

在1897年发现电子后的近一个世纪中,人们对物质结构基本组元的认识已前进了一大步。原子不是物质的最小单位,它由原子核和电子组成,而原子核又由质子和中子组成这样的常识已为许多人所了解。这样,在很长时间里,电子、质子、中子等粒子一直被看作是组成物质的“基本粒子”。但是,随着加速器的出现和探测技术的发展,到20世纪60年代,由于一大批共振态粒子的发现,“基本粒子”的数目猛增为上百种。从而使人们意识到,介子、重子这些一度被人们称为“基本粒子”的强子可能并不是基本的,物质结构可能存在更深一层次的基本成份。

由于实验技术和理论工作的迅速发展,迄今人们已经能对 $10^{-16}$ 厘米的微小颗粒,判断其内部是否可能有新的结构。并把迄今尚未发现有结构的粒子称为更深层次的“基本粒子”。

新一层次的“基本粒子”可以分成三大类。第一类是不参与强相互作用的轻子。轻子又可分成所谓的三代。第一代包括电子 $e^-$ 、电子型中微子 $\nu_e$ 。(相应的

那部分物体中氮的含量。对9.17MeV能级来说,每厘米厚含氮爆炸物所产生的净共振衰减约为2%。

用于这一目的的理想 $\gamma$ 射线源应是所发射的光子能量集中在 $9.17\text{MeV} \pm 100\text{eV}$ 范围内。这样的源实际上得不到,作为一种补偿的办法,以色列的一个组在常规的 $\gamma$ 探测器中加入富氮的探测介质,做成共振探测器来探测从物件中透射出来的 $\gamma$ 射线,这种探测器只对 $9.17\text{MeV} \pm 100\text{eV}$ 能量的光子灵敏。已在实验室做成的一种共振探测器就是在市售的液体闪烁体NE-213中加入一定量的氟甲烷,用这种混合物做成的闪烁体探测到共振吸收的成分。

产生9.17MeV光子的途径之一是利用 $^{13}\text{C}$ 俘获 $1.75\text{MeV}$ 质子,产生 $^{13}\text{C}(\rho, \gamma)^{14}\text{N}$ 反应,发射出9.17MeV的 $\gamma$ 射线。 $^{13}\text{C}$ 俘获质子后在一给定的角度下所发射的 $\gamma$ 射线是单色的,在相对于质子束方向 $80.2^\circ$ 处发射的光子恰好为9.172MeV,接近于用作核共振吸收的理想 $\gamma$ 光源。这类质子加速器的流强需达到 $\sim 1$ 毫安的水平。另一种可用的源即所谓的高能韧致辐射源,实际上是一能产生宽的高能光子谱的电子加速器。用这样的源所能得到的共振光子只占很小的比例,但具有足够束流强度的电子加速器可以买到。

用上述源所产生的 $\gamma$ 射线来扫描待测物件,用共振探测器和普通 $\gamma$ 探测器来分别探测总的衰减成分和

反粒子即为正电子 $e^+$ 和电子型反中微子 $\bar{\nu}_e$ );第二代轻子包括 $\mu^-$ 粒子和 $\mu$ 型中微子 $\nu_\mu$ (相应的反粒子为 $\mu^+$ 粒子和 $\mu$ 型反中微子 $\bar{\nu}_\mu$ );

第三代轻子包括轻子中最重的 $\tau^-$ 粒子和 $\tau$ 型中微子 $\nu_\tau$ (其反粒子为 $\tau^+$ 粒子和 $\tau$ 型反中微子 $\bar{\nu}_\tau$ )。

第二类“基本粒子”是组成强子的层子(或称夸克)。层子也有三代,即第一代的上层子 $u$ 和下层子 $d$ ,第二代的粲层子 $c$ 和奇异层子 $s$ ,以及第三代的顶层子 $t$ 和底层子 $b$ 。它们又各有自己的反粒子。上、下、奇异、粲、顶、底六种量子数被称为层子的六种“味道”。此外,每一种层子又具有称为“颜色”的特性,即每种层子又有“红”、“蓝”、“绿”三色。这样,三代层子连同它们的反粒子总共有36种。尽管强子由层子构成的结构模型在许多方面已取得很大的成功,但是实验上至今尚未发现具有分数电荷的自由层子, $u, d, c, s, b$ 五种层子的存在只得到实验的间接的证实,而 $t$ 层子的存在实验上尚未得到证实。因此,和轻子不同,我们无法通过实验精确地测量出每种层子的量子数,例如对于层子的质量,我们只能通过有关的实验间接地确定它们的数值。

第三类“基本粒子”是传递各种相互作用的媒介粒子。非共振衰减成分,由此测出物件中氮含量的分布图象。图3为以色列组测量氮的 $\gamma$ 射线共振吸收实验安排的示意图。美国的洛斯阿拉莫斯国家实验室则是用高效率的非共振 $\gamma$ 探测器来测量共振 $\gamma$ 射线通过氮时信号强度的减小来定氮的含量。以色列及美国的这两个组正在进行的这方面研究已取得了令人满意的结果。

