

诺贝尔物理学奖

百年回顾



厉光烈 李 龙

(续前期)

1931年

未发奖。

1932年

海森伯(Werner Heisenberg 1901—1976)因创立量子力学和应用该理论发现氢的同素异形体,获得了1932年度诺贝尔物理学奖。

1925年,海森伯利用矩阵代数,建立了一套量子力学理论体系,这就是量子理论中的矩阵力学。7月29日,他写成了《关于解释运动学和力学的量子理论》,标志着量子力学的正式创立,这一天也被称为“量子力学诞生日”。当时,许多物理学家都认为经典力学规律不可能正确地应用于原子中的高速运动,需要用新的思想来解释原子和分子中的微观过程。海森伯从一些可直接观察的物理量出发,用数学中的矩阵,将光谱学中的频率、强度和极化加以联系,从而找出了解释微观物理基本过程的最主要的表达方式。1926年,薛定谔发表了另一套量子力学理论体系——波动力学。随后不久,冯诺依曼证明了波动力学和矩阵力学是等价的。

海森伯本人和其他物理学家用矩阵力学研究了原子和分子的光谱特性,得到的结果与实验一致。特别应当指出的是,当海森伯用他的理论来解释氢分子光谱中强弱谱线交替出现的现象时,发现存在两种形式的氢:一是正氢,也就是2个氢核的自旋方向相同;另一是仲氢,也

就是2个氢核的自旋方向相反。后来实验证实了他的这个结论。

海森伯提出的“测不准原理”是量子力学中的一条重要原理。无论在物理学上,还是在哲学上,都产生了深远的影响。“测不准原理”认为,要同时精确测量物体的位置和动量是不可能的。物体位置的不确定范围越小,其动量的不确定范围就越大,但是它们的乘积是确定的且与普朗克常数有关。

1933年

薛定谔(Erwin Schrodinger, 1887—1961)因发现原子理论的有效的新形式——波动力学和狄拉克(Paul Advien Maurice Dirac, 1902—1984)因创立相对论性的波动力学方程——狄拉克方程,共同分享了1933年度诺贝尔物理学奖。

1926年,薛定谔第一次发表波动力学的研究成果,提出了薛定谔方程,确定了波函数的变化规律。1923—1924年间,德布罗意对与自由粒子运动相关的波进行的研究,对薛定谔产生了深远的影响。薛定谔试图把德布罗意的物质波概念应用于束缚粒子,以改进玻尔模型。在新的原子模型中,电子可以位于一个周长为其物质波波长整数倍的轨道上。这样,驻波图像就取代了电子的圆周运动模式。只要电子处在轨道上,它就不会向外辐射光,且不与麦克斯韦方程相矛盾。起初,薛定谔用相对论力学来考虑电子运动,但所得结果与观测值不符。实际上,这是由于他没有涉及到电子自旋,而在当时

电子自旋还没有被人们所认识。后来，他注意到，如果对电子作非相对论处理，那么他的方法就能给出与在非相对论近似下的观测相吻合的结果。

薛定谔创立的波动力学与海森堡创立的矩阵力学成为量子力学的“双胞胎”。这些理论现在已经成为研究原子、分子等微观粒子的有力工具，并奠定了基本粒子相互作用的理论基础。

狄拉克最引人入胜的成就，就是他在纯数学物理的基础上建立起了狄拉克方程，并预言存在一种新的基本粒子——正电子。几年后，在实验室里发现了这种粒子。在1926年薛定谔发表波动力学的论文以后，狄拉克把非相对论的薛定谔方程推广到相对论的情况并作了进一步的研究，于1928年建立了著名的有关电子理论的狄拉克方程。从这一方程出发，可以很自然地推出电子的自旋和与之相应的磁矩，以及电子的总能量既可取正值也可取负值等极其重要的结论。但是，对于能量为负值的状态，已有的理论无法解释。1930年，他根据泡利不相容原理提出了有名的空穴理论。所谓空穴，就是我们现在所知道的正电子。他认为所谓真空状态并非真的空无一物，而是所有负能态都被电子占有，形成了负能态的电子海，同时所有正能态都未被电子占有。当海中的电子受激发跃迁到正能态上时，便出现了正负电子对的激发态。1932年，安德森从宇宙射线中发现了正电子的存在，证实了狄拉克的预言。

