

# 诺贝尔物理学奖

## 百年回顾

厉光烈 李 龙



(续前)

### 1921年

爱因斯坦(Albert Einstein, 1879-1955)因在数学物理方面的成就,尤其是发现了光电效应的规律,获得了1921年度诺贝尔物理学奖。

1905年是爱因斯坦一生中最高光的一年。这一年,他在《物理学年鉴》上发表了3篇论文。在《关于光的产生和转化的一个启发性观点》一文中,他用普朗克的能量量子化观点成功地解释了1887年H·赫兹发现的光电效应。他不满足于普朗克把能量不连续性只局限于辐射的发射和吸收过程,而认为即使在光的传播过程中能量也是不连续的。他把组成辐射的能量量子称为“光量子”(1926年后,人们改称其为“光子”)。当光照射在金属表面上时,只要光子具有足够的能量,就会有电子逸出,这就是光电效应。爱因斯坦指出,逸出电子的动能 $E_k$ 应是光子能量 $h\nu$ 减去电子摆脱正电荷的吸引所需做的功 $W$ :  $E_k = h\nu - W$ 。10年后,密立根实验证实了这一关系式。在《分子大小的新测定法》一文中,爱因斯坦导出了解释布朗运动的方程,并证明可用这一方程确定分子的大小。在《论运动物体的电动力学》一文中,他完整地提出了匀速运动下的相对性理论和空间时间的新概念,创立了狭义相对论。狭义相对论,抛弃了牛

顿力学的绝对时空,指出时间、空间是相对的,即在惯性系统内,空间长度、时间快慢和质量大小都将随物体的运动速度而变化,从而引起了物理学理论基础的重大变革。为了保持动量守恒定律的有效性,爱因斯坦给出了著名的质能关系式:  $E = mc^2$ ,其中 $E$ 和 $m$ 分别是运动物体的能量和质量, $c$ 是光速。这样,在1905年,人们就预期在核反应中通过质量“亏损”可以获得巨大能量。

1916年,爱因斯坦提出了他的引力理论——广义相对论,牛顿的引力理论只不过是这一理论的一种特殊情况。广义相对论预言,由于太阳质量的引力作用,星光在通过太阳附近时会发生轻微的弯曲,人们通过观察1919年的日食验证了这一预言。

爱因斯坦是20世纪最有影响的科学家,物理学革命的先驱,狭义和广义相对论以及现代宇宙学的创建者,量子论的主要奠基者之一。同时,他又是一位富有探索精神的哲学家和独立批判精神的思想家,是一位具有强烈社会责任感,终生为和平、民主、自由和人权奋斗的世界公民。

### 1922年

尼尔斯·玻尔(Niels Henrik David Bohr, 1885-1962)因原子结构和原子辐射的研究,获得了1922年度诺贝尔物理学奖。

玻尔运用光谱分析来探索原子内部结构的第一次合理而又富有成效的尝试是在1913年

进行的。为了解释原子的吸收和发射，他力图把卢瑟福的有核原子模型和普朗克的量子论结合起来，提出了著名的“玻尔理论”——原子的定态假设和频率法则，成功地解释了氢原子的光谱规律。他认为，最简单的氢原子具有确定的、量子化的能级。他假设，电子只有从一个允许能级向另一个较低能级跃迁时才辐射能量，而原子也只能以量子( $h\nu$ )化的形式吸收能量，这里的 $h\nu$ 对应于两个允许能级的能量差。通过对原子结构的研究，他正确地预言，在复杂原子中，电子必须以“壳层”形式出现，而对一种具体元素来说，其原子的化学性质取决于最外层电子数的多少。他的这一开创性工作，为揭示元素周期表的奥秘打下了基础，并把化学从定性科学变为定量科学，使物理和化学这两个学科建立在同一基础之上。

尼尔斯·玻尔的名字是与下面两个原理分不开的。一个是“对应原理”(1916年)，它是说原子的量子力学模型在线度很大时必定趋于经典力学；另一个是“并协原理”(1927年)，它指的是在不同实验条件下获得的有关原子系统的数据，未必能用单一的模型来解释，电子的波动模型就是对电子的粒子模型的补充。

爱因斯坦曾经讲过：“玻尔作为科学上的一位思想家之所以具有如此惊人的吸收力，是因为他对隐秘事物的直觉的理解力，同时又兼有如此强有力的批判能力。”作为量子物理学的最有资格的代表，玻尔对物理学和人类的整个思维领域作出了多次根本性的重大贡献，留下了难以估价的精神遗产。

### 1923年

密立根(Robert Andrews Millikan, 1868-1953)因对基本电荷和光电效应的研究，获得了1923年度诺贝尔物理学奖。

1911年，为了证明电子电荷为电荷的基本单位，密立根将油雾喷入水平放置的电容器极板之间，然后跟踪单个带电油滴在重力和荷电极板间电场的作用下在空气中的降落过程。当油滴上的电荷改变时，电场对油滴的作用就会突然增强，油滴的速度便会随之改变。他通过

