

我国物理学的回顾与展望

陈佳洱*

(国家自然科学基金委员会,北京 100085)

为了纪念一百年前爱因斯坦发表的“光量子”、“狭义相对论”和“布朗运动”等论文对20世纪物理学革命所做出的杰出贡献,联合国决定2005年为世界物理年,以促进公众对物理学的理解、重视和支持,特别是吸引广大青年热爱与走进物理,使物理学在新世纪得到更大的发展,在人类社会的可持续发展中发挥更大的作用。

作为自然科学重要基石的现代物理学,当今已成为世界各国综合竞争力的重要组成部分。本文希望通过回顾我国物理学的发展历程,探讨进一步发展和繁荣我国物理学的一些思路以及应当争取的前景。

“物理”一词在我国2300年前的先秦时期就出现了,但当时的含义比现在的“物理”要广泛得多。它泛指人类对自然界及人类自身的理性认识或世界万物的道理。中国古代的学者很关注对自然现象的观察和理解,认为对自然规律的认识,对于每个人的人生观与人格的形成至关重要。当时的思想家还认为自然界的规律和人文社会的规律是统一的,人文社会的法则也应该归结为天地、自然的法则;后来有人把这个观点概括为“天人合一”。从这点来看,当时的物理学与哲学是混为一体的。

例如,孔子在《大学》中把人的教育过程描述为:首先要尽力探求世界万物的道理,深入理解得到的各种知识,才会有坚定的信念,修养好个人的品德;每个人有了崇高的品德,才能处理好家族、社会与国家的关系,达到天下大同。生活在公元前四世纪的屈原在他著名的《天问》一诗中就曾一连向大自然提了172个问题,表现了中国古代先贤追求真理的精神。

中国古代学者对物理现象和规律的重视与探究,不仅深刻地影响着人们的价值观,促进了社会经

济和科学文化的发展,还导致一系列的技术发明。例如在很早的时期就建立了高度发达的天象综合观测技术,创建了一批珍贵的记录,包括用甲骨文记录的、世界最早的超新星爆发事件。通过长期的观测与实践,创造了与农业生产相结合的农历,促进了农业经济的发展,并沿用至今。又如在声学领域,对乐器制作、声音传播规律的掌握等,取得了突出的成就,建造了具备完美听觉的音乐殿堂。1978年在湖北随县出土的公元前500年制造的曾侯乙编钟,共8组合计65件。2000年9月在巴黎中国文化周上演出的古代编钟乐舞,曾引起欧洲观众的广泛赞扬。现代中国物理工作者通过研究,发现它所包含的物理内容令人惊叹!由青铜铸成的编钟,钟形是扁瓦形的而不是圆的,每个钟具有双音性质,各自可以发频率相差大三度或小三度的两个音。整个编钟的音域共5个八度,中音区12个半音俱全,音高几乎与现代乐器的音高一致。编钟的延音短,能够演奏旋律快的音乐,钟上突起的钟枚起到滤波的作用,使音质更为优美,无论是中国民族音乐还是西方的交响乐曲都能演奏。其他如力学方面,我国在杠杆原理、静力平衡原理以及在秤量工具和建筑结构等方面也很早就有诸多建树;光学方面,在墨子的《墨经》中对几何光学的现象已有相当完整的表述,当时已发展了小孔成像技术、金属放大镜技术等。

历史上,中华民族以高度的智慧和能力通过各种各样的发明创造,为人类文明的发展做出了伟大的贡献。在16世纪之前相当长的一个时期中,中国科技领先于世界,其中对物理现象及其规律的研究和应用尤为突出。

