

一个半经典模型是如何成为经典的

——纪念玻尔原子模型诞生 100 年

◎方在庆

玻尔原子模型的创立,改变了传统的物理学思维方式,开启了物理学的量子时代。

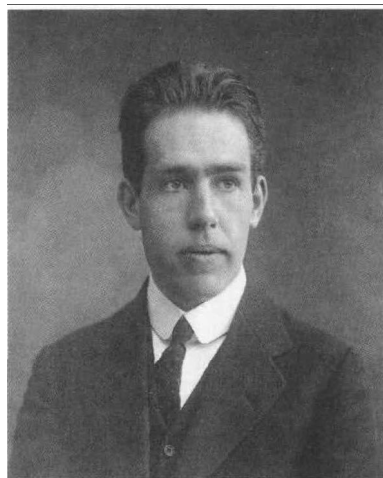
在科学发展史上,1913年是一个值得纪念的年份。意气风发,获得博士学位才两年的丹麦物理学年轻学者玻尔(Niels Bohr, 1885—1962)在英国著名科学期刊《哲学杂志》(*Philosophical Magazine*)上分三期(7月、9月、11月)发表了《论原子构造和分子构造》的杰作,由此掀起了一场波澜壮阔的量子革命的前期小高潮。在随后的岁月里,玻尔团结了世界上一批最有才华的年轻人,开启了一个全新的量子力学时代。爱因斯坦(Albert Einstein, 1879—1955)在谈到玻尔时曾说,“当后代人来写我们这个时代在物理学中所取得的进步的历史时,必然会把我们关于原子性质的知识所已取得的一个最重要的进展同玻尔的名字联在一起。”

玻尔在三部曲中所构建的原子模型,是建立在卢瑟福(Ernest Rutherford, 1871—1937)的有核模型的基础之上,在保留了经典力学的一些概念的同时,引入了普朗克(Max Planck, 1858—1947)的量子概念,很好地解释了氢原子光谱和元素周期律,开创了“半经典的”量子时代。它是一个承前启后的过渡理论,是从旧量子理论攀登到新量子理论必要的脚手架。如今,玻尔的理论虽然过时了,但玻尔的研究方法和探索精神对于我们仍有巨大的启发意义。

玻尔生平:天才的成长

玻尔被普遍认为是“20世纪仅次于爱因斯坦的最伟大的科学家”。玻尔1885年10月7日出生于丹麦首都哥本哈根,父亲克里斯蒂安·玻尔(Christian Bohr, 1855—1911)是哥本哈根大学的生理学教授,母亲埃

伦·阿德勒·玻尔(Ellen Adler Bohr)来自于一个富有的犹太家庭。玻尔和他的弟弟哈拉尔德·玻尔(Harald Bohr, 1887—1951)在“一个最有助于其天才成长的气氛中”长大。1903年中学毕业后,玻尔进入哥本哈根大学学习物理,1911年春,在克里斯蒂安森(Christian Christiansen, 1843—1917)教授的指导下,以《金属电子论探讨》一文获得了博士学位。在这篇论文中,他对汤姆孙(Joseph J. Thomson, 1856—1940)、洛伦兹(Hendrik A. Lorentz, 1853—1928)的金属电子论作了系统的评述,并清楚地揭示出了电子论所遇到的困难。他还第一次涉及到了普朗克的量子概念。



玻尔年轻时的照片

还在读大学期间,玻尔就参与了丹麦皇家文理科学院的有奖征文,他的《以射流振动来测定液体表面张力》的论文,获得金奖。论文经过修订和翻译,1909年用英文发表在英国皇家学会的会刊上。这是玻尔发表的第一篇论文。英国皇家学会的秘书、以《以太与物质》(*Aether and Matter*, 1900)一书著名的英国物理学家拉莫尔(Joseph Larmor, 1857—1942)曾误把当时才23岁的玻尔当成“教授”。

1911年获得哲学博士学位后,玻尔得到丹麦卡尔斯贝格基金会(The Carlsberg Foundation)的资助,出国

方在庆:研究员,中国科学院自然科学史研究所,北京100190。
fang@ihns.ac.cn

Fang Zaiqing: Research Professor, Institute for the History of Natural Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100010.

