

迈特纳和她对发现核裂变的贡献*

戴宏毅 王尚武

(国防科技大学应用物理系 长沙 410073)

摘要 回顾了在理论和实验上均有卓越贡献的核物理学家迈特纳在发现核裂变过程中所起的独特作用及其所作的重大贡献.但是由于种种原因,当时埋没了她的重大贡献.

关键词 铀,核裂变,超铀元素,衰变链

LISE MEITNER AND HER CONTRIBUTION TO THE DISCOVERY OF NUCLEAR FISSION

Dai Hongyi Wang Shangwu

(Department of Applied Physics, National University of Defense Technology, Changsha 410073)

Abstract Lise Meitner, a famous nuclear physicist in both theory and experiment, played a unique role and made outstanding contributions in the course of the discovery of nuclear fission reviewed. However, due to a variety of reasons, her great contributions were not recognized during her time.

Key words Uranium, nuclear fission, super Uranium element, decay chains

众所周知,德国化学家哈恩(Hahn O)和斯特拉斯曼(Strassman F)在利用中子轰击铀元素的实验中鉴定出钡的存在的论文于1939年1月6日的德国《自然科学》上发表,几周后,物理学家迈特纳(Meitner)和她的外甥弗里希(Frisch O R)在英国《自然》杂志上发表了他们对哈恩和斯特拉斯曼的实验结果的解释,这就是划时代的铀核裂变的发现.为此,哈恩荣获了1944年度诺贝尔化学奖.从表面上看,似乎是化学家发现了裂变,而物理学家只不过是对它进行了解释,化学与物理学各自为政,实验与理论互不相干.然而,物理学家迈特纳是否有资格享有发现核裂变的美誉并获得诺贝尔奖,在国外却是一个长期争议的问题^[1,2].事实上,导致核裂变发现的研究工作是多学科、多专业充分交叉的.物理学家迈特纳在核裂变的发现过程

中起到非常重要的作用,是发现铀核裂变的倡导者、组织者和参与者.她和德国两位化学家哈恩和斯特拉斯曼经过长达4年的研究,终于在柏林的凯撒·威廉(Kaiser Wilhelm)皇家化学研究所的实验室发现了核裂变.为了躲避纳粹的迫害,她于1938年7月匆匆逃离了纳粹德国.几个月后,哈恩和斯特拉斯曼报道了这一发现.即使是在她离开柏林以后,她仍然与哈恩通过书信往来关注并指导实验的进行,实际上是那个研究小组继续合作的成员.紧接着,迈特纳和弗里希发表了核裂变的正确的理论解释.由于这一卓越成就,迈特纳成为她那个时代最杰出的核物理学家之一.1998年是发现铀核裂变60周年,也是迈特纳诞辰120周年以及她去世

* 1998-09-25收到初稿,1998-11-30修回

30周年,故谨以此文表达对迈特纳的纪念。

1 铀研究项目的组织者

在查德威克(Chadwick J)发现中子以后,意大利物理学家费米(Fermi E)等人开始利用中子这个穿透性很强的粒子研究各种核反应,特别是研究生产超铀元素的可能性。他从实验中发现用中子轰击重原子核时,如果这个俘获了中子而变得更重的原子核是放射性的,它就必然会发生衰变,发射出射线,转变成下一个原子序数更高的元素。当费米用中子轰击到当时周期表中最后一个最重元素铀时,观测到铀被激活产生了几种前所未见的新的发射物,于是他以为突破了元素周期表的边界,发现了一种原子序数比铀大1的超铀元素。

