

# 诺贝尔物理学奖

## 百年回顾

厉光烈 李 龙



20世纪,物理学成就辉煌. 诺贝尔物理学奖,从一个侧面纪录了当代最优秀物理学家奋斗的足迹. 值此世纪交替之际,我们编写这篇文章,对诺贝尔物理学奖作百年回顾,以飨读者.

### 1901年

伦琴(Wilhelm Conrad Röntgen 1845~1923)因发现伦琴射线(即通常所说的X射线)以及对伦琴射线性质的研究,获得了第一届(1901年度)诺贝尔物理学奖.

1895年11月8日,当伦琴用克鲁克斯管做实验时,发现工作台上的氰亚铂酸钠纸屏能发出荧光. 他分别用纸和书本遮住纸屏,纸屏仍然发光. 使伦琴更为惊讶的是,当他把手放在纸屏前时,纸屏上留下了手骨的阴影. 经过反复的实验,伦琴认为从克鲁克斯管中放出的是一种穿透力极强的射线,并把它命名为“X射线”(因为当时伦琴并不明白这种射线的本质,故用数学上经常使用的未知数符号X来命名. 现在我们知道,X射线就是波长大约在0.01~50埃之间的电磁波). 此后,伦琴发表了《关于一种新射线的初步报告》、《论一种新型的射线》、《关于X射线的进一步观察》等一系列研究论文. 伦琴还进行了X射线光源的研制,制成了第一个X射线管.

伦琴射线是人类发现的第一种“穿透性射线”,它能穿透普通光线所不能穿透的某些材料. 在初次发现时,伦琴就用这种射线拍摄了

他夫人的手的照片,显示出手的骨骼结构,这在社会上引起了很大的轰动. 如今,X射线已得到了广泛的应用. 例如,在医疗中广泛应用X射线作人体的透视;在工业中应用它作零件探伤等.

为纪念伦琴对物理学的贡献,后人将X射线命名为伦琴射线,并以伦琴的名字作为X射线和 $\gamma$ 射线等的照射量单位.

### 1902年

洛仑兹(Hendrik Antoon Lorentz 1853~1928)与塞曼(Pieter Zeeman 1865~1943)因研究磁场对辐射现象的影响、发现塞曼效应,分享了1902年度诺贝尔物理学奖.

1896年,塞曼利用一半径为10英尺的凹形罗兰光栅来观察处于强磁场中的钠火焰的光谱,发现光谱线在磁场中发生了分裂,这就是塞曼效应. 洛仑兹用他自己所提出的经典电子理论部分地解释了这种效应. 随后,塞曼又用实验证明了洛仑兹的推断.

塞曼效应是19世纪末至20世纪初实验物理学中最重要的成就之一,是继1845年法拉第发现“法拉第效应”和1875年克尔发现“克尔效应”之后,物理学家发现的磁场对光有影响的第三个实例. 它从实验角度为光的电磁理论提供了一个重要的证据,同时,塞曼效应也证实了电子论在理解光谱和原子结构方面的正确性,大大拓宽了这方面的实验研究领域. 另外,塞曼效应的发现也可以说是1896~1897年间电子的4次独立发现之一,因为对于塞曼效应中辐射的负电粒子,塞曼计算的荷质比与汤姆逊在

偏转实验中确定的电子的荷质比是一致的。

洛仑兹是塞曼的老师。1885年,当塞曼进入莱顿大学时,他就在洛仑兹和昂尼斯的指导下学习物理学。洛仑兹是近代卓越的理论物理学家,除了磁光方面的贡献外,他还补充和发展了经典的电磁学理论,创立了经典的电子论;确定了电子在磁场中所受的力,即“洛仑兹力”;提出了“洛仑兹变换”,为爱因斯坦创建“狭义相对论”开辟了道路。爱因斯坦称洛仑兹为“我们时代最伟大、最高尚的人”;为了纪念洛仑兹的卓著功勋,荷兰政府决定从1945年起,把他的生日定为“洛仑兹节”。

