

粲夸克的提出与发现

肖明译 杨建邨校

科学通常是以下列方式向前发展的:首先,一个令人惊奇的效应在实验室里被观察到;接着,为了解释这个新现象,现有的理论框架必须加以拓宽或者改进。正是由于观察到了天王星运动的异常,才导致了一个海王星存在的预言。当伽伐尼(Galvani)把一口小刀接触到青蛙的腿部时,他发现青蛙的腿在抽搐,这因而导致了对电流的一个认识以及第一个伏打电堆的制造。X射线、放射性和奇异粒子的意外发现,也同样适合于这种科学发展的模式。

然而,也存在很少的一些情况,其中理论的提出超前于实验的发现,这时以上科学发展的模式被颠倒过来。门捷列夫在提出元素周期表时,发现其中有几个空缺,他认识到这些空缺应对应着一些当时尚未被发现的元素。他还推测出它们的化学性质和物理性质。几年以后,他所预言的元素在自然界中找到了,并分别以发现它们的国度而命名为铈、镱和镳。门捷列夫被誉为是一个坚持自己信念的伟大的科学家。

1961年,盖尔曼(Murray Gell-Mann)和尼曼(Yu. Ne'eman)提出了一个基本粒子的分类方案,它很象是一个基本粒子的周期表。在这个所谓的“八重法”之中,基本粒子被编进了简单的几何图案里:六边形和三角形。在其中的一个图案里,再一次出现了一个空缺,它对应着一个尚未被发现的粒子。许多物理学家并不是很认真地对待这个新奇的理论。但是,布鲁海文实验室却于1964年发现了盖尔曼所预言的粒子—— Ω^- 粒子。这个粒子的发现,使那些“异教徒”转而把八重法视为一个科学的信条。

正如根据原子结构的量子理论,元素周期表被得到成功地解释的那样,根据夸克理论,八重法的成功现在也被理解。盖尔曼本人于1963

年发明了夸克这个概念[茨维格(George Zweig)也独立地发明它,他自那以后成了一个神经生物学家],但是,直到10年之后这个概念才被普遍地接受。

盖尔曼假定存在着三种夸克,它们是所有亚核粒子的组成成分。中子和质子构成了原子核,但它们却又是由“上夸克”和“下夸克”所构成的:质子包含有两个上夸克和一个下夸克;中子包含有一个上夸克和两个下夸克。还存在着由三个上夸克或者三个下夸克所构成的亚核粒子,只不过它们的寿命很短而已。

第三种夸克是构成奇异粒子所必须的成分,被称为“奇异夸克”。例如, Λ 超子包含有一个奇异夸克、一个上夸克和一个下夸克; Σ^- 超子包含有二个奇异夸克和一个下夸克;著名的 Ω^- 粒子则是由三个奇异夸克组成的。

夸克理论的基本定律告诉我们,可以不一定用三个夸克构成一个亚核粒子。在亚核粒子中,另一族粒子是介子,它们均由一个夸克和一个反夸克所构成。许多种亚核物理学都是基于这样一个事实:可以被利用的夸克只有三种。

在夸克被提出后不久,也就是在1964年,布约肯(James Bjorken)和我认为,应该存在着第四种夸克,我们称它为“粲夸克”。10年以后,第一个包含有粲夸克的粒子才在实验室里被产生且被观察到。

我们的推测仍然是根据一个“周期表”,不过不是根据元素周期表,也不是根据亚核粒子的周期表,而是根据夸克和轻子的一个周期表。

有些基本粒子并不是由夸克构成的。电子就是首个被发现的这样的粒子,它不是由夸克构成的。各种中微子也是这样的粒子。这些粒子统称为轻子。物质的基本构成成分被认为是

夸克和轻子。

到 1964 年为止,已经知道有四类轻子,按与之相联系的弱力来划分,可以把它们分成两对:电子和电子中微子; μ 子和 μ 子中微子(μ 子是电子的极肥胖而又不稳定的远亲,其质量大约是电子的二百多倍)。然而,那时只知道有三种夸克。下夸克与上夸克为伴,奇异夸克(比下夸克稍重)似乎是孤独的,无伴侣。这样,夸克和轻子之间就不完全相似了。正如在门捷列夫的周期表中和在盖尔曼的图案里一样,夸克家族中一定有某个成员显然被遗漏掉了。上夸克一定有一个富有的远亲,这样就可以组成两对轻子和两对夸克。那个遗漏的夸克由我们提了出来,并被命名为“粲夸克”。(近来夸克和轻子的队伍又壮大了,似乎各自存在着三对夫妇。)

