

反粒子·反物质·反物质武器

李正群 侯本春



反粒子的发现是现代物理学的一项重大成就。在微观物理研究领域,每个粒子都存在着它的反粒子。据此,人们推测在宏观或宇观世界,应存在着由反质子、反中子和正电子构成的反物质。下面简要介绍反粒子、反物质与反物质武器的有关问题。

一、反粒子

1928年,英国理论物理学家狄拉克(Paul Adrien Maurice Dirac, 1902~1984)提出了一个关于电子运动的相对论性量子力学理论,建立了著名的狄拉克方程。该方程给出了氢原子能级的精细结构,还可以很好地说明高速运动电子的许多重要性质,如电子的自旋量子数为 $1/2$ 、电子自旋磁矩与自旋角动量和轨道角动量的旋磁比等等,是量子力学理论的重大进展,狄拉克因此获得1933年的诺贝尔物理学奖。按照狄拉克方程给出的结果,电子有正负两个完全对称的能态。真空并不是真正的“空”,而是充满了处于负能态的电子。如果把一个电子从某个负能态激发到正能态上去,需要从外界输入至少两倍于电子静止能量的能量,这表现为可以观察到一个正能态的电子和一个负能态的空穴。这个负能态的空穴的运动行为是一个带电荷为 $+e$ 的“电子”,即正电子。由此狄拉克提出了一项大胆预测:在宇宙中,存在着一种带有正电荷而质量与寿命都与电子相等的“反电子”——正电子。

1932年,美国物理学家卡尔·戴维·安德森(Carl David Anderson, 1905~1991)利用加磁场的云室研究宇宙射线的径迹时,发现了狄拉克预言的物质世界的第一个反粒子——正电子。正电子的发现是20世纪物理学最重大的发现之一,它不仅改变了以往“基本粒子”的概念,在认识上产生了一个巨大的飞跃,而且也推动了对反物质的研究。为此,安德森获1936年诺贝尔物理学奖。这里还要说明的是,早在1930年,中国科学家赵忠尧就在《美国国家科学院学报》上发表论文,描述了他做的硬 γ 射线通过重元素的反常吸收实验。这个实验已经说明了正电子的存在。赵忠尧的实验对安德森影响极深。1981年安德森在回忆往事时,还特别提到赵忠尧的实验引导他最终发现了正电子。

正电子的发现和狄拉克理论的成功,给人们很大启发和鼓舞。此后,科学家又多次尝试在宇宙射

线中寻找质子的镜像粒子——反质子,但一直未获成功。1953年,美国加利福尼亚大学建成一台能量为 $6.2 \times 10^9 \text{eV}$ 的质子同步稳相加速器,为人们寻找反质子奠定了基础。1956年,美籍意大利物理学家埃米利奥·金奥·西格雷(Emilio Gino Segre, 1905~1989)和美国物理学家欧文·张伯伦(Owen Chamberlain, 1920~)在质子加速器的实验中首次发现反质子。接着又发现了反中子。1959年,西格雷和张伯伦因发现反质子而获诺贝尔物理学奖。

此后科学家们陆续发现,各种粒子都有相应的反粒子存在,反粒子与其相应的粒子的质量、平均寿命、自旋完全相同。这是一个被几十年来粒子物理学的发展不断证实的普遍结论。“反粒子”已成为粒子物理学中一个重要的基本概念,其本身的含义也在不断地发展和充实。

二、反物质

众所周知,物质由分子和原子组成,而原子又由带负电的电子和带正电的原子核所组成。如果由带正电的电子与带负电的原子核组成原子,那么就是“反原子”,由反原子就可组成“反物质”,由反物质构成“反世界”。

自反物质的概念提出以来,科学家们就未曾停止过追寻它们的步伐。其中,美国的洛斯·阿拉莫斯和劳伦斯·利弗莫尔核武器研究所、费米研究所、西雅图的华盛顿大学以及欧洲核研究组织中的法国、意大利等国的科学家们均做了大量的工作。目前,他们主要在探讨制造反粒子的方法和研制“捕捉”反物质的“陷阱”。

尽管物理学家们深信不疑,但在我们可观测宇宙的范围,至今还没有发现反物质,而且人们已经制造的反粒子往往也很不稳定。1996年1月,欧洲粒子中心的科学家们利用粒子对撞机使高速的氦原