勿庸讳言,中国的物理尽管在当时是先进的,但与近代的物理相比,却有着质的差距,还未超出经验或半经验的感性认识阶段,没有通过“由此及彼”、

* 中国科学院院士。

本文于2005年7月21日收到。

“由表及里”、“去粗取精”、“去伪存真”的过程上升到系统的、科学的理性认识;还不能用数学精确定量地表达客观世界的普遍规律,进而预言客观物体未来的状态。

更为令人遗憾的是,近代科学并没有起源于当时经济、科技发达的中国。中国近代物理学的起步比西方晚了200多年!其中的原因十分复杂,需要历史学家从各个角度仔细研究才搞得清楚。一方面,可能是长期封建统治下的伦理道德与文化观念,包括“君君、臣臣、父父、子子”、“唯君是从”、“唯古是尊”等等,不利于讲究“求真唯实”的近代科学的萌发;另一方面,我国的传统文化比较实用,缺乏科学探索和建立理性思维体系的动力也可能是其中的原因之一。我们往往更多地强调“学以致用”,而对“学以致知”讲得很不够。这样的文化虽然有利于技术研究的开展,却不足以推动科学探索的发展。结果我国不乏优秀的技术发明,但往往止步于其应用上的成就而很少形成系统的科学理论。尽管科学研究与技术研究在形式和方法上并没有什么不同,但技术研究的动机全在于应用,而基础科学则代表着一种探索,其目标在于揭示和认识客观世界的基本规律,动机是求知、求真,对客观真理的追求!

西方现代科学技术体系的成功建立表明,以揭示客观世界未知规律或以求知为目标的理性探索和普遍规律的概括,实证的、定量研究的方法,孕育和推动了现代科学与技术的发展,催生了物理学一次又一次的巨大变革。尤其是15世纪文艺复兴运动之后,在欧洲,近代物理学上的伟大变革接踵而来。17世纪牛顿综合了哥白尼、伽利略、开普勒等人成果的大成,建立了一套完整的理论体系,奠定了以系统的实验方法得到完整的物理因果关系的理性思维体系,树立了理性与科学的权威。麦克斯韦通过总结大量实验获得的电磁学四大定律,完成电磁学的麦克斯韦方程,建立了经典场论。“场”作为自然界一个基本构成,进一步拓展了人们的物质观,并促进了电器化和整个通讯事业的发展;20世纪以爱因斯坦的相对论和普朗克的量子论为代表的物理学的革命性发展,形成了人类崭新的时空观、运动观和物质观,极大地深化了人类对自然界从微观、宏观到宇观的各个尺度层次的基本规律的认识,使整个科学发生了质的飞跃,并成为新一代技术的源泉!这些伟大变革深刻地影响并推动了18世纪以来的多次技术革命,包括机械化、电气化、电子与通讯技术、原子核科学技术以及激光科技等的飞速发展,引起了

生产力与生产方式的巨大飞跃!

这种“认识世界”的探索研究尽管一开始并不能显示出其社会经济的潜在价值,然而经过必要的积累和发展,一旦转化为“改造世界”的实践时,就能开辟出崭新的工程与技术领域,为人类的生存和发展开拓新的空间,创造新的需求。以核物理与核工业为例,从1896年倍克勒尔发现放射性,1905年爱因斯坦提出质能关系公式开始,到1911—1932年间卢瑟福和玻尔等解决原子结构的理论模型,查德威克发现中子的存在和海森堡等提出原子核的中子质子模型时,人们还并不了解怎样去利用原子核能。直到1934年居里夫妇发现由核反应产生的人工放射性,1939年哈恩等发现原子核的裂变与聚变,特别是在费米于1942年领导建成世界上第一个可控原子核链式反应堆,前后经过四十余年科学和技术的积累以及大量科技人员的努力,人类才终于掌握了利用原子核能的规律,结果极大地改变了人类社会的能源结构,深刻地影响着人类社会经济的发展。另一方面,物理大师们在探寻规律和追求真理的过程中凝结起来的科学与人文精神,以及在研究过程中汇集的智慧结晶,正是促进人类思想一次又一次的解放,不断引导人类走向更高文明的先进文化的重要动力。我们要发展现代科学,应该向发达国家学习的正是这些精髓!