费米的这一发现,在科学界引起广泛的注意。1934年,迈特纳首次对费米的结果进行验证研究。为了详细深入地研究这种超铀元素,1934年底,她说服哈恩在他们已经取得的分离放射性元素的经验的基础上,重新开始了他们的直接合作来研究超铀元素。哈恩尽管一开始还不愿意,后来还是答应给予帮助,威廉化学研究所的一位分析化学家斯特拉斯曼也参加了他们的合作。在当时,一般而言,人们只对自己本专业方面的知识感兴趣,只注意同行的研究进展情况,而对自己本专业以外的研究情况显得“迟钝”。哈恩是一位放射化学家,当然对费米等物理学家所做的实验“置之脑后”,而迈特纳就不一样,她是物理学家,当然对物理学家费米的研究极为关注。我们可以这样说,如果没有迈特纳对铀研究项目的倡导和组织,哈恩就不会那么及时、那么早进行铀元素的研究,那么后来的铀核裂变至少也不会那么快地被发现,甚至会被其他人发现。导致铀核裂变的发现是多学科、多专业充分交叉的产物,是物理学家和化学家真诚合作的结果,是理论与实验密切结合的结果。从这一点来说,迈特纳起到了联系费米和哈恩发现之间的桥梁作用,在铀核裂变的发现史中也不应该被人们所忘记。

2 发现铀核裂变的参与者之一

2.1 研究铀的化学性质

1934年底,迈特纳与她的合作者哈恩和斯特拉斯曼利用他们在化学分析工作方面的有利条件,对所生成的多种放射性物质进行鉴定,并很快报道了费米等人所观测到的发射物不可能归属于任何已知的其他元素,它们的行为方式属于超铀元素:它们可以与过渡金属的硫化物(如硫化铂或硫化铯)一起从反应后的混合物中分离出来。他们也象费米一样把这些活性物质初步假设为铀以后的新元素。事实上,这种解释并不正确,因为第一,从物理学来说,当时物理学家并没有预言裂变,而只能在发生很小变化的核反应中进行观测;第二,从化学上来讲,由于铀和钍的化学性质与过渡元素很相似,因此,30年代的化学家也初步地预期超铀元素应该像过渡元素那样与镱、镱、铪、钍相似。这二者互相支持,误导了这一研究达数年之外。

2.2 解开衰变链

这些柏林科学家试图利用化学鉴别法从具有极强的天然放射性的铀和它的衰变产物中分离出设想之中的超铀元素。他们利用能把微量放射性物质沉淀下来的过渡金属化合物作载体,把被中子照射的铀样品溶解,然后只从混合溶液中分离那些具有过渡金属化学性质的活性物质。为此,他们进行了艰难地清理和鉴定。到1937年底,他们已鉴别出9种具有不同半衰期的放射性物质,这比费米在首次探索性的测定中所揭示的放射性物质多得多。此外,他们还鉴定出两条平行的衰变链,并将这两条链称为过程1和过程2^[3]。这些衰变的顺序对应于预期的超铀元素性质,类似于过渡元素镱、镱等。由于这些顺序和预期的过渡元素的化学性质符合得很好,他们肯定这些物质不是铀的同位素就是超铀元素。

与此同时,迈特纳努力从化学、放射化学和她自己的物理测量来把实验结果解释成一种涉及核过程的有说服力的模式。她指出,极其缓慢

的热中子提高了过程 1 和过程 2 的产量,说明这些过程中涉及到中子的俘获,但是快中子也产生同样的结果.因此,她得出这两个过程都来自最丰富的铀同位素 $U-238$.但是她对过程 1 和过程 2 感到困惑不解,因为这两条衰变链是如此之长,需要经过 4 次或 5 次发射,而且在发射过程中都互相平行.直到 1938 年 12 月,当哈恩和斯特拉斯曼鉴定出反应产物之一为钡时,迈特纳和弗里希才认识到铀核分裂成了钡核和氪核,钡核和氪核又开始了一系列发射.此外,她还鉴定出不存在衰变链的第 3 种过程,并认为过程 3 很容易理解,是最正规的,后来证明这是正确的:铀在中子照射下形成铀 239 同位素,通过发射衰变成第 93 号元素镱,它是在 1940 年由美国科学家麦克米伦 (McMillan E) 和艾贝尔森 (Abelson P) 所鉴定.当时,这些柏林科学家没有发现镱,是因为他们的中子源太弱了.

