



J. J. 汤姆孙

阎康年

J. J. 汤姆孙是英国著名的物理学家,曾因气体导电的实验研究和发现电子,获1906年的诺贝尔物理学奖。他是原子物理学的主要奠基人之一,又是一位伟大的教育家,是研究生制的创立者,是现代科研中心——卡文迪什实验室的第三任卡文迪什教授。

J. J. 汤姆孙于1856年12月18日生于曼彻斯特郊区的齐特汉山(Cheethan Hill)。十四岁入曼彻斯特欧文斯学院(Owens College)学习,于1873年和1874年分别获工程和数学奖金。他的父亲本来想让他成为工程师,他却有志于物理学。1876年考入剑桥大学三一学院就读,仅一年就破格考取该学院的评议员职务(fellowship),并于1880年取得B. A. 学位(B. A. degree),进入卡文迪什实验室,在雷利(Lord Rayleigh)勋爵的指导下进行电磁理论的实验研究工作。1882年运用古原子论的原子漩涡运动思想研究流体,写出《完全不可压缩液体中二封闭漩涡相互作用的一般研究》论文,获亚当斯(Adams)奖,从而确定了他研究原子结构的终生道路。1884年当选为皇家学会会员,同年末雷利因被选为皇家学院教授而辞去第二任卡文迪什教授之职,当时以副校长佛瑞斯(Ferrers)为首的挑选委员会,荐举J. J. 汤姆孙继任。这样年轻就被选为皇家学会会员和卡文迪什教授,是前所未有的,在科学史上被认为是荐贤的范例之一。

1905年J. J. 汤姆孙又接替雷利任皇家学院的自然哲学教授。此后,他相继担任过大英协会、初级工程师协会和法拉第学会主席及皇家学会副主席。1912年曾被推荐任皇家学会主席,但他因愿留在卡文迪什实验室进行学术研究而谢绝出任。三年后再次当选为皇家学会主席。在第一次世界大战结束的1918年,汤姆孙升任三一学院院长,并推荐他的得意门生卢瑟福继任卡文迪什教授兼指导,自己仍兼任该实验室的教授,继续做些研究工作。两人相互配合,为把卡文迪什实验室办成世界核物理研究中心和造就大量高级研究人才,做出了贡献。在科学史上这又成为让贤的范例之一。

J. J. 汤姆孙一生对科学的发展曾做出多方面的贡献,现分以下几方面介绍:

电磁理论和气体导电性的研究

他的科学活动是于1880年在雷利勋爵的指导下,沿麦克斯韦奠定的电磁理论研究方向展开的。他的第一个研究成果是决定带电体的电磁质量和洛伦兹(Lorentz)力,1888年末同助理演员G. F. C. 斯尔莱(Seale)一起精测静电单位与电磁单位的比值 $\nu = 2.997 \times 10^{10}$ 。为了继承这个实验室的创始人麦克斯韦的事业,他不但筹备出版麦克斯韦的《电磁学通论》第二版,而且在1893年还写了《电学和磁学的新近研究》,一般认为这是麦克斯韦的电学和磁学论文的续编。

1895年,德国物理学家伦琴宣布发现X射线,重新引起了研究克鲁克斯管的兴趣。他模拟伦琴实验,在卢瑟福和泽兰内(Zelany)的帮助下,进行气体导电的研究。他们发现,当气压低至一定程度时管内气体产生导电现象。相信原子论的J. J. 汤姆孙,立即排除了以太波动说,认为这是带负电的粒子流。1896年用舒斯特(Shuster)使阴极射线在磁场中发生弯曲的方法,他测出强度为 H 的电磁场使阴极射线产生曲率半径 R 。J. J. 汤姆孙发现,“粒子”的质荷比 $m/e = HR/\nu$ 。根据测得的 H , R 和 ν ,可求出 $m/e = 2 \times 10^{-8}$ 克/库仑。测得的“粒子”速度大于分子的速度,其 m/e 较电解液中的氢离子的 M/E 小约千倍。他把这个结果发表在同年7月10日出版的《哲学杂志》(The Philosophical Magazine)上。他的研究生T. S. 汤森(Townsend)发现,被电解的气体离子能成为云雾室内水蒸气凝聚的核心,他用斯托克斯(Stokes)计算小滴质量的方法,求出每滴带 10^{-19} 库仑的电荷,得 $e = 2.3 \times 10^{-19}$ 库仑,并发现气体离子和电解液中氢离子的电荷一致。于是,汤姆孙称负电荷的微粒为“粒子”(实即电子),它是在物质中普遍存在的小于氢原子的粒子。后来他又对阴极射线和紫外线照射后分解成的气体离子进行全面精测,终于取得电子质量约为氢原子质量的 $1/2000$ 。1899年秋天,他把研究结果写成《小于氢原子的质量的存在》论文,呈交在多威尔(Dover)举行的大英协会,并详细写入1903年出版的《气体导电性》一书中。从

而使电子的发现得到公认，人们称他是“分裂原子的人”