欧洲现代科学迅猛发展之时,也正是大清的康雍乾盛世之际。然而我们没有抓住机遇,跟上现代科学发展的潮流,相反却推行了“闭关锁国”政策,阻止西方近代科学的传入。这就使中国的经济与科技能力在四百年中从先进逐步沦为远远落后于西方列强,形成了前所未有的被动挨打的局面。

1840年鸦片战争的惨痛教训,激励国人“兴学救国”,开始以译书、建学、派遣留学生等方式向西方学习现代科学技术。我国正式用物理学作为Physics的学名也是于1900年从日文翻译的“物理学”出版开始的。然而那时的学习还只停留于“西学为用”的层面上,没有深入到学习先进的科学与人文精神与先进的文化观念中去。1919年的“五四”运动高举“科学、民主”的大旗,才为中国人民摒弃陈腐思想、制度,发展中国的近代物理和近代科学奠定了重要的思想文化基础。

当时许多在西方留学的学子完成学业之后,立即返回苦难深重的祖国,努力发展教育,培养青年人才,并逐步开始了中国物理学的研究历程。1919年我国首次在北京大学设立“物理学系”,何育杰、丁燮

林、夏元粟、饶毓泰、吴大猷等先后任主任，开设完整的本科课程和实验。1925年清华成立大学部，梅贻琦、叶企孙等先后任主任并先后延聘吴有训、周培源、赵忠尧等教授建设实验室，开展科学研究。同期，胡刚复、严济慈等在南京东南、中央等大学建立物理教育中心。1930年前后，全国有20多所高等院校设立物理系。其中北大、清华、浙大、中大、燕京等若干大学等已开展物理学研究。1928年中央研究院物理研究所于上海成立；1929年北平研究院物理研究所于北京成立。1930年左右，全国的物理学工作者发展到300人左右。中国物理学界还积极与西方物理学界建立了广泛联系。著名物理学家爱因斯坦于1922年底、1932年初两度来上海访问，朗之万、狄拉克、玻尔等著名科学家也先后来华访问。1931年保尔·朗之万在北京建议中国物理学工作者联合起来成立中国物理学会并参加IUPAP。正是在这样的背景下，中国物理学会于1932年8月23日在清华大学正式成立。第一任会长由北京大学教授李书华担任，副会长为叶企孙，秘书为吴有训，会计为萨本栋。中国物理学会成立之后，即为发展中国的物理学努力奋斗，做了大量工作，包括坚持不懈地每年举行一次年会，坚持出版物理学报等。学报论文用英、法、德三种文字发表，附以中文摘要。

1937年7月7日抗日战争在卢沟桥打响。8年抗战中，各地区的教育和研究机构被迫西迁到四川、云南、广西、贵州、陕西等地区。即使在极端艰难困苦条件下，先辈们仍然坚持物理教学和研究，从未停息。在海外从事前沿研究的爱国学者也不断回国工作，竭尽全力使中国物理教育达到先进水平。这期间周培源关于湍流模式理论的奠基性工作、王淦昌提出的中微子探测方法、吴大猷的《多原子分子结构和振动光谱》专著、王竹溪和汤佩松关于植物细胞水势的研究等，都是当时具有国际影响的成果。西南联大等校还培养出以杨振宁、李政道、黄昆等为杰出代表的一批优秀学者。抗战期间中国物理学会坚持召开了六次年会，出版了六期学报。1942年还召开报告会纪念牛顿诞生300周年。这些努力为近代物理学在中国的发展培养了人才，奠定了基础。在这里我们要向为中国近代物理学艰苦创业奠基的先辈们致以崇高敬意！

新中国成立之后，我国物理学家在党和政府的领导下，建立起完整的物理学教育和研究体系，在数十所大学设立物理系。物理学教育的规模和质量空前提高，各大学物理系每年招生的数目，远远超过

