

# 探索微观世界的一项成就——记“反西格马负超子的发现”

悦 先

今年十月,在全国科学技术奖励大会上,一项探索微观世界的基础研究——“反西格马负超子的发现”荣获了一等奖.这项基础研究成果到底有什么意义?让我们就为什么要探索微观世界规律性?人类对微观世界逐步深入的认识;反粒子存在是否是普遍规律?反西格马负超子的发现;反物质发现的意义等五个方面,简单地回顾一下有关基础研究正反粒子发现的历史过程.

## 一、为什么要探索微观世界规律性?

人类自从有历史记载以来,真正算得上在科学技术上有巨大发展,也许只是近一百年内的事.尤其是最近30年内,科学技术更是得到了突飞猛进的发展.在17世纪末的牛顿时代,为数不多的科学家只是研究宏观现象,如力学、光学、热力学和机械力学等.阐明了牛顿三大定律.那个时期在技术发展上的一个伟大转折点就是蒸汽机的发明,导致开创了蒸汽机时代.到十九世纪中叶,由于对电磁现象的研究,导致了麦克斯韦方程的建立,使人们对电磁现象有了较深入的认识.随之而来的技术发展是产生了电的具体应用,如电灯、电动机、发电机等等,此后进入了使用电的伟大时代.随着对电磁波性质的了解,又逐渐开始出现了象无线电通讯这样一些具体的应用…….然而,这些都还只能算是处在宏观现象的认识阶段.到20世纪初,当人们对原子的具体结构进行研究时,才逐渐进入了对微观世界的认识.随着对微观世界认识的深入,有关的应用技术发展也越来越快了.对人类的生产活动产生了极为巨大的影响.

一百多年来,人们在基础研究中,逐渐地认识了微观世界的规律,如电和电的现象;电力和磁力的关系;电磁波的性质、产生和接收;电子的发现;光和电磁波的关系;原子的有核结构;原子结构和光谱的关系;粒子一波动的二重性;X射线的发现;爱因斯坦的相对论及质量和能量的关系;原子核的结构;放射性;同位素;原子核能的释放;激光;穆斯堡尔效应……,并把这些已认识到的知识逐步运用到应用技术上,从而使应用技术的蓬勃发展有了基础.我们简单地举几个例子,如计算机,从电子管→半导体晶体管→集成电路→大规模集成电路,现在已发展到第四代、甚至第五代;在无线电通讯方面,从短距离、单通道→长距离、多通道→国际、多通道→卫星通讯、全球范围;再拿我们

现在熟悉的电视机来说,从黑白、小尺寸很快向彩色、大尺寸以及远距离传送发展;激光的发现,现在激光武器、激光通讯、激光电视……,都是在相应的基础研究上发展起来的.以上这些事实,就是“认识自然、改造自然”这一伟大真理的历史证实.这个历史事实给我们以极大的启示,虽然研究微观世界的现象在当时看不出有什么应用价值,但是随着研究的深入,这些研究成果的作用将愈来愈显著.

## 二、人类对微观世界逐步深入的认识

科学家探索微观世界最先是从事探讨物质是由什么构成这个问题开始的.关于物质的构成,早在二千三百多年前,希腊学者德膜克里特就已经提出了假说,他认为任何物体都是由许多极小的微粒组成,他把这种微粒称为原子.原子到底是什么东西?二千多年来始终是个谜.直到19世纪60年代末,俄国科学家门捷列夫总结出了元素周期表之后,人们才初步认识到由于存在各种不同的化学元素,所以存在着各种不同的原子.那么原子到底是什么?它们有没有内部结构?这就成为当时科学家迫切需要探索的问题.十九世纪末,自然科学方面产生了一系列惊人发现,如1895年伦琴发现X射线,1896年贝克勒尔发现放射性,1897年汤姆逊发现电子,1898年居里夫妇发现放射性元素镭,这些发现打开了被认为是不可分、不可入的原子世界的大门.二十世纪以来,人们对物质结构的探索,经历了三次突破:1913年玻尔在卢瑟福、普朗克研究基础上建立的原子结构量子化轨道理论,以及1925—1926年间海森伯、薛定谔创立的矩阵力学和波动力学体系,标志着一次大的突破,揭示了原子世界的基本规律;1932年,查德威克在卢瑟福预言基础上从人工核反应中发现了中子,导致了原子核是由质子和中子组成的原子核结构理论的建立,这标志着又一次突破;五十年代以来,随着大量基本粒子的发现,特别是以后随着高能物理实验的发展以及夸克模型、部分子模型的提出,人们对微观世界的研究越来越深入了,同时,开始建立弱相互作用与电磁相互作用的统一理论.目前,人类已经观察到的基本粒子已有二、三百个了.

