

从物理学的发展谈科学技术的进步

林 国 星

“科学技术是第一生产力”。科技进步将使越来越多的人从繁重的体力劳动中解放出来,并使他们凭借知识创造出更多的物质财富。世界变化如此之快。人类高度文明的动力是科学技术,而科学技术的革命和进步常常是以基础理论的发展为前提的。在这一点上,现代物理学显得尤为突出。如果没有20世纪物理学的三大发现,就不可能有我们今天丰富多采的“信息时代”。物理学不仅是自然科学的带头学科,而且已发展为一门应用性极强的学科,并向其他学科不断渗透。无数事实表明,物理学是其他自然科学的理论基础,是工程技术的强大支柱。物理学的发展对科学技术进步起着举足轻重的作用。

一、蒸汽机时代

16世纪,波兰天文学家哥白尼提出“日心说”,推翻了主宰了1400多年的托勒密的“地心说”,真正揭开了自然科学革命的序幕。从此一大批科学家为寻求科学真理而进行不懈的努力。丹麦天文学家第谷用毕生的精力系统地观测了行星的运动,积累了大量丰富宝贵的星系资料,为17世纪创立行星运动三大定律的德国物理学家开普勒奠定了坚实的天文观测实验基础。在自然科学史上,17世纪是一个鼎盛时期。名人倍出,成果累累,意大利物理学家伽利略开创了从研究简单的典型问题入手来阐明重大科学规律的自然科学新方法。他积累了许多力学知识。一代科学巨匠,伟大的物理学家和数学家牛顿对17世纪以前的天文学定律和力学实验作了高度的理论概括总结,系统地阐述了力学三大定律和万有引力定律,从而实现了自然科学史上五次大综合的第一次大综合,将行星运动定律和地面物体机械运动规律统一为

万有引力定律。17,18世纪,生产和工程中出现大量多自由度及多约束力学系统,以矢量分析为基础的牛顿力学对这样的复杂系统显得十分费力甚至无能为力。18世纪,以拉格朗日和哈密顿为主要代表的物理学家应用数学分析方法处理复杂的力学系统,进而建立了可与牛顿力学相媲美的分析力学。随着分析力学的形成,经典力学理论体系框架已基本建立。经典力学为整个物理学和天文学理论,以及机械,土木建筑,交通运输等的发展奠定了基础。另一方面,热运动是宏观物体内部诸微观粒子一种永不停息的无规则运动,它与机械运动有质的差别,但又有深刻的内在联系。如对水加热产生蒸汽,靠蒸汽膨胀对外做功而发生机械运动,从而实现了热运动向机械运动的转化。蒸汽机正是利用这个原理制造的。在那个时代,作为“科学园地”的英国,科学正处于世界领先地位并迅速地得到发展,科学技术作为生产力的社会功能在这里首先得到演示。18世纪60年代,以力学和热学理论为基础,为蒸汽机为主要标志的第一次技术革命在这里爆发。力学和热学与生产实践相结合,使纺织机,织布机,蒸汽机等机械得到很好的改进和推广。

用蒸汽作为动力最早在公元前130年,埃及人希龙制作了“原始小涡轮”的玩具,首次将蒸汽作为动力,但在此后的1000多年内并无进一步的发展。1695年,荷兰物理学家惠更斯的学生,法国人巴本第一个发明了有汽缸活塞的蒸汽机,作为提水和推磨之用。1705年,纽科门制造了更为实用的蒸汽机,并在一些性能方面作了改进,使当时蒸汽机的利用成一定规模。英国的瓦特,童年时对仪器的制作就很感兴趣,长大后第一个职业就选择大学实验员。当他修理纽科门机的演示仪器时,发现了其结构和性能上的缺点。他集中考虑如何减少蒸汽乃至热

