

爱因斯坦——人类的伟人、科学的巨擘

Einstein Is the Authority in Science and a Nobel minded Man

李醒民

(中科院研究生院, 研究员 北京 100039)

1. 20 世纪已经悄然逝去。但是, 20 世纪产生的人类伟人爱因斯坦却依然活在人们的心中, 其深邃的思想将在 21 世纪继续熠熠生辉。爱因斯坦是人类最伟大的科学家、思想家和人。

爱因斯坦是光耀千秋的科学巨星, 是物理学革命的先锋和主将, 是现代科学的巨擘。在科学史上, 能与之媲美的恐怕只有牛顿一个。在 20 世纪的科学交响乐中, 爱因斯坦谱写了一串又一串美妙的音符, 奏响了思想领域里最高的音乐神韵。

2. 1905 年, 是爱因斯坦的“幸运年”。是年, 晴空响霹雳, 平地一声雷——爱因斯坦在德国《物理学年鉴》17 卷发表了著名的“三合一”论文, 全面打开了物理学革命的新局面。

第一篇论文是《关于光的产生和转化的一个启发性的观点》, 即光量子论文, 写于 1905 年 3 月。爱因斯坦在其中大胆提出光量子假设: 从点光源发出来的光束的能量在传播中不是分布在越来越大的空间中, 而是由个数有限的、局限在空间各点的能量子所组成, 这些能量子能够运动, 但不能再分割, 只能整个地吸收或产生出来。从这一假设出发, 他讨论和阐释了包括光电效应在内的 9 个具体问题。这篇论文的确是“非常革命的”, 它使沉寂了 4 年之久的普朗克的辐射量子论得以复活, 并拓展到光现象的研究之中。它直接导致了 1924 年德布罗意物质波的概念和 1926 年薛定谔波动力学的诞生。

第二篇论文是《热的分子运动论所要求的静液体中悬浮粒子的运动》, 即布朗运动论文, 写于 1905 年 5 月。该论文指出古典热力学对于可用显微镜加以区分的空间不再严格有效, 并提出测定原子实际大小的新方法。这直接导致佩兰 1908 年的实验验证, 从而给世纪之交关于原子实在性的旷日持久的争论最终画上句号。

第三篇论文是《论动体的电动力学》, 即狭义相对论论文, 写于 1905 年 6 月。这篇论文并非起源于迈克耳逊—莫雷实验。它由麦克斯韦电动力学应用到运动物体上要引起似乎不是现象所固有的不对称作为文章的开篇, 通过引入狭义相对性原理和光

速不变原理两个公设以及同时性的定义, 从而推导出长度和时间的相对性及其变换式, 一举说明了诸多现象。

紧接着在同年 9 月, 爱因斯坦又完成了《物体的惯性同它所含的能量有关吗》这篇不足 3 页的论文, 通过演绎, 轻而易举地导出了质能关系式 $E=mc^2$, 得出“物体的质量是它所含能量的量度”的结论, 从而叩开了原子时代的大门。

狭义相对论的提出是物理学中划时代的事件。它使力学和电动力学相互协调, 变革了传统的时间和空间概念, 提示了质量和能量的统一, 把动量守恒定律和能量守恒定律联结起来。诚如德布罗意所说, 它“像光彩夺目的火箭, 在黑暗的夜空里突然划出一道短促而又十分强烈的光辉, 照亮了广阔的未知领域。”

3. 爱因斯坦的“三合一”论文是在 8 周内一气呵成的, 当时他只是瑞士伯尔尼专利局一名默默无闻的小职员。奇迹是怎样发生的呢?