## 三、反粒子的存在是否是普遍规律?

在人们对物质结构进入深入研究的同时,微观世

界中另一个极为主要的现象被科学家揭示了出来，这就是：在我们所生存的物质世界里，可以人工地制造出一种反物质。什么是反物质？从微观世界来看，就是对任何一种粒子，存在着相应的反粒子。反粒子具有与粒子完全相同的静止质量，相等的荷电量，但其他性质如电荷符号、量子数等则正好相反。当反粒子和粒子碰撞在一起时，就会产生“湮没”（即二者都消失，全部能量转变为其他粒子及动能）。同样，如果二个粒子发生高能碰撞，只要能量足够大，也能产生反粒子。

反粒子的存在首先是由理论上预言的。1930年美国科学家狄拉克在他自己提出的描述电子的方程式的基础上，从理论上预见到应该存在着电子的反粒子——正电子，而且电子-正电子对能够由大能量光子( $\gamma$ )产生出来。反之，当电子与正电子碰撞时，也能湮没而变成几个光子。1932年安德逊利用云雾室，在宇宙线中发现了反正电子。与此同时，实验还证明，在 $\gamma$ 射线作用下，正电子和电子确实能成对地产生。这项实验有力地证实了狄拉克理论预言的正确性。正电子的发现部分地回答了电荷对称性的问题，然而，这种电荷对称性是不是普遍规律？既然电子存在着它的反粒子，那么质子、中子是否也有反粒子，即反质子、反中子呢？特别是自1947年陆继发现了 $\pi$ 介子、K介子和 $\Lambda$ 超子、 $\Sigma$ 超子和 $\Xi$ 超子等粒子以后，人们更进一步提出，是否所有粒子都有反粒子？如果所有粒子都有相应的反粒子，那末反粒子的存在将是普通法则，这将揭示物质世界的一个基本对称性，即粒子与反粒子——正与反——的对称性。这种对称，物理上的术语就叫做电荷共轭对称。这显然是微观世界中的一个极为重要的规律。然而，要证明这一普遍规律，关键就在于必须用实验方法把这些粒子的反粒子一个个地找出来。

#### 四、反西格马负超子的发现

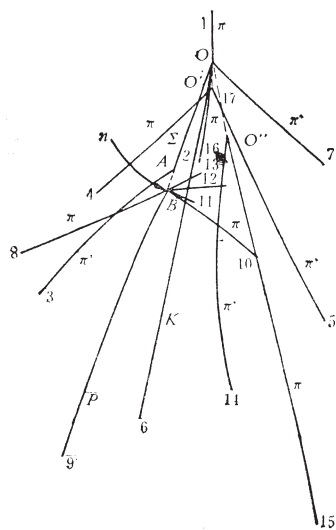
当时在已经知道的许多粒子中，电子和介子等都已发现了相应的反粒子，那末质子、中子、超子等是否也有反粒子呢？

1955年，美国建成了6.2GeV的高能质子同步加速器，1957年苏联联合原子核研究所，也建成了10GeV的高能质子加速器，同时还陆续地出现了一些比较理想的粒子探测设备，如快电子学计数器及尺寸较大的气泡室等。这就为在实验上发现其他质量较大的反粒子提供了条件。1955年美国西格里和张伯伦利用电子学计数器的飞行时间方法，在6.2GeV加速器上首先发现了反质子，他们也因此而获得1959年诺贝尔奖金。1956年，他们又发现了反中子，使反粒子的存在进一步得到了证实。接着，从1957年开始，寻找反超子就成了实验物理学家们着重注意的重大物理课题。正在这时候，我国王淦昌教授等在苏联杜布纳联合原子核

