

世纪间物理学发展和思考

刘义保

(华东地质学院基础部 江西抚州 344000)

物理学发展到今天,对推动人类文明进步起了很大的作用。回顾过去,展望未来,我们不应该慨叹物理研究之前途渺茫,21世纪的物理学定会得到突破性发展,物理学又将上一个新台阶。

一

物理学是研究物质的基本结构和物质运动最一般规律的学科。更广泛地讲,物理学是研究自然的科学。物理学发展史实际上是人类探索自然、认识自然及改造自然的过程。当今社会,高度物质文明、高科技生产都是以人类对自然认识程度为基础的。物理学方面每次重大发展,总是把社会生产推到一个新的高度。随着人类实践和认识水平的提高,物理学更趋完善,然而物理学的发展并未走到尽头,也不可能走到尽头。20世纪已经过去,21世纪已经到来,对于熟知物理史的人来说,确实值得为之振奋。我们应如何对待物理学的学习和研究?让我们回顾过去,再展望未来。

二

物理学从伽利略、牛顿时代发展到19世纪末,在各个学科上都建立了较稳定、实用性强的理论。

力学部分:由于牛顿的工作,力学处于成熟状态,拉格朗日、哈密顿等人的工作,使力学更实用化、普遍化和数学化,力学方法(分析力学)似乎可渗透到各个学科;热学部分:热学理论直接来源于实践的需要,经迈耶、亥姆霍兹、W.汤姆逊随能量守恒的发现而得到完善,经典热力学是两条明白无误的前提的结论;第一类永动机不可能实现确认了能量守恒,第二类永动机不可能实现就确定了满足能量守恒的

系统过程发生的方向。把概率统计引入热力学,就诞生了统计力学这门新学科,热力学和统计力学从两个方面解释了自然界的热学现象;电磁学部分:电现象、磁现象在19世纪得到了充分的研究和发展,安培、库仑、奥斯特、法拉第等人功绩卓著,麦克斯韦以优美简洁的方程组建立了统一的电磁场理论,使其名垂青史,把物理学推到了一个更高的层次;光学部分:光学这个古老的学科,其发展主要在两个方面:一是对光本性的认识,二是光学仪器的发展。对光本性的认识是思维与实践的斗争,17世纪就存在光的粒子性和波动性之争,由于受实践条件的限制及思想上的束缚,光学在以后的两个世纪发展不快,光的粒子性思想占统治地位,只是到了19世纪,光的波动说才开始抬头,经托马斯·扬、夫琅和费、菲涅耳等人的工作,光的波动理论才建立起来了,特别是麦克斯韦预言光是电磁波被赫兹证实后,人们对光的波动理论确信无疑。对光本性的认识经历了辩证曲折的过程,到了20世纪人们对光本性才有了较完整的认识,光具有波粒二象性。

19世纪物理学达到了令人赞美的高度,它的结构和谐,在某种程度上说是完备的。而且历史证明了物理理论上的成熟为第二次产业革命创造了条件。

三

19世纪末,物理学各分支学科都得到了极大的发展,理论较为完善和实用,以至很多人包括焦耳和开尔文这些物理学家都认为物理学再无多大的发展,物理学家将要做的也只是些“修修补补”的工作

又如“漫话‘超重’‘失重’与宇宙航行”,此文于1988年发表于《科学大观》第4期,同年由《中学生数理化》第10期转载。此文作为中学物理难点解析是一篇教学小论文;从宣传宇航知识角度来看,它又是一篇科普作品,它既反映了时代精神(从世界范围而言,因美、前苏联早已有载人宇航),它同时又超越了

时代精神(对我国而言,因我国宇航事业起步不久)。

再如《追光族的辉煌》,这是我创作计划中的一篇中篇科幻小说,目前已写了三分之一,它描述的是超光速世界的一些奇妙故事,这将是一件可能超越了时代精神的科普作品。

了。然而正是这些修修补补的工作里蕴藏着 20 世纪物理学的革命。

在 1895 年前后两三年里,物理学经历了一次决定性的转折,4 大发现为新物理学的诞生打开了大门。对气体放电现象的研究导致了阴极射线的发现,对阴极射线属性的研究,敲开了物质微观结构的大门(阴极射线即为电子——物质最基本的结构之一);塞曼用磁场来影响光,光谱线分裂,这就是有名的塞曼效应,它是探索原子结构的有力工具,对泡利原理和电子自旋的发现以及对物质发光机制的认识具有决定性的意义,而且是量子力学重要的实验证明;伦琴射线和放射性的发现,都为新物理学提供了最基本的重要实验依据。这 4 项工作后来都获得了诺贝尔物理学奖。