厦门大学物理系 福建 361005

量的消耗问题。为了减少热量的损耗,提高热机的效率,他在原有机器上增添了一个冷凝器。他的成功于1769年获得专利。此后,瓦特进一步改进蒸汽机的性能。如解决连续机器动作问题,蒸汽自动切换问题,变活塞的往复运动为旋转运动问题等等。蒸汽机的发明和改进,除了以上技术上的要求外,涉及了不少力学和热学知识,如热机效率,热和功之间的关系以及水,蒸汽和其他物质的热学性质等。蒸汽机的改进和性能的提高,不仅在纺织工业,而且在轮船,火车,钢铁,煤炭,冶金等方面都得到许多应用。仅1770年至1780年的10年内,英国的铁产量就增加了3500倍,煤产量增加1120万吨。1848年,英国铁路已达到4646千米。第一次技术革命使英国成为当时工业最发达,经济最雄厚的国家,大量的工业产品和技术输出国外,工业产值占全世界一半,国民收入增加了10倍多。第一次工业革命革新了蒸汽机时代的工业经济,人们首次看到了科学技术给人类生活所带来的巨大利益。

二、电气时代

18世纪是以工业经济为主体的资本主义在欧洲进一步巩固和扩大的时期,工业生产由手工业向机器工业过渡。生产力的发展同时也为科学研究提供了条件。物理学的研究如日中天,成果喜人。1820年奥斯特发现电流的磁效应,结束了自1600年吉尔伯特对磁科学研究以来把电和磁截然分开的历史,从此叩开了电磁学的大门。奥斯特的实验结果用经典力学的知识无法得到解释。事实上,这是一种不同于引力相互作用的另一种相互作用形式——电磁相互作用。电流的磁效应的发现,其意义不仅在于它揭示了自然界物质运动的一种新规律,更重要的是它本身蕴含了电力技术应用的内核,为电报和电机等的发明指明了方向。在奥斯特的重大发现之后,还有法国物理学家毕奥-萨伐尔,安培及德国的欧姆,英国的法拉第等人的卓杰工作。其中法拉第虽未经过专门学校的培养,却为人类作出了巨大的贡献,研究成果颇丰。1831年,他发现了著名的电磁感应定律,

从而实现了磁产生电的可能,为电机的诞生奠定了理论基础。次年,法国皮克西根据法拉第原理制成了发电机。

英国数学家和理论物理学家麦克斯韦,从小受到科学的熏陶,他在电磁场理论方面的工作深受比他大40岁的法拉第的影响,并以惊人的数学才能,严密的逻辑推理为法拉第的直观,形象的电磁场的概念以数学方程完美地表示出来,从而逐渐形成了电磁场理论。电磁场理论是完全可以和经典力学相媲美的另一类物质运动规律,也是物理学发展的重要里程碑。不仅如此,麦克斯韦的电磁场理论还预言了电磁波的存在。果然,20年后由德国物理学家赫兹证实了这个预言。随之而来的是无线电通信的呼之欲出。

电磁场理论和实验的巨大成果推动了社会生产力的又一次腾飞。1860年德国的西门子制成并批量生产了自激式发电机;1879年英国的爱迪生发明了电灯,1894年发明了无线电电报。此后,无线电广播,无线电电话和无线电导航等相继发明。这些发明和应用形成了第二次技术革命和产业革命。从此,人类跨入了以电作为动力,照明和通讯的“电气时代”。一种本为神秘的电能终于被人们认知和征服,并为人类服务。电气时代彻底改变了人类的生活格局,给人们的生活和工作带来极大的便利。电讯工业从此崛起,偌大的世界逐渐成了一个地球村。

三、原子电子时代

至19世纪末,经典物理学的各个部门大体上已按经典力学的模式建立起来,因而一些科学家认为物理学的大厦已落成,且十分雄伟壮丽。今后的任务只不过是做些修修补补的工作。然而,19世纪90年代后期,X射线,电子和天然放射性现象的发现潜伏着一场物理学革命。1900年,开尔文在总结过去展望未来的新世纪献词中,一方面踌躇满志地说物理学的基本问题已经解决,另一方面也不得不承认在物理学“晴朗的天空”中有两朵小小令人不安的“乌云”。即无法解释迈克尔孙-莫雷实验和黑

