

# 探索未知

诺贝尔物理学奖精选

(理论篇)

北京未来新世纪教育科学发展中心 编

新疆青少年出版社  
喀什维吾尔文出版社

# 探索未知

## 诺贝尔物理学奖精选(理论篇)

北京未来新世纪教育科学发展中心 编

新疆青少年出版社

喀什维吾尔文出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

探索未知/王卫国主编. —乌鲁木齐:新疆青少年出版社;喀什:喀什维吾尔文出版社, 2006. 8

ISBN 7—5373—1464—0

I. 探... II. 王... III. 自然科学—青少年读物 IV. N49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 097778 号

## 探索未知

诺贝尔物理学奖精选(理论篇)

北京未来新世纪教育科学发展中心 编

---

新疆青少年出版社 出版  
喀什维吾尔文出版社

(乌鲁木齐市胜利路 100 号 邮编:830001)

北京市朝教印刷厂印刷

开本:787mm×1092mm 32 开

印张:300 字数:3600 千

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—3000

---

ISBN 7—5373—1464—0 总定价:840.00 元(共 100 册)

如有印装质量问题请直接同承印厂调换

# 前言

在半年之前,本编辑部曾推出过一套科普丛书,叫做《科学目击者》,读者反应良好。然而,区区一部丛书怎能将各种科学新知囊括其中?所未涉及者仍多。编辑部的同仁们也有余兴未尽之意,于是就有了这套《探索未知》丛书。

《科学目击者》和《探索未知》可以说是姊妹关系,也可以说是父子关系。说它们是姊妹,是因为它们在方向设定、内容选择上不分彼此,同是孕育于科学,同为中国基础科普而诞生。说它们是父子,则是从它们的出版过程考虑的。《科学目击者》的出版为我们编辑本套丛书提供了丰富的经验,让我们能够更好的把握读者们的需求与兴趣,得以将一套更为优秀的丛书呈献给读者。从这个层面上讲,《科学目击者》的出版成就了《探索未知》的诞生。

如果说《科学目击者》只是我们的第一个试验品,那么《探索未知》就是第一个正式成品了。它文字精彩,选

题科学,内容上囊括了数学、物理、化学、地理以及生物五个部分的科学知识,涵盖面广,深度适中。对于对科学新知有着浓厚兴趣的读者来说,在这里将找到最为满意的答复。

有了《科学目击者》的成功经验,让我们得以取其优、去其短,一直朝着尽善尽美的目标而努力。但如此繁杂的知识门类,让我们实感知识面的狭窄,实非少数几人所能完成。我们在编稿之时,尽可能地多汲取众多专家学者的意见。然而,百密尚有一疏,纰漏难免,如果给读者您的阅读带来不便,敬请批评指正。

编 者

# 目 录

|                     |    |
|---------------------|----|
| 1925 年诺贝尔物理学奖       |    |
| ——原子受电子碰撞的定律 .....  | 1  |
| 1928 年诺贝尔物理学奖       |    |
| ——热电子发射定律 .....     | 6  |
| 1945 年诺贝尔物理学奖       |    |
| ——泡利不相容原理 .....     | 15 |
| 1961 年诺贝尔物理学奖       |    |
| ——核子结构和穆斯堡尔效应 ..... | 20 |
| 1963 年诺贝尔物理学奖       |    |
| ——原子核理论和对称性原理 ..... | 31 |
| 1975 年诺贝尔物理学奖       |    |
| ——原子核理论 .....       | 39 |
| 1977 年诺贝尔物理学奖       |    |
| ——电子结构理论 .....      | 47 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| 1979 年诺贝尔物理学奖       |    |
| ——弱电统一理论 .....      | 54 |
| 1982 年诺贝尔物理学奖       |    |
| ——相变理论 .....        | 61 |
| 1985 年诺贝尔物理学奖       |    |
| ——量子霍耳效应 .....      | 70 |
| 1998 年诺贝尔物理学奖       |    |
| ——分数量子霍耳效应的发现 ..... | 79 |
| 1999 年诺贝尔物理学奖       |    |
| ——电弱相互作用的量子结构 ..... | 86 |



