

诺贝尔物理学奖

百年回顾

厉光烈 李 龙



(续)

1941年
未发奖。

1942年
未发奖。

1943年

斯特恩(Otto Stern, 1888—1969)因发展分子束方法并测出质子磁矩,获得了1943年度诺贝尔物理学奖。

斯特恩在实验中观察到:注入高真空室内的原子或分子沿直线运动,形成一束粒子流。这束粒子流,在某些方面类似于光束。斯特恩的实验工作就是由此发展起来的。1919年,斯特恩对银原子首次采用了这种方法,用以检验在1850年前后得到的气体分子中分子速率的理论计算结果。从1920年开始,斯特恩和他的助手革拉赫一起用实验验证空间量子化的正确性,并测量质子磁矩。在此以前,索末菲曾经预言:某些原子,如氢原子、碱金属原子或者银原子,应该具有磁矩,并且指出:若将这些原子置于磁场中,它们的角动量只能有两种取向。斯特恩认为,分子束实验能够在经典理论和量子理论之间作出明确的选择:如果经典理论是正确的,那么一细束银原子在通过一非均匀磁场时只会变宽;但如果空间量子化理论是

正确的,那么原子束就会分裂为互相分离的两束。1921年,斯特恩和他的助手革拉赫一起完成了著名的斯特恩-革拉赫实验。他们使银原子在电炉内蒸发,通过狭缝形成细束,再经过一个抽成真空的不均匀的磁场区域(磁场垂直于束流方向),最后到达照相底片上。在显像后的底片上出现了两条黑斑,明显表明银原子在通过不均匀磁场区域时分成了两束。这就证实了索末菲的预言:原子的角动量在磁场中不能任意取向。1923年,斯特恩在汉堡建立了分子束实验室,从电子到原子和分子,做了一系列的实验。既发展了他以前的研究成果,又论证了德布罗意提出的粒子波动性假设,还测出了质子和氘核的磁矩。经过多次精密测量,他发现质子磁矩的实验值是狄拉克预言值的2至3倍。

斯特恩-革拉赫实验首次证实了原子角动量在磁场中的空间取向量子化,是原子物理和量子力学的基础实验之一。它还提供了测量原子磁矩的一种方法,并为原子束和分子束实验技术奠定了基础。

1944年

拉比(Isidor Isaac Rabi, 1898—1988)因发现测定原子核磁性的共振方法,获得了1944年度诺贝尔物理学奖。

在探索核力本质和寻找理想核模型的过程中,原子核的磁矩是一个重要的性质。研究发现,原子核的自旋与电子的轨道角动量一样,在

外磁场中只能取某些特定的方向,也就是说原子核的自旋是空间量子化的.拉比在斯特恩分子束实验的基础上,设计了一套装置,利用一个非均匀强磁场使一束粒子偏转,然后再用第二个这样的磁场使粒子重新会聚到一个探测器上.在这两个磁铁间的弱均匀磁场中,放置一个振荡器,用来产生附加的弱交变磁场.拉比可以十分精确地控制这个振荡器的频率.通过调节振荡器的频率,使原子从一个态跃迁到另一个态,从而使原子的排列遭到破坏,这样,原子束便不再聚焦在探测器上.通过测定使原子束不聚焦于探测器的频率,便能直接得知引起自旋跃迁所需的能量.结果表明,它与原子核的磁矩成正比.这就是著名的核磁共振方法.

用拉比发明的核磁共振方法测量原子核的磁矩,其绝对准确度可达 10^{-5} .拉比曾经用它测量了80多种原子核的磁矩.另外,用核磁共振方法还可测量原子核的自旋.这些都在核物理的研究中起过重要作用.拉比的实验研究,不仅有重要的科学意义,而且有重大的实用价值.20世纪50年代以来,各种核磁共振仪被研制了出来,并在物理、化学、生物、地质和冶金等领域发挥着越来越大的作用.

1945年

泡利(Wolfgang Pauli, 1900—1958)因发现不相容原理(又称泡利原理),获得了1945年度诺贝尔物理学奖.

1924年,他从反常塞曼效应的研究中发现了现代物理学的基本规律:不相容原理.他假设“在电子的量子论性质”中有一种“经典上无法描述的二值性”.对应当时的波尔-索末菲理论中的每一个量子态,事实上应有两个不同的量子态,需要用一个新的量子数来表征这种“二值性”,这样就应该总共用四个量子数来表征一个电子的运动状态.在这样的前提下,泡利叙述了他的不相容原理:在每一个原子中,绝不能存在两个或多个等价的电子,即不存在四个量子数都相同的电子.运用这一原理,人们解决了光谱规律中的许多难题,理解

了原子中电子壳层的形成,以及当元素按原子序数递增排列时所观察到的化学性质上的周期律.

