



(二)

## 介子的发现

争鸣

自从知道各种元素都是由原子构成,原子是由电子和原子核组成,原子核是由质子和中子组成后,人们就进一步想:质子和中子能够这么紧密地结合在一个很小的体积——原子核(直径 $10^{-13}\sim 10^{-12}$ 厘米的球形体积)里,一定是依靠着一种特别强的作用力,这种力比万有引力和电磁作用力要强得多。这是一个很有兴趣的问题,它吸引了许多物理学工作者的注意。有人尝试用类似电磁场传递电磁相互作用的图象去描述强相互作用。当空间存在一个带电粒子,而另一个带电粒子来到这个粒子近旁时,电磁场就可以为这两个带电粒子传递相互作用,使第二个粒子方向偏转。这种力就称为电磁作用力。如果用量子场论的语言来描述,那就是一个带电粒子放出一个光子,而另一个带电粒子吸收了光子。现在用类似的方法来描述核子(质子、中子)间的强作用,它的图象就是一个核子放出一个粒子,而另一个核子吸收了光子。由于强作用只在很短的距离( $10^{-13}$ 毫米)内起作用,这就相应地决定了这种粒子的质量约为电子质量的二百倍。由于这种粒子的质量介于电子和质子之间就简称它为介子。(需要注意的是现在介子这个名称的含义已经不一样),理论工作还进一步指出自由介子是一个不稳定的粒子,它将衰变为已知的

较轻的稳定粒子。如果是 $\beta$ 衰变即衰变为电子,那么在静止系中的寿命应为 $10^{-8}$ 秒。这样,从理论上为探讨强作用而预言了新的“基本”粒子,并且对它的性质如质量、寿命等都作了定量的计算。

物理工作者为了证实这个理论,进行了许多实验工作,一方面测定了从地面到高空各种不同高度宇宙线的强度,在大海下、矿井下各种不同深度的宇宙线强度,各个不同方向的宇宙线强度,不同时间宇宙线强度的变化等等;另一方面也在探索宇宙线本身的一些性质。大量的实验结果指出,宇宙线可以粗略地分为二种不同的成份:一种成份能够穿过很厚的物体,有的甚至能穿过一米厚的铅,这种穿透性很强的成份就称它为硬成份;另一种成份则很容易被物质所吸收,特别是重物质,吸收得更快。而在吸收的过程中会产生许多次级粒子形成下一代粒子。这些次级粒子很快又形成更多的下一代,这样发展很快形成了簇射,这种成份就被称为软成份。实验上进一步证明软成份是电子、正电子和光子。簇射也就是由高能电子、正电子、光子在物质中的电磁作用所产生的。那么,硬成份主要是什么粒子呢?在实验上,例如在云室的照片上看到这种穿透性很强的粒子不单是荷正电,也有荷负电的,这就不是质子,因为质子只

荷正电。当然它们也不会是正电子和电子。这种穿透性很强的粒子很可能是一种当时还不知道的新的“基本”粒子。于是实验工作者又进行了大量的工作来研究它,直到1937年才直接证实它们是一种新的“基本”粒子。证实它所使用的仪器还是云室,不过在技术上作了相当改进,提高了测量宇宙线粒子动量的精确度。实验所使用的装置和发现正电子时所使用的装置差不多是一样的。在很强的磁场中放一个云室,云室中间有一块金属板(当时使用的是1厘米厚的白金板),测量在金属板上及下面的宇宙线粒子径迹的曲率,计算出宇宙线粒子穿过金属板前后的不同的动量。再测量同一张照片中同一条粒子径迹单位长度上的水珠数,来测定粒子的电离。然后推算出粒子的质量。用许多云室照片测得的结果都证明这种粒子的质量介于电子和质子之间,为电子质量的二百倍左右。

继续深入研究的过程中,又在云室的照片中发现这种粒子是不稳定的,它衰变为电子。那么这种粒子是否就是理论上在说明强作用时所预言的介子呢?在质量上很接近,而且也是不稳定的,要衰变成电子。但是这种粒子穿透本领那么大,说明它即使穿过很厚的物体也不大容易与物体中的粒子发生作用,这又不大像强作用所预言的那种粒子。物理工作者在更进一步的探索中,测量了宇宙线强度随高度的变化,然后又用同大气层相同重量的重物质(例如:铁、铅、……等)来代替大气层作为吸收物,再对宇宙线强度