## 1925 年诺贝尔物理学奖 ——原子受电子碰撞的定律

1925 年诺贝尔物理学奖授予德国格丁根大学的弗兰克和哈雷大学的赫兹,以表彰他们发现了原子受电子碰撞的定律。

弗兰克—赫兹实验为能级的存在提供了直接的证据,对玻尔的原子理论是一个有力支持。弗兰克擅长低压气体放电的实验研究。1913 年他和赫兹在柏林大学合作,研究电离电势和量子理论的关系,用的方法是勒纳德创造的反向电压法,由此他们得到了一系列气体,例如氩、氖、氢和氧的电离电势。后来他们又特地研究了电子和惰性气体的碰撞特性。1914 年他们取得了意想不到的结果,他们的结论是:

(1) 汞蒸汽中的电子与分子进行弹性碰撞,直到取得某一临界速度为止;

(2) 此临界速度可测准到  $0.1V$ ,测得的结果是:这速度相当于电子经过  $4.9V$  的加速;

## 探索未知

(3)可以证明 4.9 伏电子束的能量等于波长为 2536 的汞谱线的能量子;

(4)4.9 伏电子束损失的能量导致汞电离,所以 4.9 伏也许就是汞原子的电离电势。

弗兰克和赫兹的实验装置主要是一只充气三极管。电子从加热的铂丝发射,铂丝外有一同轴圆柱形栅极,电压加于其间,形成加速电场。电子多穿过栅极被外面的圆柱形板极接受,板极电流用电流计测量。当电子管中充以汞蒸汽时,他们观测到,每隔 4.9V 电势差,板极电流都要突降一次。如在管子里充以氦气,也会发生类似情况,其临界电势差约为 21V。

弗兰克和赫兹最初是依据斯塔克的理论,斯塔克认为线光谱产生的原因是原子或分子的电离,光谱频率  $\nu$  与电离电势  $V$  有如下的量子关系:  $h\nu = eV$ 。

弗兰克和赫兹在 1914 年以后有好几年仍然坚持斯塔克的观点,他们相信自己的实验无可辩驳地证实了斯塔克的观点,认为 4.9V 电势差引起了汞原子的电离。他们也许因为战争期间信息不通,对玻尔的原子理论不甚了解,所以还在论文中表示他们的实验结果不符合玻尔的理论。其实,玻尔在得知弗兰克—赫兹的实验后,早在 1915 年就指出,弗兰克—赫兹实验的 4.9V 正是他的能级理论中预言的汞原子的第一激发电势。



1919年,弗兰克和赫兹表示同意玻尔的观点。弗兰克在他的诺贝尔奖领奖词中讲道:“在用电子碰撞方法证明向原子传递的能量是量子化的这一科学研究的发展中,我们所作的一部分工作犯了许多错误,走了一些弯路,尽管玻尔理论已为这个领域开辟了笔直的通道。后来我们认识到了玻尔理论的指导意义,一切困难才迎刃而解。我们清楚地知道,我们的工作所以会获得广泛的承认,是由于它和普朗克,特别是和玻尔的伟大思想和概念有了联系。”

弗兰克1882年8月26日出生于汉堡。他在这里上了威廉中学后,在海德堡大学学了一年化学,后来又在柏林大学学物理。在这里,他的主要导师是瓦尔堡和德鲁德。1906年在瓦尔堡的指导下,1902年入柏林大学学习物理学,1906年获博士学位。在法兰克福大学担任助教不久,又返回柏林大学任鲁本斯的助教。1911年获得柏林大学物理学“大学授课资格”,在柏林大学讲课直到1918年(由于战争而中断了教学。战争中曾获一级铁十字勋章),后成为该大学的物理学副教授。1917年起任威廉皇帝物理化学研究所的分部主任。1921年受聘为格丁根大学教授,并担任第二实验物理学研究所主任。1933年为抗议希特勒反犹太法,弗兰克公开发表声明并辞去教授职务,离开德国去哥本哈根;一年后移居美国,

成为美国公民。1935~1938 年任约翰·霍布金斯大学物理系教授。1938 年起任芝加哥大学物理化学教授,直到 1949 年退休。第二次世界大战期间,他参加了研制原子弹有关的工程,但与大多数科学家一样,他反对对日本使用原子武器。在芝加哥大学期间,弗兰克还担任该校光合作用实验室主任,对各种生物过程、特别是光合作用的物理化学机制进行了研究。