1925年,乌伦贝克和高德斯密提出了电子“自旋”的假设,给泡利的第四个量子数提供了物理图像.泡利引用有名的二分量波函数和泡利矩阵,把自旋概念纳入非相对论量子力学的表述之中.这一工作后来导致狄拉克提出了他的电子理论并取得一些其他的重要进展.荷兰学者范德瓦尔登曾经指出:“从一分量到二分量是跨一大步,从二分量到四分量是进一小步”.

泡利以他的才智和尖锐的批评而闻名.当一种理论被提出来以后,人们总是希望听到泡利对它有什么看法.如果泡利不赞成,人们就会感到对那种理论有点不放心;相反地,如果泡利点了头,人们就会感到很欣慰.他逐渐成了一切新思想的公认的“裁判”,P.埃伦菲斯特称他为“上帝的鞭子”,波尔称他为“科学的良知”.

1946年

布里奇曼(Percy Williams Bridgman, 1882—1961)因发明产生很高压力的装置及利用这一装置在高压物理领域内所做出的贡献,获得了1946年度诺贝尔物理学奖.

为了进行高压实验,他发明了一种有效的密封装置,其密封度可以随压强升高而升高.这样,高压装置就不会再受漏压的限制,而只受材料强度的限制.当时冶金学的进展为他提供了前所未有的高强度的钢.他选择了一种电炉铬——钒钢.这种钢在他的压力容器里不会破裂.经过反复实验,他把压力提高到了每平方米10万公斤的高度,第一次成功地超过了每平方米3000公斤的阿玛加特压力极限.后来,他又采用了卡布洛依硬质合金制成的双层高压容器,使容器置于起抵消作用的外压之中,从而增大了容器抵抗内压的能力,使研究处在特强压力下的物质的性质成为可能.随后,他又把压力提高到每平方米50万公斤,并在每平方米

42.5 万公斤的压力下获得了小薄片式的压缩材料。对这些材料进行 X 射线的分析表明, 在很高压力的作用下, 物质结构可以从结晶形式变成非结晶形式。借助他的高压密封装置, 他不仅获得了创纪录的高压, 还把这一成就运用于高压物理研究中, 并获得了许多显赫一时的成果。他发现了各种物质的新变态。例如, 把水置于一定的高压中, 即使是在沸点时, 水也会变成冰。他发现了干冰, 并查出冰的变态不下 6 种。

从 1908 年起的 40 年间, 几乎所有的高压研究都离不开布里奇曼所设计的高压密封装置。在高压物理研究方面, 布里奇曼留下了大量实验数据。这些数据是发展固态物理学的无价之宝。许多天然矿物的人造产品, 如人造金刚石、翡翠等都是根据他的实验数据制成的。

1947 年

阿普顿 (Edward Victor Appleton, 1892—1965) 因对大气高层物理性质的研究, 特别是发现了阿普顿层, 获得了 1947 年度诺贝尔物理学奖。

1902 年, 亥维赛德 (O. Heaviside) 和肯赖立 (A. E. Kennelly) 各自独立地提出, 在大气层高处存在一个带电层, 它起着反射电磁波的作用, 并用此解释了 1901 年马可尼第一次横穿大西洋彼岸的无线电传播实验。阿普顿认为, 远距离的短波信号, 只能由高空电离层反射传播。他决定利用电磁波的发射, 来测定电离层的存在。1924 年, 阿普顿完成了这一实验。他设想, 当缓慢变化的频率达到某一确定值时, 由高空电离层反射的电磁波就会受到地面波的干扰, 使电磁波强度发生变化。1924 年, 他利用改变英国 BBC 广播公司设在伯思默思的发射机的频率, 然后在剑桥大学记录接收机所接收到的信号强度, 以寻找沿地面直接传播的波与从带电粒子层反射回来的波发生干涉时信号的增强效应。剑桥大学的接收机接收到的信号完全证实了他的设想。这样, 关于存在能反射电磁波的大气电离层的假设便得到了验证。阿普

顿还通过对干涉波长的计算确定该反射层的高度约为 100 公里。通过对电离层的进一步研究, 阿普顿发现: 在夜间, 100 公里高处的电离层的反射能力大大降低。经过无数次的实验, 他终于在 1927 年发现: 约在 230 公里处还存在一个反射能力更强的高空电离层 (起初称为“阿普顿层”, 现称为 F_1F_2 层)。

阿普顿的工作为环球无线电通讯提供了重要的理论依据, 从此无线电事业进入了一个新纪元。阿普顿还开辟了对电离层以及该层受太阳位置和日斑活动的影响的研究领域。

1948 年

布莱克特 (Baron Patrick Maynard Stuart Blackett, 1897—1974) 因改进威尔逊云室以及由此在核物理领域和宇宙射线方面作出的一系列发现, 获得了 1948 年度诺贝尔物理学奖。

