

世界现代后期 科技史

潘晓南 著

中国国际广播出版社

内 容 提 要

本书反映的是 1918 年至 1945 年世界科学技术史的概貌。书中着重介绍了作为现代物理学两大支柱之一的量子力学的诞生及其所带来的物理学革命；介绍了在计算工具历史发展的基础上诞生第一台电子计算机的过程；对这一历史时期新能源等领域中的科学技术成就作了较为详尽的论述；还就两次世界大战给科学技术带来的影响作了较为客观的反映。

本书通俗易懂，以史为主，史论结合，并对这一特定科学技术发展阶段中的重要人物和重要事件作了专章介绍。适于具有中学以上文化程度的读者阅读，亦可作为物理学、计算机科学以及科学技术史等方面的教学人员、研究人员的参考用书。

目 录

世界现代后期科技史

一、概 述	1
二、从量子论到量子力学的物理学革命	9
1. 物理学的几项重大发现	9
2. 早期量子论	23
3. 量子力学的诞生和发展	32
三、第一台电子计算机的诞生	51
1. 计算工具的历史发展	51
2. 电子技术的突破	69
3. 第一台电子计算机的诞生	73
4. 冯·诺依曼和 EDVAC 机	79
5. 图灵和“理想计算机”	82
四、数学的发展	85
1. 现代数学初创	85
2. 一些颇有影响的数学学派	93
3. 应用数学的发展	98
五、现代化学的进展	104
1. 物理学革命对现代化学的影响	104
2. 高分子化学与合成化学的发展	106

六、核能的开发和利用	120
1. 中子和慢中子效应的发现	120
2. 铀核裂变和链式反应的研究	125
3. 曼哈顿工程——第一批原子弹的研制	130
4. 核聚变能和其他一些能源技术的初步研究	135
七、其他领域的科学技术成就及发展	137
1. 物理学其他一些领域的研究进展	137
2. 天文学的新成就	141
3. 现代地学理论的诞生	142
八、两次世界大战对某些应用技术发展的影响	156
1. 广播技术的发展	157
2. 电视技术的产生	159
3. 迅速发展的雷达技术	161
4. 喷气式飞机的诞生	163
5. 火箭的发明与运用	166
6. 早期遥感技术	168

一、概 述

在人类的历史长河中,20 世纪 20—40 年代是一个短暂而又非同寻常的时期。

在这一段时间里,人类尚未抚平第一次世界大战的创口,又经历了另一场规模更大、更为残酷的世界大战。历史上仅有的两次有众多国家卷入的战争,给我们的星球,给爱好和平的人们带来了深重的灾难,但也从另一角度促进、加速了科学技术的发展。

这又是一段创造奇迹的时期,科学和技术的许多方面在第一次世界大战结束到第二次世界大战爆发之间的 20 年时间里获得奇迹般的发展。作为现代数学基础理论三大支柱的抽象代数、拓扑学、泛函分析,溯源于 19 世纪末,奠基于 20 世纪初,而形成于两次世界大战之间。微观领域的物理学革命,也是在这一历史时期中,突破了旧量子论的 10 年徘徊,建立起了真正反映微观领域物质运动规律的量子力学理论体系,使人类对自然界的认识真正从宏观世界深入到微观世界。

相对论和量子力学理论的创立是 20 世纪上半叶物理学革命的两大战场。由科学巨匠爱因斯坦在世纪之初创立的相对论,使人类的认识由低速领域扩大到高速领域;由宏观领域延伸到微观范围;从我们生存的三维空间到时间、空间共同构成的四维

时空,人们第一次深刻认识到时间和空间的相互依赖;认识到时间和空间的相对意义;认识到时间、空间与物质运动的相互依赖,而且,这种依赖关系不仅表现在时间、空间对物质运动的依赖,还表现在对物质分布的依赖。广义相对论则在更深的层次上揭示了这种依赖关系。

