

科学: 在世纪的转折点上 Science: at the Century's Turning Point

李醒民

(中国科学院研究生院, 研究员 北京 100039)

20 世纪的科学技术发轫于 19 世纪和 20 世纪之交的物理学革命。

百年前的世纪转折点, 恰恰也是经典科学向现代科学的大转折时期。这是一个激动人心的年代, 是物理学乃至整个科学发展的黄金时代。在新的世纪之交回顾一下上一个世纪之交的科学发展, 无疑是适逢其时、别有教益的。

1 20 世纪伊始, 当百年庆典钟声的余音还在袅袅回响之时, 英国皇家学会主席、科学界的泰斗开耳芬勋爵 1900 年 4 月 27 日在皇家学会发表了一篇著名的讲演: “悬浮在热和光动力理论上的 19 世纪的乌云”。他开门见山地说:

“动力学理论断言热和光都是运动的方式, 可是现在, 这种理论的优美性和明晰性被两朵乌云遮蔽得黯然失色了。第一朵乌云是随着光的波动论而开始出现的, 菲涅耳和托马斯·杨研究过这个理论; 它包括这样一个问题: 地球如何通过本质上是以太这样的弹性固体而运动呢? 第二朵乌云是麦克斯韦-玻耳兹曼关于能量均分的学说。”

正是此后不久爆发的物理学革命, 把这两朵乌云化为甘霖, 并在它们遮蔽的土地上生长起相对论和量子力学这两颗参天大树。这一切是如何发生的呢?

事情还得从头说起。

2 1687 年, 英国科学家牛顿出版了他的《自然哲学的数学原理》。在这部划时代的巨著中, 牛顿把伽利略的“地上的”力学和开普勒的“天上的”力学天才地综合起来, 以明确定义的空间、时间、力、质量、动量、加速度等概念为结点, 以运动三定律和万有引力定律为主线, 以他发明的微积分为工具, 巧妙地构造了牛顿力学或经典力学的完整体系。

牛顿力学不仅成功地描述了天上行星、卫星、彗星的运动, 而且也圆满地解释了地上潮汐和其他物体的运动。牛顿力学是人类的自然科学知识的首次大综合, 标志着人类历史上第一次科学革命的胜利完成。

3 牛顿力学的辉煌成就, 使其得以决定后来物

理学家的思想和研究方向。牛顿力学处理的是质点的力学, 它后来被欧勒和伯努利分别推广到刚体和流体, 并逐渐发展成严密的解析形式——拉格朗日的《分析力学》和拉普拉斯的《天体力学》可以说是经典力学的最高峰。

就这样, 经过牛顿的精心构造和后人的着意雕琢, 到 18 世纪末期, 经典力学这一宏伟建筑巍然矗立, 无论外部造形之雅致, 还是内藏珍品之精美, 在当时的科学建筑群中都是无与伦比的。

4 经典力学理论体系之完美和实用威力之强大使物理学家深信, 天地万物、古往今来的一切自然现象都能够还原为力学描述。只要给出系统的初始条件, 就能够毫无遗漏地把握它的因果性链条, 从而推知过去、预言未来。于是, 形成了所谓的机械论或力学自然观。

在这种观念的支配下, 声学、热学、光学、电磁学等物理学分支乃至其他学科也在 19 世纪取得了长足的进展, 因此, 19 世纪也被称为“科学世纪”。当时, 经典力学和经典物理学已“结合成具有庄严雄伟的建筑体系和动人心弦的美丽庙堂”(劳厄语)。物理学家对此莫不顶礼膜拜, 他们踌躇满志, 以为宇宙秘局, 无不尽辟, 后人只需墨守成规, 稍加修补即可。

难怪科学界的泰斗开耳芬勋爵断言: “未来的物理学真理将不得不在小数点后第六位去寻找。”难怪当普朗克表示要献身物理学时, 他的老师规劝他: “年轻人, 你为什么要断送自己的前途呢? 要知道理论物理学已经终结, 微分方程已经确立, 它们的解法已经制定, 可供计算的只是个别情况。把自己的一生献给这一事业, 值得吗?”