综上所述,在民航部门为解决隐藏爆炸物检测的诸多手段中,以核技术为基础的检测方法已取得了令人瞩目的进展。有的已发展成为迄今为止最为先进的新一代机场安检设备。但它也同任何其它方法一样,并非尽善尽美,在实际使用中尚存在这样那样的不足之处,可以说至今还没找到一种十分有效的手段来充分满足民航部门对隐藏爆炸物检测的要求。为此,对已经开发出来的检测装置加以改进和完善,与此同时积极开发出新的更为先进的机场安检设备,这是对科技界提出的一项艰巨又有意义的课题。

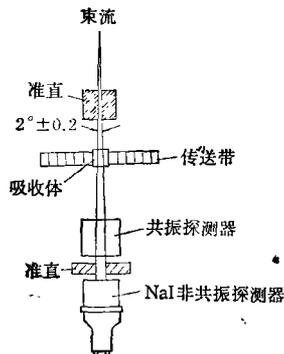


图3 测量氮的 $\gamma$ 射线共振吸收的实验安排

子,包括光子  $\gamma$ 、胶子  $G$ 、中间玻色子  $W^\pm$  和  $Z^0$  以及引力子  $g$ 。光子是最早被人们熟悉的几种粒子之一,它是传递电磁相互作用的媒介子。胶子是传递强相互作用的媒介粒子。虽然引入八种带“色”胶子的量子色动力学对强相互作用的描述取得了成功,但是和层子一样,实验上并没有直接观测到自由胶子。而且,如果色囚禁理论是正确的,人们将永远不可能直接看到自由的层子和胶子。因此对于胶子的量子数,例如质量是否等于零也还有待于进一步确认。到1983年才被发现的  $W^\pm$  粒子和  $Z^0$  粒子都是弱相互作用的传递者,其中带电的  $W^\pm$  粒子只参与引起电荷交换的弱相互

作用,而电中性的  $Z^0$  粒子只参与没有电荷交换的弱相互作用。 $W^\pm$  和  $Z^0$  粒子是迄今已发现的最重的“基本粒子”。引力子  $g$  是为了描述引力相互作用而引入的一种传递引力的假想粒子,目前还没有得到实验的确认,所以,有关  $g$  粒子的性质只是理论上的一种可能的猜测。

下面把新一层次的“基本粒子”的一些主要性质总结于下表中,以供参考。因为反粒子和相应的粒子具有相同的质量、寿命、自旋等量子数和相反的电荷、宇称、轻子数、重子数等量子数。因此,对反粒子的性质就不再一一列出。

类别	粒子名称	符号	质量 (MeV/c <sup>2</sup> )	电荷 $Q$	平均寿命 $\tau$	自旋宇称 $J^P$	同位旋 $I, I_3$	轻子数 $L$	重子数 $B$	超荷 $Y$	奇异数 $S$	粲数 $C$	底数 $b$	顶数 $t$
媒介子	光子	$\gamma$	$<3 \times 10^{-33}$	0	稳定	$1^-$	0, 1	0						
	胶子	$G$	0	0		1								
	中间玻色子	$W^\pm$	$80600 \pm 400$	$\pm 1$	$(2.93 \pm 0.18) \times 10^{-25}$	1								
		$Z^0$	$91161 \pm 31$	0	$(2.60 \pm 0.03) \times 10^{-25}$	1								
	引力子	$g$	0	0		2								
轻子	电子	$e^-$	$0.51099906 \pm 0.00000015$	-1	稳定 > $210^{22}$ 年	$\frac{1}{2}$		1	0					
	电子型中微子	$\nu_e$	$<17\text{eV}$	0	稳定	$\frac{1}{2}$		1	0					
	$\mu$ 子	$\mu^-$	$105.658387 \pm 0.000034$	-1	$(2.19703 \pm 0.00004) \times 10^{-6}$	$\frac{1}{2}$		1	0					
	$\mu$ 型中微子	$\nu_\mu$	$<0.27$	0	稳定	$\frac{1}{2}$		1	0					
	$\tau$ 子	$\tau^-$	$1776.9 \pm 0.5$	-1	$(0.303 \pm 0.008) \times 10^{-12}$	$\frac{1}{2}$		1	0					
	$\tau$ 型中微子	$\nu_\tau$	$<35$	0		$\frac{1}{2}$		1	0					
层子(或夸克)	上层子	$u$	$\sim 300$	$\frac{2}{3}$		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}, \frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0
	下层子	$d$	$\sim 300$	$-\frac{1}{3}$		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	0	0	0	0
	粲层子	$c$	$\sim 1500$	$\frac{2}{3}$		$\frac{1}{2}$	0, 0	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{4}{3}$	0	1	2	0
	奇异层子	$s$	$\sim 450$	$-\frac{1}{3}$		$\frac{1}{2}$	0, 0	0	$\frac{1}{3}$	$-\frac{2}{3}$	-1	0	0	0
	顶层子	$t$	$> 89000$	$\frac{2}{3}$		$\frac{1}{2}$	0, 0	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{4}{3}$	0	0	0	1
	底层子	$b$	$\sim 5000$	$-\frac{1}{3}$		$\frac{1}{2}$	0, 0	0	$\frac{1}{3}$	$-\frac{2}{3}$	0	0	-1	0