1964 年弗兰克在访问格丁根时于 5 月 21 日逝世。

赫兹 1887 年 7 月 22 日出生于汉堡。他是电磁波的发现者赫兹的侄子。赫兹在汉堡的约翰尼厄姆学校毕业后,于 1906 年进入格丁根大学,后来又在慕尼黑大学和柏林大学学习,1911 年毕业。1913 年任柏林大学物理研究所研究助理。由于爆发了第一次世界大战,赫兹于 1914 年从军,1915 年在一次作战中负重伤,1917 年回到柏林当校外教师。1920 年到 1925 年间,赫兹在埃因霍温的菲利普白炽灯厂物理研究室工作。

1925 年赫兹被选为哈雷大学的教授和物理研究所所长。1928 年回到柏林任夏洛腾堡工业大学物理教研室主任。1935 年由于政治原因辞去了主任职务,又回到工业界,担任西蒙公司研究室主任。从 1945 年到 1954 年在前苏联工作,领导一个研究室,这期间他被任命为莱比锡卡尔·马克思大学物理研究所所长和教授。1961



年退休,先后在莱比锡和柏林居住。

从研究课题来说,赫兹早年研究的是二氧化碳的红外吸收以及压力和分压的关系。1913年和弗兰克一起开始研究电子碰撞。1928年,赫兹回到柏林的第一个任务是重建物理研究所和学校。他为这一目标不停地工作。在此期间,他负责用多级扩散方法分离氖的同位素。

赫兹发表了许多关于电子和原子间能量交换的论文和关于测量电离电势的论文。有些是单独完成的,有些是和弗兰克、克洛珀斯合作的。他还有一些关于分离同位素的著作。

赫兹是柏林德国科学院院士,1975年在柏林去世。



## 1928 年诺贝尔物理学奖 ——热电子发射定律

1928 年诺贝尔物理学奖授予英国伦敦大学的里查森,以表彰他对热电子发射现象的工作,特别是发现了以他的名字命名的定律。

20 世纪前半叶,物理学在工程技术方面最引人注目的应用之一是在无线电电子学方面。无线电电子学的基础是热电子发射。当时名为热离子学的学科,研究的就是热电子发射。热电子发射定律的发现对无线电电子学的发展有深远影响,因为不论是早期的二极管和三极管,还是后来的 X 射线管、电子显像管和磁控管、速调管,都离不开发射电子的热阴极。要使这些器件能够高效率、长寿命地工作,关键在于设计合理的电子发射机构。里查森定律为此指明了道路。这一事例又一次证明了基础研究对科学技术的重要意义。

热离子现象的观测可以溯源到二百多年前,那时人们已经知道,灼热物体附近的空气会失去绝缘性能而导



电,1725年杜菲就注意到了这一现象,后经托尔、瓦森、普列斯特利、卡瓦洛不断进行观察,积累了许多这方面的资料。1853年贝克勒尔证明,白热状态下的空气只需几伏电压就可以导电;1881年布朗诺进一步肯定了上述结论,证明即使电压低到 $1/1000\text{V}$ ,白热状态的空气也不能保持绝缘。后来研究者转向灼热物体对空气导电的影响,致力于追寻这一影响的根源。1873年古利让加热的铁球带电,发现红热的铁球能保留负电,却不能保留正电;白热的铁球既不能保留负电,也不能保留正电。爱斯特和盖特尔在1882~1889年进行了一系列实验研究,检测了在不同压强下各种气体中靠近各种热丝的绝缘金属板所聚集的电荷,得到一条结论:在温度低、气压高的状态下,金属板带正电;在温度高、气压低的状态下,金属板带负电。

此时发明家爱迪生正在研究电灯泡。他在灯泡中靠近灯丝的地方装上一块金属片,发现当金属片经电流计同灯丝电源的正极接通时,电流计的指针偏转,显示有电流从灯丝越过空间到达金属片。这就是所谓的爱迪生效应。但在当时爱迪生并没有搞清楚这一电流的本质。