### 1903年

贝克勒尔(Antoine Henri Becquerel 1852~1908)因发现天然放射性、皮埃尔·居里(Pierre Curie 1859~1906)和玛丽·居里(Marie Curie 1867~1934)夫妇因在放射学方面的深入研究和杰出贡献,共同获得了1903年度诺贝尔物理学奖。

1896年3月,贝克勒尔发现,与双氧铀硫酸钾盐放在一起但包在黑纸中的照相底板被感光了。他推测这可能是由于铀盐发出了某种未知的辐射。同年5月,他又发现纯铀金属板也能产生这种辐射,从而确认了天然放射性的发现。后来,居里夫妇将其称为“放射性”。现在,我们称其为天然放射性。尽管贝克勒尔当时错误地认为它是某种特殊形式的荧光,但天然放射性的发现仍不愧是划时代的事件,它打开了微观世界的大门,为原子核物理学和粒子物理学的诞生和发展奠定了实验基础。

居里夫妇对放射性进行了深入研究。居里夫人在所研究的各种放射性矿物质中,发现沥青铀矿的放射性要比铀盐的强几倍。她认为在沥青铀矿中一定含有某种未知的、放射性很强的元素。于是,她和她的丈夫皮埃尔·居里在实验室中用化学方法和测定放射性的手段,在成吨的沥青铀矿中艰辛地寻找这种微量的未知元素。1898年7月,居里夫妇发现了放射性元素钋;同年12月,他们又发现了放射性元素镭。此后,他们花了4年的时间研究镭的放射性,

并从8吨铀矿残渣中成功提炼出0.1克的镭盐,从而得以测定它的原子量。由于镭的放射性强度比铀高200万倍,它的发现有力地推动了放射性现象的研究,开创了原子时代。

值得一提的是,在1906年皮埃尔·居里车祸身亡后,居里夫人强忍悲痛,继续从事放射性研究。1910年,她分离出0.1克纯镭金属,并确定了镭发射的 $\beta$ 射线就是电子束流。由于居里夫人取得的这些重大成果,1911年她再度被授予诺贝尔化学奖,成为第一个在不同学科领域获得两次诺贝尔奖的科学家。居里夫人的忘我献身精神、严格的科学态度和她的成就一样,受到世界科学界的广泛推崇。后人将放射性强度的单位命名为居里。

### 1904年

瑞利(Lord John William Strutt Rayleigh 1842~1919)因发现稀有元素“氩”和在气体密度精确测量方面所作出的贡献,获得了1904年度诺贝尔物理学奖。

1894年8月13日,当英国科学家在牛津开会时,瑞利和化学家拉姆赛(因发现氦、氩、氪等惰性气体获1904年诺贝尔化学奖)在大会上宣布他们发现了一种新的气体元素。这种新的气体和氧、氮等一样都是大气的组成部分,但是它几乎不和任何元素发生反应,因此他们将其命名为氩(Argon,意即不活泼)。

事实上,在发现氩气以前,瑞利已花了20年的时间精确测量各种气体的密度。1892年,在测定氮气密度的实验过程中,他发现用从空气中得到的氮气测得的密度为1.2572克/升,而用从氨气中得到的氮气测定的密度为1.2408克/升,两者相差0.0064克/升。此后,瑞利又进行了多次实验都得到了相同的结论。拉姆赛认为,空气中含有的一种未知的较重的气体,这种气体混在氮气中,使它密度变大了。两人又用不同的方法收集了这种未知气体,并进行了光谱分析,发现在光谱中出现了已知空气成分中的元素所没有的新谱线,这就说明未知气体是一种还没有被发现的新气体,氩气就这样被发现了。

瑞利在声学、振动、光学理论及热辐射等方

面也都有重要贡献,例如,瑞利-金斯公式和瑞利散射公式等。

#### 1905年

勒纳德 (Philipp Eduard Anton Lenard 1862~1947)因在阴极射线研究中所作出的开创性工作,被授予了1905年度诺贝尔物理学奖。

勒纳德从1880年开始研究阴极射线,1892年,当时任赫兹助手的勒纳德研制出了带有“勒纳德窗口”的阴极射线管,该装置可以导引阴极射线离开电离空间,从而能够进一步独立地研究放电过程。勒纳德测量了各种样品对阴极射线的吸收,结果表明,物体对阴极射线的吸收与其密度成反比,阴极射线在物体中的穿透能力随着电压的升高而增强。虽然佩林、维恩和汤姆逊等人和他一样都证实了阴极射线由带负电的粒子组成,但是勒纳德在1898年发表了《关于阴极射线的静电特性》,使他取得了这一发现的优先权。