2.3 鉴定钡

在这长达几年的时间中,柏林研究小组只注意分离和研究了那些具有过渡金属化学性质的活性物质,而忽视了所有其他成分.与此同时,法国科学家伊伦·居里 (Curie I) 和一位南斯拉夫的访问学者萨维奇 (Savitch P) 在巴黎利用一种不同的方法检验铀产物混合物的全部成分,发现了一种在柏林科学实验中所没有测到的半衰期为 3.5h 的新的强放射性核素.它的化学性质和稀土元素镧十分相似,起初假定它是镭的放射性同位素,但在进一步测量中,发现可以通过用镧作载体的化学方法把它和镭分离,却不能与镧分开.但是,到 1938 年 10 月柏林研究小组开始研究它的时候,迈特纳却被迫逃离德国,去了斯德哥尔摩.哈恩和斯特拉斯曼重新进行中子轰击铀的实验,分析了伊伦·居里等人所测到的活性物质,发现它紧跟着一种钡载体,并鉴定它是镭的一种同位素.

迈特纳几乎不能相信镭这一结果.因为她坚信要形成镭,铀核就应该发射 2 个 α 粒子,从能量上来说,1 个慢中子甚至不可能轰击出 1 个 α 粒子,更不用说 2 个了.迈特纳立即回信告

诫这两位化学家应对他们的实验结果进行反复核实.1938 年 11 月,迈特纳去哥本哈根访问了尼·玻尔 (Bohr N) 的理论物理研究所;同时,玻尔邀请哈恩到哥本哈根报告他们奇怪的发现.当时,哈恩与迈特纳在城外秘密见面,以避免给哈恩带来政治麻烦.迈特纳激烈地反对镭这一结果,这是哈恩带给柏林的斯特拉斯曼的信息^[1,3].后来,斯特拉斯曼回忆道,“幸运的是,她的见解和判断对我们来说非同小可,于是我们立即开始作必要的对照实验”.

1938 年 12 月,哈恩和斯特拉斯曼把过去同钡载体一齐沉淀下来的“镭同位素”重新进行检验.因为氯化物“可以形成纯度极高的漂亮晶块”,斯特拉斯曼建议用氯化钡而不用常规的硫酸钡做载体,结果仍然未能分离出镭来,看来这种与钡载体结合得如此紧密的放射性核素只能是钡本身.最后,他们被迫作出结论:“铀俘获中子后所产生的新物质的性质并不和镭相同,而恰恰和钡相同”.12 月底,就在圣诞节前几天,哈恩写信向迈特纳报告了这一切.他写道,“这是一个可怕的结果.我们知道铀不可能分解成钡”,所以他希望她能提出“某种物理方面的解释”,“如果你能找到什么值得发表的东西,那么这项研究就算是我们三个人一起做的”.迈特纳立即给哈恩回信,对此作出了回答,“我们在核物理学方面已经历了许多意想不到的事,所以,我们对任何事都不能断然说:这是不可能的”.紧接着,哈恩和斯特拉斯曼完成了钡-镧实验,证实了镧能从钡衰变中获得,并在他们关于钡的发现的论文中添加了几段,指出铀核分裂成两块.哈恩和斯特拉斯曼关于由中子轰击铀而产生碱土金属钡的论文发表在 1939 年 1 月的德国《自然科学》上,这是一项划时代的发现.当时哈恩因为没有和迈特纳联名发表,产生一种内疚心理,迈特纳对于她未能分享她所称的这一“美丽的发现”深感失望.

3 核裂变的正确解释者之一

在瑞典西部,迈特纳的一位叫伯吉斯的朋
物理

友特意请她和她的外甥——玻尔的理论物理研究所里的物理学家弗里希去度圣诞节。当迈特纳把哈恩和斯特拉斯曼从铀中发现钡和镧的实验结果告诉弗里希时,他们都想到核液滴模型,把原子核看成一个带电液滴。弗里希认识到电荷可以减弱表面张力,液滴是由表面张力凝聚在一起,而原子核是由核力凝聚在一起的,原子核中质子间的库仑斥力与核力互相抗衡,因此,元素越重,斥力越强,象铀这样大的原子核其表面张力可能极小。现在他们都把俘获中子的铀核看成为一个不稳定的振荡液滴,开始由球形变为椭球形,以后又变为哑铃形。如果振荡幅度超过某一临界值时,表面张力小到不足以使核液滴恢复到原来的状态时,原子核便断裂成两块而发生裂变。

