

物理学革命与社会进步

王 骁 勇

(涪陵师范学院 重庆 邮编 408003)

早在 100 多年前,马克思就“把科学首先看成是历史的有力的杠杆,看成是最高意义上的革命力量。”其中“物理学研究提高了我们对自然界的基本认识,产生了对人类有深远意义的知识。它所孕育出的新技术扎根于我们的文化中。”因此,物理学的每一次革命都会推动人类社会的巨大进步。

一、日心说的建立——科学战胜神学

古希腊曾创造过灿烂的科学文化,以致“理论自然科学想要追溯自己今天的一般原理发生发展的历史,它不得不回到希腊人那里去。”地心说就是其光辉成就之一。

从公元 5 世纪起,西方进入了黑暗的中世纪。此后,“科学只是教会恭顺的婢女”。地心说的思想博大精深并计算精确,基督教将它与神学融为一体,形成了封建神学的思想基础。由于神学的桎梏,在此后 1000 多年的历史长河中西方科学停滞不前。中世纪末,先进的思想家们发起了文艺复兴运动,同时宗教界也兴起了改革。这二者的结合,为科学和文艺的复兴鸣锣开道。科学,从此开始了艰难的革命。

1543 年,哥白尼提出了日心说。日心说与地心说比较,最大的区别就是把宇宙的中心由地球换成了太阳。也将宇宙的中心放在一个“象征性的太阳”上。在计算精度方面,哥白尼的星表“并不远比那些被它们所代替的表好”。另外,日心说还存在两个无法解答的问题:如果地球在运动,第一,为什么看不到恒星的视差?第二,竖直上抛的物体为什么会落回原处?所以直到临终前,哥白尼才出版了《天体运行论》。但日心说在客观上产生了向宗教神学挑战的效果。

对地心说进行脱胎换骨的改造的是开普勒。他从第谷·布拉赫大量的精确天文观测资料中,总结出了行星运动三定律。其第一定律指出:行星绕太阳运动的轨道是一个椭圆,太阳处在椭圆的一个焦点上,从而确立了太阳在宇宙中真正的中心地位。这样一来,开普勒引起了教会的极度不满。他虽然被任命为“皇家数学家”,但长期领不到薪俸,只能靠为皇室贵族算命维持生计。他普说:如果“占星术”女儿不挣来两份面包,那么“天文学”母亲就准会饿死。”1630 年 11 月,开普勒因贫病交加而死。

伽利略为捍卫、发展和传播哥白尼学说作出了特殊的贡献。

首先,伽利略用自制的望远镜进行天文观测,有力地证实了地球在宇宙中并不比其他星球特殊。1610 年,他发行了《星界信使》,公开了自己的观测成果。1632 年,他又出版了《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》,对亚里士多德进行了批判。在书中,他为日心说的两大困难做了辩护:指出没发现恒星视差是因为恒星离地球太远;他用惯性原理对上抛物体落回原处作出了解释。由于该书是用意大利语写成,又是以对话的形式出现,通俗易懂,使哥白尼学说广为传播。

因此,在 1615 年,伽利略受到过教会的警告。《对话》发表后的第二年,教会传讯了他并对他刑讯逼供,最后伽利略被判为监禁终身,《对话》也列为禁书。相传伽利略被迫公开认错之后,还自语道:“可是,地球是在运动。”在监禁之中,他又完成了《两门新科学的对话》——这是近代自然科学诞生的标志性著作。

日心说与地心说进行了残酷的较量,直到 1687 年,牛顿的《自然哲学的数学原理》出版,才取得了历史性的胜利。《原理》建立了经典力学的理论体系,提出了运动三定律和万有引力定律,揭示了行星绕太阳运动的根本原因,完成了物理学发展史上的第一次大综合。于是,传统的地上与天上世界的分隔、自然与超自然的划分都被抛弃或者动摇了。牛顿的《原理》不仅仅是在知识体系上继承和发展了“巨人”们的成果,在研究方法上也是一样。因此,达朗贝尔认为牛顿将数学、实验以及观察统一起来,创造了一门真正的新科学。牛顿的《原理》被分认为科学史上最伟大的著作。

