

物理学史中的四月

1914年4月 法兰克研究原子和电子的碰撞
(译自 *APS News*, 2017年4月)

萧如珀¹ 杨信男² 译

(1. 自由业; 2. 台湾大学物理系 10617)



1882年, 法兰克(James Franck)出生在德国汉堡, 是几个世纪前从葡萄牙移民的犹太后裔。他在1906年获得柏林大学的博士学位, 之后就一直留在柏林大学, 直到1918年为止。1914年, 法兰克在那里做出最著名的电子撞击汞原子的散射研究; 他和赫兹(Gustav Hertz)合写的论文让他们在物理史册上留名。他对物理研究的贡献; 他对道德议题不计个人安危所采取的立场; 以及他在科学和政治十字路口所抱持的态度——这些全部加总起来让他成为极少数广被敬重的科学家之一, 他真的是一位全方位的人。

法兰克-赫兹的第一个实验证实了汞原子分立能阶(discrete energy levels)的存在, 这是法兰克和赫兹共同努力的成果。赫兹是海因里希·赫兹(Heinrich Hertz)的侄儿, 海因里希的实验证实了麦克斯韦(James Clerk Maxwell)先前理论所提电磁波的存在。法兰克-赫兹的装置, 类似真空管, 内有直线阴极, 通电加热, 经由热离子放射产生电子。管内充满汞蒸气, 温度大约120℃, 气压大约1 mm。阴极放射出的电子在通过一个网筛或网格后被铂阳极收集。

在阴极和网格间加压 V , 会让电子加速到网格; 而在阳极和网格间加很小的减速电压, 会阻止带很低能量的电子被收集。当法兰克和赫兹增加



图1 (由左)诺贝尔奖得主: 波耳(Niels Bohr)、法兰克(James Franck)、爱因斯坦(Albert Einstein)、和拉比(Isidor Rabi)

图片来源: Wikimedia commons

电压 V , 被铂阳极筒所收集到的电流也会增加, 这表示经过汞蒸气的电子几乎没有丧失能量。如果考虑管子的大小及电子和汞原子的碰撞截面, 就可知道电子从阴极通过到铂网时会和原子碰撞好几百次。因此, 碰撞是弹性的, 电子也几乎没给原子能量。用一个粗浅的比拟就好比将电子对比为子弹, 在气体中历经许多弹性的碰撞, 但能量的损失或偏斜是极小的。

但当 V 到达约4.9 eV时, 电流会突然降到几乎为0, 这意味着, 在4.9 eV, 电子会在碰撞时失去所有的能量, 无法克服减速电压到达阳极。起初, 法兰克和赫兹认为这是由于汞原子碰撞电子有被游离化, 然而他们很快就了解这能量丧失是因为汞原子在基态和电离能阶间存在着分立能阶。这是第一次在光谱学外有实验证明, 波耳不久前才发表的氢原子理论中所假设的原子分立能阶。

在物理界, 他们此发现的影响是很令人震惊的。演讲后, 爱因斯坦告诉麦特娜说: “这美妙得令人想哭”。在他们的第二篇论文中, 他们证明4.9 eV 会激发汞原子2537Å紫外线的放射。

后来, 法兰克暂时离开他的科学事业, 在第一次世界大战期间到德军服志愿役, 在一次毒气攻击中受了重伤。战后他回到学校, 1920年担任那时是量子物理重镇的哥廷根大学实验物理教授。1925

年,他提出知名的法兰克-康登原理,这是我们理解双原子分子,以及更复杂分子的电子光谱的基础。

1933年,希特勒通过歧视性的法规,禁止犹太人担任政府公职。法兰克因曾在第一次世界大战中服役,所以被排除在此法规外。但是,他却选择甘冒事业和个人安危辞去他的职务,才不用被迫去解雇他的犹太同僚和学生。他是第一个这么大胆的德国大学教授。