“问渠那得清如许, 为有源头活水来。”爱因斯坦自幼就具有强烈的好奇心和惊奇感。四五岁时, 他为罗盘针以确定方式运动好奇不已; 12 岁时, 一本欧几里得几何学小书的严谨证明使他惊奇万分。16 岁在阿劳中学上学时, 他就无意中想到一个悖论: 如果以光速 C 追随一条光线的运动, 那么就应该看到, 这样一条光线就好像一个在空间振荡而停滞不前的电磁场; 可是, 无论依据经验, 还是按照麦克斯韦方程, 看来都不会发生这样的事情。实际上, 这个悖论包含着相对论的萌芽, 爱因斯坦为此沉思了整整 10 年。

爱因斯坦主动自学、善于自学, 他在中学、大学和“奥林比亚科学院”时期阅读了大量的科学和哲学著作。狭义相对论的先驱马赫对绝对值时空观和力学自然观的批判给他以破旧的锐利武器, 彭加勒对光速不变和同时性的分析给他以立新的思想启迪。在他明确意识到“时间是可疑的”之后, “追光悖论”迎刃而解, 狭义相对论水到渠成。

4. 在狭义相对论创立之后, 爱因斯坦又一鼓作

气,向广义相对论的峰巅发起冲击。可是在当时,狭义相对论本身既看不出什么疑点,又与实验事实没有一点矛盾。难怪普朗克迷惑不解地询问爱因斯坦:“现在一切都能明白地解释了,你为什么忙于另一个问题呢?”

追求科学的统一与和谐,是爱因斯坦终生不渝的科学信念。他一开始就对狭义相对论仍然给惯性系保留优越地位不满;尽管他在其中已废除了以太这一绝对静止的惯性参照系的优越地位,他仍意欲使一切参照系平权。而且,由于质能等价原理与自由落体加速度不变的事实或惯性质量与引力质量相等的厄缶实验相矛盾,在狭义相对论的框架内也难以解决引力问题。

爱因斯坦擅长思想实验。对“追光”思想实验的思索使他悟出光速不变及其中潜藏的时间可变性。同样地,“升降机”思想实验使他悟出了等效原理:如果在一个空间范围很小的引力场内,我们不是引进一个惯性系,而是引进一个相对于它作加速运动的参照系,那么事物就会像在没有引力的空间里那样行动。爱因斯坦称这一发现是他“一生中最愉快的思索”。

1907年,爱因斯坦就相对性原理和引力发表了他的思考结果。在这里,建造广义相对论的两大公理已经成形。其一是(广义)相对性原理:“是否可以设想,相对性运动原理对于相互作用加速运动的参照系也仍然成立?”其二是等效原理:“引力场同参照系的相当的加速度在物理学上完全等价。”同时,他还推导出3个具体结论:在引力场中,时钟延缓,光谱红移,光线弯曲。

爱因斯坦此后的探索异常艰苦,而且数次走了弯路。其根本原因在于,要使人们从坐标必须具有直接的度规意义下解放出来,确实是一件不容易的事,此外还有数学上的障碍、对普遍协变性的错误限制等。1913年,他在数学家格罗斯曼的帮助下,运用绝对微分或张量分析,用10个独立的度规分量表示引力场方程。直到1915年,他才重返场方程普遍的协变性,而不再把实在归于坐标系,从而在当年11月完成了广义相对论的标准版本——《广义相对论的基础》。

5. 广义相对论逻辑形式严谨雅致,囊括内容丰富新颖。它把牛顿引力理论和狭义相对论作为极限或特例包容其中,它揭示了时空和物理客体的密切关联。诚如玻恩所说:广义相对论“是人类认识大自然的最伟大的成果,它把哲学的深奥、物理学的直观和数学的技艺令人惊叹地结合在一起”;它“是一件伟大的艺术品,供人远远欣赏和赞美”。

广义相对论圆满地说明了使人长期迷惑的水星近日点的进动。它所预言的引力红移在1924年被观察证实。尤其是1919年,英国科学家在日全食时

观测到星光经过太阳附近时确实发生偏折,且与爱因斯坦的预言值相当吻合。从此,爱因斯坦名扬四海,照片不时见诸报刊。可是,他一向把荣耀视为累赘,“厌恶为相对论大叫大嚷”,认为相对论热是“赶时髦”。他多次表示不愿作头顶花环的象征性的领头羊,只愿作纯朴羊群中的一只普通羊。