布莱克特在剑桥大学卡文迪许实验室工作时, 就开始用威尔逊云室来研究 α 粒子对原子核的撞击。1924 年, 他验证了卢瑟福在 1919 年做过的一个实验: 用 α 粒子轰击 ^{14}N , 可以使 ^{14}N 嬗变为 ^{17}O 。1925 年, 布莱克特和奥基利尼开始用威尔逊云室来研究宇宙射线。由于宇宙射线稀少, 如果让云室随机扩张拍照, 大约每百张照片中只有 2—5 张上有宇宙射线的径迹, 于是他们想到了云室摄影的自动化问题。他们将云室置于两台盖革计数管之间, 这样, 穿过两个计数管的宇宙射线必经过云室。布莱克特设计并安装了一个线路, 使得只要来自两个计数管的信号重合, 就触发云室膨胀, 并且进行照相记录。这比先前采用的程序经济得多。在早先的方法中, 人们胡乱地拍摄照片, 希望由此发现所感兴趣的事件。布莱克特用这种计数管控制云室照相, 大约 80% 的照片上有宇宙射线径迹。布莱克特还将云室置于磁场中, 以便能从粒子径迹的曲率获得有关粒子电荷和动量的信息。

1933 年, 在安德逊公布他发现正电子的几个月后, 布莱克特和奥基利尼就证实了他的结论。在一张照片中, 他们发现有 23 个粒子从一

个区域向整个云室散开去。他们把这种现象叫做正负电子的“宇宙射线簇射”，并将此与狄拉克的电子理论联系在一起。

1949年

汤川秀树(Hideki Yukawa, 1907—1981)因在核力理论工作的基础上预言了介子的存在, 获得了1949年度诺贝尔物理学奖。

汤川秀树原先的目的是想解释原子核中把核子束缚在一起的核力。为了解释从氦核到 α 粒子结合能迅速增加的事实, 他和维格纳一起认识到: 核力的力程非常短。1935年, 汤川秀树根据海森伯关于交换力的想法, 把核力场与电磁场相类比, 提出核力与一种那时还不清楚的粒子的交换有关。原子核中的核子就是由于交换这种粒子而结合在一起的, 其方式和原子中电磁力与光量子的发射和吸收有关一样。汤川秀树还估算出这种未知粒子的质量约为 $200m_e$, 这里 m_e 是电子质量。由于这种粒子的质量介于电子质量和质子质量之间, 所以人们把它叫做介子。他假定的这种粒子, 已于1947年为鲍威尔所在的布里斯托尔小组发现, 并被称为 π 介子。

汤川秀树关于存在介子的预言是一个可与狄拉克的正电子预言相媲美的理论上的辉煌成就。从他的理论提出, 到 π 介子的发现, 标志着人类对物质的认识又向前跨进了一大步, 即从认识原子核进入认识基本粒子的领域。奥本海默曾经讲过: “汤川博士关于介子的预言, 是过去十年中为数不多的真正有成果的思想之一, ……”, 无论是作为一个普通人还是一个科学家, 他都深深地受到与他同时代的所有同行的爱戴”。

1950年

鲍威尔(Cecil Frank Powell, 1903—1969)因发展了用以研究核过程的照相乳胶记录法并用此方法发现了 π 介子, 获得了1950年度诺贝尔物理学奖。

当不同能量的带电粒子作用在乳胶底片上

时, 便在底片上产生了不同的潜影, 从而记录下粒子的运行轨迹。根据这些径迹, 便可计算出粒子的质量、能量和粒子的性质。1939—1945年间, 鲍威尔发展了用感光照相乳胶来记录宇宙射线径迹的技术, 使原子核摄影技术发展到了一个新的阶段。在这以前, 由于乳胶的灵敏度不高, 只能记录下一些能量较小而电离较大的粒子的轨迹, 对于一些能量较大而电离较小的粒子则往往被漏掉, 减少了发现新粒子的机会。鲍威尔与其合作者提高了乳胶的灵敏度并增加了乳胶的厚度, 使带电粒子通过乳胶时产生电离, 乳胶在显影后呈现的黑色晶粒, 就是带电粒子通过乳胶时留下的径迹。由于宇宙射线具有很大的能量, 当它们进入大气层时, 与大气层中的粒子发生碰撞, 失去能量并产生次级宇宙射线。因此, 他们把装有感光照片的气球放到高空中去记录宇宙射线的径迹。经过多次实验, 他们拍摄了大量的宇宙射线在不同高度穿过乳胶的底片, 并对底片中粒子留下的轨迹进行了仔细的分析。1947年10月, 鲍威尔和他的合作者发表了“关于乳胶照相中慢介子轨迹的观测报告”的论文, 全面总结了他们的实验结果, 正式表明他们发现了新粒子, 并命名其为 π 介子。同时, 他们指出, π 介子可以衰变为另一种介子(μ 介子)和中微子。经过详细的计算, 得知 π 介子和 μ 介子的质量分别为电子质量的273倍和207倍。

π 介子的发现, 开创了物理学的一个新的分支学科——粒子物理学, 鲍威尔因此也被誉为粒子物理学之父。

(待续)