调整电容器上的电压，使作用在油滴上向下的重力和向上的电力平衡，从而使油滴保持稳定状态。利用观察到的电压、油滴的密度和油滴自由下降的速度，他能够算出油滴上的电荷值。他发现，这些电荷值总是电子电荷( $e = 1.60 \times 10^{-19}$ 库仑)的整数倍。因此， $e$ 应是自然界中电荷的基本单位。

1912-1915年间，他利用复杂、精密的仪器和高真空中的样品，检验了爱因斯坦1905年提出的光电效应公式。在照射光的频率为 $\nu$ 的情况下，他测量了光电子从金属中逸出所需的最小电压 $V$ ，验证了光电效应的爱因斯坦关系式： $E = h\nu - W$ ，并直接运用光电方法对普朗克常数 $h$ 作了首次测量。

密立根是现代实验物理学大师，他一贯强调精确测量在物理学进步中的重要作用。他认为，只有在这类工作的基础之上，科学才能稳步地向前进，才能建立在“比金字塔更加牢固、更加持久的基础之上。”

### 1924年

西格班(Karl Manne Georg Siegbahn, 1886-1978)因在X射线光谱学方面的研究和发现，获得了1924年度诺贝尔物理学奖。

从1914年开始，西格班从对电磁学的研究转向X射线光谱学。为此，他在隆德大学创建了著名的光谱学实验室。1921年，他设计了研究光谱用的真空分光镜。他先把要分析鉴定的材料涂在X射线管的阳极板上作为靶标，再用阴极发出的电子去冲击阳极板，使其受激发，发出标识X射线。然后，用他所发明的分光镜来观察X射线光谱，并用摄谱仪摄下光谱照片。利用这种方法，他测量、分析并确定了92种元素的原子所发射的标识X射线。这些元素的X射线标识谱间的相对简易性和紧密相似性，使他确信这些辐射起源于原子内部而与外围电子结构所支配的复杂光谱线及化学性质无关。他证明了巴克拉发现的K辐射与L辐射的确存在。另外，他还发现了另一谱线系，即M系。西格班光谱仪的高分辨率显示了莫塞莱所发现的K谱线为双线。他在L系中发现了28条谱

线,在M系中发现了24条谱线.他的工作支持玻尔等科学家关于原子内电子按照壳层排列的观点.

从伦琴开始,人们一直试图证明X射线是一种短波长的电磁辐射.1924年,西格班用棱镜演示X射线的折射获得成功,从而完成了这一历史使命.

### 1925年

弗兰克(James Franck, 1882-1964)和赫兹(Gustav Hertz, 1887-1975)因发现电子和原子的碰撞规律,共同分享了1925年度诺贝尔物理学奖.

从1913年开始,弗兰克和赫兹合作,对电子与气体原子和分子间的碰撞进行了非常精确的研究.1914年,他们利用电场加速由热阴极发出的电子,使电子获得能量并与管中水银蒸气原子发生碰撞.实验发现,当电子能量未达到某一临界值时,电子与水银原子发生弹性碰撞,电子不损失能量,当电子能量达到某一临界值时,就发生非弹性碰撞,电子将一定量的能量传递给水银原子,使其激发,进而便可观察到水银原子退激发时发射的光谱线.这个事实无可非议地说明了水银原子具有玻尔所设想的那种“完全确定的、互相分立的能量状态”.因此,这个实验是玻尔所假设的量子化能级的第一个决定性的证据.

弗兰克-赫兹实验不仅证实了玻尔提出的原子存在分立能级的假设,而且改进后的实验装置还可以直接用来测定两个分立能级之间的能量差,在历史上对量子理论的建立有重要意义.

### 1926年

佩兰(Jean Baptiste Perrin, 1870-1942)因研究物质结构的不连续性,特别是发现沉积平衡,获得了1926年度诺贝尔物理学奖.

佩兰最驰名的工作是他对布朗运动的研究.布朗运动,是悬浮在液体中的微粒的一种无规则运动.现在人们知道,布朗运动是由周围分子对这些微粒不断的、无规则的碰撞引起的.佩兰认为,作布朗运动的胶体悬浮粒子,平

衡时,在竖直方向上应以某种确定的方式分布.

