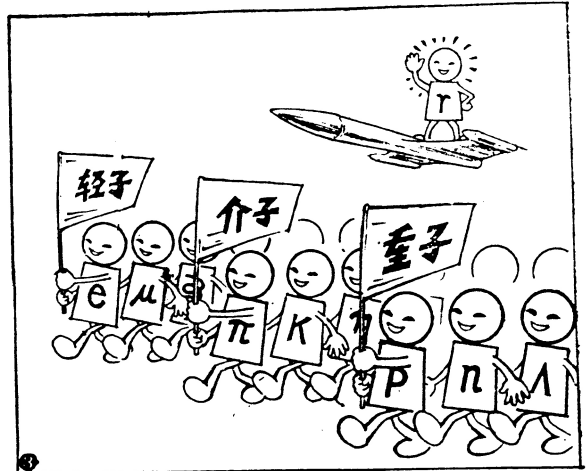
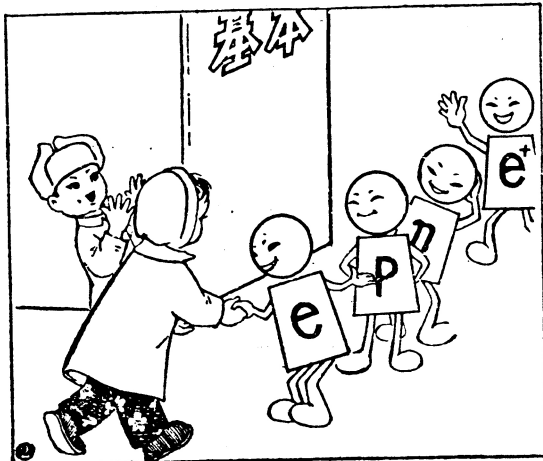
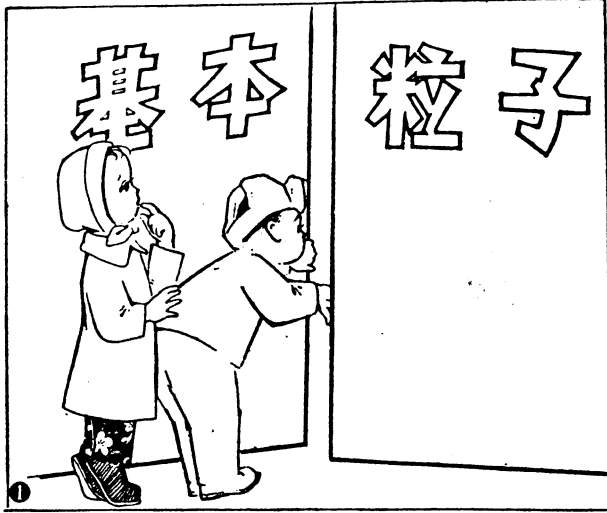


# 图说层子模型

谢融文  
诒献画

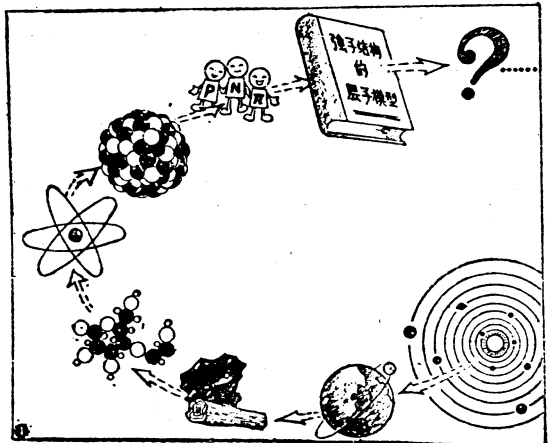
(一) 什么是层子模型, 这要从“基本”粒子这一名称讲起。“基本”粒子这个名称听起来有点神秘, 其实它的许多成员是大家早就熟悉的。