1897年,汤姆孙通过阴极射线荷质比( $e/m$ )的测量发现了电子。1899年他进一步研究了爱迪生效应中越过空间的电流,用磁偏法测出其荷质比,证实这种电流也



是由电子组成。第二年他的学生麦克勒伦指出只要周围气体的压强足够低,从带负电的铂丝放出的电流就几乎完全不受气体性质和压强变化的影响。这些结果引起了汤姆孙另一位年轻学生的极大兴趣,他就是里查森。在导师的鼓励下,他热忱地投身于这项研究中。

里查森从1900年起投身于热离子现象的研究,前后历时十余年。他一方面不屈不挠地从事实验工作;另一方面还下很大功夫进行理论分析。摆在里查森面前的是十分复杂的现象。如果没有理论指导,就只能停留在表面现象,难以探讨事物的本质;如果不掌握精确的数据资料,再好的理论也得不到证实。前人的研究成果固然提供了许多有用的依据,但也充斥着形形色色的说法。例如:有人认为热离子现象是以太行为的某种表现;有人把气体导电现象归因于以太;也有人认为不同的材料有不同的属性,因而发出不同的电荷;还有人认为这是一种化学效应,是由于热体和周围的气体分子相互作用的结果。

21岁的里查森从导师汤姆孙和同学麦克勒伦的实验结果得到启示,判定只要尽量抽成真空,排除残余气体,然后直接研究饱和电流,就有可能抓住事物的本质。

关于实验工作的艰难,从里查森1928年诺贝尔领奖词中可窥见一二。他说:“我认识到,要取得进展,最好的办法是避免由于气体在场的复杂性,尽可能搞清楚气体



效应排除之后会出现什么情况。本世纪之初解决这个问题不像现在（注：指1928年）这样容易。主要是由于这个现象在技术上的重要性，从那时起抽气工艺已大大地发展了。当中只有靠手摇泵抽气。由于热丝给器壁和其他部分加热会产生无休止的放气，抽气是一件最厌烦的操作。我常常连续几个星期给管中金属丝加热，来保证观察到的电流稳定，并保证这个电流与残余气体无关。”

他的真空管里装有铂丝，铂丝周围是一金属筒作为阳极，电极间加足够强的电场。温度从铂丝的电阻变化可以算出。改变铂丝温度  $T$ ，测不同温度时发射的饱和电流  $i$ ，得到的曲线看上去像一根直线。

但是要获得严格的函数关系光靠实验是不够的。里查森坚信热丝周围的电荷主要是从热丝内部由于热运动逸出的自由电子，而不是什么以太效应，这可从汤姆孙的荷质比实验得到证明。把这些电子看成电子气，就有可能象分子运动论处理理想气体一样推出饱和电流随温度变化的公式。

里查森推导这一公式的基本思想是：在热金属内部充有大量自由运动的电子，当电子到达金属表面时，如果和表面垂直的速度分量所决定的动能大于逸出功  $W$ ，这个电子就有可能逸出金属表面，而电子的速度分布遵循麦克斯韦—玻耳兹曼分布律。经过计算得出：



$$i = AT^{\frac{1}{2}} \exp(-W/kT) \quad (1)$$

式中  $i$  是热体发出的饱和电流密度,  $k$  是玻耳兹曼常数,  $A$  是与材料有关的系数。里查森的实验数据表明,理论与实验符合甚好。

这就是 1901 年里查森发表的基本内容。

里查森进一步研究热体周围的正离子。他通过大量实验终于搞清楚,正离子的产生非常复杂。有的是电极本身在加热时发出的,有的是杂质引起的,有的确是由于加热电极与周围气体之间的相互作用。

他证实这些正离子和负电子一样,也遵循同样的规律,即  $i = aT^{\frac{1}{2}} \exp(-b/JT)$ , 其中  $a$  和  $b$  也是两个待定的系数。

里查森还发现固体样品在第一次加热时总要先发射大量正离子,形成瞬态电流。去掉杂质后,才开始稳定地发射正离子。瞬态电流显然是杂质引起的,稳态电流才是由电极本身材料产生的正离子组成。

为了检验推导公式所依据的基本前提是否正确,里查森提出两条途径。一条途径是如果电子确实是依靠克服了逸出功  $W$  的动能从热体逸出,则热体必会由于这个过程而降温。为此里查森于 1903 年作了计算。1909 年韦勒尔特和琴希首次实验证实,不过数值与理论不符。1915 年里查森和库克合作,改进实验方法,最终确认了