这场革命对人类的整个思想文化都产生了历史性的影响。

“牛顿思想影响是巨大的,不管这些思想是否被正确理解,整个启蒙运动的纲领(尤其是在法国)是自觉建立在牛顿原理和方法的基础上的,并且从牛顿的辉煌成就派生出启蒙运动的信心及其广泛的影响。这在后来转变为……西方现代文化。道德、政治、技术、历史、社会等等的某些中心概念和发展方

向,没有哪一个思想和生活领域能够逃脱这种文化的影响。'无怪乎后来的一两百年中,不仅仅是自然科学界,连心理学、经济学和社会学工作者都企图用力学或准力学的方式来解决他们所研究的问题。

二、力学热学与第一次工业革命

第一次工业革命是刚取得统治地位的英国资产阶级进行的一次生产方式的革命。它开始于17世纪,高潮在18世纪,发展在19世纪。这场革命的标志是蒸汽机的使用。

17世纪,英国的资本主义大发展遇到了三大难题。第一是采矿;随着采矿量的急剧上升,矿井越挖越深,排水、空气供给和矿物的提升阻挠了采矿业的进一步发展。第二是武器的研制;资本主义的特点是虐夺,虐夺就要打仗;要想打胜仗就得提高枪炮的射击精度和打击力量。第三是航海;要对外扩张,就得远航;航海首先是对船只定位,其次是提高船速,另外还要增加船的强度。

于是英国皇家学会、国王和贵族们号召人们研究“有用的东西”。当时,物理学家都踊跃地参与了相关的发明创造,有效地解决上述难题,其中最著名的有牛顿、哈雷、惠更斯、胡克、雷恩、波义耳、马略特、托利拆利等。

但无论是采矿、战争,还是航海都涉及一个动力机问题。从17世纪初起就有很多人着手这方面的工作,直到18世纪初,英国的纽可门才发明了第一台蒸汽推动活塞工作的抽水机。这是蒸汽机发展史上的转折点。

1765年,瓦特把蒸汽的冷凝过程安排在汽缸外进行,这是对原始蒸汽机的关键改革。1781年,瓦特设计了把活塞的直线运动转变成旋转运动的多种方法。1782年,他又将单向作用汽缸变为双向作用,并设置飞轮,使其转动更平稳。蒸汽机成熟了。

物理学(力学和热学)是第一次工业革命理论基础和工作指南。牛顿力学是机械设计和制造的理论基础。对蒸汽机的研制更是以力学和热学为理论依据。那时,对温度计、量热学(比热、潜热)、热传导及热的本质的研究等都取得了重大发展。瓦特在改革蒸汽机的过程中,就得到布莱克的理论指导,而布莱克是对量热学的研究有卓越贡献的科学家。因此那时的工厂“……不再被交给无知的工作者;相反,在他们中的大多数人中,有非常有知识的人,有受到良好教育的物理学家们,为了促进有用技艺的进步,我们必须指望他们。”

第一次工业革命延伸了人的肢体功能。从此,人类进入机械化时代。

首先,它极大地提高了劳动生产率。瓦特的成功使蒸汽机在国民经济各个领域得到了广泛的应用。蒸汽机作为织机的动力机,使工作效率提高40倍。1807年,富尔顿造出了第一艘轮船“克莱蒙脱号”。1814年,斯蒂芬逊造出了第一台实用型蒸汽机车;后来经改进使其载重量达90吨,时速提高到24公里。总之,蒸汽机在100年使所创造的生产力,比过去一切世代创造的全部生产力还要多,还要大。”

其次,第一次工业革命深刻地改变了社会形态。西方一些历史学家是这样评价的:“一场史无前例的影响深远的革命改变了英国的面貌。从那以后,世界也变了样。……没有一场革命具有像工业革命那样显著的革命性——也许除新石器时代的革命之外。……新石器时代的革命使人类从狩猎的原始部落分散的聚居状态,进入了在不同程度上相互依存的农业社会。……而工业革命使人类从农夫、牧羊人变成了由非生命的能量驱使的机器的驾驭者。”