(二) 上世纪末本世纪初, 人们已认识到一切宏观物体都是由分子组成的, 分子又是由原子组成的, 原子也是有结构的, 中心有一个原子核, 周围围绕着一一些电子(e), 原子核由质子(p)和中子(n)组成。在三十年代初期, 人们认为世界万物都是由质子、中子和电子三种粒子组成的, 因此把质子、中子和电子叫做“基本”粒子。



(三) 但是, 不久以后, 人们在宇宙线中发现了正电子( $e^+$ )。后来, 又陆续在宇宙线、加速器中发现了许多粒子。从这些粒子的质量来看, 可以分成介子、重子、轻子三类。早年发现的介子( $\pi, K, \eta$ )的质量介于质子和电子的质量之间, 因此叫做介子。重子包括超子(例如 $\Delta$ 超子)和质子、中子(超子的质量超过质子)。 $\mu$ 子和电子、中微子属于轻子一类, 它们比重子和介子轻。另外, 自然界中还有人们早就认识的光( $\gamma$ )子。“基本”粒子这一名词的含义也就随着发展成为重子、介子、轻子和光子的总称。到一九六五年左右, 各种介子、重子、反重子已经发现有一百多种! 由于介子和重子都是强相互作用粒子, 所以它们又有个共同的名称叫强子。

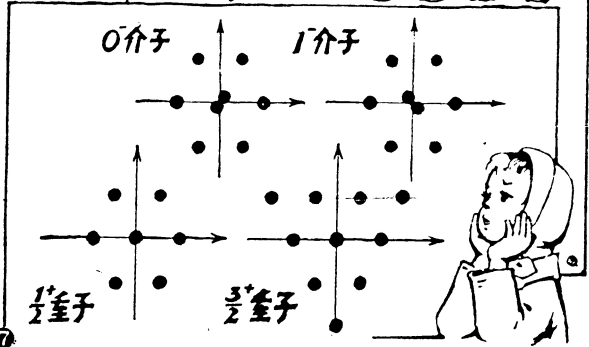
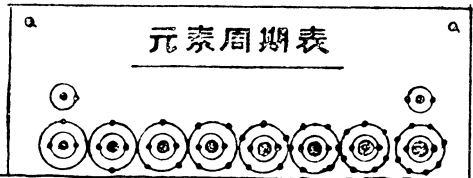
(四) 层子模型是强子内部结构的一种可能的模型。一九六五—一六六年间, 我国的“基本”粒子理论工作者, 在毛主席关于“物质无限可分”的光辉哲学思想指导下, 分析了当时已经累积起来的实验的和理论的资料, 认识到“基本”



粒子并不基本，它是由更基本的东西组成的，并把这更基本的东西称为层子。“层”表示物质结构有无限个层次，形成……星系、恒星、宏观物体、分子、原子、原子核、“基本”粒子、层子……这样的序列，层子只是其中的一个层次而已。

(五) 当时有两个方面的实验事实，对研究强子的内部结构起很重要的作用。一方面，电子和质子、中子散射的实验已清楚表明质子和中子有一定大小，实验上把它们的电荷和磁矩在空间的分布行为也测得十分精确。理论上作了许多尝试，表明如果不考虑核子内部结构是不能解释这种分布的。

(六) 另一方面，发现一百多种强子的性质之间不是互相没有联系的，而是有着明显的规律性。例如，自旋为0，宇称为负的八个介子  $\pi^+$ 、 $\pi^0$ 、 $\pi^-$ 、 $K^+$ 、 $K^0$ 、 $K^-$ 、 $\bar{K}^0$ 、 $\eta$ ，按它们的二种分别叫做同位旋第三分量 ( $T_3$ ) 和超荷 ( $Y$ ) 的性质，可以排成一