通过对悬浮于水中的树脂小颗粒的计数,他发现粒子数随高度指数地减少.他还证明了这种变化遵从动力学理论,并由此计算了阿伏加德罗常数.由于水分子的大小出现在描述布朗运动粒子垂直分布的方程中,这就第一次使得人们能够通过实验观察来计算分子和原子的大小.在研究布朗运动的过程中,爱因斯坦提出了关于这个现象的数学理论,德国物理学家塞迪对这个理论作了首次实验验证,佩兰对布朗运动所作的测量进一步证明了爱因斯坦理论与实验完全符合.通过这些测量,佩兰又得出了测定阿伏加德罗常数的另一种方法.分子碰撞不仅使液体中的粒子产生移动,而且产生转动.爱因斯坦创立了这种转动的理论,佩兰作了有关的测量.在这些测量中,佩兰发现了第三种测定阿伏加德罗常数的方法.这3种方法给出的结果分别是: $68.2 \times 10^{22}$ ,  $68.8 \times 10^{22}$ 和  $65 \times 10^{22}$ .

佩兰的研究结束了关于分子是否真实存在的长期争论.正如彭加莱所说:“佩兰确定原子数目的杰出工作,宣告了原子学说的胜利,……化学家的原子,现在是一个客观实体了.”

### 1927年

康普顿(Arthur Holly Compton, 1892-1962)因发现康普顿效应、威尔逊(Charles Thomson Rees Wilson, 1869-1959)因发现通过蒸汽凝结观察带电粒子径迹的方法,共同分享了1927年度诺贝尔物理学奖.

1920年,康普顿在华盛顿大学用X射线做散射实验.他设计并吹制了X射线管,使管子的靶和散射用的石墨靠得很近,他还设计了特制的X射线分光仪,改进了探测用的可调象限计,这些措施大大提高了X射线散射实验的检测灵敏度.通过实验,他清晰地观察到,散射后的X射线包含两种不同的波长成分:一种和入射X射线波长相同,称为不变线;另一种则大于入射X射线的波长,称为变线.他进一步精确地测量了不同角度散射的X射线,发现散射角增大时,变线的波长也加大,且变线增强,不变

线减弱,这就是康普顿效应.为了对观察到的变线波长给予合理的解释,康普顿于1923年提出了一种新的量子理论.他认为,在康普顿效应中,一个能量为 $h\nu$ 、动量为 $h\nu/c$ 的X射线光子与一个自由电子发生了保持能动能量守恒的弹性碰撞.该理论还预言存在反冲电子,同年威尔逊和博特分别用威尔逊云室观察到了康普顿量子理论所预言的反冲电子.

康普顿效应的发现具有重大的科学意义:它为微观粒子的波粒二象性提供了有力的证据;直接证明了微观粒子在单次碰撞过程中能量和动量是守恒的.

1895年,威尔逊在卡文迪什实验室时便开始了他对云的形成的研究.他让水蒸气在他设计好的玻璃容器中膨胀,发现达到饱和状态的水蒸气遇到游离的灰尘或者带电离子,便会凝结成小水珠,这就是云雾形成的原因.据此,他经过反复实验,于1911年发明了著名的威尔逊云雾室.这种云雾室,利用蒸汽绝热膨胀,温度降低,达到饱和状态,当带电粒子通过时,蒸汽沿粒子轨道发生凝结,从而显示粒子径迹.利用其电离密度还可以测量粒子的能量和速度.

威尔逊云雾室是历史上最早建造的粒子径迹探测器,它对粒子物理学的发展起过重大作用,正电子、 $\mu$ 子、 $K^0$ 介子和 $\Xi^-$ 超子等都是通过拍摄它们在云雾室中的径迹而发现的.

#### 1928年

理查逊(Sir Owen Willans Richardson, 1879-1959)因研究热电子现象,特别是发现理查逊定律,获得了1928年度诺贝尔物理学奖.

理查逊创立了电子和离子的发射理论,使无线电、电话、电视和X射线技术的迅速发展成为可能.最初,理查逊直观地感到,正、负电荷是直接从受热的固体金属丝本身发出的,而不是从附近的气体分子与受热物体的化学作用产生的.他应用分子运动论作了如下假设:在热导体内部的自由电子,只要它们的动能足以克服导体中正电荷的吸引,就有可能从导体的表面逸出.他成功地确定了金属电子动能随着温

度增加而增加的关系.被他发现并以他的名字命名的“理查逊定律”描述的就是电子发射对温度的依赖关系:

$$I = AT^2 \exp(-W/KT),$$

其中 $I$ 是电子发射的饱和电流, $A$ 为普适常数, $T$ 是灯丝温度, $W$ 为金属的电子功函数和 $K$ 为玻耳兹曼常数.他坚持不懈地用实验检验这一定律,改进手泵用于获得真空,改进真空清除技术,热心于采用易拉长的钨丝作阴极等.

理查逊花费了大约15年的时间在艰苦的热离子研究上,终于在1910年完成了他的论著:《受热物体的电发射》.令他高兴的是,他的热离子辐射基本方程经受了20世纪20年代的量子力学革命考验之后,继续保存了下来.

#### 1929年

德布罗意(Louis Victor De Broglie, 1892-1987)因发现电子的波动性,获得了1929年度诺贝尔物理学奖.