解放前各大学物理系所有在校学生的总和；还建立了几十个与物理有关的专业研究院所，从事物理学基础和应用研究。科教体系的建立为国家建设提供重要的人才和科技支撑。当时在国外的一批中国物理学者，包括周培源、赵忠尧、钱三强、何泽慧、余瑞璜、王大珩、葛庭燧、胡宁、黄昆、朱光亚等相继归来，他们和留在国内的老一辈物理学家相结合，大大增强了中国物理学队伍的实力。1951年8月12—17日，中国物理学会第一届全国代表大会在北京召开，会上讨论并通过了新的会章，选举出周培源和钱三强分别担任正、副理事长。新一届学会团结各条战线上的广大物理工作者，同心同德努力为建设新中国做出贡献。

这一时期，在物理学基础前沿研究方面，王淦昌在杜布纳联合原子核研究所发现反希格马负超子，周光召在基本粒子研究中提出螺旋态并证明赝矢量流部分守恒，朱洪元、胡宁等人提出的基本粒子层子模型等，为中国物理学在国际上争得一席之地做出了重要贡献。更为重要的是，50年代后期，许多优秀的物理工作者坚决服从国家需要，放弃自己熟悉的专业、工作和生活环境，投入到“两弹一星”的研制工作中去。他们和其他方面的专家、干部、工人及解放军指战员一起，在当时国家经济困难、技术基础薄弱和工作环境十分艰苦的条件下，依靠自主创新，用较少的投入和较短的时间，突破了原子弹、氢弹和人造地球卫星等尖端技术，取得了举世瞩目的成就。1999年9月18日中央决定表彰为研究“两弹一星”做出突出贡献的23名科技专家并授予“两弹一星功勋奖章”，其中物理学家有王淦昌、邓稼先、钱三强、郭永怀、于敏、王大珩、朱光亚、吴自良、陈能宽、周光召、钱学森、程开甲、彭桓武等13人。他们是中国优秀物理学工作者的代表，也是中国物理学工作者的楷模。我们首先要学习他们爱国奉献的精神和高贵品格。另一方面，从他们的贡献中我们既看到了物理学的发展对国防建设和综合国力竞争的重大意义，也看到了物理探索与需求牵引相结合对于发展科学技术的重要作用。

例如，为了制造原子弹，我们从教科书上就知道，必须使裂变材料达到临界体积，发生链式反应才能爆炸。但用什么办法来达到？怎么提高爆炸的威力？等等，这些都是高度机密的问题，谁都不会让你知道。这些问题涉及裂变物理、中子物理、爆轰物理、高压物理、流体物理等一系列复杂的物理问题。我们只能在没有任何设计资料和关键数据的条件

下,靠自己的智慧,通过物理分析,进行物理设计和研制。那时候,在彭桓武先生的领导下,周光召等理论物理学家,为了确定设计中的一个疑点,就对理想条件下物理状态进行计算,给出相关参数的范围,经过反复9次仔细计算最后终于实现并确认了总体设计。1964年10月16日,中国原子弹爆炸成功了。1960年,前苏联毁约并撤走专家时,曾有专家断言中国人20年搞不出原子弹,结果我们仅用短短四年就获得了成功。爆炸成功后,美国人通过尘云测试不得不承认中国采用了先进的内爆型设计技术。我们还依靠自主创新,在物理上解决了热核点火和自持燃烧的关键问题。在原子弹爆炸两年零两个月之后又成功地爆炸了氢弹,创造了核武器发展的最快速度!到了1984年中子弹等更先进的核武器技术也在我们的掌握之中了。