ep 散射

给出质子电荷分布,  

$$\rho_1(r) \cong \frac{m^2}{8\pi} e^{-mr}$$

假设核子为球状, 电荷有分布,  

$$\rho(r) = \frac{m^2}{8\pi} e^{-mr}$$

假设核子为球状

$0^-$  介子:  $m^2 = m_0^2 + C[\frac{Y^2}{4} - T(T+1)]$

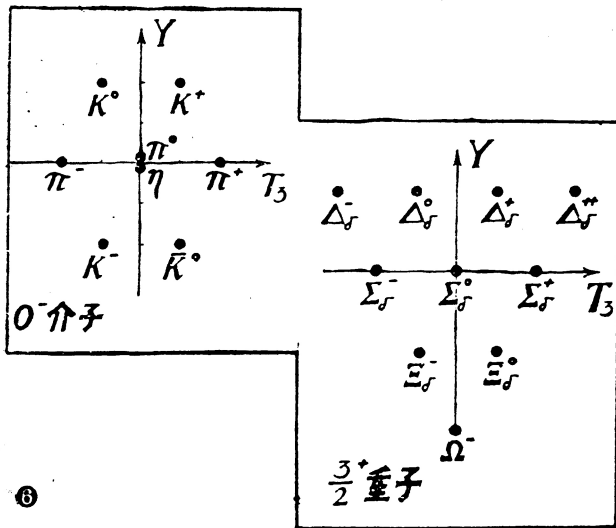
$\frac{3}{2}^+$  重子:  $M = M_0 + aY$

质量公式

MEV

$0^-$  介子

$\frac{3}{2}^+$  重子



种对称的图形;又如,自旋为3/2,宇称为正的十个重子也可排成另一种对称图形。

(七) 人们发现,这两种图形属于同一种对称性的不同表示,这种对称性在数学上叫SU(3)对称,就是指三样东西处于完全等价地位这样一种对称性。事实上,当时知道的所有强子都可在一定的SU(3)表示中找到位子,而上图中的  $\Omega^-$  粒子就是用这种“对号入座”的方式首先从理论上预言,然后在实验中找到的。

(八) 但是,强子还有不对称的一面。例如,排在同一个对称图象里的强子的质量并不是都相等的,然而,质量之差却又是具有规律的。介子之间的质量差和它们的同位旋、超荷等有一定的依赖关系。重子之间的质量差也有类似的关系。

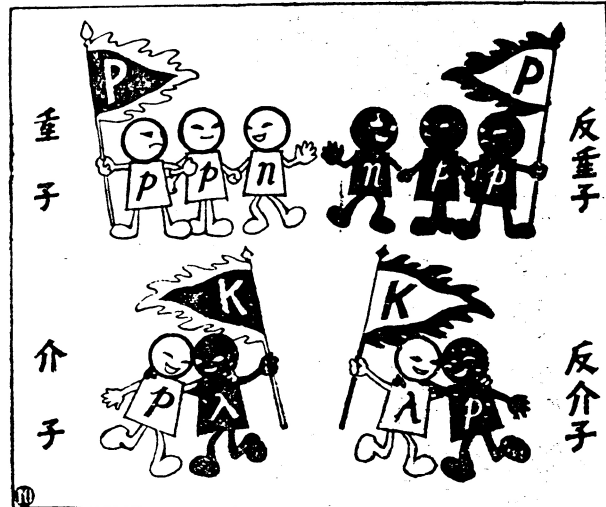
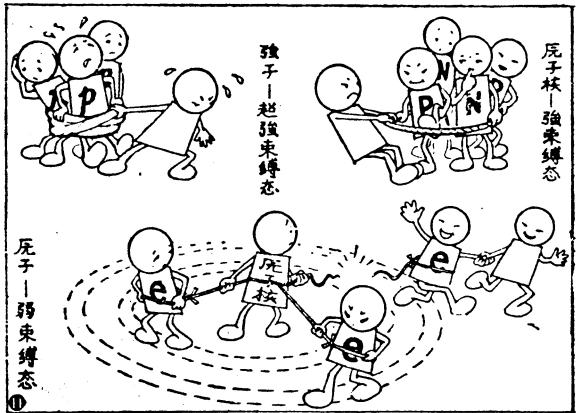
介子、重子性质的这种规律性很容易使我

	层子			反层子		
	$p$	$n$	$\lambda$	$\bar{p}$	$\bar{n}$	$\bar{\lambda}$
电荷	$\frac{2}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
同位旋	$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0
超荷	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$-\frac{2}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$