深造一年。与他的弟弟选择到德国格丁根留学相反,他首选英国剑桥。对于希望从事物理学研究的人来说,剑桥是像麦加一样的圣地。那里有1906年诺贝尔物理学奖得主,处于事业顶峰的55岁的汤姆孙。玻尔希望在其指导下,继续从事金属的电子理论研究。他于那年9月到达剑桥,但与汤姆孙之间的互动却不令人满意。在剑桥无果后,玻尔转到了曼彻斯特。初到曼彻斯特时,玻尔还没有从金属的电子理论中摆脱出来,后来他才转向原子结构问题。正是这一转变,决定了他后来的研究方向。正是在曼彻斯特短短四个月的研究工作,为玻尔随后的爆发打下了基础。卢瑟福与他情同父子,演绎了一段物理学史上的千古佳话。

1912年7月底,玻尔离开英国,回到丹麦与心爱的恋人玛格丽特·诺伦德(Margrethe Nørlund)结婚。9月起在哥本哈根大学任教,1913年春正式成为该校讲师。



玻尔与诺伦德订婚后的照片

1913年2月4日前后的某一天,比玻尔差不多小一岁的同事汉森(Hans Marius Hansen, 1886—1956)拜访他,提到了1885年瑞士一所女子中学的数学教师巴耳末(Johann J. Balmer, 1825—1898)的工作,玻尔顿时受到启发。于是玻尔很快就写出了《论原子构造和分子构造》的三篇论文,经卢瑟福推荐,发表在《哲学杂志》上。这三篇论文,被玻尔的得意门生,玻尔思想的最佳诠释者罗曾塔尔(Stefan Rozental, 1903—1994)称为“伟大的三部曲”,已成为物理学史上的经典。

形形色色的原子模型

19世纪末,随着元素的放射性和电子的发现,人们开始研究原子的内部结构。但在1913年玻尔模型出现以前,大部分原子理论是猜测性的,没有坚固的实验支撑;有些甚至是纯粹的哲学思考,而不是科学理论;有些理论非常短命。当时,原子理论只是物理学的一个极小的研究领域,没有受到应有的重视。1900年在巴黎举办的第一届也是唯一一届国际物理学大会(International Congress of Physics)上,在被接受的92篇论文中,只有汤姆孙的论文是明确讨论原子结构的。汤姆孙提出原子模型和主要目的也不是为了弄清原子的真实图景,而是为了有助于理解原子物理学的其他方面。对于那个时代的大多数物理学家来说,思考原子结构有点像思考火星上是否有生命一样。

汤姆孙1903年提出来的“葡萄干布丁”模型最为有名。他认为数目不多的电子就像蛋糕里的一颗颗葡萄干一样,镶嵌在一大团弥漫分布的正电荷里面,正电荷的质量无足轻重。

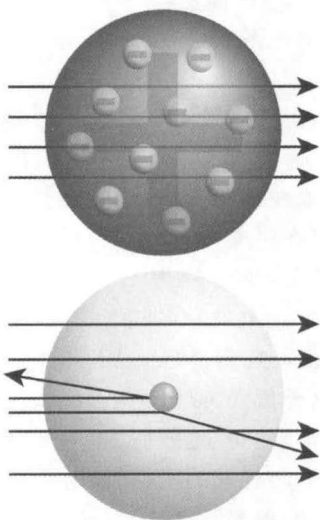
同一年,坚信东方人也同样能在科学上做出贡献的日本物理学家长冈半太郎(Nagaoka Hantaro 1865—1950),提出了著名的“土星模型”:原子中心是一个带正电荷的球体,在它外面有许多个电子聚集在一个像土星光环那样的圆环上做围绕中心球体的运动。用长冈自己的话就是,“大量相同质量的以等角度间隔排在圆周内的粒子,这些粒子之间的斥力与它们之间距离的平方成反比”,以及“以相同平方反比定律吸引着周围其他粒子的一个大质量粒子”。长冈的模型虽然有名,但他并没有从这个模型得出积极的具体推论。^①

英国数学家尼科尔森(John William Nicholson, 1881—1955)以长冈的“土星模型”为基础,设想电子在带正电荷的中心球体外面的“光环”上做环绕运动。太阳结构和原子结构类似,它们都能放射出能量脉冲。这种脉冲相当于普朗克的量子,于是就形成了线状光谱。