相对论所揭示的高速领域物质运动的规律,为全面描述处于高速运动状态的微观粒子的运动规律打下了基础。它所揭示的质量、能量关系,还从理论上预言了物质内部蕴涵着的极大能量,预示了核能开发的可能性。

在爱因斯坦创立相对论的过程中,量子理论的革命也已奏响了序曲。

19 世纪末 20 世纪初,自然科学有了一系列新的重大发现。1887 年,赫兹发现了一种无法用经典理论解释的“光电效应”现象。1897 年,电子的存在得到 J. J. 汤姆逊等人的确证,这是人类认识到的第一个基本粒子,是构成原子的要素之一。电子的发现动摇了原子不可分的经典观念,说明原子中还包含着更小的物质微粒。1895 年,伦琴发现 X 射线——发自原子内部的高频电磁波,进一步向人们提供了来自原子内部的信息,而且,这种射线的发现还直接导致了次年物质放射性的发现。在不断深入探究物质的放射性,发现更多放射性元素的过程中,卢瑟福与皮埃尔·居里夫妇等科学家作出了杰出的贡献。

实验向人们证实:①一些物质自发放射出的射线中,有 α 射线、 β 射线和 γ 射线,其中, α 射线是带正电的二价氦离子,贯穿本领较小; β 射线是高速运动的电子流,贯穿本领大; γ 射线则是一种贯穿本领极强、不被磁场偏转的电磁波辐射。②在放射性衰变过程中,一种元素的原子可以转变为另一种元素。到此,“原子

不变”、“原子是不可再分”的经典结论已被彻底否定。新的发现引导人们去研究这些现象的本质,去揭开原子内部结构的秘密。新的发现也在呼唤着反映微观世界结构和描述微观世界运动规律的新的科学理论的诞生。

然而,早期量子理论的出现并不直接源于这几个重大发现,而是源于对黑体辐射问题的研究,具体地说是源于“绝对黑体辐射能量分布密度的公式与实验结果不符”的事实。在解决上述矛盾的过程中,普朗克提出了一个能与实验相符的公式,然而,根据旧有的理论却无法对这个与实验相符的公式作出令人满意的解释。于是,他不得不于1900年提出了一个革命性的“能量子”的假说。

五年之后,爱因斯坦发展了“能量子”概念,提出“光量子”理论(这一年,爱因斯坦同时创立了“狭义相对论”),对“光电效应”作出了满意的理论解释,而且,第一次提出了“光具有波动性和粒子性这两重性质”。

普朗克和爱因斯坦的工作为量子力学奠定了重要的基石。约20年后,爱因斯坦关于“光的二重性”观点启发了德布罗意,后者对“光的二重性”的拓广,直接推动了量子理论的发展。

另一方面,在前面所述的重大发现的基础上,人们提出了关于原子结构的各种模型和设想,如1902年,W·汤姆逊即开耳芬勋爵的“面包葡萄干”模型;1911年,卢瑟福的“太阳系模型”等。但是,这些模型都先后被否定了。1913年,玻尔在卢瑟福模型的基础上,结合普朗克的量子概念,提出了“原子结构的量子化轨道理论”。这一理论虽然突破了经典理论的许多框框,成功地解决了卢瑟福模型的困难,而且还解释了许多微观实验事实,但是,这一实际上还是基于经典理论基础上的模型,仍然面对许

多无法解释的难题。

1923年后,早期量子理论的困难才有了突破性进展。首先是德布罗意,在爱因斯坦“光量子”论的启发下,提出了实物粒子的“波粒二重性”,使量子理论由“早期阶段”而转入新的量子理论——量子力学的形成阶段。作为反映微观世界运动规律正确理论的量子力学是沿着两条不同道路发展的。一条是源于德布罗意的“物质波”,并由薛定谔完成的“波动力学”;一条是海森堡等通过对玻尔的“对应性原理”等理论进行深入的、批判性的研究后而形成的“矩阵力学”。后来证明,这两种描述微观世界的理论是完全等价的,只是形式不同,因此合称量子力学。1928年,狄拉克相对论性波动方程的导出,标志着量子力学的最终建成,并实现了量子理论和相对论的统一。

