

卡文迪什实验室三十年代初的成就给我们的启示

金尚年 胡小敏

(复旦大学物理系)

本世纪三十年代初,在卢瑟福领导下的剑桥卡文迪什实验室里接二连三地产生了一系列具有历史意义的新发现:1932年2月,查德威克发现了中子;两个月后,科克洛夫特和瓦尔顿使用加速器用人工方法实现了原子核的嬗变;同年底,布莱克特和奥基亚里尼对威尔逊云室作了改进,验证了正电子的存在。这三项发现都获得了诺贝尔奖金,查德威克获得了1935年的诺贝尔物理学奖,布莱克特获得1948年的诺贝尔物理学奖,科克洛夫特和瓦尔顿获得1951年的诺贝尔物理学奖。紧接着上述三项发现,奥里芬特和卢瑟福于1933年观察到了氘的聚变及其伴随着的释放能量的现象。1934年,查德威克又和哥德哈伯一起精确地测出了中子的质量。这些发现对现代物理学,特别是原子核物理学的发展,起了重大推动作用。此外,这一时期在卡文迪什实验室工作的卡皮查和莫特也在1977年和1978年先后获得了诺贝尔物理学奖,虽然他们获奖的工作主要不是在这一时期完成的。“不雨则已,一雨倾盆”¹⁾,1932年卢瑟福在给玻尔的信中是这样自豪地形容当时卡文迪什实验室所取得成就的。一个实验室在短短几年内连续取得这样一系列出色的成就决非出于偶然。原因何在?回顾一下卢瑟福时期的卡文迪什实验室的历史,我们可以得到不少启示。

首先,在卢瑟福的领导下,三十年代初的卡文迪什实验室已形成一个实力强大、内部关系融洽的科学群体。卢瑟福是1919年从曼彻斯特到剑桥接替J. J. 汤姆逊成为卡文迪什实验室的第四任主任的。由于卢瑟福早年在原子的行星模型和放射性衰变的解释等方面所作出的杰出成就,这时他已是公认的物理学泰斗,早已

名蜚全球。因此随着卢瑟福的到来,国内外的许多优秀青年物理学家,追随他汇集到了卡文迪什实验室,使实验室的研究生从J. J. 汤姆逊时的四个一下增加到12个,以后又增加到20多个。到了三十年代,实验室的研究人员平均保持在35人左右。卢瑟福具备一个优秀导师的良好品质,他非常注意培养研究生的独立工作能力。1921年从苏联来到英国成为卡文迪什实验室第一个外国研究生的卡皮查在《回忆卢瑟福勋爵》一文中记叙了许多这方面的例子。例如有一次卡皮查对卢瑟福说:“你知道,某某的工作是不大会有成功希望的,难道你不觉得他是在浪费他的时间和仪器吗?”卢瑟福回答说,他也知道这个人在研究一项无法解决的问题。但“这是他自己选定的课题,如果这项工作不成功,那将会引导他转到另一个有独创性的研究课题上去,而在后一问题上,他将获得成功。”¹⁾后来事实证明卢瑟福是正确的。卢瑟福非常善于鼓励初学者。他认为,即使一个人很有才能,开始做研究工作的时候也应从较易成功的工作着手,否则可能会丧失对自己能力的信心。卢瑟福从不妒忌他的学生的成功,对新事物很敏感。在他看来,他的研究生不仅为他的实验室增添了科学成果,而且和他们在一起

1) 转引自“Cambridge Physics in the Thirties”。该书又引自档案资料“SHQP”中的“Rutherford to Bohr, 21 April 1932”。SHQP是以Thomas Kuhn为首的一批专家收集了大量对量子物理学发展作出主要贡献的物理学家们的信件、手稿和谈话等原始资料编成的一套缩微档案,收藏在 American Philosophical Society, Philadelphia, Pennsylvania; University of California at Berkeley; American Institute of Physics, New York; Niels Bohr Institute, Copenhagen 四处。