直到 1970 年,仍然没有丝毫的实验证据来支持粲夸克的存在。但是,我的同事伊利普洛斯(John Iliopoulos)、达安尼(Luciano Maiani)和我本人却热衷于这个迷人的猜想。我们找到了有说服力的但不是直接的证据表明,粲夸克必然存在。没有粲夸克的理论是非常不对称的,它会预言自然界中的某些不对称,而它们是根本不存在的。粲夸克恢复了这种对称,因而克服了与实验的分歧。

到了 1974 年 4 月,我为实验家们寻找粲夸克行动的失败而感到十分苦恼。我坚信一定存在着粲夸克。在波士顿召开的一次介子谱会议上,我预言粲夸克即将被发现。我打赌说,如果在下次会议上粲夸克还没有被发现,我就吞食掉我的帽子。那年 11 月,一个新粒子被同时宣布发现了。发现者是来自布鲁克海文和加利福尼亚 SPEAR 对撞机旁边的人。SPEAR 是一个大型的电子-正电子对撞机,它的对撞束由 Frascati 注入。实际上,在 Frascati 旁的科学家们本应该在新粒子发现之前就应该证实到它的存在。

在发现者当中,位于东海岸的小组把新粒子取名为 J 粒子,而位于西海岸的小组则命名它为 ψ 粒子。于是,这个粒子就有一个双重名

字 J/ ψ 。两个小组的领导者分别是里克特(Burton Richter)和丁肇中(Samuel C. C. Ting),他们因此而分享了 1976 年的诺贝尔物理奖金。

在 J/ ψ 粒子发现以后不久,对于该粒子是什么的这个问题,存在着许多不同的看法。我和我的同事们认为,它是由一个粲夸克和这个粲夸克的反夸克所构成的。如果这种说法正确,那么就存在着其他的包含有一个粲夸克的新粒子。它们到底在什么地方呢?

布鲁克海文的萨莫斯(Nick Samios)是一个小组的头,正是该小组于 1964 年发现了第一个 Ω^- 粒子。1975 年初,萨莫斯的小组报告,已观察到含有一个粲夸克的粒子,它是由一个上夸克、一个下夸克和一个粲夸克所构成的。不过,萨莫斯只能找到这个粒子产生的一个事例,不足以说服物理学界的同仁们相信粲夸克的存在。

1976 年春,工作在 SPEAR 机上一群物理学家发表了一篇论文,他们说他们未能找到含粲夸克的粒子存在的任何迹象。到此时此刻,我真的生气了,并在威斯康星召开的一次会议上大发脾气:实验家们,请回到你们的实验室里去,去找到那个粒子,因为它必然是存在的。我的这顿脾气果真有了效果。那次会议的两周以后,我的朋友戈德哈伯(Gerson Goldhaber)从加利福尼亚打电话告诉我,他的小组在 SPEAR 上终于发现了难以捕捉的、含粲夸克的介子。不久,他们又指出了它的特性,正如我们以前所预言的那样。

从 1964 年粲夸克概念的诞生,到 1976 年粲夸克成为一个事实,期间历经了一个很久的等待。对于亲身参加这场历险,我是多么兴奋和快乐啊!不用说,在 1976 年再次召开的介子谱会议上,我不用吞食我的帽子。相反,会议的组织者将用糖果制成的帽子分发给每一位入会者,正是他们吃掉了他们的“帽子”。

译自 1991 年出版的格拉肖著的《The Charm of Physics》