1909年,卢瑟福为了检验汤姆孙模型是否正确,指导他的助手盖革(Hans Geiger, 1882—1945)和马斯登(Ernest Marsden, 1889—1970)做了一个用 α 粒子轰击金箔的实验,结果发现,约有万分之一的 α 粒子发生了大角度散射,这与汤姆孙的电子均匀分布在正电荷球体中的设想是矛盾的,表明原子是有核的,而且整个原子的质量应集中在一个较之原子大小而言线度极其微小的核内。这是玻尔模型问世前原子结构理论的最大成就。

此外,还有荷兰物理学家洛伦兹的弹性束缚电子模型(1896)、德国物理学家莱纳德(Phillipp Lenard,

1862—1947)的动力子模型(1902),以及瑞士物理学家和数学家里茨(Walter Ritz, 1878—1909)的磁原子模型(1908)等等。所有这些模型都在某些方面成功地说明了原子的某些性质,而在另外一些方面又遇到了困难。



卢瑟福金箔实验 上图是汤姆孙的“葡萄干布丁模型”,下图是卢瑟福的有核模型。按前者, α 粒子能平行穿过,而后者因有质量很大的内核, α 粒子发生偏转。

绝大多数物理学家对它们都持怀疑态度。有许多更重要的问题没有得到圆满的解决,无人能看出这些问题之间的联系。原子的构成、元素的放射性质与化学性质之间的关系、巴耳末经验公式背后的物理意义等等,像一团迷雾一样,高悬于物理学大厦的大

堂之中。1913年,当玻尔采用量子概念建构自己的原子模型后,迷雾尽散,顿时天朗气清。

玻尔原子模型

早在哥本哈根求学期间,玻尔就已经接触到量子概念。自从卢瑟福向他介绍了第一届索尔韦会议(the first Solvay Conference,主题为“辐射与量子”)的情况后,更坚定了他试图利用量子概念来解决原子结构问题的信念。

按照经典的电动力学,一个循环运转的电子,将产生电磁波,向外辐射能量,由于能量的减少,最终将会以一种螺旋的方式塌陷于原子核中。可是我们观测到的却是稳定的原子,没有能量减小的现象发生。其次,按照电动力学,这种原子所放射的谱线应该是连续的,但实验上观察到的都是分立的谱线。

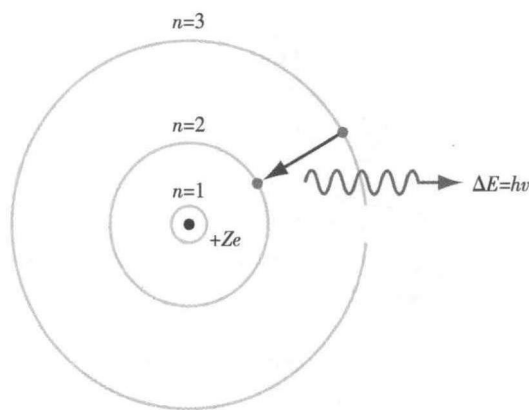
为了描述稳定的原子,玻尔认为经典力学和电动力学至少在部分领域是失效的。在“三部曲”的开头,玻尔开宗明义地说:“经典电动力学在描述原子规模的体系的性能时是不适用的。不管电子的运动定律会有什么改变,看来都必须在所谈的定律中引入一个不属于经典动力学的量,这个量就是普朗克恒量,或者正如通常所说的是基元作用量子。”

为此,玻尔提出了三条公设(postulate)。

(1)原子只能稳定地存在于一系列的离散的能量状态,即定态之中。

(2)原子的能量的发射和吸收不是连续的,而是仅当原子系统由一种“稳定态”过渡到另一种“稳定态”时才发生。

(3)辐射能量的变化等于发射或吸收辐射光子的能量。辐射频率 ν 满足普朗克关系式 $\Delta E=h\nu$,其中 ΔE 为两个稳定态之间能量的差。



玻尔的原子模型 其中显示了电子在层际间的跃迁。

玻尔不是基于一般原理,更多的是基于观测事实提出这三条公设的。他想表明,经典力学和电动力学的定律是有限度的。两个态之间并不存在连续的转变,量子跃迁是可以接受的。通过后来被证明是错误的几条假定,玻尔成功地得到了在电子运动与辐射之间的一个与巴耳末公式相似的关系。在差不多三十年的时间内,巴耳末公式的意义一直是一个谜。基于玻尔模型,能直接得出巴耳末公式,让人们看到了玻尔模型的解释能力。