5 物理学难道真的终结了吗? 答案不用说是否定的。

创造历史的人们总是不可避免地受到历史的制约, 牛顿当然也不例外。尽管牛顿的解决办法是天才的, 而且在那个时代也是必然的, “是一位具有最高思维能力和创造能力的人所能发现的唯一道路”(爱因斯坦), 但是他的理论体系中隐含着一些

基本矛盾。

第一, 尽管牛顿一再申明“我不作假设”, 但他还是引入了超越经验的绝对空间和绝对时间以及不变质量等概念。第二, 牛顿虽然对引力的本质持审慎态度, 但他最终还是对它作了抽象的、纯粹数学形式的概括, 即实际上把它作为超距作用来处理。第三, 经典力学只适应于宏观低速世界, 对于微观高速世界当时没有, 也不可能涉及。

6. 经典物理学本来是立足于经典力学的基础上, 但是它的深入发展反过来却削弱了经典力学的基础, 暴露出两大理论体系之间潜在的矛盾。

在光学中, 为了说明光的波动, 人们臆想出五花八门的以太模型, 但仍难以自圆其说。

在热力学中, 第二定律揭示的热现象的不可逆性, 直接与力学的可逆性针锋相对; 玻耳兹曼的概率诠释虽然使矛盾暂时得以缓和, 但热力学的统计性质又与机械决定论难以相容。

在电磁学中, 电磁场是以光速传播的, 而不是即时的超距作用; 而且场和质点一样, 也是不能还原的物理实在, 这种二元论使力学和电磁学丧失了基础的统一性。

7. 在 19 世纪末叶, 不仅机械自然观广为流行, 而且力学先验论也风靡一时。经典力学的基本概念和基本原理在物理学家当中造成了一种权威性, 并被人为地打上了“思维的必然性”、“先验地给予”等等烙印, 使人们忘记了它们的经验来源, 把它们视为一成不变的永恒真理。

“不识庐山真面目, 只缘身在此山中。”要使物理学家意识到现有理论的局限性, 变革经典力学的基础, 就必须使他们挣脱机械自然观和力学先验论的束缚, 破除对经典力学的迷信。一场新的思想启蒙势在必行。

正是马赫, 恰巧在这种特定的历史条件下扮演了启蒙者的角色。

8. 马赫是奥地利的物理学家、生理学家、心理学家、科学史家和科学哲学家, 空气动力学中的“马赫数”就是以他的名字命名的。马赫在 1883 年出版了《力学史评》, 他在肯定经典力学固有价值的前提下, 对其进行了系统的批判。

马赫批判牛顿绝对时空观的段落尤为精萃和引人入胜。马赫指出, 绝对时间无法根据比较运动来量度, 无法与经验观测相联系, 因此它既无实践价值, 也无科学价值, 是无用的形而上学概念; 绝对空间概念也是纯粹的思维产物、纯粹的理智构造, 不能从经验中产生, 只不过是干巴巴的概念而已。

马赫的批判矛头也直指力学先验论和机械自然观。他指出力学原理是人为的概念, 只有预先经过实验检验才可以接受, 把它们推广到经验界限之外是无意义的。力学并不具有凌驾于其他学科之上

的特权, 机械自然观是毫无道理的。把力学当作物理学其余分支的基础, 以及所有物理现象都要用力学观念来说明, 这种看法只不过是偏见。

就这样, 马赫把经典力学的基本概念“从先验的奥林帕斯山上拉下来”, 揭露出“它们的世俗血统”, “把这些观念从强加给它们的禁忌中解放出来”。马赫的批判像一股清凉的风, 惊醒了还在昏睡的物理学家的迷梦, 为新思想的涌现创造了必不可少的自由气氛。

马赫对经典力学的批判是科学革命行将到来的先声。

9. 其实, 在《力学史评》出版前后, 一些实验事实就在经典物理学家心头投下了难以化解的暗影。

从 19 世纪光的波动说复活以来, 人们对作为光媒质的以太与有质物质, 尤其是与地球的关系问题争论不休。由于菲涅耳的静止以太说圆满地解释了光行差现象, 因而得到普遍赞同。但是, 通过测量地球公转相对于以太运动的所谓“以太漂移”实验, 在当时实验能够达到的一阶量上均给出“零结果”。何况, 麦克斯韦的电磁理论隐含着光现象和电磁现象要求一个优越的参照系, 即以太在其中静止的参照系, 所以以太漂移的二阶效应(地球公转速度与光速之比的平方)理应存在。可是, 迈克耳逊和莫雷在 1887 年所作的精密实验表明, 其结果依然是否定的。

反常现象接踵而来。经典能量均分定理(所有分子每个自由度平均分配 $1/2KT$ 的能量)也与气体比热的实验结果发生了尖锐的冲突: 对于双原子和多原子气体, 实测的定压热容量与定容热容量之比显著大于理论计算值。在 19 世纪最后 10 年, 物理学对这个问题多方探讨, 依然百思不得其解。

这二者就是开耳芬勋爵所谓的“两朵乌云”。

10. 其实, 当时物理学的天空何止“两朵乌云”! 早在开耳芬讲演之前, 就已经是“黑云压城城欲摧”、“山雨欲来风满楼”了。

事实上, 在 19 世纪末, 黑体辐射、光电效应、原子光谱等实验事实也接二连三地冲击着经典力学和经典物理学的基础, 物理学已陷入严重危机之中, 物理学革命的急风暴雨已经在一些领域降临了。