之后,围绕量子力学理论的物理解释,科学界展开了一场规模和深度空前的争论,对垒双方的代表分别是科学巨匠爱因斯坦和哥本哈根学派的领袖玻尔。这一场旷日持久、至今仍未平息的学术论争,将人们对自然界的认识不断引向深化。

作为现代物理学两大支柱的量子力学和相对论的建立,是发生在20世纪的最深刻的科学革命。这两个理论的共同之处是,对经典物理理论的突破,对传统的错误或狭隘观念的否定,扩大了人类所认识的自然界的领域,并极大丰富了人类的思想宝库。它们的诞生带来了物理学及其他学科领域的革命性变化,导致一系列新学科和边缘学科的出现,如核物理学、物性物理学、基本粒子物理、天体物理、宇宙学、量子化学、量子生物学等,为新的技术革命奠定了坚实的理论基础,对20世纪乃至今后几个世纪的科学和技术的进步,都是极大的推动。

而量子理论发展与相对论创立的一个明显不同之处在于它

的研究的群体性,至今生命力不减当年的相对论基本上是由爱因斯坦独自闯关过隘创立的,而量子理论则先后有许多科学巨人为之献出了毕生精力。这种科学研究的群体性特点在 20 世纪后来的科学和技术研究中,均表现得十分突出。例如,在核能的开发和利用过程中,在第一批原子弹的研制过程和第一台电子计算机的研制过程中。

1905 年,爱因斯坦在创立狭义相对论时,提出了著名的质量能量关系式 $E=MC^2$,从理论上预言了物质内部蕴涵着极大的能量。但从理论预见到 30 年代末真正为打开核能库的大门作好准备,这中间凝聚了许多科学家和技术人员的心血。

在物理学一系列重大发现和量子力学理论的推动下,30 年代核物理学的研究蓬蓬勃勃,正是这种研究直接导致了核能的开发。1932 年 2 月,卢瑟福的学生查德威克宣布发现中子;1934 年,费米领导的研究小组成功地利用中子轰击原子核,创造了一系列新的放射性同位素并发现了“慢中子效应”。这一效应的发现被誉为“核时代的实际起点”。

1938 年,哈恩和斯特拉斯曼经过对有关实验结果的缜密分析后指出,利用中子轰击铀核将产生“重核裂变现象”。1939 年 2 月,麦特纳与弗瑞士撰文解释哈恩的重核裂变实验,并指出,重核裂变的同时发生了“质量亏损”的现象,根据爱因斯坦质能关系式,核分裂必然伴随着巨大的能量释放。同年,费米和其他科学家发现了重要的“链式反应”的原理,证明在极短的时间原子内部可以释放出极大的能量。

核物理学的研究成果为核能的开发和利用、为研制原子武器奠定了基础,但从理论到工程实践,从科学家的实验室到制出实物还需要进行大量的应用研究、工程研究和生产工艺等方面

的研究,要解决许多极为复杂的技术问题,而且,需要大规模有组织的协作和投入大量的人力、物力和财力。所有这些在和平时期是很难想象的。第二次世界大战的形势促成美国下决心研制原子武器,希特勒在欧洲的法西斯暴行迫使当时世界上许多最优秀的科学家云集到美国,这些都构成了原子弹研制成功的先决条件。

1941年12月6日,在珍珠港事件的前一天,美国科学发展总局局长宣布了全力以赴地制造原子弹的决定。1942年,盟国的原子能计划进入一个崭新的阶段,美国原子能研究的最高控制权也转移到了军政委员会。同年8月13日,研制原子弹的全部计划为保密起见而取名为“曼哈顿工程”。为实现这一“工程”,美国动员了50余万人,其中有15万科技人员,耗资22亿美元,动用了全国1/3的电力,在不到四年的时间里制造了三颗原子弹。