“电子”这个名称是 G. J. 斯托奈 (G. J. Stoney) 于 1891 年在皇家都柏林学会上发表的论文中首先提出来的，他把电解液释放自由氢所需的电荷叫做“电子”，并指出“电子”作为电的度量单位的重要性。这个建议于 1894 年被拉莫尔 (Larmor) 和洛伦兹先后选用和引用。当 J. J. 汤姆孙检测他所发现的负电荷粒子的性质时，雷利勋爵为之选用“电子”一词，但他坚持沿用“粒子”名称，直至第一次世界大战结束后，才改称为“电子”。

正射线和质谱仪

1898 年德国渥兹堡大学的 W. 维恩 (Wien) 曾在真空管放电实验中，发现了正电荷。J. J. 汤姆孙在读到他的论文后，于 1905 年着手正电荷粒子的实验研究，认为是“荷正电的原子”，称之为正射线，这是 J. J. 汤姆孙的重要发现之一。当他用正射线检验稀有气体氦时，发现在他设计的粒子质荷比测定仪中，出现两条分开的抛物线。采用他在皇家学院的同事杜瓦 (Dewar) 测出氦中存在残余富氦的方法，发现这两条抛物线表示的是原子量为 20 和 22 的两种氦同位素，因而得出氦的原子量为 20.183。又用拉姆齐 (Ramsay) 的密度测量法，得出氦是原子量为 20 和 22 的两种氦同位素的混合物。这个方法后来导致分离不同的原子和分子及测定其原子量和分子量的新方法。

1910 年 F. W. 阿斯顿 (Aston) 继 G. W. C. 凯 (Kaye) 任皇家学院的助理，并在 1910—1913 年间在 J. J. 汤姆孙指导下进行正射线和氦的实验研究，在 J. J. 汤姆孙设计的粒子质荷比测定仪基础上，发明基于聚焦原理的质谱仪，从而成功地分离了氦的同位素，并测定了它们的原子量。后来又用质谱仪发现大多数气体元素和能用于气体放电的元素，这些元素实际上是由其同位素原子所构成，有些元素甚至还有多种同位素。由于质谱仪的发明，使鉴别同位素和按其丰度修正及决定元素原子量成为可能。为此，阿斯顿于 1922 年获得诺贝尔化学奖。

原子结构模型

1903 年 3 月，J. J. 汤姆孙在美国耶鲁大学发表西里曼 (Silliman) 讲演，把开尔文在 1902 年提出的原子结构葡萄干面包模型加以发展，并又在 1904 年《电和物质》(Electricity and Matter) 杂志上发表，他提出“粒子”(即电子)以静止或迴转的同心环方式，分布或镶嵌在带正电的球体空间之中，因而又被称为“洋葱头”式模型。这个模型后来虽被卢瑟福的原子核结构模型所取代，但它对元素周期表和价键理论能做出解释。

物理

电磁感应力管 (force tube)

J. J. 汤姆孙认为静电感应力管比法拉第的电力管和磁力管更为基本，而麦克斯韦的电位移概念则过于笼统了。于是，提出电力管运动产生磁力管，因而使电场产生磁场。反之，磁场就产生电场。电力管和磁力管相互转化而成为电磁感应力管的概念，在今天看来是过于粗糙的，属于机械论的。但它对人们接受场的概念，曾起过桥梁作用。

金属导电

J. J. 汤姆孙的另一重要贡献是在 1906 年提出用电子论说明金属导电性及电阻。他曾提出两种理论，一种是把金属中的自由电子看作自由粒子气，直接与分子热运动和电动力学联系起来。得出电导率与热导率成比例，电导率与绝对温度成反比，电阻不过是自由电子与金属原子碰撞产生的阻抗，从而合理解释了欧姆定律。另一种是假设电子在原子间的传递采取跳跃的方式。

J. J. 汤姆孙通过指导学生研究了大量课题，取得一系列重大发现和突破。如卢瑟福在无线电通讯上早期的开创性成就，和通过放射性研究发现 α 、 β 射线及放射性元素半衰期等；C. T. R. 威尔逊 (Wilson) 的云室；F. W. 阿斯顿的质谱仪和 L. W. 布拉格 (Bragg) 在研究 X 射线结晶学上的成就等。

培养人才

J. J. 汤姆孙继承并发展了麦克斯韦为卡文迪什实验室制定的一整套方针、政策和继而形成的学风。他所任第三任卡文迪什教授的三十五年正是近、现代科学发生革命性转折的历史时期，为了适应科学发展的时代需要，在科研和教育的组织形式、研究方法和民主学风上，采取了一系列新的重大措施，主要表现在以下两方面：

第一方面是在 1895 年向剑桥大学建议，把 1851 年创立的评选奖学金，从发给数学优等生扩大到从世界范围内选拔优秀大学毕业生为研究生。研究生学制为二年，学生学习基础理论和实验技巧，论文经审查合格后可取得学位，留在实验室或被推荐到国内、外其它大学任教。1896 年的第一批研究生中，就有来自新西兰的卢瑟福和来自法国的朗之万 (Langevin)。卢瑟福在 J. J. 汤姆孙的指导和鼓励下，继续无线电通讯研究，取得 2 英里以上传递距离的记录，成为发明无线电的先驱。卢瑟福等的成就轰动剑桥各学院，从而纷纷建立起研究生制。