迈特纳对质量亏损进行了计算,利用爱因斯坦(Einstein)质能关系推算出铀核裂变时释放出巨大能量。紧接着,在理论解释的引导下,弗里希在实验中观测到了这个异常巨大的能量,此时刚好在哥本哈根访问工作的美国生物学家阿诺德(Arnold W A)来到他实验室,他们讨论了一个细胞分裂为两个细胞的过程,于是采用了“裂变”这个名称。在哈恩和斯特拉斯曼关于钡的论文发表不久,迈特纳和弗里希在英国《自然》杂志上发表了他们对铀核裂变的解释。迈特纳和弗里希的理论解释是一个美丽的伟大发现,物理学界立即接受了他们对铀核裂变的正确解释,并且玻尔把他们的研究成果用作探索一个更深入的理论的起点。

4 没获诺贝尔奖的原因

在科学界,诺贝尔科学奖是最具权威性的,具有全球性意义,科学家们都以获得此大奖为殊荣,人们也以获此大奖评论其贡献,诺贝尔奖评委会因未授予贡献大者而为人们所指责。原子核裂变是人类科学史上的重大发现之一,是核物理进入大发展阶段的主要标志之一,铀核裂变的发现不仅具有巨大的理论意义,而且具有重大实用价值,是人类步入核能时代的一声

春雷。为此,1944年,诺贝尔奖委员会为作出这项重大发现者授予了诺贝尔科学奖,但只授予了哈恩一人。斯特拉斯曼没有与哈恩共享诺贝尔奖,也许是因为当时他在研究小组中资历较浅,而诺贝尔奖委员会往往偏向年长的科学家。但是迈特纳被认为是她那个时代的最杰出的核物理学家之一,和哈恩具有相同的专业资格,为何也被排除在外没有获得诺贝尔奖?其原因是:第一,政治原因。由于当时纳粹德国的反犹太人政策,迫使迈特纳逃离柏林,把她和她的实验室隔离。这种人为制造出来的隔离状况,就为日后禁止她作为共同作者报告裂变成果提供了借口。第二,哈恩的不正直行为^[3]。迫于政治压力和恐惧,哈恩在该项发现作出之后不久,就把自己及其发现与迈特纳及其物理学拉开了距离。他说,裂变的发现只包括他与斯特拉斯曼在1938年12月所做的化学实验,而这些化学实验是在迈特纳离开柏林后做的,并认为,也许除了贻误了发现之外,他的成就与迈特纳及其物理学毫不相干。尽管哈恩是一位名副其实的最仁慈的科学家、贤明的忠告者,原本没有必要把自己与迈特纳和物理学割裂开来,以求得“奇迹”成真,但是后来的哈恩更加令迈特纳失望,他“完全隐瞒了过去的真相”。哈恩在他那众多著作、谈话、回忆录或自传中,一次也没有提到过迈特纳对铀研究项目的开创性贡献,也没有提到她对柏林研究小组的领导作用或她离开柏林后他们的合作。然而事实上,其分析化学知识对于鉴定钡是十分关键的。斯特拉斯曼与哈恩很接近,知其内情,却不赞同哈恩的这种做法。他认为,迈特纳是他们智慧的领头人,即使在她离开柏林以后,她仍然与哈恩通过书信往来继续合作,成为他们研究小组的成员。迈特纳所作出的根本性贡献一直持续到该发现的完成之时。第三,诺贝尔奖委员会当时并没有弄清楚,核裂变的发现既有赖于物理学又有赖于化学达到何种程度,没有反映出它是多学科合作研究的成果,也没有认识到哈恩不是出于科学的原因把自己与迈特纳拉开了距离,而是因为政治压力、恐惧心理和机会主义。随着时间的推移,