原子弹的制成充分表现出了科学研究的群体性特点,同时表明,任何一项重大的发明和技术成果的取得,都是科学技术历史发展的必然,但是,除了理论成熟、技术条件具备之外,社会需要也是不可或缺的重要条件。第一台电子计算机的研制也充分证明了这一点。

计算工具经历了人工计算工具、机械计算机、机电计算机、继电器计算机等的千百年革新演进,到20世纪30年代,在程序自动控制、系统结构、数据的输入输出以及数据存储等方面为现代电子计算机的产生奠定了非常成熟的技术基础。其实,电子管在20世纪初(1906年)已经问世,逻辑电路的理论早在19世纪末也已建立,现代计算机的基本设计思想和完整的蓝图在她诞生之前100多年,已经由英国数学家巴贝吉给予了天才的描绘。

也就是说,电子计算机的研制更早些时候已经具备了必要的理论和技术条件,但是,第一台电子计算机 ENIAC 于四十年代才诞生。对此,ENIAC 设计方案的提出者莫希莱曾回答说:“一部分原因是在此之前还没有这种迫切的需要。需要是个奇怪的东西,人们往往需要某种事物,但又不知道他们需要它。”

美籍保加利亚学者阿塔纳索夫和德国工程师朱斯等分别在 30 年代末和 40 年代初对电子计算机的研制作了饶有成效的探索,但他们都因缺乏经费,得不到政府的支持而未成功。他们研制计划的天折和后来第一台电子计算机 ENIAC 的成功再次说明了现代科学技术发展的鲜明社会化特征。制造电子计算机不可能再象帕斯卡加法机、莱布尼兹计算机和巴贝吉差分机那样,可以靠某个杰出的科学家个人的努力来实现,它需要雄厚的技术基础,需要大量的资金投入,需要多学科的科学家、工程技术人员和科技管理人员的密切配合,更需要国家财政的全面支持。

第二次世界大战中,由于战时弹道研究实验室火力表计算和研究的需要,美国军械部和莫尔学院于 1943 年 6 月签订合同,投入 40 万美元,实施 ENIAC 的研制计划。1945 年底,第一台电子计算机的研制工作全部完成,实际耗资 48 万美元。可以说,战争的需要是第一台电子计算机诞生的直接动因。

20 世纪的两战世界大战对科学技术发展的影响是深远、巨大而复杂的。特别是第二次世界大战对相关应用技术和应用学科的促进,不仅仅表现在核技术和计算机技术方面,构成我们现代文明的许多中枢技术,如广播和电视使用的超短波技术、雷达技术、自动控制技术、喷气机技术、火箭技术等,也都是在前人科学研究的基础上,于 20 年代开始萌芽、成长,30 年代先后进入了成熟阶段,第二次世界大战中开花结果的。战争还根本改变

了科学技术在人类社会中所处的地位,并使其出现了一系列崭新的特点。

这一历史时期中得到发展的科学和技术,大大推进了 20 世纪人类社会的发展和科技的进步。人类的许多梦想,对能源的渴求,探索太空、探索微观物质的奥秘的希冀,真正解放智力、运筹信息的愿望,……,已经变成现实或正在变成现实。

二、从量子论到量子力学的物理学革命

不论在物理学史还是在科学技术史上,19 世纪末至 20 世纪初都是一个非常重要的时代,是一个“科学时刻在活跃、在跳动”的时代,是一个不断有新的发现、有新的理论突破的时代。在这个时代诞生的革命性理论——相对论和量子理论,成为现代科学、特别是现代物理学的两大支柱。相对论源于对“静止以太”存在的研究,或者更确切地说是源于对经典物理学内在矛盾的研究;而量子力学则主要源于新的实验事实、新的物理发现与现存理论的矛盾,描述黑体辐射能量密度分布的公式与实验结果不符导致“能量子”假说的诞生;电子、X 射线及放射性等微观领域的一些重要发现,与人们固有的原子理论相悖,促使人们对原子结构作深入的探究。两个似乎不相干的领域中展开的物理学革命,最终诞生了与相对论并驾齐驱的另一理论体系——量子力学,一种反映微观粒子结构及其运动规律的科学理论。随着量子理论的建立和发展,原子结构理论成为它的一个分支,而最终得到了明确、透彻的理论阐述。