用玻尔模型进行计算,与同一时期冯·劳厄(Max von Laue, 1879—1960)和布拉格(William H. Bragg, 1862—1942)用X射线衍射所测量的结果也相当接近。这也被看成是玻尔模型的胜利。玻尔模型很快就得到了承认。

1913至1914年间,德国物理学家弗兰克(James Franck, 1882—1964)和赫兹(Gustav L. Hertz, 1887—1975)进行汞蒸气实验。实验表示,汞原子内确实存在能量为4.9电子伏的量子态。后来他们又继续改进实验装置,发现了汞原子内部更多的量子态,有力地证实了玻尔模型的正确性。

1913年,英国物理学家莫塞莱(Henry G. Moseley, 1887—1915)发现,在以不同元素材料作为产生X射

线的靶实验时,所产生的特征 X 射线的波长不同。他看到玻尔的论文后,发现此现象能由玻尔模型给出很好的解释,这为玻尔模型提供了有力的证据。

为了更好地与实验结果相吻合,1916年,德国物理学家索末菲(Arnold Sommerfeld, 1868—1951)在玻尔模型的基础上将圆轨道推广为椭圆形轨道,并且引入相对论修正,提出了索末菲模型,用以解释光谱线的精细结构。

为证明原子角动量量子化,1921—1922年,德国物理学家施特恩(Otto Stern, 1888—1969)和格拉赫(Walther Gerlach, 1889—1979)完成了后来以他们名字命名的施特恩-格拉赫实验。

1932年,美国化学家尤里(Harold C. Urey, 1893—1981)观察到了氢的同位素氘的光谱,测量到了氘的里德伯常数,和玻尔模型的预言符合得很好。

由于能与一系列的实验相吻合,玻尔模型得到“合法地位”。在量子力学 1925 年出现之前,它在许多情况下都是用来对原子过程作定量描述的一个基础。

玻尔模型的弱点和困难

玻尔模型有许多与生俱来的弱点和矛盾。随着时间进展,有些矛盾越来越明显。尽管玻尔试图解决这些矛盾,但始终未能如愿。

一、不是从基本原理出发来提出公设,更多地是从实验成功而外推的。与经典电动力学明显相悖。

二、除了能很好地描述只有一个电子的氢原子和离子的行为外,对多电子系统无能为力。无法解释稍复杂一些的氦原子光谱以及更复杂的原子光谱。

三、没有考虑相对论效应,尽管电子在氢原子的基态运转速度接近光速的 1%。

四、无法理解化学键。

五、不能解释磁场影响下的谱线分裂现象(反常塞曼效应)。

六、最重要的是,使用的还是经典概念,比如轨道、位置、动量等。

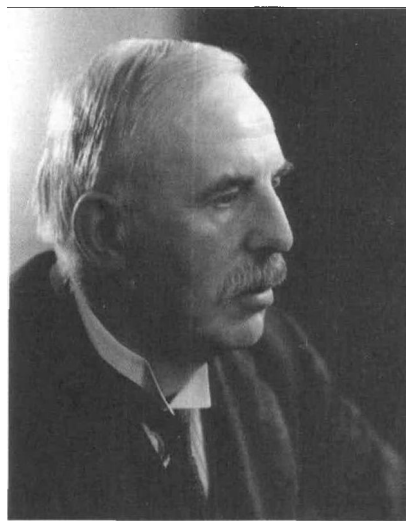
之所以说玻尔模型是一种半经典的理论,是因为其中的量子条件是人为附加的,无法从逻辑上加以说明。它无法解释为什么处于定态中的电子不发出电磁辐射,对跃迁的过程描写也非常含糊,无法揭示氢原子光谱的强度和精细结构。因此,玻尔在获 1922 年度诺贝尔物理学奖时说:“这一理论还处于很初级的阶段,许多基本问题还有待解决。”1925年,海森伯(Werner Heisenberg, 1901—1976)抛弃玻尔所采用的电子轨道、运行周期等经典概念,建立了全新的量子力学,玻尔模型才完成了其历史使命。