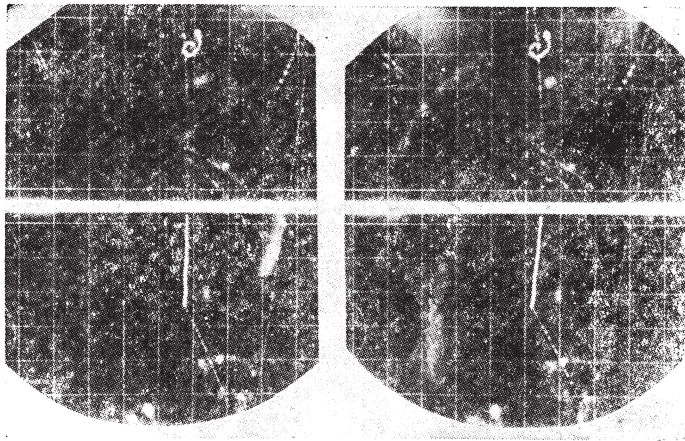
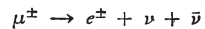


图1 在云室中找到一个介子停止在云室的气体中衰变为一个电子的事例(左右图是一样的,因为是照的立体像,所以有左右二张)。

量了它的质量,寿命,以及同各种不同物质的相互作用,证明了这才是理论上为说明强作用而预言的介子。 $\pi$ 介子有正、负和中性的三种。带电的 $\pi$ 介子的质量为电子质量的273倍,寿命为 $2.6 \times 10^{-8}$ 秒,绝大部分衰变为带电的 $\mu$ 介子和中微子。 $\pi^{\pm} \rightarrow \mu^{\pm} + \nu$ 。中性的 $\pi$ 介子质量为电子质量的264倍,寿命为 $0.8 \times 10^{-16}$ 秒,绝大部分衰变为二个光子。 $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$ 。

后来,人们同样地对 $\mu$ 介子也进行了详细的研究。精确地测量了它的质量,寿命,以及它对各种物质的相互作用,发现 $\mu$ 介子与物质之间,除电磁作用外,只有极为微弱的作用(这就被称为弱作用)。 $\mu$ 介子只有正负二种,质量为电子质量的207倍,它们的寿命为 $2.2 \times 10^{-6}$ 秒,衰变为电子或正电子以及中微子。



带负电的 $\mu$ 介子在速度减慢下来以后,可以像电子一样,处在原子的轨道上形成一个特殊原子,这种原子叫做 $\mu$ 原子。它在研究原子核结构……等方面有着很大的用途。

介子发现的过程,充分地说明了科学研究工作是在研究了大量的客观事实的基础上产生新的思想,新的理论,它不仅能解释过去已经知道的客观事实,而且经过严密地推导和计算,能够预言一些新的性质和新的规律。实验上找到了中子,才认识原子核由中子和质子组成。而对原子核的研究,认识了强作用并预言了介子( $\pi$ 介子)的存在。从大量的实验中先找到的却是另一种介子( $\mu$ 介子),这就推动了理论工

进行测量,发现穿过重物质的宇宙线的强度比通过大气层的情况要大好多,这种相同重量而吸收得不一样效应被称为异常吸收。因此,有人就猜想到在宇宙线的硬成份中,这种粒子是不稳定的,由于它要衰变而引起了所谓的异常吸收,这就是说,大气层是空气构成,它的密度很小,同样的重量,空气的体积要比铁、铅等大得多,所以粒子经过的路程就要长得多。由于在漫长的路途上粒子衰变掉了好些,这就使强度比通过重物质时(路径较短)要小。用这种改变穿透距离的办法,一方面证实了这种粒子的衰变,另一方面又初步测定了介子的寿命为 $2 \times 10^{-6}$ 秒,这个数值跟理论上的预言相差一百倍( $10^{-8}$ 秒)。看来这种粒子还不是理论上所预言的新的“介子”。