从1922年起,德布罗意在法国科学院《波动力学》杂志上,连续发表了数篇有关波动和粒子统一的论文.1923年夏天,他提出了一个新的设想——把光的波粒二象性推广到物质粒子特别是电子.他把这一想法以两篇短文的形式分别发表于《通报》杂志和《自然》杂志的评注栏内.1924年,他在巴黎大学的博士论文《关于量子理论的研究》中,详细地阐述了这一想法,提出了微观粒子波动性的物质波理论.1925年,他把这篇100余页的论文发表在《物理年鉴》上.德布罗意设想,每个粒子(比如电子)都伴随着波,其波长( $\lambda$ )与该粒子的质量( $m$ )和速度( $v$ )有关.它们之间的关系可以借助于普朗克常数( $h$ )用一个简单的公式来表示: $\lambda = h/mv$ .对于一个大的物体来说,例如,扔出去的具有大动量的棒球,计算所得的德布罗意波长小到惊人的程度,以致于人们无法测量.但是,对于一个以每秒100厘米的速度运动的电子来说,波长可以大到约为0.07厘米.于是人们想到,利用晶格长度约为原子线度的晶体,通过干涉实验,来检测微观粒子的德布罗意波.在德布罗意的论文发表3年以后,美国的戴维

逊和盖革、英国的汤姆逊和乔治等都先后通过电子衍射实验证实了电子具有波动性。

德布罗意提出的物质波理论成了许多科学家专攻的课题，奥地利物理学家薛定谔正是在这一理论的基础上建立了波动力学。

### 1930年

拉曼(Sir Chandrasekhara Venkata Raman, 1888-1970)因光散射方面的研究工作和拉曼效应的发现，获得了1930年度诺贝尔物理学奖。

在X射线的康普顿效应发现以后，海森伯曾于1925年预言：可见光也会有类似的效应。1928年，拉曼在《一种新的辐射》一文中指出：当单色光定向地通过透明物质时，会有一些光受到散射。散射光的光谱，除了含有原来波长的一些光以外，还含有一些弱的光，其波长与原来光的波长相差一个恒定的数量。这种单色光被介质分子散射后频率发生改变的现象，称为并合散射效应，又称为拉曼效应。这一发现，很

快就得到了公认。英国皇家学会正式称之为“20年代实验物理学中最卓越的三四个发现之一”。

拉曼效应为光的量子理论提供了新的证据。频率为 $\nu_0$ 的单色光入射到介质里会同时发生两种散射过程：一种是频率不变( $\nu = \nu_0$ )的散射，即瑞利散射，是由入射光量子与散射分子的弹性碰撞引起的；另一种是频率改变( $\nu = \nu_0 \pm \nu_R$ )的散射，即拉曼散射，其中 $\nu_R$ 称为拉曼频率。散射光频率的改变是由于入射光量子与散射分子之间发生了能量交换，交换的能量( $h\nu_R$ )由散射分子的振动或转动能级决定。后人研究表明，拉曼效应对于研究分子结构和进行化学分析都是非常重要的。

拉曼是印度人，是第一位获得诺贝尔物理学奖的亚洲科学家。拉曼还是一位教育家，他从事研究生的培养工作，并将其中很多优秀人才输送到印度的许多重要岗位。

(未完待续)

---

## 欢迎订阅《现代物理知识》

《现代物理知识》创刊于1989年元月，是我国物理学界一份优秀的科普杂志。该刊主要介绍现代物理知识、物理学前沿的最新成果与发展动态、与物理学有关的交叉学科发展的信息、有关新技术及其应用，以及科学史和科学家。主要栏目有：物理知识、物理前沿、科技经纬、教学参考、中学园地、科学源流和科苑快讯。涉及的学科为：高能物理与核物理，原子分子物理和光物理，等离子体物理，凝聚态物理与材料科学，天文学和宇宙学，以及与物理交叉的其他学科。读者对象为科技工作者、科技管理干部、大、中学校教师、研究生、大学生、中学生和其他物理学爱好者。由于该刊文章具有很强的科学性、知识性和趣味性，因而赢得了广大读者的喜

爱，在科技界和教育界有着广泛的影响。

该刊国内外发行，各地邮局均可订阅(邮发代号：2-824)。在邮局漏订或需要过去杂志的读者，请按下列价格汇款到《现代物理知识》编辑部(100039,北京918信箱)补订。

1992年合订本，18元；1993年合计本，18元；1995年合计本，22元；1996年合计本，26元；1993年增刊，8元；1994年增刊，8元，1994年附加增刊合订本，36元；1996年增刊，15元；1997年合订本，30元，1998年合订本已售完，尚有2—6期单行本，每本3元，1999年合订本，32元；2000年全年6期，每期4元。以上所列，均含邮资或免邮资。