“文化大革命”结束后,国家进入改革开放的新时期,“科教兴国”战略的实施更为物理学在中国的发展提供了新的机遇,注入了新的活力。

首先是国家大幅度增加了对科技和教育的投入,包括建立国家自然科学基金以资助自由探索,启动“863”计划、攀登计划和“973”计划,结合国家需求推动前沿物理研究。为了加强青年人才的培养,国家在发展高等教育规模的基础上,建立学位制度,强化了高层次人才的教育,还通过设立“国家杰出青年基金”、资助创新团队等其他举措,培育高素质科技创新人才。1993年来,物理学科上已有4500余人获得博士学位,150余人获国家杰出青年科学基金,还有7个物理学研究团队获“创新群体”资助。与此同时,国家还以较大的经费力度先后建造了一批物理学的重大科学工程(如正负电子对撞机,同步辐射装置、重离子加速器,用于核聚变研究的托卡马克装置等)和一批国家重点实验室。这些重大举措为加快我国物理学赶上世界先进水平的步伐奠定了坚实的基础。

另一方面,中国物理学会在周培源同志的主持下,于1978年8月在江西庐山召开了中国物理学会年会,抓住机遇,及时恢复了正常活动。学会通过广泛深入开展国内外的学术交流,推动中国物理走向国际,逐步成为国际物理学大家庭中的重要一员,同时大力推进科学普及,促进物理教学改革和教学的现代化等活动,提高公众对物理学前沿的了解,为繁荣中国物理科学营造良好的环境。为纪念前辈为发展中国物理学事业的卓越贡献,培育和激励年轻学者,学会还根据有关基金会的规定,设立奖励委员

会,定期评审并颁发胡刚复、饶毓泰、叶企孙、吴有训、周培源、王淦昌物理奖。随着国家科教事业的蓬勃发展,中国物理学会发展成一个拥有34000余会员,27个专业委员会及分会等分支机构的规模较大的学术团体。

上述各方面的举措为中国物理学的发展创造了极为有利的环境和条件,在物理学的各个领域都出现了空前良好的发展势头。在国际重要期刊上发表文章的数量迅速攀升。在国家大型科学工程上做出了诸如 τ 轻子质量精密测定、新的放射性核素包括超重核素的合成、利用同步辐射光分析确定SARS病毒的结构等一系列工作。物理学的各个领域包括理论物理、激光物理、高温超导、微结构物理、晶体生长、X-光结构分析以及碳纳米管等,都有一批高水平的工作。如上海光机所徐至展等发展了基于OPCPA的太瓦(TW)激光装置,并用超短超强激光与大尺度原子和分子团簇作用产生了高能离子(如1.3 MeV氮离子)等等。更加令人欣喜的是,近年来,一批中青年科学家在前沿领域做出了不少在国际上有较大影响的工作。如在量子信息方面,中国科技大学的潘建伟小组创造了在13公里内自由通讯的记录;中国科学院物理研究所薛其坤等,在纳米超导体方面发现了量子尺寸效应导致的金属薄膜材料的奇异超导性质——超导转变温度随薄膜厚度的振荡现象;南京大学王牧对于晶体横向生长中的旋转现象的研究;中国科学院物理研究所张杰等用自制太瓦级强激光研究了其在大气中传输的新奇现象;华中科技大学罗俊等经过长期的努力,在研究与检验广义相对论有关的光子静止质量的测定中创造了新的记录;北京大学欧阳颀等在研究细胞分裂时细胞所经历的路径中发现使细胞全局稳定的超级吸引子等等。这些工作既体现了新一代物理工作者的活力,也展示了中国物理学进一步发展壮大的潜力。尽管我国物理学取得了令人瞩目的成绩,但也应该承认,目前中国物理学总体水平离国际水平还有较大差距,在主流方向上还缺乏有重大影响的工作,所发表文章的“质”还有待提高。以投稿到美国PR系列期刊的文章录用率为例,我们是20%—30%左右,而国际平均录用率为60%。这说明中国的物理学要赶上世界先进水平还有相当长的路要走。我们发表的文章中实验结果的可重复率也低于国际上通常标准。这从一个侧面表明,我们的工作做得还不深不透,我们物理界中还存在着急于求成,急功近利的浮躁情绪!