会使自己越变越年轻,促使自己不断接受新事物。卢瑟福对量子力学能很快接受,这一点在和他同时代的著名物理学家中是很突出的。正是由于卢瑟福具有上述做导师的优良品质,才使他的周围汇集了许多优秀的青年物理学家。在二十年代末、三十年代初荟萃在卡文迪什实验室的科学家有:数学物理专家否勒,理论物理奇才狄喇克,精通管理和实验技术的查德威克,擅长实验设计的卡皮查,在理论和实验技术两方面都有很深造诣的科克洛夫特和布莱克特,还有一大批更年轻的优秀物理学工作者如瓦尔顿、艾利斯、弗什、威廉、韦伯斯特、奥基里亚尼等。在这一群志同道合、各具专长的科学工作者形成的集体中,每一个人的聪明才智都得到了充分的发挥,这个科学群体学术民主,通过彼此自由交谈,相互辩论,使大家既能了解到物理学各个领域的最新发展,获得大量最新信息,又能激发出新思想,获得有益的反馈。卡文迪什实验室三十年代初的一系列成功,正是在这样一种充满学术自由的土壤中蕴育而成的。

理论与实验的紧密结合是卡文迪什实验室在三十年代初成果辈出的第二个原因。许多人都认为卡文迪什实验室对理论物理抱有成见,这不是没有根据的。其原因之一,是当时的理论物理研究生的导师否勒和狄喇克有一半以上时间在国外,即使在国内时也住在离剑桥很远的地方,不易见到他们。如A.威尔逊所说:“如果想要找否勒问个问题,你得花上六倍的时间找到他”^[3]。原因之二是,直到二十年代初,剑桥大学仍没有独立的理论物理专业,理论物理与实验物理的接触少得可怜,前者隶属于数学系,是应用数学的一部分,后者属于物理化学系。原因之三是卢瑟福本人的思维方式倾向于简单直观,对复杂的数学理论没有好感。但从二十年代中期开始,上述情况有很大改变,理论和实验的关系日趋紧密,主要表现在以下三个方面:

第一,从外部因素看,卡文迪什实验室与当时新成立的理论物理研究中心哥本哈根理论物理研究所的关系不断加强。哥本哈根研究所所

长玻尔是卢瑟福在曼彻斯特时的学生,双方关系相当密切。玻尔经常来卡文迪什参观了解,在哥本哈根也经常能看到狄喇克和否勒。曾在卡文迪什工作过的伽莫夫于1931年到玻尔研究所后,仍然与查德威克、科克洛夫特保持极为密切的通信联系。这使得卡文迪什实验室能够及时了解理论物理发展的最新动态,弥补了卡文迪什实验室理论研究的不足。

第二,从内部因素看,卡文迪什实验室理论与实验工作之间的联系也逐渐加强。这种联系主要通过两条途径。一是通过否勒,他既是理论物理的导师,又是卢瑟福的女婿,这使得他十分了解实验工作的进展,从而对沟通理论工作者与实验工作者之间的联系起了十分重要的作用;二是通过卡皮查俱乐部。这个俱乐部是卡皮查于1922年创办的。开始俱乐部的成员仅限于几位理论工作者,讨论的课题基本上限于当代物理学前沿的新进展。后来,俱乐部成员逐渐增加,到二十年代末已增加到近三十人,许多实验工作者也加入了这个行列。讨论的课题也发生了变化,除了物理学的最新进展外,更多的是交流俱乐部成员的工作。这种讨论加强了实验室内部理论与理论、实验与实验、以及理论和实验之间的联系。此外俱乐部还经常邀请国外来剑桥参观访问的著名物理学家作报告。卡皮查俱乐部在二十年代和三十年代对卡文迪什实验室的学术繁荣起了重要作用。

第三,年轻一代的实验工作者对待实验的态度发生了变化。在他们看来,那种只知道埋头做实验的老式实验工作者的形象已不再适用。正如布莱克特1933年所说的那样:“一个实验物理学家必须是一个具有相当水平的理论物理学家,能够知道什么样的实验是值得做的,同时又必须是一个有相当手艺的工匠,知道如何做这些实验。只有这两方面都能胜任的人,才是一个优秀的实验物理学家。”^[4]布莱克特、查德威克、科克洛夫特等正是这样的人。