体辐射实验。直到普朗克提出能量量子化后，黑体辐射实验才得以完整的解释。能量量子化的概念是物理概念的革命性飞跃，是量子物理学的起点。迈克尔孙-莫雷实验本意是要证实“以太”的存在，然而实验结果事与愿违，彻底否定了“以太”，同时也证明了光传播的速度与光源运动状态无关，经典力学已不再适用于高速运动物体。1905年爱因斯坦因此创立了狭义相对论，1915年创立了广义相对论，从而建立了全新的时间、空间和引力理论。另一方面，在普朗克量子论的基础上，经过德布罗意、海森伯、薛定谔等人的努力，于1925—1927年间创立了描述微观粒子运动规律的量子力学理论体系。相对论和量子力学正是这两朵小小的“乌云”所引起的“暴风骤雨”的直接结果，是一场物理学伟大革命的胜利果实。这些新理论的伟大之处不仅在于能解释许多经典物理学根本无法解释的新现象，而且它们能自然过渡到经典物理学的情况。爱因斯坦的相对论彻底否定了经典力学的绝对时空观，而量子力学彻底否定了机械决定论，它们丰富和发展了辩证唯物主义，为后来物理学和科学技术的发展开辟了广阔的空间，第三次技术革命应运而生。

爱因斯坦质能关系式被誉为“改变世界的方程”，在这个方程的基础上，意大利物理学家费米于1933年研究了原子的结合能；1939年，德国的哈恩和斯特拉斯曼等人发现了裂变现象；1942年，费米领导的研究小组在美国建立了世界上第一座原子能反应堆；1945年以奥本海默为首的科学家研制了第一颗原子弹，前苏联也建立了第一座原子能发电站。蕴藏在原子核内部的巨大能量终于被人类所开发，能源利用又进入一个崭新的时代。另一方面，1943年，美国科学家诺依曼和维纳提出计算机的设计，并于1946年制造出世界上第一台计算机。随着性能的不断改善，计算机以快速准确为优势，不仅大大地减轻了人类的大量繁重劳动，而且完成了许多人们根本无法完成的工作，为各行各业的自动化实现提供了技术保证。可以说，正是由于这个计算机时代的开始，根本改变

了人类认识和改造自然的方式，带动了遥感、自动控制、激光等技术的发展，且迅速地改变着人类的思维 and 生活方式。

以原子能和电子计算机为主要标志的第三次技术革命，是以物理学革命为先导的，其成果推动了材料技术、微电子技术、生物技术、新能源技术、激光技术和空间技术的产生。在这个“原子电子时代”，物理学已全方位地渗透到其他科学技术领域，成为推动新技术革命的主导力量。

四、其他相邻学科

物理学在生命科学中具有广阔的应用前景。1943年2月，量子力学创始人薛定谔在《生命是什么》一书中指出：(1)生命以负熵为生。(2)遗传的物质基础是有机分子，遗传是以密码形式通过染色体来传递的。(3)生命体系中存在量子跃迁现象，X射线照射可引起遗传的突变，就是证据。可见，生命是以量子规律为基础的。后来，DNA的发现证实了薛定谔的预见。比利时非平衡统计物理学家普里高京进一步指出：“生物体是一个远离平衡态的非线性开放系统，是一个高度复杂的宏观有序的自组织系统”。普里高京称这种系统为“耗散结构”。被誉为“分子生物学”之父的德尔昂品克，1930年毕业于哥廷根大学，获理论物理学博士学位。毕业后，他潜心投入生命科学的研究，运用量子力学理论来认识遗传现象，发现生命本质。1945年，他找到了细菌体复制机理的特点，证明了细菌体复制机理适用于所有病毒，这一成果带来了生物学的革命。他因此获1969年诺贝尔生理学及医学奖。著名的雅洛博士，把核物理应用于临床医学，把放射性同位素示踪技术和免疫学结合起来，发现了放射免疫分析方法，为许多疑难杂症的诊断和治疗开辟了重要途径。获得诺贝尔生理学及医学奖的理论物理学家马克是首先解决计算机断层扫描技术理论问题的人，为CT技术奠定了理论基础。