借助广义相对论的成果,爱因斯坦在1916年作出了引力波的预言,在1917年开创了宇宙学的研究——这导致了1946年的宇宙大爆炸理论的创立。

6. 从1905年提出光量子论开始,爱因斯坦基于统计涨落思想,也在量子论领域孜孜求索。他说:“我在量子问题上费的心思,是广义相对论的100倍。”

在量子论几乎遭到老一辈物理学家的一致反对,连在1900年提出能量子概念和第一个支持狭义相对论的普朗克也不例外时,爱因斯坦特立独行,孤军奋战。

1906年3月,他完成了《论光的产生和吸收》的论文,论述了光量子和普朗克公式的关系,推导出伏打效应和光电散射之间的关系。11月,他又撰写了“普朗克的辐射理论和比热理论”,证明量子论导致对热分子运动论的修正,并由此得到固体热学行为和光学行为的某种联系,说明了固体和低温下多原子气体比热的异常。

1907年,他讨论了热力学量子的相对论性变换。

1909年,他论述了热平衡附近电磁辐射的能量涨落,在历史上首次表述了波粒二象性思想。

1912年,他把光量子概念应用于光化学现象研究,推导出光化学定律。

1916年,他在综合量子论发展成就的几篇论文中重新推导出黑体辐射定律,剖析了光量子的动量性质,提出受激发射概念——这是后来60年代发展起来的激光技术的基础。

1923年,他一眼看出德布罗意关于物质波论文的重要意义,由衷地赞赏“厚帷幄的一角被德布罗意揭开了”。

1924年,他被印度青年物理学家玻色的光量子统计论文吸引,立即把它译为德文并推荐发表。他在此基础上深入钻研,把它与物质波联系起来,发现了凝聚现象,提出单原子气体的量子统计理论即玻色—爱因斯坦统计。薛定谔正是在爱因斯坦思想的启迪下,沿着这条路线走向波动力学的。

爱因斯坦在征服量子现象这片荒原的斗争中是开拓者和先驱者。物理学史家派斯中肯地评论说:“爱因斯坦不仅是量子论的三元老(普朗克、爱因斯坦、玻尔)之一,而且是波动力学的唯一教父。”

7. 在科学生涯的最后30年,爱因斯坦几乎把他的科学兴趣和精力全都投入到统一场论。他的目

标是,使引力理论和电磁理论对应于一个统一的空间结构,从而为相对论和量子力学的综合谋求一个在逻辑上满意的基础,一举消除场和粒子分立的丑陋的二元论。他认为这是相对论发展的第三阶段。

爱因斯坦一旦为自己设定了值得追求的目标,他就会以坚定的意志和顽强的毅力,数十年如一日地苦斗下去。他看不起或避重就轻、或知难而退的人。他说:“我不能容忍那些拿起一块木板,寻找最容易钻孔的最薄的部分打许多洞的物理学家。”

爱因斯坦最后一项重大科学成果是,他和两位助手在 1937 年从广义相对论的引力场方程推导出运动方程,进一步揭示出时空、物质和运动的统一性。但是在统一场论方面,虽然他绞尽脑汁、多方尝试,直到弥留之际还在进行数学计算,却仍然没有从上帝的口袋内掏出底牌。

爱因斯坦没有取得最终成功的主要原因在于,他的统一场论思想超前了整整一两代人,当时既没有合适的数学工具,也没有其他相互作用的事实和理论可供利用。但是,爱因斯坦设定的目标、指出的方向、采用的方法、提出的问题、克服的困难,乃至遇到的挫折,都给后来者以莫大的启示。20 世纪 60 年代后期以来相继出现的各种规范场理论或大统一理论,都是爱因斯坦思想的自然继续。爱因斯坦的统一之梦正在稳步地、部分地得以实现。其实,爱因斯坦早在 1948 年就有先见之明:“我完不成这项工作;它将被遗忘,但是将来会被重新发现。历史上这样的先例很多。”