进入新世纪以来,物理学孕育和涌动着新一轮革命的浪潮,这也是一种新的机遇和挑战。一方面,物理学对客观世界的探索与认识不断向新的深度和广度拓展。从基本粒子的微观世界、纳米尺度的介观世界到星系的宇观世界,从飞秒(fs)瞬间到宇宙时标,从生命起源到人类的自我认识,日新月异,异彩纷呈,在诸多领域涌现出现有知识理论体系所不能解释的实验现象和观测事例,包括暗物质、暗能量等,酿成物理学上空的“一团乌云”。历史上被称为20世纪物质科学大厦上空的“两朵乌云”,即黑体辐射谱的“紫外灾难”和光速不随运动参考系而变的实验,催生了量子论和相对论,形成人类新的时空观、运动观和物质观。今后对于这“一团乌云”的最终认识必将对整个自然科学和哲学发生难以估量的影响。物理学各领域之间、物理学与其他学科各种跨学科的研究,特别是生命、信息科学的崛起和近年来兴起的纳米-生物-信息-认知技术的汇聚,都呼唤着物理学发展新的思想、新的理论和技术,以及研究的方法论的新突破,包括微观研究与宇观研究相结合,还原论与整体论相结合等。同时人类社会在可持续发展上所面临的严重挑战,包括能源、生态与环境保护、人口健康和自然灾害预测等也都要求物理学在更大的范围内为这些问题的解决提供科学基础。这一切挑战都将推动新一轮物理学革命的孕育与降临。

对于未来的物理学革命,大家都处于探索阶段,站在同一个起跑线上,谁抓住了机遇,在知识和科技创新上占有优势,谁就在发展上占据主导地位,掌握未来社会经济发展的先机。历史上我国曾丧失上世纪物理革命的机遇,有过沉重的深刻教训。当代的物理学已经成为整个现代科学技术的基石,是发展信息科学、生命科学、材料科学、能源科学以及空间与地球科学等学科的重要基础,也是现代前沿技

术包括纳米技术、生物技术及计算机技术等的第一和源泉。物理学的教学也已成为现代教育、培养高素质创新性人才的重要组成部分。总之,物理学的发展已成为提高国家自主创新能力和国家综合核心竞争能力的一个重要阵地。面对新一轮物理学革命的涌动,我们务必把握好机遇有所作为,大幅度地提升自主创新能力,实现物理科学的繁荣和发展,从根本上摆脱来自发达国家在科学和技术方面的巨大压力,跻身世界强国之列。这是全面建设小康社会,实现中华民族伟大复兴的必然战略抉择!

当今我国国家领导反复强调要把推进科学与技术的自主创新摆在全部科技工作的突出位置,作为一项战略,贯彻到现代化建设的各个方面。国家的中长期科学与技术规划也明确要按照“自主创新、重点跨越、支撑发展、引领未来”的方针,高度重视和加强基础和前沿技术研究。通过国家中长期规划战略研究,我们认识到物理学这样的基础研究必须走“学科发展推动与任务需求牵引相结合”的双力驱动的路子,以2020年全面建设小康社会的客观要求为目标,先期进行人才优先培养和基础研究经费超前投入的部署,加快智力资本的发展和积累。这些都将成为我国物理学今后的发展创造极为有利的条件。

通过历史的回顾,我们清楚地看到了中华民族高度的智慧和创造能力,也看到了物理界的先辈们为中国物理发展的那种不畏艰险、爱国奉献、坚韧不拔、求实创新的精神。这些是我国物理界的最宝贵的财富。我们一定要坚持和落实科学发展观,努力营造唯真求实的研究氛围,继承先辈们献身科学、开拓创新的精神,荡涤一切消极因素,充分发挥探索精神和创造能力,肩负起繁荣中国物理学,赶超世界先进水平的重任,努力使我国从一个物理学大国变成一个物理学强国!

PROSPECT AND RETROSPECT OF PHYSICS IN CHINA

Chen Jia'er

(National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085)