第三,第一次工业革命也促进了科学(物理学)的发展。

人类要生存,首先要解决衣食住行,这就得生产;要生产就必须利用能源和制造工具,于是产生了技术;怎样才能充分利用已知能源和开发新能源,怎样改进劳动工具才能提高劳动生产率,就得去探索自然规律,于是产生了科学。这种关系我们可以概括成:生产—技术—科学。

的确,从18世纪末到19世纪,为提高蒸汽机和金属冶炼的热效率,为解决工业、交通和军事上的若干技术问题,有力地推动了物理学的研究:1788年,拉格朗日的《分析力学》出版,发展了牛顿力学。特别是热力学和统计物理因此完成了形成—发展—成熟的全过程。1798年,伦福特提出热的运动说。1824年,卡诺设计了理想热机并提出卡诺定理。1842~1847年,迈耳、焦耳和赫姆霍兹等提出能量守恒定律。1848年,W.汤姆生创立热力学温标,提出绝对零度是温度下限的论点。1850~1865年,克劳修斯和W.汤姆生提出热力学第二定律。对统计物理作出重大贡献的有麦克斯韦、吉布斯和玻尔兹曼等。

三、电磁理论与电气化

历史上第一个对电磁现象进行系统研究的是英国的吉尔伯特。他于1600年出版了《磁铁》一书,介绍了自己的研究成果,其结论是:电和磁是两种截然

不同的东西。此后 100 多年,电磁研究进展甚微。到了 18 世纪,工业革命进入高潮时,电磁研究复苏了。80 年代,富兰克林以著名的风筝实验证明了天上的雷电与地上的电荷相同。他定义了正负电荷,提出了电荷守恒定律。1784 年,库仑发明了扭秤。次年,他用扭秤实验得出了静电作用的平方反比定律。

1820 年,奥斯特发现了电流的磁效应,首次揭开了磁电统一的神秘面纱。接下来,安培对此作了深入研究,提出了电流间相互作用的安培定律,为电动力学的创立作了开创性的工作。电能生磁,磁能否生电?物理学家对此进行了艰苦的探索。经 10 年的努力,法拉第终于在 1831 年发现了电磁感应现象,找到了磁生电的规律。

为了解释电磁现象,法拉第还提出了力线,即“场”的概念。从 1861 年起,麦克斯韦对法拉第的“力线”进行数学比,于 1873 年建立了经典电磁理论——麦克斯韦方程组。其中,麦克斯韦提出了“涡旋电场”和“位移电流”假说,预言了电磁波的存在,并从理论上证明了光是一种电磁波。10 年后,德国的赫兹用实验证明了电磁波的存在,还证明了电磁波具有反射、折射、干涉、衍射等现象,实现了物理学的第三次大综合,即电、磁、光的综合(第二次大综合是能量的转化和守恒定律)。

电磁学理论使人的肢体功能再次延伸,又一次推动了社会的进步。

第一,电磁理论使人类社会从机械化跃进为电气化。

发电机和电动机的发明,实现了机械能、热能、光能(后来还有原子能)和电能间的相互转化,形成了二次能源。由于电能的转换和使用方便快捷,人类对能源的利用上了一个新的台阶。

远距离输电技术的问世,使能源的使用地可远离它的产生地。对此恩格斯给予了高度的评价:“这一发明使工业几乎彻底摆脱地方条件所规定的一切界限,并且使极遥远的水力的利用成为可能,如果最初它只对城市有利,那么到最后它终将成为消除城乡对立的最强有力的杠杆。”

1879 年,爱迪生发明了电灯,使夜晚变成白昼,延长了人们的生产生活时间。1895 年,电影问世;1898 年,发明了磁带录音和放音机。这些发明丰富了人们的精神生活。同时,电能清洁卫生无污染,大大改善了人们的生活质量。