启示

为什么是玻尔这位来自北欧小国丹麦的年仅 27 岁,获得博士学位仅两年的年轻人,而不是那些“众望所归”的学界名流,做出了“如此重要的一步”(狄拉克语)?这里面有许多值得思考的地方。

如何处理“公认理论”与实验结果之间的矛盾,最能体现一个科学家的胆识。多数科学家的做法是想设法保护“公认理论”的基本原理,为此不惜提出一些特设性假设。比如,洛伦兹的“长度收缩假设”,就是为了解决麦克斯韦方程组在经典力学的伽利略变换下不具有协变性这一逻辑矛盾而提出来的,但对这种特定假设的物理本质却不能给出满意的说明。普朗克在 1900 年提出的“量子”概念其实也是一个权宜之计,就连他自己都没有弄清量子概念背后的真正含义,直到爱因斯坦 1905 年用它来解释光电效应,事情才开始明朗起来,但当时也没有引起足够的重视,没有人想到用它来解决原子结构这样的微观问题。无论实验物理学家还是理论物理学家都有自己的盲点。前者侧重于从实验结果归纳定律,无暇于理论逻辑推演。后者过分关注理论的逻辑自洽,没有认真对待各种尚不成熟的原子模型。而玻尔身上兼具实验家和理论家的特点。他认识到,许多现象在现有的理论框架内是不可能得到解释的。实验同理论之间的鸿沟,决非通过修正计算细节或提出特设性假设就可以消除。

玻尔身上体现了历史上所有“集大成者”的优秀品质:虚怀若谷,不抱成见,博采众长,成一家之言。如果没有原子光谱的数据和经验公式、元素自然周期律、普朗克的作用量子以及卢瑟福的有核原子模型,很难想象会有玻尔模型的出现。



卢瑟福照片

玻尔模型是综合集成的产物。诚如爱因斯坦所说的:“作为一位科学思想家,玻尔所以有那么惊人的吸引力,在于他具有大胆和谨慎这两种品质的难得的融合;很少有谁对隐秘的事物具有这样一种直觉的理解力,同时又兼有这

样强有力的批判能力。他不但具有关于细节的全部知识,而且还始终坚定地注视着基本原理。他无疑是我们时代科学领域中最伟大的发现者之一。”

除此之外,玻尔的谦逊品质,他的社会交往和幸福婚姻等因素都起到了非常重要的作用。

卢瑟福在玻尔的成功过程中扮演了非常重要的角色。玻尔最初选择的是去剑桥卡文迪什实验室,追随55岁的如日中天的汤姆孙,但并不如愿。后来他常用他与汤姆孙之间的关系来劝告那些想做研究的年轻人,千万不要追随特别有名的人。正是在曼彻斯特短短的四个月,奠定了他的成名之作的基础,与卢瑟福之间结下了终生的友谊。玻尔说过,他要感谢卢瑟福“也许胜过……任何在世的人”。曼彻斯特之所以能风生水起,除了设备精良的实验室,团队之间的精诚合作,追求真理的献身精神,更重要的是一个像卢瑟福那样的能把周围一切力量调动起来,既是科学家又是领导人的主持者。玻尔后来在哥本哈根将卢瑟福精神发扬光大,成就了举世闻名的“哥本哈根学派”。正是这些天时地利人和的因素相结合,让玻尔的英名永留在科学史册上。

[1]《诺贝尔奖讲演全集》编译委员会.诺贝尔奖讲演全集:物理学卷I.福州:福建人民出版社,2003.

[2] Mitra A N, et al. Niels Bohr: a profile. New Delhi: Indian National Science Academy, 1985: 169-171.

[3] Jammer M. The conceptual development of quantum mechanics. Los Angeles: Tomash Publishers, 1989.

[4] Kragh H. Before Bohr: Theories of Atomic Structure 1850-1913. Research Publications on Science Studies #10. Denmark: Centre for Science Studies, University of Aarhus, 2010.

[5] Pais A. Niels Bohr's times: In physics, philosophy, and polity. Oxford: Clarendon Press, 1991.