狄拉克还与费米分别独立地提出自旋为半整数的粒子所服从的统计分布规律，即费米-狄拉克统计。这一统计已经成为研究基本粒子物理的基础。

1934年

未发奖。

1935年

查德威克 (James Chadwick, 1891—1974) 因发现中子，获得了1935年度诺贝尔物理学

奖。

1920年，卢瑟福曾经指出，除了质子和电子以外，还存在着和质子一样但不带电荷的粒子，他称这种粒子为中子。在发现中子以前，人们认为原子核是由质子和电子组成。最初，这种概念和实验符合得尚好。但对原子核碰撞的能量条件作进一步研究后发现，质子和电子组成原子核的理论很难同实验事实符合，特别是1930年玻特和贝克发现的铍辐射(当用氦核轰击铍核时出现的一种辐射，它的穿透本领极大)。约里奥·居里夫妇对铍辐射的研究，为发现中子迈出了重要的一步。她们让辐射从一个很薄的窗口射入装有空气的电离容器，当窗口放有石蜡或其他含氢物质时，容器中的电离就增强。他们认为，增强是由于石蜡发射出了很高速的质子。遗憾的是，他们只是简单地认为，铍辐射是一种 γ 辐射。查德威克对铍辐射作了进一步的研究，发现很多别的元素，例如氦、锂、碳、氮和氩，也有类似的辐射。通过对碰撞的能量条件所作的广泛研究和计算，他很快就确信铍辐射不可能是 γ 辐射。1932年，查德威克首先用中子来解释铍辐射，并认为是中子从石蜡中撞击出质子。随后，查德威克研究了当不同物质的核因碰撞而变成其他物质的新核和中子时发生的质量交换。例如，当氦核撞击铍核时就产生碳核和中子。知道不同核的质量，便可直接求出中子的质量。查德威克对各种元素的核碰撞时的质量交换作了大量的研究，成功地测定了中子的确切质量。正如预期的那样，他发现中子的质量几乎和质子的一样。

中子的发现对认识原子核内部结构是一个转折点，具有重大的理论意义。在中子未被发现以前，人们对于原子核的内部结构不完全清楚，发现中子之后，人们才知道原子核是由中子与质子组成的。另外，中子的发现也为原子能的利用开辟了广阔的道路。人们在研究中子对铀核的反应时，发现铀核被中子轰击后会分裂成两个较轻的原子核，并放出大量能量和2—3中子，这就是通常所说的提供核能(早期称为原子能)的铀核裂变。因此，一般认为，人类进入

原子能时代的大门是被中子敲开的。

1936年

赫斯 (Victor Franz Hess, 1883—1964) 因发现宇宙射线和安德森 (Carl David Anderson, 1905—1991) 因发现正电子, 共同分享了 1936 年度诺贝尔物理学奖。

宇宙射线是在研究大气的电导率时偶然发现的。在屏蔽良好的静电计中, 仍测出有很小的漏电, 因此人们猜测可能是某种未知的放射源导致了空气电离。这种源的放射性与当时人们比较熟悉的放射性相比具有更大的穿透本领, 因此人们提出这种放射性可能来自地球之外。1911—1912 年间, 赫斯利用气球将高压电离室带到 5000 米以上高空, 发现离开地面 700 米时, 电离度有些下降 (地面放射性造成的背景减少所致), 而后随着气球的上升, 电离持续增加。由于白天和夜间测量结果相同, 因此赫斯断定这种射线不是来源于太阳的照射, 而是宇宙空间。最初这种辐射被称为“赫斯辐射”, 后来被正式命名为“宇宙射线”。现在知道, 宇宙射线就是能量很高的各种粒子。

正电子的发现与宇宙射线有密切关系。在宇宙射线的存在被证实以后, 人们开始探讨这种辐射的物理本质: 究竟是微粒辐射, 还是 γ 辐射? 安德森就是在研究这个问题时发现了正电子。先前, 其他科学家的工作表明, 宇宙辐射有可能是微粒辐射。于是, 安德森采用一个带有非常强的磁铁装备的威尔逊云室来研究宇宙射线。实验中, 他让宇宙射线中的粒子通过室内的强磁场, 并快速拍下粒子径迹的照片, 然后根据径迹长度、方向和曲率半径等数据来推断粒子的性质。安德森在一张照片上发现了一条当时还不能作正确解释的径迹。这条径迹和负电子有同样的偏转度, 只是方向相反。狄拉克预言的正电子就这样被安德森发现了。

1937年

戴维逊 (Cliton Joseph Davisson, 1881—1958) 和汤姆逊 (George Paget Thomson, 1892—

1975) 因实验发现晶体对电子的衍射, 共同分享了 1937 年度诺贝尔物理学奖。

戴维逊和他的同事革末的实验是用镍的立方晶体做的。他们不用立方晶体的表面作为电子的入射面, 而是对称地切去立方晶体的一个角后形成一个三角形平面, 用它作为电子的入射面。让一束电子以预先确定的速度正对着这个入射面射来, 而晶体本身则以入射电子束为轴转动, 这样便可以测量晶面前方任何方向上的弹性散射的强度。因为晶体中的原子间距已由 X 射线实验测定, 所以根据衍射电子束的角度和晶体常数便可以计算出电子的物质波波长。实验发现, 从衍射数据中求得的波长与从德布罗意关系式 $\lambda = h/p$ 计算出的波长相一致。