许多著名物理学家在化学领域亦取得一系列重大成果。如物理学家里奥-居里夫妇掌握了人工制造放射性同位素技术；核物理学家麦

克米伦是世界上第一个发现超铀元素的人；1931年任芝加哥大学物理教授的马利肯，应用量子力学创立了化学结构分子轨道理论；等等。据不完全统计，20世纪中叶以来，具有物理背景而获诺贝尔化学奖者约占总人数一半以上，而诺贝尔生理及医学奖获得者具有物理背景的人约占60%。随着科学技术的进步，物理学在相邻学科及其他交叉和边缘学科已越来越发挥其重要作用。

五、推动新世纪生产力发展的一些重大技术

以下仅谈与物理学关系较为密切的几个重大技术。

1. 超导技术

1911年荷兰著名低温物理学家昂尼斯首先发现了水银的超导现象。他发现在4.2K附近水银电阻突然变小，接近于零。不久，他又发现了锡在3.8K时也有零电阻现象。他的这些发现连同液氮的制备获得1913年诺贝尔物理学奖。自1911年发现超导体直至1985年，虽然已发现上千种超导材料，然而在高临界温度方面没有大的进展。1986年4月，美国IBM公司设在瑞士苏黎士的研究所的科学家贝德诺兹和缪勒首先发现镧-钡-铜-氧陶瓷材料的超导转变临界温度为30K；紧接着中科院赵忠贤等人发现另一种陶瓷材料临界温度高达92.8K。从此，科技界出现了超导热。目前，高温超导体的临界温度已提高到134K，加压时可达164K。超导技术在交通、能源、医药和军事等行业带来了革命性的变化。利用超导体已研制出时速超过550千米的磁悬浮列车；1992年，三菱重工业神户造船厂研制生产的世界上第一艘超导电磁推行船投入实验航行，这种船不用螺旋桨，且噪音很低，具有广阔的应用前景；在节能方面，可制造体积小，功率极大，效率高的超导发电机；利用超导电缆，可实现无损耗长距离输电；超导核磁共振成像仪已在医学上得到应用。此外，高温超导薄膜已进入实验研究阶段，它可适用于蜂窝电话基地电台的滤波器；超导的抗磁性已在军事遥感方面发挥着重要的作用。

2. 纳米技术

纳米材料其颗粒的大小范围在0.1~100纳米之间，约为原子半径的10倍。纳米材料在光学、热学、电磁学、力学和化学等方面的性质与大块物体相比有很大的差别。纳米级小颗粒在保持新鲜表面情况下，压制成块状固体或沉积成膜，会产生许多异常的物理现象。纳米陶瓷是一种纳米固体材料，对它进行表面热处理后，材料内部具有高韧性，而表面却显示出高硬度，高耐磨性与抗腐蚀性。此外，金属颗粒材料可作为红外线传感元件。由于纳米材料的一系列新特性，它必将成为新世纪最重要的技术之一。

3. 新型陶瓷技术

新型陶瓷包括先进结构陶瓷和先进功能陶瓷两大类。先进结构陶瓷以其优异的力学性能为主要特征，具有耐高温，耐腐蚀，耐磨损，重量轻等优点，将成为新世纪工业生产的主要原材料。如在下一代几倍于音速的喷气式飞机内的发动机，大量的金属合金将被陶瓷材料所取代；火箭尾部的喷嘴和防弹用品也将应用这种陶瓷。而导电陶瓷，压电陶瓷，磁性陶瓷和透明陶瓷等，可利用它们的电、磁、声、光、热等方面的性能。例如，压电陶瓷常被用作换能器，用它可产生和接收超声波，其所放射的大功率超声波在工业上用于探伤，切割和焊接用。

4. 芯片加工等技术

计算机和芯片加工技术是当今信息技术的基础。半导体芯片是计算机，通讯设备及电子消费品等电子装置的基本部件，也是武器，工厂自动化系统的关键组成部分。随着光刻技术的不断提高，芯片的集成度也越来越高。目前，利用0.3微米线宽激光光刻工艺，已在200平方毫米的芯片上集成了1.4亿个元件。然而，由于芯片物理特性的局限，芯片的集成化已濒临极限，可挖掘的潜力已十分有限。因此，一些科学家已转向量子电脑的开发。新一代的量子电脑就像一枚信息火箭，它的运算速度可比目前Pentium III芯片快10亿倍，它所应用的仍然是量子原理。最近，麻省理工学院的葛先菲尔与IBM的伊萨钟做出了原始的量子电脑。希望让