勒纳德还发现高能阴极射线能够穿过原子,他从这一现象出发正确地推断出原子内部的空间相对来说是空虚的。后来,卢瑟福通过 $\alpha$ 粒子散射实验也得到了同样的证据,并提出了后人普遍接受的原子有核模型。在研究光的发射时,勒纳德认为这与电子的释放和回归有关,他的这一观点只是到了玻尔原子模型确定后才为人们接受。1902年勒纳德发现了光电效应的重要性质:光电子数目随光的强度增加而增加,可是光电子的动能只与光的频率有关,与光的强度无关。

勒纳德是一个狭隘民族主义者,曾是希特勒的物理学顾问。尽管如此,勒纳德仍是一位优秀的实验物理学家。

#### 1906年

J. J. 汤姆逊 (Joseph John Thomson 1856~1940)因在气体放电的理论和实验研究中所作出的杰出贡献,获得了1906年度诺贝尔物理学奖。

1883年,汤姆逊写了一篇与原子核有关的涡旋环理论的获奖论文,并由此开始了他的气

体放电的实验研究。他称X射线使气体导电的现象为“电离”,并通过电离现象的研究证实了阴极射线是很小的带电粒子。1897年,汤姆逊仔细地测量了这些阴极射线的磁偏转以及单位电荷传输的加热效应,分别给出了上述带电粒子的电荷与质量之比 $e/m$ 和电荷与动能之比 $e/mv^2$ ,从而定出了这种粒子的荷质比 $e/m$ 和速度 $v$ 。他发现这种粒子的荷质比约为法拉第发现的最轻原子的荷质比的2000倍,从而首先提供了电子存在的直接证据。随后,他又在卡文迪什实验室进行的电磁场偏转实验和威尔逊云室的径迹观察中最终确认了电子,从而确定所有物质至少都包含电子这种共同的成分。汤姆逊还提出了原子的“葡萄干模型”,但是,后来的实验证实了这个模型是不正确的。

另外,汤姆逊在研究了原子中的电子对X射线的散射后,结合巴克拉的结果,证明了原子中的电子数目约为原子质量数的一半,指出了原子序数的重要性。他还在一篇关于能量转换的论文中指出,能量必须同时具有质量和动量,从而部分地预见到运动的带电粒子的波粒二象性和爱因斯坦质能关系式 $E = mc^2$ 。

电子的发现,打破了“原子是物质结构最小单元”的观念,揭示了电的本质。同时,电子是人类发现的第一个基本粒子,它的发现使人们对物质世界的认识向前迈出了一大步,因此发现电子的汤姆逊被后人誉为“最先打开通向基本粒子物理学大门的科学家”。汤姆逊把剑桥大学的卡文迪什实验室发展成为当时最大的研究中心,数百名优秀的科学家在此受过训练,其中有8人获得诺贝尔奖,在这8位获奖者中,有7位曾在他的亲自指导下从事研究工作。

#### 1907年

迈克尔逊 (Albert Abraham Michelson 1852~1931)因发明精密光学仪器和借助这些仪器在光谱学和度量学的研究工作中所做出的贡献,被授予了1907年度诺贝尔物理学奖。

迈克尔逊的第一个重要贡献是发明了迈克尔逊干涉仪,并用它完成了著名的迈克尔逊-莫雷实验。按照经典物理学理论,光乃至一切电

磁波必须借助静止的以太来传播。地球的公转产生相对于以太的运动，因而在地球上两个垂直的方向上，光通过同一距离的时间应当不同，这一差异在迈克尔逊干涉仪上应产生0.04个干涉条纹移动。1881年，迈克尔逊在实验中未观察到这种条纹移动。1887年，迈克尔逊和著名化学家莫雷合作，改进了实验装置，使精度达到 $2.5 \times 10^{-10}$ ，但仍未发现条纹有任何移动。这次实验的结果暴露了以太理论的缺陷，动摇了经典物理学的基础，为狭义相对论的建立铺平了道路。