哈恩的那些理由多年来被不加批评地采纳了,诺贝尔奖把这些不公正的做法封进了科学史的尘埃.事实上,无论从确定科学成就归属的哪一项常规标准来看,诺贝尔奖委员会也应该承认迈特纳的作用.第四,战争年代,迈特纳在瑞典作为难民时的专业地位很低,战争也影响了诺贝尔奖评选的公正性.战后,在德国又存在着不愿面对纳粹罪行的情绪,以及通常认为女科学家是处于不重要的从属地位,这些因素对于排斥迈特纳也起了作用.在当时,迈特纳很少公开说什么.许多人相信,假如她移民到其他地方,几乎肯定会获得诺贝尔奖的.

由于上述这些原因,迈特纳当年被诺贝尔奖某些主要评审人员的外行及其轻率态度所忽视了,学科偏见、种族迫害、恐惧心理和机会主义结合在一起,埋没了她的重大贡献.随着时间的推移,终于一些有影响的德国科学家主持公道,公开宣布如果当初迈特纳留在柏林,那么她将先于哈恩发现裂变现象.1994年12月,国际理论和应用化学联合会(IUPAC)无机化学命名委员会重新提出以人名命名新元素时,将第109号元素命名为 Meitnerium,以特别纪念迈特纳对发现核裂变的贡献.1997年8月,IUPAC以表决形式通过并发表正式文件,对101到109号元素重新给予英文定名,第109号元素被定名为 Meitnerium.1998年7月,中国全国科学技术名词审定委员会在北京召开新闻发布会,第109号元素中文定名为“𨨗”.迈特纳进入以她的人名命名的化学元素行列,是对她的研究工作的合理承认,评价了她在发现核裂变过程中的伟大贡献,确立了她在科学史中的重要地位,这是对为数不多的杰出科学家的一种殊荣.

5 迈特纳生平简介

丽斯·迈特纳(Lise Meitner)于1878年11月7日出生在奥地利的维也纳,父母都是犹太人血统,父亲是一位律师.父母从小鼓励迈特纳钻研法文,坚持要她先取得法语教师文凭再开

始研究物理,以便使她能够自己谋生.由于法语教师文凭已经过时,她把八年高等文科中学的学习时间缩短为两年.迈特纳喜爱自然科学,对物理学很感兴趣,经过刻苦自学,终于在1901年考入维也纳大学.尽管当时的社会认为女子上大学是不可思议的,但迈特纳对自己所选定的目标决不动摇,在著名的物理学家玻尔兹曼(Boltzmann L)的鼓励 and 指导下,终于在1905年完成了关于《论非均匀物质的热传导》的博士论文,获得维也纳大学理学博士学位,她是在这所大学获得博士学位的第二位妇女.

1907年,迈特纳来到德国柏林,在物理学家普朗克(Planck M)指导下做研究工作,尔后开始与哈恩合作,先后在柏林大学、威廉皇家研究所研究放射性达31年之久.当时,在德国的一部分教授中,存在着轻视女科学家的偏见,而迈特纳和哈恩都在德国有机化学家费雪(Fischer E)领导的化学研究所工作,费雪也是不允许妇女在他的实验室工作的,因此迈特纳只得向费雪作出保证,永远不进男人工作的实验室,而与哈恩改装了研究所的木工房做实验室,才取得了进行科学研究的权利.迈特纳严守信用达两年之久,直到大学里自由空气渐浓,费雪放宽政策允许女生进他的教室时.

世界第一次大战期间,迈特纳受爱国心的驱使,曾自愿到奥地利军队里当一名拍摄X射线照片的技术员.战后继续研究放射化学,并与哈恩于1917年发现91号元素镤.在此期间,他们不仅发现了不少放射性元素,而且还收集了几乎所有放射性元素,并且测定了它们的射线能谱及其在核内的起源.1918年,任威廉皇家学会物理系主任和柏林大学教授.本世纪20年代期间,迈特纳进入了核物理学这个激动人心的新领域,并取得了巨大的成就.1930年,迈特纳和霍普菲(Hupfeld H M)在德国、塔兰特(Tarant G T P)在英国以及中国的赵忠尧在美国各自独立地做了实验,几乎同时发现射线在重物质中的反常吸收现象,当时大家都不知道这种反常吸收是由于产生正负电子对引起的,但他们的工作为正电子的发现作出了极其