子与反质子相撞,获得了9个反氢原子,虽然这些反氢原子在亿分之三秒后就分散成为反质子和反电子,但标志着人类已经能够制造出反物质了。

科学家们之所以对反物质非常感兴趣,一方面是因为反物质的存在,对于了解宇宙演化过程具有极其重要的意义;另一方面是因为反物质物理性质非常奇特。我们知道,粒子和反粒子一旦相遇,便会互相湮没,辐射能量。这种辐射通常是电磁波。例如正负电子相遇便产生“电子对湮没”而生成 γ 光子。物质和反物质相遇也会湮没形成光辐射,并释放出 γ 射线暴。根据爱因斯坦的质能公式 $E=mc^2$ 估算,每百万分之一克的反质子与质子发生湮没后释放的能量相当于37.8千克的TNT炸药,其能量之大令人惊叹。研究和开发反物质,不仅对于解决能源问题有着不寻常的意义,而且在军事上有重大的应用前景。目前人们认为反物质具有以下4项军事用途:一是用作超高速火箭的推进燃料;二是用作空间轨道上军用站以及其他领域的超小型、超轻型能量发生器;三是用作启动聚变弹的“核扳机”;四是用作集能束武器。

三、反物质武器

科学的发展往往在军事上有着超人的前瞻性。当人们还在探索如何产生、如何稳定反物质时,反物质武器的设想就已经出现。

反物质武器就是利用反物质的物理特性制成的武器。早在二战之后,美国“氢弹之父”爱德华·泰勒(杨振宁说泰勒不喜欢这个称号)就在他的著作中谈到了反物质在军事上应用的可能性。前苏联从上世纪50年代就在其“氢弹之父”萨哈罗夫的领导下从事反物质武器的研制工作。1986年,法国科学博士介皮华恩说,科学家们正在进行反氢的制造,把反质子注入超流体氢中,研究普通物质的超稳态,希望从这一实验中真正了解反物质是否能够转换成一种新的核能形式。

研究表明,极少量的物质同它的反物质相互作用,能够释放出极大的能量。几微克的反物质放出的能量,就可作为热核反应的扳机,或者可以激励出很强的X射线或 γ 射线激光。如果一个反质子和一个质子相互进行湮没反应,其释放出的能量约为一个铀原子核裂变时释放出能量的10倍;如果考虑湮没反应在物质中引发的次级效应,那么这种反应就将释放出更多的能量。因此,军事科学家才断言,

利用反物质制造的武器在军事上具有巨大的应用潜能。反物质武器的最大优点就是能量密度极大且易于点燃,不像原子弹裂变反应那样要求临界质量而无法减小其体积,也不像氢弹聚变反应那样要求极高的点火温度而必须由原子弹引爆。反物质武器的出现将会使现今所有的热核武器黯然失色,一旦研制成功,人类社会将面临新的更大的灾难。

由于反物质在军事领域有着极为广阔的应用前景,因而成为目前各核大国研究的重点。据俄罗斯媒体报道,美国军方现正在秘密研制以反物质作为弹药的“质子炸弹”,并已经投入了大量资金。美国空军实验室介绍称,这种反物质炸弹可能会成为一种令人难以置信的强大武器。在美国费米国立加速器研究所、法国和瑞士合建的欧洲核子研究中心以及俄罗斯的高能物理研究所,都在进行反物质的研究和生产。

目前人们所谈论的第四代核武器,是以核子间的作用为基础,但性能又不同于现有核武器的新一代核武器,其基本特点是高精度、低当量、微小型化,使用后没有放射性核污染,可视作“常规武器”的核武器。正在研究的第四代核武器包括干净的核聚变武器、反物质武器、核同质异能素武器等新概念核武器。反物质炸弹爆炸后不会形成任何放射性残留物,被认为是第四代核武器中最重要的一种。

虽然对反物质的研究很早就已开始,但因为研究手段的制约一直进展缓慢。制造反物质要比制造反质子、反电子等反粒子困难得多。从目前情况看,要制造出反物质并用于反物质武器,在技术、经济、储存和运输等方面还有着极大的困难。尽管如此,但科学家们坚信,对反物质的研究,必定能够丰富人类对客观世界的认识,为未来社会的发展提供一种极有应用前途的技术。

(天津军事交通学院基础部 300161)