第二方面是他善于建立民主学风和组织集体的研究力量。为了适应近现代科学的历史转折时期的需要，他把学阀作风转变为民主讨论，把科研完全依赖个

人转变为个人与集体相结合的研究方式。他没有狭隘的“岛国气息”和民族偏见,在他的影响和带动下,来自世界各地的研究生,很快转变成“剑桥人”。为了活跃学术气氛和调动研究人员与学生的积极性,在他的倡议和组织下,相继建立各种类型的学术活动组织,并采用各种活动方法。1893年成立“卡文迪什物理学会”,使先进的学生能用“习米纳尔”法(Seminar)进行讨论,报告国内、外发展动态和交流研究的心得体会。1896年之后,在实验室内每天举行茶会,主要是研究人员参加,论题广泛,交流实验研究的情况和体会,提出疑难予以商讨,从中发现智慧的火花和新的观念。至1897年创立每年一度的“卡文迪什聚餐会”,在圣诞节前夕举行,邀请曾在实验室工作和学习过的学者和研究人员参加。总结一年来实验室的成绩并提出问题,举行论文报告会,交流研究心得。此外,尚有星期聚餐会,早餐、午餐和晚餐会等不固定的聚会形式。他创立的这些灵活多样的学术活动形式,对培养大批优秀科研人才和使卡文迪什实验室发展成世界第一流的学术中心,起了重大作用。

J. J. 汤姆孙既长于理论,又有设计精巧仪器的智慧,他能同各学术团体和工业界保持密切联系。为人热情、机敏和富于想像力,思想活跃、作风民主、性格温厚而健谈。他喜好诗歌、各种球类和徒步旅行,因而能广泛团结科研人员、助手和学生,支持他们的所长,鼓励他们的兴趣。所以,他既是卓越的科学家,又是一位出色的教师。他培养出的人才在世界各地开花结果,那时英、美等国的主要讲座和研究单位的骨干大多出于他的门下。因此,卡文迪什实验室的学风对世界各地特别是英、美的大学产生很大的影响。卢瑟福曾领导的曼彻斯特大学物理实验室和玻尔领导的哥本哈根大学理论物理研究所,都是按他的模式和经验建立起来的。

J. J. 汤姆孙培养过的诺贝尔奖获得者达七人之多。

对科研发展的重要倡议

J. J. 汤姆孙认为现代科研方式的特点是依赖于集体和组织。他在1909年大英协会上的开幕词中指出“科研方式已变得越来越依赖于组织,独立爱好的范围越来越小了”。在卡文迪什实验室,他采取在个人研究的基础上,进行集体配合并加强组织的方式。在研究

方法上强调实验在现代科研中的重要作用。1930年1月29日,在《倾听者》(“The Listener”)杂志上指出理论与实验联系的重要性。他说:“用实验增加我们的知识,在所有研究中最重要的是。理论的最重要品格是提出新的研究领域,……我希望接受与事实一致的任何理论建议”。在理论与实用科学的关系上,他对不重视基础理论的倾向持批判态度。在1916年的一次讲话中说:“事实上,应用科学研究导致改良,纯科学研究导致革命”,“纯科学是应用科学的种子”。1923年去美国讲学时,看到美国许多公司办起了建筑规模宏大的研究所和实验室,但研究人员的理论水平和在校青少年数学知识低下,为此他指出“最好花费较少的钱于建筑,而留较多的基金购买仪器和用于实验室的一般性发展”。他又指出当时美国大学和研究机构缺乏高度理论科学知识水平的人才的原因,在于大学未能培养出足够数量的高级科研人才。他的这些宝贵意见,对后来英、美等国的科研和教育发展,起了一定的促进作用。

J. J. 汤姆孙把他的一生贡献给了卡文迪什实验室。他任第三任卡文迪什教授兼实验室负责人达三十五年之久,连续出席卡文迪什聚餐会达五十年。他逝世于1940年8月30日,葬于伦敦市中心的威斯敏斯特教堂。

J. J. 汤姆孙一生曾获得一个科学家少有的那么多的荣誉和奖励,他荣任的公职,达六十七个之多。曾获得诺贝尔奖和英国皇家奖章等十七个奖章,荣任过二十四国外科学院和皇家学院的正式会员、通讯会员和荣誉会员,是国际上十五个著名学会的荣誉会员。他以自己的学识、组织能力和高尚品德,赢得了全球的尊敬。

参 考 文 献

- [1] J. J. Thomson, *Recollections and Reflections*, G. Bell & Sons, Ltd., London, (1936).
- [2] G. P. Thomson, *J. J. Thomson and the Cavendish Laboratory in His Day*, New York, (1965).
- [3] Lord Rayleigh, *Life of Sir J. J. Thomson*, Cambridge, (1943).
- [4] Alexander Wood, *The Cavendish Laboratory*, London, (1946).