第二,这场革命把生产、技术和科学三者间的

关系倒置过来。

电磁学的最初研究并没有为生产服务的目的,而是出于科学家探索自然规律的兴趣和事业心,更有甚者是为宫廷中达官贵人们消遣。比如莱顿瓶发明后,法国的诺特莱就为路易十五作过用莱顿瓶放电让 700 名修道士同时被电击的表演。又如法拉第发现电流磁效应后,到宫廷里去演示他的实验。演示完毕,一位贵夫人问法拉第:“先生,你的表演有什么用?”法拉第回答:“请问夫人,婴儿有什么用?”法拉第的反问石破天惊。

不久,在电磁理论的基础上各种电器、电机相继发明,有力地促进了技术的进步,从而极大地提高了劳动生产率。科学、技术和生产的关系的倒置是人类社会的一大进步。发生这种变化是因为电磁现象已不再像力、热、光那样可被人的感觉器官直接感受到,只能靠科学家通过科学实验来感觉它、认识它、掌握它,最终让它为人类服务。

此前,物理学家自身的结构主要是:物理学家+数学家+哲学家;电气化时代,出现了物理学家+工程师+企业家这类新型科学家。其中最著名的有爱迪生、贝尔和西门子。这是科学领先技术和生产的必然结果。

第三,电磁理论扩展了人类认识自然的范围。

我们知道,牛顿发现了万有引力定律,后来库仑又发现了静电作用的平方反比定律。那物体与物体之间,电荷与电荷之间到底是怎样发生作用的呢?自牛顿以来,科学界存在一种超距作用的观点,认为这种作用的传递既不需要物质也不需要花时间。法拉第提出了力线即“场”概念,指出静电作用和磁作用是通过场来传递的;麦克斯韦由法拉第的思想计算出光的传播速度,也就是电磁作用的传播速度,从而否定了超距作用的观点。后来,科学家们又把这一思想扩大到引力,提出了引力场的概念,加深了对引力的认识。由此,人们认识到“场”和实物是物质存在的两种形式,从而大大改变了牛顿自然科学的框架。

第四,有线和无线通讯是人类迈向信息化时代的第一步。

1835 年,美国出现了第一台实用电报机。1849 年,西门子敷设了第一条长距离大陆电报线。1854 年,W·汤姆生发明潜水电报,并提出了海底电缆信号传递衰减的理论,解决了敷设海底电缆的重大理论问题。

1876 年,贝尔发明了世界上第一部电话。1881

年,特斯拉发明电话增音机。从此,电话成为人们重要的信息传递工具。

1895年,俄国的波波夫发明了无线电收发报机,但受到冷遇。同年,意大利的马可尼成功地进行了电磁波通讯试验,并获无线电报专利。1901年,他首先在大西洋两岸实现远距离无线电信号的传送。

1904年,弗莱明在“爱迪生效应”基础上发明了二极管。1906年,三极管问世。同年,美国应用调制技术,实现了无线电有声广播。1908年,英国的肯培尔等提出电子扫描原理,奠定了现代电视技术的基础。从此,无线电技术在通讯领域得到广泛应用,人类传递和获取信息的能力大大增强。

四、相对论量子力学与现代社会

人类社会发展到今天,已进入信息时代、核能时代、新材料时代和太空时代,也就是说进入了高科技时代。而这一切的基础是20世纪物理学革命的产物——相对论和量子力学。

19世纪,经典物理学的成就到达了顶峰。可是,世纪末的迈克尔逊-莫雷实验和黑体辐射实验形成了物理学万里晴空中的“两朵乌云”;而电子、X射线和放射性等新发现,使经典物理学遇到了极大的困难。有的物理学家呼唤:“我们仍然在期待着第二个牛顿。”需要巨人的时代造就了巨人。这第二个牛顿便是爱因斯坦。