8. 爱因斯坦给我们留下了丰厚的科学遗产。为此,他于 1921 年因光电效应定律的发现荣获诺贝尔奖。其实,按照该奖项的标准,爱因斯坦还可以因狭义相对论、布朗运动理论、质能关系式、广义相对论再获 4 次奖。

爱因斯坦的科学遗产不仅在很大程度上决定了 20 世纪物理学的发展方向,而且在 21 世纪还会焕发出感人至深的力量。

9. 爱因斯坦不仅仅是伟大的科学家,也是一位伟大的哲学家和思想家。

爱因斯坦关于时空、质能的科学思想改变了人们的思维方式和世界观。他的统一性、对称性、相对性、简单性、几何化的科学信念,他的探索性的演绎法、逻辑简单性原则、唯美学原则和形象思维的科学方法,也成为现代科学的菁华和科学家共同的思想财富。

爱因斯坦的科学哲学意蕴深邃、气象万千。它熔温和经验论、基础约定论、意义整体论、科学理性论、纲领实在论于一炉,集本体论、认识论和方法论于一体,呈现出鲜活的多元张力特征。这是真正的科学家的科学哲学,从而顺理成章地成为科学研究之母。

爱因斯坦的社会哲学内容丰赡、意义深远。他的开放的世界主义、战斗的和平主义、自由的民主主义、人道的社会主义、远见卓识独树一帜的科学观以及别具慧眼的教育观,至今仍焕发着理性的光华和理想的感召力,从而成为当今世界谱写和平与发展主旋律的美妙音符。

爱因斯坦也沉思了人生的目的和人的价值、生命的意义和永恒。在他看来,把追求财产、权力、虚荣、奢侈、安逸、享乐视为生活的目的,这只不过是庸俗的、可鄙的“猪栏的理想”,照亮人生道路的生活理想是真善美。“一个人的真正价值首先决定于他在什么程度上和什么意义上从自我解放出来”,为人类服务而非统治才是“个人的崇高使命”。“个人的生命只有当他用来使一切有生命的东西都生活得更高尚、更优美时才有意义”,生命的永恒在于人类共同创造不朽事物的过程和结果中。

10. 爱因斯坦的科学理论是象牙塔之内的阳春白雪,但是他却走出象牙塔,身体力行,义无反顾地投身到各种有益的社会政治活动中去。他对真善美古道热肠,对假恶丑疾恶如仇,具有高度的社会责任感和永不泯灭的科学良心。他觉得,对社会上非常恶劣和不幸的状况保持沉默就是犯“同谋罪”。他的自由的心灵、独立的人格、仁爱的人性、高洁的人品,以及富有魅力的个性,使世人“高山仰止,景行行止”。

爱因斯坦的做人和为人,赢得了人们的广泛尊敬和仰慕。有人曾问普林斯顿一位普通老人:你既不理解爱因斯坦的科学理论,又不明白爱因斯坦的抽象思想,你为什么敬慕爱因斯坦呢?老人回答说:“当我想到爱因斯坦教授的时候,我有这样一种感觉,仿佛我已经不是孤单单一个人了。”一位不知名的来信者也许道出了众人的心里话,他称爱因斯坦是“上帝的使者,人类的仆人”。

11. 爱因斯坦对备受侵略和苦难的中国人民怀有兄弟般的情谊。1931 年“九一八”事变之后,他一再向全世界呼吁,用联合经济抵制的办法制止日本对中国的侵略。1937 年,他就“七君子事件”发出正义的声援。

1922 年底和 1923 年初,爱因斯坦在访日时途经香港和上海,他对中国劳苦大众深表同情和关爱。他谴责欧洲人在上海成了统治者,把中国人当奴隶使唤,残酷地虐待他们,待他们连牛马也不如。他哀叹香港华人受到野蛮的奴役和残酷的剥削,每天为 5 美分工资不停地砸石子。他斥责英国人是奢侈的寄生虫。他对中国的前途和中国人民的未来寄予厚望:“再过 50 年,中国人必定能够赶上外国人。”

但愿再过 50 年,我们不会使爱因斯坦的热望落空!

(责任编辑 孙立明)