11. 可以说, 物理学革命的序幕是从 1895 年揭开的。这年底, 伦琴发现了具有惊人贯穿能力的 X 射线。

紧接着, 在 1896 年, 贝克勒尔发现铀元素具有放射性。

1897 年, J. J. 汤姆逊和塞曼分别测定了阴极射线的荷质比, 确认了电子的存在。

1898 年, 居里夫妇发现了放射性极强的新元素

钋和镭。

1899年，卢瑟福把注意力转向辐射本性的研究，他和索迪于1902年提出了元素嬗变学说。

12. 在当时老一辈科学家当中，法国数学家、物理学家和科学哲学家彭加勒对物理学发展的形势看得最为清楚。

这位曾把镭誉为“当代伟大的革命家”的哲人科学家，在世纪初敏锐地察觉到，新实验与旧原理的尖锐冲突已使物理学陷入危机之中。他认为危机是好事而不是坏事，危机能加速物理学的根本改造，是物理学进入新阶段的前兆。他肯定了旧理论的固有价值，尖锐地批评了“科学破产”的流行观点。他预示了新力学的大致图景，指明物理学危机是物理学“革命的前夜”。

13. 彭加勒眼光明睿，他的有关预言也一语中的。

1900年12月14日，普朗克在德国物理学会宣读了他的论文“论正常光谱的能量分布定律”，把一个与经典理论全然不相容的崭新概念——能量子——引入物理学，一举打破了“自然无飞跃”的古老格言。这是量子论的开端，标志着物理学革命正式开始。

1905年，爱因斯坦在德国《物理学年鉴》17卷上发表了狭义相对论论文和光量子论文，把物理学革命推向高潮。狭义相对论彻底打破了牛顿的绝对时空观。

14. 爱因斯坦不愧为物理学革命的主将。

1905年9月，他又在一篇短论中导出著名的质能关系式 $E=mc^2$ 。这标志着原子能时代已经到来。

1906年11月，爱因斯坦证明量子概念对热的分子论的修正，说明了固体和低温下的多原子气体的比热异常。

爱因斯坦一举驱散了物理学上空的“两朵乌云”。

在狭义相对论创立后，爱因斯坦看准目标，一鼓作气，经过10年的冥思求索，终于在1915年建成广义相对论。

相对论是人类理性思维的杰作，它构成现代物理学的两大理论支柱之一。

15. 与此同时，物理学革命也在另一条战线上进行着。

1913年4月，丹麦物理学家玻尔把量子概念用于原子结构的研究，提出对应原理，构造出半量子化的原子结构模型，说明了原子物理学、光谱学和化学中的一些实验事实。

在早期量子论的发展中，普朗克、爱因斯坦、玻尔完成了一个漂亮的“三级跳”。量子论为自己的合法存在已争得了立足之地。

此后，量子论沿着两条独立的路线发展着：一

条由爱因斯坦关于辐射的波粒二象性出发，途经德布罗意的物质波概念，于1926年到达薛定谔的波动力学；另一条由玻尔的对应原理开始，于1925年导致海森堡、玻恩、约尔丹的矩阵力学。

由于波动力学和矩阵力学在数学形式和物理概念上的差异，曾引起双方创始人之间激烈的争执。1926年，薛定谔和泡利各自独立地证明两种力学是等价的，同年狄拉克和约尔丹发明了一种变换理论，使二者可以相互过渡。于是，波动力学和矩阵力学合二而一。1928年，狄拉克通过建立电子运动方程，成功地构造了相对论性的量子力学的完整理论体系。

量子力学是现代物理学理论的又一根支柱。至此，物理学革命大功告成。

16. 物理学的迅猛发展及其两大理论支柱的确立，使物理学成为20世纪科学的带头学科。

在物理学两大理论支柱的基础上，其后粒子物理、量子场论、大统一理论的发展方兴未艾，硕果累累。

物理学作为带头学科，也对其他学科的进展产生了举足轻重的影响。1900年孟德尔遗传定律的再发现开辟了遗传学研究的新天地，正是一批量子物理学家的加盟，才导致分子生物学的异军突起和DNA双螺旋结构的发现。

宇宙学的兴起和繁荣直接萌生于相对论和量子论。

20世纪主要的高新技术，诸如原子能、激光、计算机、微电子、超导技术等，哪一个不是新物理学理论的衍生物呢！

17. 20世纪的科学以其衍生物技术导致了巨大的生产力，大大地提高了人们的物质生活，这是一个有目共睹的事实。

然而，科学不仅仅能变为物质力量，作为一种知识体系、研究活动和社会建制的科学，其精髓或菁华在于科学思想、科学方法和科学的精神气质，它们毋宁说是文化和智慧。

大凡科学思想都具有革命性。它能扩大人们的视野、开阔人们的心胸、启迪人们的心智。它是愚昧的天敌、教条的对头、迷信的克星。科学思想为人们提供了观察问题的视角，此即“科学的眼力”或“科学的透视”，科学思想甚至塑造了人们的世界观。