1905年,爱因斯坦以“同时”的相对性为突破口,提出了“光速不变原理”和物理规律在惯性系中不变的“相对性原理”,导出了洛仑兹变换,从而驱散了第一朵“乌云”。这就是狭义相对论。在此基础上,他又得到的质能相当的推论 $E = mc^2$,预示了原子能利用的可能。

1913~1916年,爱因斯坦从引力场中一切物体具有相同的加速度得到启发,提出了“加速参照系与引力场等效”和物理规律在非惯性系中不变的“相对性原理”,从而得到了引力场方程。这就是广义相对论。他预言,光线从太阳旁边通边时会发生弯曲。1919年,英国天文学家爱丁顿以全日蚀观测证实了这一预言,从而开创了现代天文学的新纪元。爱因斯坦也因此名噪全球。

1900年,普朗克为驱散第二朵“乌云”,提出了“量子”假设,量子论诞生了。1905年,爱因斯坦在此基础上提出“光子”假说,用光的波粒二象性成功地解释了“光电效应”。同年,他把量子概念用于点阵振动来解释固体比热。1912年,爱因斯坦又

由量子概念提出了光化学当量定律。1916年,他由玻尔的原子理论提出了自发发射和受激发射的概念,孕育了激光技术。

此后,对量子力学的建立作出重要贡献的著名物理学家还有:1923年提出实物粒子也具有波粒二象性的德布罗意,1925年建立量子力学的矩阵力学体系的玻恩和海森伯等,1926年建立量子力学的波动方程的薛定谔。同年,玻恩给出了波函数的统计诠释,海森伯提出反映微观世界特性的“不确定度关系”。

量子力学揭示了微观世界的基本规律,为原子物理学、固体物理学、核物理学和粒子物理学的发展奠定了理论基础。它是20世纪物理学革命的高潮。

相对论和量子力学对人类文明产生了深远的影响。

第一,相对论和量子力学的建立使人类进入了信息时代。

固体物理已有几个世纪的历史,直到20世纪初,由于X射线衍射的发现以及金属的自由电子论和能带理论的提出才使其成熟了。30年代后,量子力学使它成为一门研究固体多种物理性质、微观结构及其内部运动规律的学科。近年来,固体物理的研究对象由晶体扩展到非晶体和物体的表面,故更名为凝聚态物理学。半导体材料、磁性材料、纳米材料等是它研究的主要对象,这为计算机的诞生和发展奠定了科学和技术基础。

信息革命始于20世纪40年代,以计算机问世为标志,目前方兴未艾。从1904年发明二极管起,到1946年世界上第一台电子管计算机研制成功止,是信息技术史上的“电子管时期”。1947年随着半导体晶体管问世,信息技术史进入了“晶体管时期”。此后,集成电路的发明,打破了电路与元件分离的传统观念,使电子设备微形化。经过大规模集成电路阶段后,超大规模集成电路又在迅猛发展。而计算机就是由这些物理元件组成的信息处理工具。

以激光器发明为标志的光电子技术,使信息技术上了一个新台阶。因为采用光子作为信息载体,其响应速度比电子快三个数量级,也不存在电磁串扰等。待到光子集成电路问世后,计算机的发展将更迅速,应用前景将更广阔。

前两次工业革命延伸的是人的肢体功能,这次革命拓展的是人的大脑功能。因此,信息革命是更深刻的革命。近年来的海湾战争、科索沃战争和伊拉克战争就是最有力的证明。

第二,相对论和量子力学的建立把化学和生物学推向了新的高峰。

19世纪末,化学也取得了巨大的成就,但也遇到了巨大的困难。其主要原因是“原子不可分,元素不能变”的观念根深蒂固。20世纪物理学的革命,从根本上改变了化学的基本概念,并使之获得了很多新的研究方法。由物理学家开创的化学键理论,X射线衍射法的运用,推动了结构化学的发展。20世纪后的化学,主要是通过研究电子在分子和原子中的分布和运动,由此更深刻地揭示物质的性质和化学变化规律。所以,诺贝尔化学奖获得者李远哲说:化学规律是量子力学。