[6] Røseberg U. Niels Bohr, leben und werk eines atomphysikers 1885-1962. 3 Auflage. Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, 1992.

[7] Rozental S. Niels Bohr: his life and work as seen by his friends and colleagues. Amsterdam: North-Holland, 1967.

[8] 玻尔.尼耳斯·玻尔集:第二卷.戈革,译.上海:华东师范大学出版社, 2012.

[9] 冈本拓司.科学与竞争:以日本物理学为例,1886-1949.科学文化评论,2006,3(2):38-52.

[10] 戈革.史情室文带:上卷.北京:中国工人出版社, 1999.

[11] 罗森菲耳德.量子革命.戈革,译.北京:商务印书馆,1991.

[12] 爱因斯坦.爱因斯坦文集(增补本):第一卷.许良英,李宝恒,赵中立,等,编译.北京:商务印书馆,2009.

注释:

① 长冈非常具有创造性,曾在德国留学三年。他的论文1904年发表在英国的《哲学杂志》上。7年后,卢瑟福才公布了更为著名的原子模型,其核心理论与长冈的极为相似,但卢瑟福最初对长冈只字未提。1911年,卢瑟福才第一次提到了长冈的早期工作。长冈的论文在长达7年的时间里,没有受到应有的重视。一个似乎可能的解释在于:当时学界还没有认识到“有核的”原子模型的重要性,长冈的论文问世太早。可能也与长冈模型并没有推导出太多新的结论有关。

关键词:玻尔原子模型 理论与实验的矛盾

科学领袖 旧量子理论



跟踪·扫描

电离层经度变化的起源研究取得新进展

[本刊讯]中国科学院地质与地球物理研究所地磁与空间物理研究室赵必强利用远东地区东经135°和西经70°的三对测高仪及掩星资料研究了中国东西部电离层差异。研究表明:5—9月中国电离层电子浓度白天西部高于东部可达40%,而夜间东部高于西部仅15%,西部白天峰值高度高于东部约30~50公里,通过提取峰高和高水位线(HWM)计算的漂移贡献,推算中国东西部差异可由地磁偏角分布调制的垂直风场漂移引起;白天和夜间东西差异的年变化幅度和相位均与美洲地区结果有较大差异;电离层

电子浓度东西差异在远东与北美地区具有相反的太阳活动依赖性。该研究成果发表在 *JGR-Space Physics*, 2013, 118:1-12.

电离层经度变化的起源一直以来都是国际高层大气物理研究的热点之一,而不同纬度带的经度变化特征及机制又完全不同。低纬电离层主要受 E (电场) $\times B$ (磁场)电动力学过程的影响。中低纬的各种潮汐风场结构和电导率经度差异会导致电离层电场的经度差异,从而导致电子浓度的经度变化,如低层大气中的非迁移潮汐过程会导致低纬电离层出现波数为四的经度结构。与低纬相比,中纬电离层经度差异绝对变化小,但相对差异较大。最近,美国麻省理工学院的学者利用长达数十年的非相干散射雷达测量的电离层资料和美国密集的GPS数据证

明:即使北美地区都位于近磁极位置,其东西部电离层日变化仍然存在较大差异,该差异与北美地区磁偏角对纬向风场的调制作用有关。北半球中纬磁偏角差异较大的区域除了北美地区,另一个在远东地区。

该研究结果证明北半球中纬电离层存在受磁偏角影响,存在波数为二的电离层经度变化。远东和北美地区东西差异的气候学变化过程十分不同,显示中纬地区经度差异除纬向风场变化外,可能还受其他机制的影响,如中性大气化学成分经度变化以及弱地磁扰动过程中极区能量注入的经度差异,这些假设的证实还需进一步研究。

(闻正)

SCIENCE

(KEXUE)

Bimonthly (Since 1915)

Vol. 65, No.3

Zhou Guangzhao

President of Editorial Board

Publisher

Shanghai Scientific and
Technical Publishers
(<http://www.sstp.cn>)

Office

71 Qinzhou Nan Road,
Shanghai 200235, P.R.C.
(<http://www.kexuemag.com>)

E-mail

kexue3@kexuemag.com
kexuemag@sstp.cn

Fax

86-21-64848368

Telephone

86-21-64848368

Distributor

China International Book
Trading Corporation
(P. O. Box 399, Beijing)

Code Number

BM 1188

Date of Publication

2013-5-25

SPECIAL SUBJECT

Lin Zhenyi

2 The Way of Scientific Thinking: Its Structure and Generation

The way of scientific thinking is the accumulation of the scientific understanding and its results in human minds. It is not restricted to the scientific methodology, and not totally substituted by the scientific ontology. However, it has some regularities in structure. It is generated in the scientific community, and fulfilled from its interaction with the public.