法兰克离开德国,继续在欧洲担任几个短暂的学术职务。1940年,他和冯·劳尔(Max von Laue)担心德军会没收他们的黄金诺贝尔奖章,就把奖章放在哥本哈根波耳研究所保管。入侵的德军曾一度进入哥本哈根,行进到研究所附近,他们一定会没收奖章的,该怎么办呢?当时在研究所的匈牙利化学家德赫维西(George de Hevesy)在情急之下,将黄金打造的奖章放入硝酸和盐酸混合的王水中溶解,然后将装着黄色液体的瓶子置放在柜子不显眼处。瓶子就一直放在那里直到战后,他们才将黄金复原,送到诺贝尔学会。学会重铸奖章后再送去给法兰克和冯·劳尔。

法兰克后来去到美国,在芝加哥大学度过他大半的余生。在加入曼哈顿计划后,于一次1945年6月的报告中,他极力主张政府当局实地示范核武器爆炸,这样可避免实际使用核弹,来和日本达成和平。之后,他加入停止核武竞试的努力,可惜没成功。他在此议题上的立场反映出他毕生在公共议题上的道德坚持。法兰克于1964年5月访问哥廷根时突然过世。

参考文献:

① Lemmerich, J. 2011. *Science and Conscience: The Life of James Franck*. Palo Alto. Stanford University Press. Palo Alto.

② Rice, S. and Jortner J. 2010. *James Franck, 1882- 1964: A Biographical Memoir*. The National Academies Press. Washington, D.C.

③ Nobel Prize in Physics, 1925.

④ Franck, J. and Hertz., G., 1914. *Verh. Dtsch. Phys. Ges.* 16: 457-467.

⑤ Franck, J. and Hertz., G., 1914. *Verh. Dtsch. Phys. Ges.* 16, 512-517.

⑥ American Institute of Physics. *The Invisible Prize* (accessed March 16, 2017). <https://aip.org/history-programs/news/invisible-prize>

(本文转载自台湾大学科学教育发展中心“CASE 报科学”, 网址 <http://case.ntu.edu.tw/blog/?cat=3145>)

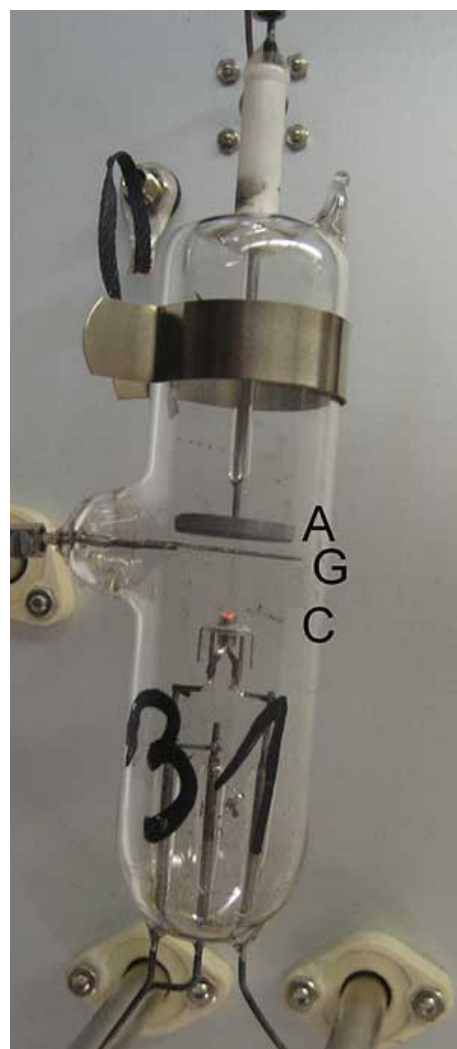


图2 教学实验室做法兰克-赫兹实验的汞蒸气真空管:

(A)阳极、(G)网格、(C)阴极

Photo: Wikimedia commons