卡文迪什实验室三十年代初取得巨大成就的第三个原因是对实验设备和实验技术的及时更新。这对科克洛夫特和瓦尔顿的成功是显然

的,他们首先使用了直线型加速器加速质子,从而实现了原子核的人工嬗变。查德威克和布莱克特的成功,是引进并发展电计数法的结果,早在1908年,卢瑟福和盖革就已发明了电探测器,与此同时,还发明了另一种计数法——闪烁法。由于早期电计数法存在许多缺点,相比之下闪烁法显得直观简单,其精确度也足够满足需要,再加上当时的研究经费很少,这就使得卢瑟福倾向于使用闪烁法,并用这种方法取得了许多杰出成就。但是,闪烁法也有许多缺点,它的计数范围仅在每分钟三到一百五十次之间,对较弱和较强的粒子源都无法计数。此外,它的计数的准确性依赖于观察者。虽然卢瑟福想出许多方法以减小误差,例如让不了解实验目的的新手读数、画曲线,每人连续工作的时间不得超过二小时等等,但都不能从根本上克服闪烁法的缺点。到了二十年代中期,这种缺点越来越明显地显露出来。1926年维也纳等许多地方已广泛使用电计数法,并用此法观察到了 α 粒子能分裂许多轻核,而使用闪烁法的卡文迪什实验室始终观察不到同一现象。形势迫使卡文迪什实验室使用电计数装置。因此从二十年代末开始,在卢瑟福的同意下,剑桥引入了电计数装置,并对它作了进一步的改进,以适应新实验的需要。

1928年,德国的盖革和弥勒发明了一种新的计数器——盖革计数管,其原理和1908年卢瑟福和盖革的电计数器相似,它的特点是对电离能力低的 β 和 γ 射线也适用。盖革很友好地送给查德威克两个这种计数管。威廉对计数管作了改进,他把计数管与一个线性放大电路相连后,再接到一个爱托芬电流计上,这样就能更准确地判断入射粒子的性质。1930年,查德威克、康斯坦布尔和普拉德首先用这套装置研究了入射的 α 粒子的能量与原子核发射的质子的能量之间的关系。两年后,查德威克又用这套装置发现了寻找达12年之久的中子。查德威克早在二十年代初,就接受了最早由卢瑟福提出的原子核内存在中性粒子的思想,并一直在进行实验研究,但由于所使用的仪器太落后,始终

未能发现。相反,法国的小居里夫妇,德国的玻特和贝克,由于使用的仪器较先进,实际上早于查德威克发现了中子,但他们的思想中没有中子的概念,误把中子流解释成为高能 γ 射线。中子的发现是理论预言和先进实验手段相结合的结果,二者缺一不可。

查德威克所用的计数装置仍存在缺点:记录所显示的偏差,并不都是由入射粒子引起的,而是经常会出现与入射粒子无关的假脉冲。为克服这个缺点,瓦德和威廉又设计了符合计数法,即用两个盖革计数管同时计数。这样大大减少了假脉冲的出现,提高了精确度。此外,威廉还作了其他多项改进,例如把电路的响应时间缩短到四千分之一秒,计数率增至每秒一千二百次以上。符合电路的思想迅速被布莱克特采纳用于他自己的研究工作。他把两个盖革计数管分别放在威尔逊云室的上、下方记录宇宙射线,只有当两个计数管同时显示出有射线进入云室时,才对云室自动拍照。这样,有宇宙射线径迹的照片,从原来的2—5%,提高到了80%左右,既节省了胶卷,又提高了效率,使布莱克特取得了成功。

争取一切可能的经济援助是卡文迪什实验室能够成功的第四个重要原因。卢瑟福对于同工业公司发生关系是很谨慎的,他常说:“你不能同时信奉上帝和财神。”^[5]但是,当时卡文迪什实验室的经费很少,二十年代固定的经费只有两千英镑左右,而实际支出要超过很多,1930年时已达15274英镑^[6]。因此争取一切可能的经济援助势在必行。这种援助主要有两种:一是私人赠款,二是工业公司的援助。在第一次大战期间,卢瑟福与后来成为大都会电气公司负责人的弗莱明结下了深厚的友谊,因此卡文迪什实验室和大都会电气公司之间长期存在良好的合作关系。一方面公司派研究人员去实验室工作,让实验室代为培训人材,了解实验室的需求以利于更好地组织生产;另一方面,公司也为实验室提供了人员和装备。科克洛夫特原来就是公司的人员,他和瓦尔特的实验能否顺利进行,在很大程度上决定于电气公司,因为实

实验室所需的扩散泵、变压器都是公司专门为该实验室设计制造的,扩散泵所用的密封蜡则是该公司刚试制成功的 Apizon 油,实际上卡文迪什实验室所需的许多仪器都是由该公司定制的,公司以低价和赠送的形式提供给实验室。这种合作使双方都得到好处。卡文迪什实验室有了更多的资金进行研究,但同时保持了研究的独立性;电气公司也得到了他们所需要的东西:人才、情报、友谊和进出实验室的自由。