迈克尔逊是第一个倡导用光波的波长作为长度基准的科学家。1892年迈克尔逊利用特制的干涉仪，以法国的米原器为标准，在温度15摄氏度、压力760毫米汞柱的条件下，测定了镉红线波长是6438.4696埃，于是，1米等于1553164倍镉红线波长。这是人类首次获得了一种永远不变且毁坏不了的长度基准。

在光谱学方面，迈克尔逊发现了氢光谱的精细结构以及水银和铯光谱的超精细结构，这一发现在现代原子理论中起了重大作用。迈克尔逊还运用自己发明的“可见度曲线法”对谱线形状与压力的关系、谱线展宽与分子自身运动的关系作了详细研究，其成果对现代分子物理学、原子光谱和激光光谱学等新兴学科都发生了重大影响。1898年，他发明了一种阶梯光栅来研究塞曼效应，其分辨本领远远高于普通的衍射光栅。

迈克尔逊是一位出色的实验物理学家，他所完成的实验都以设计精巧、精确度高而闻名，爱因斯坦曾赞誉他为“科学界的艺术家”。

#### 1908年

李普曼(Gabriel Lippmann 1845~1921)因发明基于干涉现象的彩色照相术，获得了1908年度诺贝尔物理学奖。

1891年，李普曼发明了彩色照片的复制方法，即彩色照相干涉法。该法不用染料和颜料，而是利用各种不同波长光的天然颜色。李普曼是这样描述他的彩色照相法的：“把带有灵敏照相胶片的平板放入一个装有水银的盒子中，在

曝光期间，水银与该灵敏的胶片接触，形成了一个反射面，曝光后，按照普通方法把感光板进行处理，待该板干了以后，颜色就出现了。这种色彩可以通过反射看见，且永久不褪，这一结果是因为在灵敏胶片内部发生了干涉现象。在曝光期间，入射光与被反射面反射的光线发生干涉，从而在半个波长处形成了干涉条纹。正是这些条纹通过照相法记录在胶片中，从而留下了投射光线特征。当以后用白光照射观察底片时，由于选择反射的原因，底片上的每一点只把那些已记录在其上经过选择的颜色反射到人们眼中，而其他颜色都通过干涉相消。因此，人们在照片上每一点都看到了像所呈现的颜色，而这仅仅是一种选择反射现象。照片本身是由没有彩色的物质构成的。”

由于这种彩色照相干涉法需要较长的曝光时间，而且产生的颜色不饱和，因而这一方法最终被麦克斯韦的三色照相法所取代，但仍是彩色摄影进展中的重要一步。

#### 1909年

马可尼(Guglielmo Marconi 1874~1937)因发明无线电报、布劳恩(Carl Ferdinand Braun 1850~1918)因对无线电报的改进，以及他们对发展无线电通讯所作出的贡献，共同分享了1909年度诺贝尔物理学奖。

马可尼是世界上第一位发现赫兹波可以传递信息，并实现了无线电通讯的科学家。1895年，他将电磁波的传输距离提高到了105公里，也就是这个时候，他想到了根据电报密码来按发报机的电键以进行无线电报通信。1897年5月他第一次实现了9英里之间的无线电联系。1899年，又实现了横跨英吉利海峡的无线电通讯，这是人类第一次用电磁波传送信息，电文是：“你的来电收妥无误，而且很清楚。”1901年，他成功地从英国科尔努埃尔发出电报，越过大西洋上空，与加拿大纽芬兰建立了联系。