分子生物学创立于20世纪50年代,物理学对其形成和发展产生了举足轻重的作用。首先,X射线衍射方法的运用使生物大分子晶体结构分析成为可能。特别是薛定谔于1944年出版的《生命是什么》一书“从思想上唤起生物学革命”。该书用量子力学的观点论证基因的稳定性和突变发生的可能性。他预言,必定有一种由同分异构的连续体构成非周期性晶体,其中含有巨大数量的排列组合,构成遗传密码稿本。德尔布吕克接受了薛定谔“生物学的核心问题……是信息问题”的思想,利用病毒噬菌体发现了基因自我复制的奥秘,揭示了遗传的物质性并开创了分子生物学的先河。该书在运用统计物理的概念分析生命现象后指出,生命物质的运动必然服从已知的物理学定律。这启发了人们用物理学的思想和方法去探讨生命物质运动的规律。

第三,相对论和量子力学大大丰富现代哲学思想。

狭义相对论的核心是时间与空间的统一性;时间、空间和物质运动的联系;物质的能量和质量的相当性。狭义相对论还实现了能量和动量的统一,从而使与之相关的两条守恒律结合成能量-动量守恒定律。广义相对论揭示了四维时空与物质的统一关系,指出空间和时间不能离开物质而独立存在,时空结构的性质取决于物质的分布。这是物理学发展史上的第四次大统一。

量子力学的建立实现了波和粒子、宏观和微观、因果论和概率论的统一。这是物理学发展史上的第五次大统一。它向人们提供了一种新的关于自然界的描述方法和思考方法。量子力学的一系列基本概念,如波粒二象性、物理量的不可对易性、不确定度

关系、互补原理等,都同传统的概念框架格格不入。

这些成就是对牛顿绝对时空观的否定,也为辩证唯物主义的自然观提供了新的科学内容,在哲学界引起了极大的震动。

第四,相对论和量子力学发展了科学研究的方法。

对称性原理对物理学研究有着十分重要的指导意义。爱因斯坦最善于应用这一原理。整个相对论都是在此基础上建立起来的。特别是在建立广义相对论的过程中,爱因斯坦还对原理作了创造性的发展。过去是从实验→方程→对称性;他说:“这个链很有趣,如果从洛仑兹对称性以外的对称性出发推导出方程再利用它进行实验不更好吗。”爱因斯坦成功地实现了这个关系的倒置。他所说的这种新的对称性就是引力场方程在非欧几里德空间的协变。

在量子力学建立和发展过程中,玻尔提出了互补原理,即在描述自然时,必须将互斥而又互补的概念结合在一起,才能形成对现象的完备描述。1923年,玻尔还提出了对应原理,即物理学的任何一种新理论,必定包含与它相对应的已牢固确立的经典理论。这些,既是对物理学也是对整个科学界的思想方法和研究方法的丰富和发展。

第五,相对论和量子力学与原子能的利用。

原子能是在相对论和量子力学的基础上发现的新能源。二战后期,为了反法西斯的战争的胜利,罗斯福接受了爱因斯坦的建议,搞起了“曼哈顿工程”开始研制原子弹。1945年7月16日,第一颗原子弹爆炸成功。不久,美国在日本投下了两颗原子弹,使近24万人伤亡,从而结束了第二次世界大战。从纯科学的角度讲,这是狭义相对论和量子力学第一次成功转化为现实战斗力(生产力)。

二战后,原子能的利用成为国际政治斗争主要焦点之一。苏联、英国和法国相继造出了原子弹。为了维护世界和平、保卫国家安全、提高国际地位,1964年10月,我国的原子弹也成功爆炸。当时,陈毅元帅兴奋地说:“这下我这个外交部长可好当罗!”

当今,核能除用在军事上外,更多的是用于发电,核动力发电站几乎遍及全世界,核电已占到了总发电量的30%。

可见,历史上从来没有哪项科学成就像相对论和量子力学这样,对人类社会的政治、经济、军事、外交、文化和思想都产生如此全面、深刻的影响。