如果说 19 世纪末的这 4 大发现当时还未引起物理学界普遍关注,人们还固守着经典理论,那么 19 世纪末蔚蓝的天空上漂浮的两朵“乌云”确实困扰着物理学界。一朵乌云:迈克尔逊—莫雷实验的零漂移结果。19 世纪,人们用“以太”理论解释电磁现象,认为电磁场是一种充满整个空间的特殊介质——“以太”的运动状态,麦克斯韦方程在相对以太静止的参考系才精确成立,地球或其他物体带着以太运动。为此,迈克尔逊等人利用迈克尔逊干涉仪,企图用光学方法测定地球的绝对运动。按照经典理论,在运动的系统中,光速应各个方向不等,因而可看到干涉条纹,再使整个仪器转动 90 度,就应发生干涉条纹的移动,由条纹移动的总数,便可算出地球绝对运动的速度,然而实验结果是否定的。这朵乌云的困惑在于实验结果与经典理论的矛盾,实验是理论的依据,那么是不是理论存在问题呢?拨开乌云,就建立起现代物理学两大支柱之一——相对论。

另一朵乌云是“紫外灾难”。19 世纪末,对黑体辐射进行了仔细测量,发现了来自小孔的辐射强度随波长的变化规律,物理学家们想从理论上解释这些规律。当时主要是维恩及瑞利得到的公式,维恩公式在短波区与实验较符合,瑞利公式在长波区与实验较符合,但用瑞利公式计算辐射波长接近短波时,其能量为无穷大,这就是“紫外灾难”。这朵乌云的困惑在于,瑞利公式是从经典理论的能量均分原理得出的,因此说“紫外灾难”是经典物理的灾难。这朵乌云的揭开,建立起 20 世纪物理学的另一支柱——量子论。

13卷4期(总76期)

四

物理学发展到 19 世纪末,似乎达到了顶峰,经典力学、电磁场理论、波动光学,热力学与统计力学都已建立了,无怪乎人们认为物理研究前途不大。然而物理学在 19 世纪末并未划上句号,拨开乌云,20 世纪的物理学可谓星光灿烂,更加辉煌。

1900 年爆发了物理学第一场革命,这场革命的先驱普朗克,是位跨世纪的伟人,其老师曾劝他不要选物理为专业方向,原因是物理学理论已基本完成,不可能再期望从物理研究中得到新的东西。然而普朗克还是选择了物理学,他在解释黑体辐射问题上,引入了能量量子化概念即普适常数 h ,解决了“紫外灾难”,统一了维恩和瑞利公式。

20 世纪之初的第 5 年,爱因斯坦又以他的 3 篇论文特别是第 3 篇轰动了物理界乃至整个世界。这 3 篇论文的影响都够得上获诺贝尔奖:光电效应解释,提出光量子概念是量子论发展的第一个决定性步骤;布朗运动的研究证明了原子和分子的存在;而《论动体的电动力学》,则完整地提出了狭义相对论,这被认为是世界之初物理学的又一场革命。

五

20 世纪初的物理学革命,吸引了大批年轻有为之士,物理学出现了前所未有的大发展,量子论和相对论在二次大战前发展到了高峰。4 大发现吸引了一些人,他们试图弄清这些特性与物质的关系。在研究过程中,又不断发现新现象、新问题。两个突出问题就是原子结构和原子光谱,实际上这乃是一个问题。贝克勒尔发现放射性后,居里夫妇又发现了新的放射性元素钋和镭,其后又有人发现了射线。对这些射线粒子的研究促使人们去剖开原子内部结构及其运动规律,卢瑟福带领他的弟子们在这方面做了大量的实验工作和理论探讨,在粒子大角度散射实验的基础上建立了原子的有核模型,与此同时,人们得出了原子光谱一系列的经验公式,但要用原子有核模型解释原子光谱的实验规律矛盾很大。玻尔用能级、轨道角动量量子化、能级跃迁 3 个假定建立了新的原子结构模型,在解释氢原子光谱规律上取得了较大的成功,但玻尔原子模型毕竟是经典——量子的混合物,在解释较复杂的原子光谱规律时显得无能为力。