研究所进行高能实验工作，所选的主要课题就是寻找反超子，要利用当时在加速器能量上的优势，抢在美国之前找到反超子。在与美国有优越的实验条件相竞争的情况下，王淦昌小组经历了一个艰难的过程。

当时联合原子核研究所(我国那时是成员国之一)已经建成了10GeV的质子同步加速器。从能量上来说，这是当时世界上能量最高的加速器，对于产生反粒子，能量上稍占优势。然而在其它方面，象粒子探测器、测量仪、计算机等实验条件却是一无所有，一切要从头开始。首先一个问题，是选择什么样的探测器？考虑到反超子是不稳定粒子，寿命在 $10^{-10}$ 秒的数量级，从产生到死亡（即衰变成其他粒子）只飞行很短的距离。因此要想可靠地找到这类粒子，利用能显现粒子径迹的探测器是比较理想的。为此，他们选择了尺寸相对比较大，足以同时看到反超子的产生和衰变、技术难度较小、建造周期较短的丙烷( $C_3H_8$ )气泡室。长度为55厘米，容积为24升。为测定高能次级粒子径迹的动量，把泡室放在重量达200吨，磁场强度为13700高斯的强磁场中。当时所用的其他设备，如扫描、测量和计算等工具也都是最简陋的。寻找 $\pi^-$ 的相互作用事例是用简单的主体看片器；测量一对底片上相应径迹的坐标点是利用万能工具显微镜。当时并没有电子计算机，所有的数据都只能用手摇计算机或电动计算机来计算。从目前的技术水平看，效率真是太低了。然而，正是利用这些简陋的条件，最后终于得出了与美国利用先进设备，如大型氢气泡室，自动扫描测量仪和电子计算机等技术得到反拉姆达( $\Lambda^-$ )超子同样重要的结果。

王淦昌小组用8.3GeV的 $\pi^-$ 介子作为入射粒子照射丙烷气泡室，在扫描了40000对泡室底片中，终于找到了一个产生反西格马负超子的事例，如图描述了



这张事例照片中的有关径迹。其中由入射粒子 $\pi^-$ 与氢原子核P相互作用产生的( $\Sigma^-$ )是根据 $\Sigma^-$ 衰变成 $\pi^+$ 介子和反中子 $\bar{n}$ 而鉴定出来的，反中子 $\bar{n}$ 则是根据它在与一个碳原子核发生湮没作用而产生一大能量的事例而鉴别出(详细分析参阅本刊78年第1期)。

## 五、反物质发现的意义

1959年在苏联基辅举行的第九届国际高能物理会议上,王淦昌教授宣布了这个发现,美国阿尔瓦莱茨小组也宣布发现了另一种反超子——反拉姆达超子。这二项发现对证实反粒子的普遍存在提供了有力的证据,因此受到各国物理学界的赞扬和重视。此后人们又相继发现了多种反粒子,甚至反氢原子、反氦核也都发现了。至此,人们几乎发现了所有已知粒子的反粒子,使反粒子世界存在的预见得到了完全证实。“凡粒子必定存在着相应的反粒子”是微观世界的一条普遍规律。此规律的被证实是粒子物理研究中极重大的成就。

反粒子的发现有没有潜在的、可能的实用价值?世界著名物理学家狄拉克说过这样一段话:“假如你有一小块反物质,当把它置于通常物质的附近时,则两者可能在一起反应并相互湮没,而同时会有一个巨大能量以某种形式释放。反物质会是我们已知的最富于爆炸性的一类物质,它比现在用于形成原子能的核物质具有更大的爆炸力。”

反物质其他方面还有哪些可能的应用,目前是很难回答的了。

但是,有一点是肯定的,人们认识自然是为了改造自然,认识越深入,改造也就会越彻底。换句话说,科学技术的发展将更加深入更加广泛,而人类的物质文明也将趋于更加完善。