, 1997, 13(4):7(in Chinese)]
- [12] 仲伟纲.现代物理知识,1997(5):10[Zhong W G. Modern Physics, 1997(5):10(in Chinese)]
- [13] 顾以藩.物理,1998,27(4):253[Gu Y F. Wuli (Physics), 1998, 27(4):253(in Chinese)]
- [14] 艾小白.自然杂志,1997,19(4):305[Ai X B. Ziran Zazhi, 1997, 19(4):305(in Chinese)]

·前沿和动态·

非晶态高分辨显微术的新进展

2002年8月19日的 Phys. Rev. Lett. 第 89 卷第 088303 页上发表了 Stanford 大学缪建伟等(Miao J W *et al.*)的论文“ 高分辨三维 X 射线衍射显微术 ”,获得了分辨率达 50nm 的三维图像.他们用日本理化研究所 Spring-8 同步辐射的 6keV X 射线束从 30 个不同角度照射一对叠合在一起的镍制样品,每一样品上均刻蚀有模拟的 DNA 链、电路和星状等图形.将这种不同规则微结构引起的连续的弱衍射花样标记在三维坐标系中,经过复杂的计算机算法,这些经过大量采样(oversampling)的数据显示从开始混乱图像到实际结构的过程,这是 X 射线显微术首次进入三维领域的成功尝试.在此之前 X 射线二维显微术的分辨率也不过是 30nm.

大量采样使用的是具有许多像素的位置灵敏探测器,经过延长探测时间、改进探测器、增强计算能力,最终有望使细胞和病毒等样品的三维图像的分辨率达到纳米量级.

目前,利用 X 射线单晶衍射方法已经测定了 30—40 种病毒的结构,分辨率达到 0.3nm,测定的病毒的尺寸最大为 69nm.利用电子晶体学方法可以测定几十纳米厚的生物膜蛋白等片晶的结构,分辨率也接近 0.3nm,这种方法同时从电子显微像和电子衍射图样获得结构信息.但是两种晶体衍射方法都需要首先获得生物样品的三维晶体和二维片晶,但实际情形是:生物晶体很难生长,使生物晶体的衍射结构分析进展缓慢.

的年来,冷冻电镜三维重构方法得到了迅速的发展.首先将一般含水的生物样品(如病毒颗粒等)在液氮冷却的乙烷中高速冷却,使病毒等无损地保持在非晶态冰中,在最佳电镜离焦量下拍摄几千颗病毒的电子显微像,由于病毒颗粒的随机取向,这些像相当于从许许多多方向获得病毒的二维影像.这和上述三维 X 射线衍射显微术类似,也是一种大量采样方法.根据三维物的二维投影像的傅里叶变换与三维物的三维傅里叶变换的中心截面等价的定律,将几千个不同取向的二维投影像的傅里叶变换组合成三维傅里叶变换后,经过逆傅里叶变换,就得到病毒等的三维像.利用这种电镜三维重构法,已经测定了 100 多个病毒的三维结构,远远超过 X 射线晶体衍射法测定的病毒数目.测定结构的病毒的直径也较大(达到 125—190nm),最高的分辨率达到 0.7nm.这方面的不少成果已经在 Nature, Science 等期刊上发表.《物理》也在 2001 年第 7 期第 30 卷第 407 页发表了中山大学张景强等的综述文章“ 结构生物学的新进展 ”.

(吴自勤编译自 Physical Review Letters, 19 August 2002)