易辛与易辛模型

王 鑫

2000年5月10日,是易辛教授诞辰100周年的日子. 两年前,在平静地渡过了他98岁生日后的第二天,易辛在美国伊利诺斯州的家中去世. 这位因为易辛模型而广为人知的物理学家,其生命的绝大部分时间与易辛模型没有关系.

易辛生于德国. 1919年进入哥根廷大学学习数学和物理,后来又在波恩大学及汉堡大学继续学习. 在汉堡,他的老师楞茨建议他转向理论物理,研究由楞茨在1920年提出的铁磁性模型. 易辛将此题目作为自己的博士论文题目,在研究了线性磁矩链的一种特殊情况之后,于1924年在汉堡大学获得博士学位. 易辛模型这一名称的由来,缘于1936年鲁道夫·派尔斯的一篇题为“论铁磁性的易辛模型”的论文. 在经过了克莱默,瓦尼尔,昂萨格等大物理学家的的工作之后,这一模型变得重要而且为人们所熟知. 必须提到的是,这一模型在研究铁磁和顺磁的相变方面取得了突破性的进展. 对这些成功易辛一无所知. 在获得博士学位后,易辛先在一所公立中学教书,但在不久后的1933年,由于希特勒的上台而被解除职务. 在1934

年—1938年间,他在德国的一所犹太寄宿学校任老师及校长. 1938年,那所学校被纳粹摧毁. 1939年,易辛和他的妻子被赶出德国. 他们先在卢森堡避难并计划尽可能快地移往美国. 1940年,德国入侵卢森堡并于次年将所有犹太人集中起来. 易辛和其他一些与非犹太人结婚的人被强迫去拆铁路. 直到二战结束,他们一直过着非人的生活,为了活下来而苦苦挣扎.

直到1947年,他们才得以到达美国. 先在北达科它州立教师学院教物理和数学. 一年后来到了伊利诺斯,在布那德雷大学物理系任教直到1976年退休.

今天的易辛模型根本不再是易辛博士论文中的模样. 每年差不多有1000篇左右的论文研究这一模型. 除了铁磁性之外,该模型还应用于神经网络,蛋白质折叠,生物膜,场论甚至社会现象等广泛的领域. 由于易辛本人自从获得博士学位后,再没有研究过易辛模型,因此每当问起那个以他的名字命名的模型时,易辛总显得有些腼腆和局促. 不过他热爱教学,是一位出类拔萃的老师.

湖南大学物理系 长沙 410082

(编译自 Physics Today 1999年4月号)

更多的原子为人类服务的设想正逐步成为现实.

此外,航天技术和纳米技术(或毫微技术)在新世纪将得到更为广泛的应用. 人类一方面向广袤的外层空间发展,另一方面则应用激光,同步辐射光,原子探针等现代技术的超细微加工工艺,制造出应用于各行各业的微型机器,如超精密滤光器,光信号发送交换机,测血压感应器等. 毫微技术的迅速发展,使人类对自然的认识和利用直接延伸到分子和原子的范畴. 科学家对未来科技发展有一个共识,即生物技术,

信息技术,航天技术和纳米技术将在新世纪的科技发展中唱主角. 生物技术将使农牧业,医学,环保等领域产生一场革命;信息技术将进一步促进知识经济的发展,航天技术将最终使人类跨出自己的摇篮,移民地球以外的星球;纳米技术将使人类能直接移动分子和原子,设计、制造出所需要的物质形态.

纵观科学技术的飞速发展和相邻学科的不断进步,物理学,尤其是现代物理学,已经书写了辉煌的一页. 在新的世纪里,物理学也必将为人类文明列车的前进提供前所未有的动力.