1. 物理学的几项重要发现

早在 19 世纪初,就有人对原子不可分的千古定论提出过挑

战,但直到 19 世纪末,物理学的几项重大发现才揭开原子内部之谜,并进一步引导人们去探索原子的内部结构,并揭开微观物理学革命的序幕。

(1) 电子的发现

电子的发现是科学家们对“阴极射线”长期探究的结果。早在 1836 年,法拉第(1791—1867)就注意到低压气体中的放电现象,并预言这种放电现象将给以后的电学研究带来很大影响。

1855 年,德国的玻璃技工盖斯勒(1815—1879)利用托里拆利真空原理制成了简易的水银真空泵——盖斯勒泵,并制成了低压气体放电管——盖斯勒管,为人们进一步研究低压气体中的放电现象及其本质创造了条件。1857 年,普吕克尔(1801—1868)利用改进了的盖斯勒管和盖斯勒泵研究气体放电效应时发现,当管中的气压足够低并在封入管内的两极间加上高电压时,就有一束射线从管中的阴极发生,在对面的管壁上留下了绿色的荧光。之后的实验证明,这种射线能被磁场偏转,而且是直线传播的。

德国物理学家戈尔茨坦(1850—1930)于 1876 年证实了普吕尔发现的现象,并把这种射线称为“阴极射线”。德国的物理学家赫兹(1857—1894)等认为,阴极射线是一种电磁辐射现象。

1879 年,英国物理学家克鲁克斯(1832—1919)亲自改进了真空泵,提高了放电管的真空度,制成“克鲁克斯管”。实验发现,阴极射线能推动放入管中的云母风车转动,克鲁克斯认为,阴极射线实际上是一种高速带电的粒子流。

1892 年,人们发现,阴极射线能够穿透金属片而发生漫射现象。德国物理学家勒纳德(1862—1947)于 1894 年设计制作了

一种带有小窗的新型盖斯勒管,小窗是用很薄的铝箔做成的,阴极射线可以通过小窗漫射。他研究了从小窗飞出的射线(也称勒纳德射线)的性质,证明了阴极射线漫射的说法,还发现其能使照相底片感光的作用。勒纳德的实验被看作是以以太振动说的证据。

“阴极射线”是“粒子流”还是“电磁辐射”?两种观点在一段时间里相持不下。英国物理学家、剑桥著名的卡文迪许实验室的负责人 J. J. 汤姆逊(1856—1940)从 1881 年就开始研究阴极射线,他赞成“粒子流”的观点。1894 年,汤姆逊用实验测得阴极射线速度要比光速小得多,进一步确信,阴极射线不是一种电磁辐射。1897 年,他通过对勒纳德实验的分析认为,这个实验恰恰证明了:阴极射线是粒子流,而且组成射线的粒子比原子小。之后,他用实验证实了佩兰(1870—1942)于 1895 年得出的关于“组成阴极射线的粒子是带负电荷”的结论。

为了进一步搞清这种粒子的本质,汤姆逊于这一年对这种粒子的荷质比(e/m)即粒子所带电荷 e 和质量 m 的比值,进行了一系列的测量。他分别利用了热学的方法和电、磁场偏转法。利用电、磁场偏转法时,他重新设计了真空管,对管中由阴极发出的射线分别施加磁场和电场的作用,通过对粒子在电场、磁场中偏转情况的测定,计算出粒子的荷质比。实验中他还发现,粒子的荷质比并不因为电极材料和管内气体的改变而有所变化,因此证明,不同物质发出的阴极射线粒子是相同的。和在电解过程中测定的氢离子的荷质比相比,阴极射线中粒子的荷质比要大得多,说明新粒子和氢原子比,要么电荷量很大,要么质量很小,或两者兼是。但由电磁场可使阴极射线强烈致偏来分析,新粒子的质量应比氢离子小得多。汤姆逊最后采用了英国物理学