物理

重要的贡献。1934 年底,迈特纳与哈恩、斯特拉斯曼开始对铀元素进行研究,经过长达 4 年的努力终于发现了铀核裂变现象。1938 年她逃离德国,到达瑞典的斯德哥尔摩诺贝尔研究所任教授,并和弗里希发表了对铀核裂变的正确的理论解释。1943 年,美国曾邀请她到洛斯阿拉莫斯研究所去从事原子弹的研制,但被她拒绝了。1945 年 10 月,迈特纳被选为瑞典科学院的外籍院士。1946 年,迈特纳去了美国,以访问教授的身份在华盛顿的天主教大学工作了一年。1947 年,当她以 69 岁高龄退休后,先后在瑞典皇家技术研究所和皇家工程研究院继续从事研究工作,直到 1960 年。此后她去了英国剑桥,同她的外甥弗里希一道生活。1966 年,美国原子能委员会给迈特纳和哈恩、斯特拉斯曼颁发了费米奖,迈特纳是第一位获得费米奖的女科学家。1968 年 10 月 27 日,迈特纳在她 90 岁生日前夕在英国剑桥的一家私人小医院逝世。令人痛心的是,直到她去世近 30 年之后,她的研究

工作才得到合理的承认。

迈特纳是一个厌恶张扬、喜欢宁静的人。她从来没有写过自传,也没有授权别人为她写过传记。“我相信所有年轻人都会思考该怎样度过他们的一生”,她晚年回首往事时这样写道,“我年轻时,每当考虑到这个问题都会得出这样一个结论:生活只需充实,不求舒适。我现在已经实现了这一愿望”。她因工作勤奋、治学严谨、一丝不苟而赢得人们的普遍尊敬。这位被爱因斯坦称作为“德国的居里夫人”的女科学家终身未婚,把毕生的精力献给了人类的科学事业,她的业绩和精神永远留在人间,永远激励人们在科学的道路上前进。

参 考 文 献

- [1] Crawford E, Sime R L, Walker M. *Physics Today*, 1997, 9:26—32
- [2] Sime R L. *Lise Meitner: A Life in Physics*. Berkeley: University of California Press, 1996. 372—374
- [3] 西梅(Sime R L)著,王世德译. *科学(中文版)*, 1998, 4:1—5

(上接第 289 页)

- [10] Bai H L, Jiang E Y, Wang C D. *Thin Solid Films*, 1997, 304(1—2):278—285
- [11] Kondrashov P E, Smirnov I S, Novoselova E G *et al.* *Appl. Phys. Lett.*, 1996, 69(3):305—307
- [12] Hawryluk A M, Ceglie N M, Markle D A. *Solid State Technol.*, 1997, 40(7):151—159
- [13] Regan S P, May M J, Soukhanovskii V *et al.* *Rev. Sci. Instrum.*, Part 2, 1997, 68(1):757—760
- [14] Carraro L, Puiatti M E, Scarin P *et al.* *Rev. Sci. Instrum.*, Part 2, 1997, 68(3):305—307
- [15] Andre J M *et al.* *Rev. Sci. Instrum.*, 1998, 69(3):1267—1269
- [16] Seely J F, Holland G E, Boehly T *et al.* *Appl. Opt.*, 1998, 37(7):1140—1145
- [17] (Jr.) Barbee T W. *Rev. Sci. Instrum.*, 1989, 60(1):1585—1595
- [18] Seely J F, Kowaiski M P, Hunter W R *et al.* *Appl. Opt.*, 1993, 32(25):4890—4897
- [19] Kleinberg U, Osterried K, Stock H - J *et al.* *Appl. Opt.*, 1995, 34(28):6502—6512
- [20] Schmiedeskamp B, Kloidt A, Stock H - J *et al.* *Opt. Engineering*, 1994, 33(4):1314—1321