科学的统一不在于它的材料，而在于它的方法。科学的实证方法、理性方法和臻美方法分别体现了科学的实证精神、理性精神和审美精神，它能潜移默化地使人们养成崇实、尚理、爱美的思想情操。尤其是，科学方法中蕴含的怀疑和批判精神不仅是科学的生命，也是消除迷信和盲从等政治痼疾的灵丹妙药。

科学的精神气质包括普遍性、公有性、无私利

创造性思维与科技创新

Thinking of Creativeness and Scientific and Technical Innovation

黄闰泉

(湖北省林业科学研究院 武汉九峰 430075)

像当今这样如此强烈呼唤创造性思维,在历史上还从未有过。知识经济时代的即将来临,使时代处处充满着创造的可能性,也为进行创新提供了许多机会。比如生态环境保护及经济发展的需求就呼唤林业科技创新,它涉及绿色林业理论、林业经营技术、新材料、新能源等诸多方面,并通过科技人员的创造性思维活动来实现。

一、创造性思维为科技创新提供了可能性,是科技进步的可靠保证

创造性思维是由多种类型的思维在创造活动过程中的一种有机结合。人的思维活动有自觉的显意识的思维活动,有不自觉的潜意识型的思维活动;有形象思维活动,有抽象思维活动;有经验思维活动,有理论思维活动;有周密而严格的逻辑思维活动,有不按逻辑规律的非逻辑思维活动;有精确思维活动,有模糊思维活动等。创造性思维以非传统的方式思考问题,追求高度不同的独创性^[1]。以林业科技创新来说,当环境与发展成为世界的主题时,如何实施科教兴林战略和可持续发展战略,实现林业建设速度、质量与效益的统一,把林业现代化建设事业全面推向 21 世纪,就成为林业科技创新面临的艰巨任务。林业科学,已由过去传统学科性、独创性、有条理的怀疑主义。它们内在化为科学家的科学良心,外在化为公众的科学意识。这些精神气质或规范结构不仅是稳定科学共同体秩序的基石和科学发展的保证,而且它与社会文明的进步和人的自我完善的大目标完全相通或一致。

这一切,构成科学的最高的精神价值和深层的文化意蕴,构成科学精神的核心——科学的智慧。

18. 毫无疑问,科学的衍生物技术是一把“双刃剑”。由于人文精神在某种程度上的失落和社会技术或社会工程约束不力或缺乏前瞻性,技术的发展和产业化也导致了人口暴涨、资源破坏、环境污染、核武器威胁等“现代病”。这是全球面临的严重问题,是人类必须妥善解决的燃眉之急!

向资源保护与利用、生物技术、信息技术、环境科学和全球变化等现代领域拓展,林业科技在未来必须从 3 个方面实现突破:一是在常规育种技术和生物技术相结合方面有所突破;二是在森林资源管理与信息技术相结合方面有所突破;三是在多目标的森林资源培育技术方面有所突破。要达到这些目标,必须以创造性思维为工具,充分调动科技人员的创造力,从微生物、绿色植物对光能的应用到生物圈的环境诸多方面取得创造性成果。

创造性思维不仅启示我们应用现有理论与技术,更重要的是帮助我们在指导生产中对理论与技术进行再创造,同时帮助我们建立正确的创造观念、创造意识、创造欲望和创造品格,即帮助我们做一名高素质的创造者。因此创造性思维既是科技创新的基础,也是科技进步的重要渠道和可靠保证。创造性思维不仅在时间和空间上为科技的发展提供了广阔前景,包括新理论、新技术、新材料的创新,而且在创新过程中不断发展和完善,并使其真正转化为生产力和社会效益。

创造性思维为科技创新确立了明确的目标。创造性思维要求我们在知识的创造上,力图从各种新知识、新技术的角度考虑,拿出高水平的创新成果,即具有独创性、新颖性、适用性、高满意度的成果。而且,也只有具有创造性思维的科研人员,才能站

办法是有的。这就是高扬人文精神和人文情怀,发掘科学自身的文化意蕴和智慧,摆正社会持续发展之的,彻悟人类健康生存之道,并辅之以高新技术的开发和利用,从而达到标本兼治的目标。反科学的道路是行不通的,是因噎废食之举。

有理由相信,人类能够从正反两方面的经验中学会生存和发展的智慧。

也许正是出于抑恶扬善和促进科学、人文与和平之目的,诺贝尔临终立下遗嘱,用大部分财产设立诺贝尔奖金。首届诺贝尔奖恰恰在 20 世纪开初的 1901 年颁发,授予 X 射线的发现者伦琴。

(责任编辑 孙立明)