戴维逊使用的电子束的速度较低, 相当于电子通过 50 到 600 伏特电压所获得的速度。汤姆逊使用快速电子 (相当于通过 1000 到 8000 伏特电压获得其速度的电子) 也独立地做了电子衍射实验, 同样证明了德布罗意关系式。他用非常薄的金、铂和铝片做实验。让电子垂直地照射到薄膜上, 然后用照相底片把衍射图样拍摄下来。衍射图样是一系列的同心圆。根据这些衍射圆环的直径, 便可计算出入射电子的物质波波长, 实验结果与德布罗意关系式给出的完全一致。

电子衍射的发现证实了德布罗意提出的物质波假设, 构成了量子力学的实验基础。另外, 电子衍射的实验方法也为研究物质结构提供了一种新工具。

1938年

费密 (Enrico Fermi, 1901—1954) 因发现用中子产生新的放射性元素和开展慢中子核反应的研究工作, 获得了 1938 年度诺贝尔物理学奖。

古代人梦想的炼金术首先被卢瑟福实现, 他用天然放射性物质发射出的高速 α 粒子 (即氦核) 轰击氮核, 得到了氧核。1934 年 1 月, 约里奥·居里夫妇发现了人工放射性, 即用 α 粒

子轰击稳定原子核产生了放射性同位素。但是,用 α 粒子不能使原子序数大于20的原子核分裂,只有较轻的原子核才能被 α 粒子轰击分裂。费密想到了用中子来轰击原子核,他认为,对于原子核裂变来说,中子具有特别合适的轰击能力。 α 粒子带正电,当它靠近原子核时会受到很强的排斥力,从而偏离原子核,而中子不带电,它可以不受任何阻碍,一直前进到与原子核发生碰撞。在同事的帮助下,费密用中子轰击了周期表中的所有元素,并辨认了因此而产生的具有放射性的元素。

后来,费密和他的同事观察到:把中子源和被轰击的物体放在大量石蜡中,放射性会增加很多倍。水也会产生类似的效应。费密用“慢中子”解释了这一现象。他认为,由于质子和中子的质量相等,所以当快中子与静止的质子发生碰撞时,快中子损失能量变为“慢中子”,慢中子与重原子核的反应截面比快中子大得多。慢中子的发现为后来研究重核裂变的链式反应和原子核反应堆的理论设计奠定了基础。

费密是一位全能物理学家,在理论和实验两方面都有很高的造诣,也是最后一位同时擅长理论物理和实验物理的物理学家。他对物理学的许多领域都有不可磨灭的贡献,如经典统计力学、量子统计力学、量子电动力学、理论核物理学等,并创立了原子核 β 衰变理论和中子物理学。

1939年

劳伦斯(Ernest Orlando Lawrence, 1901—1958)因发明和制造回旋加速器并用其产生人工放射性元素,获得了1939年度诺贝尔物理学奖。

在回旋加速器发明以前,人们只局限于使用天然放射性物质发射的 α 粒子来进行核反应,能够进行核反应的物质和反应产物的数量都受到很大的限制。1929年,劳伦斯首先提出了获得高速带电粒子的磁共振加速法,也就是回旋加速器的原理:把不变的均匀磁场和频率固定的振荡电场恰当地结合起来,使带电粒子逐步加速,并

沿着半径不断增大的圆形轨道运动。1931年,他在自己学生的协助下,制成了第一台加速器。几年之后,他们通过加速质子、氘核和 α 粒子去轰击靶核,得到了高强度的中子束,还首次制成了 ^{24}Na 、 ^{32}P 和 ^{131}I 等医用同位素。随着回旋加速器的进一步发展,在加速器中被加速的粒子的能量大大超过了天然放射性物质发射的 α 粒子的能量。后者的能量约为7—8兆电子伏,而在1939年,用加速器提供的 α 粒子的能量已经达到了百万兆电子伏。用这些高能量的“炮弹”轰击其他原子核,引起了许多新的核衰变,使普通的物质转变为放射性比天然镭还要强的人工放射性物质,并放出巨大的能量。

回旋加速器带来的最重要的成果,是产生人工放射性物质。虽然放射性同位素是约里奥·居里夫妇于1934年用天然放射性物质发射的 α 粒子发现的,但是只有有了回旋加速器,才可能大量地产生放射性同位素,这也是放射性元素能够应用于生物学和医学的一个重要条件。历史上,回旋加速器还对核力和核裂变问题的研究起过极其重要的作用。现在,它仍然是核物理实验中的一种重要设备,在工业、医疗等方面也有其广泛的用途。

1940年

未发奖。

(待续)