布劳恩对无线电报作出了许多实际有用的改进，特别是对马可尼的发射系统作出了根本性的改造。他发现了产生高功率低阻尼电波的方法，以及怎样才能在一台接收机上将发不自

同信号站的各种信号区分开来。马可尼的发射机是利用一个开的振荡线路进行工作,这种线路产生的功率太低。布劳恩发明了一种发射机,它主要由电容器和火花隙组成的闭路线圈构成,而闭路线圈与一个不带火花隙的天线连接。电容电路的振荡在辐射天线中产生了极大的电流。他把发射机的频带调得很窄,从而减小了不同发射机之间的干扰。他还发明了一种定向天线,只在指定的方向上发出电波,这样就减少了能量的消耗。

在研究过程中,布劳恩于1897年发明了一种阴极射线管(即布劳恩管),在其中有一狭窄的阴极射线束,它可在荧光屏上产生一个明亮的光斑。让所研究的波的电压或磁场来控制射线束的偏转,这样就在荧光屏上得到波动的图象。改进的布劳恩管是电子学试验的一种基础设备,其原理是一切电视管的工作基础。

#### 1910年

范德瓦耳斯(Johannes Diderik Van Der Waals 1837~1923)因在气态和液态方程方面的研究工作,获得了1910年度诺贝尔物理学奖。

1873年,36岁的范德瓦耳斯以题为《论气态和液态的连续性》的论文获得了博士学位。在这篇论文中,他提出了自己的连续性思想。

他认为,尽管人们在确定压强时除了考虑分子的运动外,还要考虑其他因素,但是在物质的气态和液态之间并没有本质区别,需要考虑的一个重要因素是分子之间的吸引力和这些分子所占的体积,而这两点在理想气体中都被忽略了。

从以上考虑出发,他得出了非理想气体的状态方程,即著名的范德瓦耳斯方程: $(P + a/V^2)(V - b) = RT$ ;其中, $P$ 、 $V$ 和 $T$ 分别代表气体的压强、体积和温度, $R$ 是气体常数, $a$ 代表分子之间的相互吸引, $b$ 为分子的体积,且 $a$ 、 $b$ 对于不同的气体有不同的值。

相对于其他实验工作者提出的模型和状态方程,范德瓦耳斯方程是最有用的,受到了广泛的重视和应用。首先,它比较简单,突出了决定流动性的分子的特征;其次,它又能指出气体有三相点,且能与在临界温度下可液化等性质相符合。当时的实验发现,如果某一种气体的温度不在临界值之下,那么它是不能只通过改变压强来液化的。从范德瓦耳斯方程出发,临界温度,临界体积,临界压强都可用 $a$ 、 $b$ 表示出来,且与实验结果完全相符。

1880年,范德瓦耳斯还发现了对应定律。该理论预言了气体液化所必需的条件,对所谓“永久”气体的液化具有重要的指导作用。(待续)

#### 1999年诺贝尔物理学奖

据瑞典皇家科学院宣称,“由于解释了物理学中的电弱相互作用的量子结构”,两位荷兰粒子物理学家,赫拉尔杜斯·特霍夫特(Gerardus 't Hooft)和马丁努斯·韦尔特曼(Martinus Veltman),被授予1999年诺贝尔物理学奖。这两位诺贝尔奖得主的重大贡献在于为粒子物理学提供了一种计算方法,解决了其中的“重整化”问题。

20世纪最伟大的科学成就之一是电弱统一理论,它完成了人类科学史上的又一次大综合。

在建立电弱统一理论之时,需要解决三个基本问题:其一,不同于看待电磁理论的对称性,对电弱统一理论,选什么样的对称性合适?

其二,像光子那样的规范粒子是没有静止质量的,怎样使传递弱力的粒子获得很大的质量?其三,这样的理论能否像在QED里一样实现量子化和重整化?

头两个问题,被格拉肖、温伯格和萨拉姆解决了。第三个问题,则是由特霍夫特和韦尔特曼在1971年至1972年解决的。他们提出了一个适用于非阿贝尔规范理论的方案,证明了对称性自发破缺不破坏理论的可重整性。他们不仅阐明了非阿贝尔规范场是有物理意义的,而且为这种理论提供了一种计算量子修正的方法。他们取得的是一个突破性的发现,使得很多物理过程可以计算,并且其结果能与实验观测相比较,从而能做物理预言。(江向东、常哲)

现代物理知识