由于玻尔理论本身的内在矛盾,这种矛盾在日新月异物理实验和理论中更加突出,终于诞生了新的量子物理——量子力学。量子力学的建立,经

历了两代物理学家的努力,是集体智慧的结晶。老的一代奠定基础、培养新人,如洛伦兹、普朗克、爱因斯坦、索末菲、玻尔、玻恩、德拜等。新一代(20—40岁间)建立和发展了量子力学,如德布罗意31岁提出物质波,海森伯24岁提出矩阵力学,薛定谔建立波动方程时39岁,狄拉克建立相对论量子力学时才24岁。量子力学是从两个方面建立的:一方面,德布罗意在爱因斯坦光的波粒二象性基础上提出实物粒子也具有波粒二象性的大胆论断,进一步提出了物质波的概念。在德拜的鼓励下,薛定谔建立了物质波所满足的波动方程,这是量子力学的一种描述;另一方面,海森伯在玻尔和索末菲的影响下,合二者之长,提出了崭新的观念(不确定关系),在玻恩和约尔丹的帮助下,建立了量子力学的另一种形式——矩阵力学。薛定谔和狄拉克通过变换,使波动力学和矩阵力学统一了,其基础就是物质波,一种几率波。此外,狄拉克还实现了量子力学和相对论的综合,并预言了反粒子的存在,为战后基本粒子的研究奠定了基础。相对论的建立不像量子力学的建立,有许多人参与研究。爱因斯坦在提出狭义相对论后11年,终于完成了广义相对论,推广等效性原理,揭示了4维时空同物质的统一关系,彻底摆脱了牛顿的绝对时空观。爱因斯坦的物理思想、哲学思想新颖独特,激励和激发了大批年轻人,并指引着物理学的研究方向。

六

20世纪物理学发展迅速,然而至今物理学研究的基础仍是量子力学和相对论。当前物理学发展趋势可概括为小、大、介、快、杂。在这些方向上进一步揭示物质结构、状态和运动规律。

“小”的方面从 10^{-8} 厘米的原子到 10^{-13} 厘米的原子核,以至 10^{-17} 厘米的夸克和轻子(包括电子),粒子物理标准模型的发展以及非标准模型的探讨,粒子更深层次的研究等,都是在“小”的方向上具有挑战性的前沿课题。

“大”的方向,从 10^{20} 厘米的太阳系、星际空间、天体系统,到现代天文观测手段能探及的宇宙,尺度达 10^{28} 厘米。太阳内部结构、太阳磁场及其储能和释能机制、太阳活动对地球的影响、日地空间扰动的物理过程等,既是物理学研究的前沿,又是与人类生存环境、气候、天气以及通讯等密切相关的重大问题。量子引力、暗物质的本质、正反物质不对称性的研究,以及探讨大尺度宇宙与小尺度基本粒子在物

质结构和运动规律上的内部联系,也是物理学、天体物理学的前沿。

“介”指尺度在 10^{-6} — 10^{-8} 厘米的过渡区,介乎宏观和微观的介观系统,是具有微观特征的宏观体系,该区尚未为人们所深刻认识。

“快”方面,正从过去的微秒(10^{-6})、纳秒,向皮秒、飞秒发展,超快的物理原理和技术渗透到化学、生命科学中对物质运动的研究以及光合作用等生物过程都有十分重要的意义。

“杂”具有双重含义。一是由简单到复杂的“杂”,即由大量粒子或简单基本成分组成的复杂物质系统,了解其复杂过程和现象的物理机制,寻找其基本规律,发展复杂性理论是物理学发展的前沿。二是物理学仍然是现自然科学和现代科学技术的基础,与其他自然科学的交叉、渗透和“杂交”,形成大量学科发展生长点,尤其是物理学与化学、材料、能源、信息、环境以及生命科学的交叉将孕育科学和技术的新成果,成为21世纪科学研究和技术发展的主流。

回顾历史,我们应有所启发。跨越世纪,物理学发展有其新的特点,物理学研究也应该有新的思维方法和研究道路。我们应该鼓励大学生本着科学的精神和执著的追求,永攀科学的高峰。

将于2005年发射的太空望远镜

美国国家航空和宇宙航行局(NASA)已经决定支持斯坦福大学研制空间 γ 射线望远镜GLAST(Gamma-Ray Large Area Space Telescope)。这是一项由NASA和美国能源部以及法国、德国、意大利和日本的专家合作进行的计划,探测地球上所不能达到的超高能量电子和核粒子。GLAST预定于2005年发射,运行5年。由于GLAST比现有的 γ 射线望远镜性能和精度要高得多,科学家可以用它探测极短瞬的现象,如一个时间尺度范围的活动星系核和神秘的 γ 射线爆。

最初的GLAST仪器装置是由薄铝箔与薄硅片交替放置的塔形方阵(用来记录 γ 射线的方向)和一个闪烁晶体的方阵(测量 γ 射线能量)。GLAST所用的硅微条探测器约为100平方米,因而成为空间最大的硅探测器。

(卞吉 秦宝 编)

现代物理知识