家斯通尼(1826—1911)于 1891 年提出的说法,称阴极射线粒子为“电子”。

1883 年,爱迪生(1847—1931)在研究白炽灯时发现,灯泡中与灯丝相对的金属片的表面会发出淡蓝色的亮光,即炽热的灯丝有带电粒子发出,这种现象称为爱迪生效应。汤姆逊研究了爱迪生效应,测量了由炽热灯丝发出的带电粒子的荷质比,发现其数值与阴极射线粒子的数值相同。

1896 年,塞曼(1865—1943)和洛伦兹(1853—1928)根据洛伦兹的电子论,对“塞曼效应”作了进一步的理论分析,并计算出电子的荷质比值,与汤姆逊的实验测定是基本一致的。因此可以说,到 1897 年,电子的存在得到了确证,汤姆逊因此获得 1906 年诺贝尔物理奖。

但是,电子的电荷和质量仍有待进一步确定。汤姆逊的学生汤森(1868—1957)、汤姆逊本人以及威尔逊(1869—1959)分别对电子的电荷进行了测定。1898 年,汤姆逊测得电子的电荷值 e 为 3.3×10^{-10} 静电单位。

美国物理学家密立根(1868—1953)分析了前人测定电子电荷实验存在的问题,提出克服误差的若干措施,设计了著名的“密立根油滴实验”。从 1906 年至 1917 年,他多次改进实验,以提高精度,最后测得的电子电荷值为 $4.774(\pm 0.005) \times 10^{-10}$ 静电单位。(目前的精确值是 4.083×10^{-10} 静电单位。)

密立根的油滴实验,是让带电小油滴在两个水平放置相距一定距离的金属平板间上下运动,板间有空气。首先观察测定小油滴在重力作用下,自上而下运动的速度。然后,在两板间加上恒定电场,小油滴将在重力和电场力的合力的作用下徐徐上升,可再测得油滴上升的速度。利用测得的两种速度、油滴与板间空

气的粘滞系数以及油滴荷电数、空气密度和重力加速度等可以计算出电子电荷 e 的值。密立根还证明了, 电子的电荷值 e 是电荷的最基本单位, 其他所有带电物质的电量都是 e 的正整数倍或负整数倍。因此, 测得了电子电荷精确值的密立根精巧实验, 还有另一重要意义, 即给出了物理学一个十分重要的物理常数。

电子是人类认识的第一个基本粒子, 是原子的构成要素, 电子的发现动摇了原子不可分的经典结论, 引导人们进一步去探索原子内部结构的奥秘。

(2) 伦琴发现 X 射线——短波段的一种电磁波

1879 年, 英国物理学家克鲁克斯在研究阴极射线的实验时还发现, 放在放电管附近的照相底片上有被感光的迹象。但是他以为是底片的质量有问题而未加探究, 失去了发现 X 射线的机会。

1895 年, 德国物理学家伦琴(1845—1923)在研究阴极射线时偶然发现, 放在高真空放电管附近的照相底片被感光了, 而且底片是用黑纸严密包着的。伦琴当时是德国维尔茨堡大学的校长, 更是一位有见识、严谨诚实的实验家。他认为这一现象说明, 放电管内发射出了某种能穿透底片包装纸的射线。伦琴进一步的实验发现, 即使把放电管用黑纸包起来, 这种射线也能使放在装置附近的涂有亚铂氰化钡的屏发生荧光, 即使将屏放到离装置两米远处, 也能观察到这种荧光。伦琴确信, 这种新奇现象无法用已发现的阴极射线来解释, 因为实验已经证明, 阴极射线在空气中只能传播数厘米。

伦琴选用了多种物品, 如 2 至 3 厘米厚的木板, 几厘米厚的硬橡胶, 15 厘米厚的铝片等, 将它们逐一放在放电管和荧光屏