参 考 文 献

- [1] 卡皮查,回忆卢瑟福勋爵,科学史译丛, No. 1, (1981), 53.
- [2] John Hendry, Cambridge Physics in the Thirties, Adam Hilger Ltd., Bristol, (1984), 104.
- [3] *ibid.*, p. 108.
- [4] *ibid.*, p. 103.
- [5] Jagdish Mehra, The Historical Development of Quantum Theory, Vol. 4, Springer-Verlag, New York Inc., (1982), 32.

来自宇宙空间的亚原子粒子

天鹅星座 X-3 是太阳系所在的星系,即银河系里最引人注目的天体之一。它不仅发射出 X 射线和 γ 射线(两种脉冲射线,而且还可能不断地向地球上喷吐能量极高的宇宙线。目前正在地底下进行的两个实验,又给这些已够惊人的情况进一步增添了新的内容,即天鹅星座 X-3 也许还在朝地球上发射人们前所不知的某种亚原子粒子!

进行这两个实验所使用的仪器,是专门为探索质子衰变而建造的大型探测器。大统一理论认为,质子会在平均 10^{32} 年之后发生衰变。换句话说,如果人们去观察大量质子,则一两年时间内将会有机会见到少数质子的衰变。但是,要想这种观察能取得预期的结果,大型探测器非事先妥善隐藏在地下不可,否则宇宙射线的影响,会使罕见的质子衰变现象被掩盖。

实验其中的一个叫纳塞克斯 (Nux),它设置在法国和意大利接壤的白山脚下、公路隧道旁的一个“车库”里,是由一百五十吨分成方板的铁块构成,而铁层又被带电粒子探测器层所隔开。纳塞克斯由一个从佛拉斯卡蒂、米兰和都灵来的、人数众多的意大利小组以及欧洲原子核研究中心 (CERN) 的科研人员负责进行。第二个实验叫索丹 I (Soudan I),由美国明尼苏达 (Minnesota) 大学和阿贡国立实验室的物理工作者共同负责,它由三十吨分放有粒子探测器的掺铁混凝土构成,并隐蔽在明尼苏达州索丹矿井下六百米深的地方。

有趣的是,虽然从两个实验尚未获得任何具有说服力的质子衰变的证据,但却出其不意地观察到了一个发人深恩的现象,即在如此大量的岩石的下面,每个探测器都能屏蔽低能宇宙辐射,因而是理想的很高能

量带电粒子探测器,特别是能够相当容易地穿透岩石的 μ 子的探测器。两个小组在研究 μ 子的过程中发现,他们的探测器从天鹅星座 X-3 方向,就在它发射 X 射线和 γ 射线脉冲的同时,探测到了这些粒子。

初看起来,情况好象并无多少惊人之处,然而问题是如何解释 μ 子产生的原因。 μ 子是带电的,因此这种粒子不可能自己从天鹅星座 X-3 中产生。微弱的星系磁场会使带电粒子路径混乱,以使它们从时间和空间两方面跟其来源失去任何相互关系。所以,探测到的 μ 子必定是由正在到达地球大气的某种中性粒子产生出来的。但是这种中性的粒子究竟是什么呢?

中子由于不稳定,会在天鹅星座 X-3 和地球之间漫长的路途上衰变成质子,所以首先应被排除在外,如果说是由宇宙线中的 γ 光子所产生,然而 μ 子的数目又显得多了些。第三种可能就是中微子产生 μ 子。然而,纳塞克斯探测器所得的结果却又否定了这种可能性。因为,如果 μ 子来自中微子相互作用,那么就应当预期有更多 μ 子来自仪器上面岩层较厚的方向,而实际上并没有看到这样的证据。

剩下一种可能,那就是纳塞克斯和索丹 I 探测到了地球上粒子加速器实验至今都还没有接触过的、某种新的中性粒子!

英国利兹大学的 M. 希拉斯对此提出一种看法,认为天鹅星座 X-3 是一个脉冲星,它是绕着一个气体覆盖的恒星运转的双星系统,就象一台巨大的粒子加速器,其能量比目前最大的加速器还要高上百万倍。实际情况如何,有待进一步的研究进展。

(黄光良)