6 How Science Became a Culture in History

Zhou Dehong, Wu Yiyi

Culture is a category of ideology, and science is a systematic knowledge by which we study the world. From the ancient Greek, the Renaissance to the Enlightenment, science or rationality has become the values that we all obey. Hence, science becomes a kind of cultural existence.

FRONTIER

Xia Junqing

10 Precise Picture of Universe from Planck Satellite

Recently ESA's Planck satellite has delivered its first all-sky image of the Cosmic Microwave Background, improving our understanding of the origin and evolution of the cosmos. The images provided the most precise picture of the early universe and the most stringent constraints on features of the universe so far.

15 Shanghai 65 Meter Radio Telescope

Shen Zhiqiang

The Shanghai 65 meter radio telescope is a new general purpose 65-meter-aperture radio telescope, the biggest fully steerable radio telescope in Asia. It will operate in a wide range of frequency (from 1.4 GHz to 43 GHz). The primary active surface is installed to improve the efficiency at high frequencies.

21 3D Printing Technology and the Revolution in Manufacture

Wang Chengtao, Li Xiang, et al

Nowadays, 3D printing technology has aroused wide interest home and abroad. In this article, the history, principle, current situation and applications of this technology are briefly described, especially the value of its medical applications. Although much effort has been done on it, the mature of this technology takes time.

26 Aging: A Life Science Approach

Liu Zuyun, Wang Xiaofeng

Aging, a common natural phenomenon of all the organisms, has always been a hot topic in life science research. The mechanism of aging is extremely complicated, involving genetic and environmental factors, as well as their interaction. This paper will make a review of recent research progress of aging with a focus on the research model selection, biomarkers, the mechanisms, and intervention strategies of aging process.

FORUM

Wang Keyi

31 Biomolecules as Information Carriers and Converters

The prerequisite of life science is the collection of information. Due to their structural complexity, biomolecules carry huge amount of information. The existence, heredity and multiply of life depend on a variety of information involved in biomolecules and conversions among them.

36 Welcome to the Anthropocene

Mo Jie

History has been recorded by various species in the geological period called the Holocene, which dated back to 10,000 years. However, our collective actions have brought us into an uncharted territory. A growing number of scientists think we've entered a new geological epoch with a new name the Anthropocene.

39 Technologies for Water-saving Campus Construction

Bai Tao, Li Weiyang, et al

Water conservation is the important part of resource-saving campus construction. Based on the situation of shortage and waste of water resources in China currently, characteristics and problems of water usage in colleges and universities, were analysed in the paper. The main water-saving measures of universities were introduced. As a case study of Tongji University, practical water-saving measures of campus were investigated, and suggestions for water-saving campus construction were proposed.

NATIONAL CONDITIONS**42 Study of City Disaster Prevention and Its Countermeasures in China**

Tian Chunling, Xu Changle, et al

City safety arouses public concern because of the concentration of the population and property. Based on facts from the population migration to the coastal areas to global warming, this paper discussed the issue of city disaster prevention and its countermeasures.

ORIGIN & DEVELOPMENT**47 How a Semi-classical Model Became Classical**

—In Commemoration of the 100th Anniversary for Niels Bohr's Atomic Model Fang Zaiqing

Niels Bohr's atom model was an revolutionary event in physics when it was published in 1913. As a celebration of the 100 years of this atomic model, this article reveals the process of how this model was developed by Bohr in detail. Although Bohr's model had become outdated scientifically, yet Bohr's research method can still enlighten contemporary scholars.

52 W. H. Nernst: Distinguished German Physicist

Bai Xin, Zhai Lipeng

This paper made a brief introduction of Professor W. H. Nernst, a distinguished German physicist, on his life and scientific contributions.