实验上的结果与理论上所预期的有矛盾,这就又推动了理论工作。理论物理工作者又进行了更深入的探讨。到1946年理论才判明自然界中存在着两种介子,其中一种介子衰变后就变成另一种介子。能参与强作用的是前一种介子,它衰变后的产物就是在宇宙线里观察到的穿透性很强,而与物质的相互作用极为微弱的另一种介子。

寻找参与强作用的介子的工作一直不间断地进行(当然由于第二次世界大战的影响稍停顿了一段时间),直到1947年实验上才得到

真正明确的结论。这个实验是用核乳胶做的(关于核乳胶的介绍请参阅本刊1977年第1期刘惠长同志写的“原子核乳胶及其在高能物理中的应用”一文),把原子核乳胶用气球带到高空,经过一段时间的宇宙线照射后收回进行观察,结果在核乳胶中发现确实有两种介子,它们的质量稍有不同,较重的介子衰变为较轻的介子。这样,就把较重的介子定名为 $\pi$ 介子;较轻的介子定名为 $\mu$ 介子。过后,在核乳胶中又看到了 $\pi$ 介子衰变为 $\mu$ 介子后, $\mu$ 介子又衰变为电子的事例。(这是对核乳胶的性能又作了进一步的提高后,才能使它记录下高速电子即最小电离的电子径迹。)

进一步大量的实验证明 $\pi$ 介子同原子核有着极强的相互作用,停下来的 $\pi^-$ 介子被原子核吸收后,可以使原子核裂成碎片;高能的 $\pi$ 介子在同原子核碰撞中也常把核打成碎片。后来不仅在宇宙线中找到 $\pi$ 介子,在加速器上也成功地找到了人工产生的 $\pi$ 介子,并且精确地测

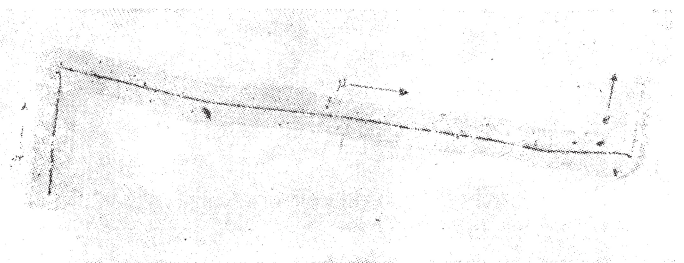


图2 用核乳胶找到一个 $\pi$ 介子衰变为 $\mu$ 介子, $\mu$ 介子衰变为电子的事例。

作,进一步改进了实验工具,使能更深入地对自然进行探讨,从而才找到了参与强作用的 $\pi$ 介子。理论是在大量的实验基础上总结出规律,从而预言了新的结果去推动和指导实验工作。实验工作也不仅可以用来验证理论,往往在探索的过程中还会发现一些新的现象,新的结果,去推动理论工作。介子发现的过程,有力地在物理研究方面证明了毛主席的教导:“认识从实践始,经过实践得到了理论的认识,还须再回到实践去。”“通过实践而发现真

理,又通过实践而证实真理和发展真理。”

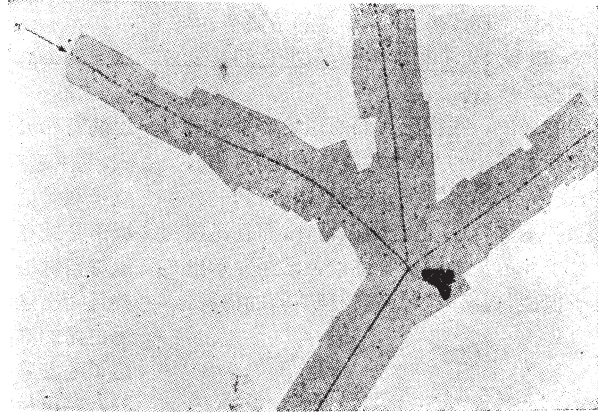


图3  
 $\pi$ 介子同核作用核产生分裂。