们联想到原子的情况。大家知道化学元素周期律和原子光谱是原子核所带电荷数和核外电子行为的表现。那末，强子的这种规律性是不是也反映了其内部结构呢？

(九) 从强子的  $SU(3)$  对称性出发，很自然地想到强子可能是由三种层子组成的，或者说层子有三种状态，当然，层子种类是三的倍数也可以。但从最简单的可能性讨论起，先假定有三种层子，分别称做  $p, n, \lambda$ ，它们各有其反层子  $\bar{p}, \bar{n}, \bar{\lambda}$ 。层子、反层子都是自旋为  $1/2$  的粒子，它们的电荷、同位旋等可能按图中的方案安排。这里有一点引起注意的是在这个方案中出现了分数电荷！

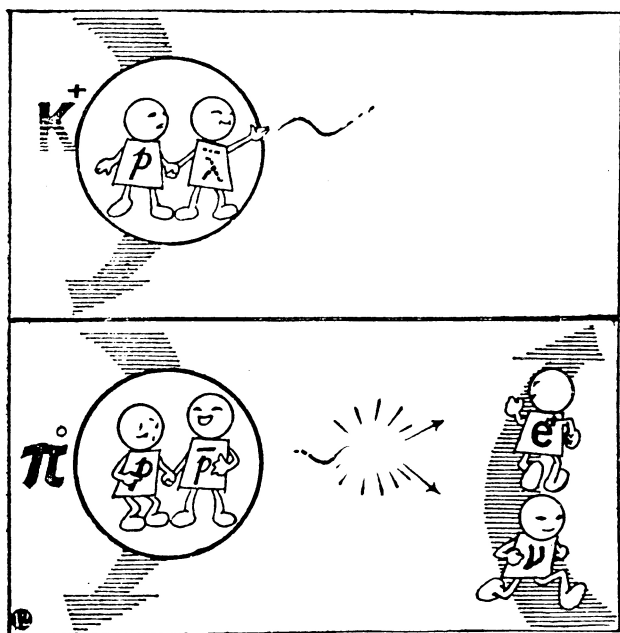
(十一) 层子组成强子的方式与电子和原子核组成原子，质子和中子组成原子核等有相似之处，又有不同。例如，原子中原子核和电子结合得很松，是弱束缚态；原子核中质子和中子结合比较紧，是强束缚态；而强子中的层子间结合得还要紧得多，是超强束缚态。这就是说，很难从强子中把层子打出来。使层子结合成强子的作用称为超强作用。对超强作用的了解现在还是肤浅的，而且，层子服从什么规律，层子怎样束缚成为强子还是一个未解决的问题。层子模型的工作中先绕开这一类问题，而从  $SU(3)$  对称和实验材料提供的其它线索入手，写出描写强子结构的近似波函数，通过用这样的波函数解释具体实验来检验层子模型，为进一步研究运动方程提供新的线索。



(十) 层子模型设想，重子是由三个层子组成。反重子由三个反层子组成，例如质子由二个  $p$  和一个  $n$  组成，反质子由二个  $\bar{p}$  和一个  $\bar{n}$  组成。介子是由一个层子和一个反层子组成的，组成反介子的层子是组成介子的层子的反粒子，例如， $K^+$  和  $K^-$  互为反粒子， $K^+$  是由  $\bar{\lambda}$  和  $p$  组成的， $K^-$  是由  $\lambda$  和  $\bar{p}$  组成的。

(十二) 层子模型设想，层子不但参与超强作用，还参与强作用和电磁作用、弱作用，强子的各种相互作用全部归结为强子内部层子的相互作用。例如一个  $K^+$  介子衰变为  $\pi^0$  介子，同时产生正电子和中微子的过程，实际上是  $K^+$  中的  $\bar{\lambda}$  衰变成  $\bar{p}$ ，同时产生正电子和中微子的过程。又如电子和质子的碰撞效应为电子分别和质子中的  $p, n$  碰撞效应的叠加等等。虽然当时还不知道量子力学和量子场论的规律是不是适用于层子，但层子模型的最初工作仍尝试地把量子力学、量子场论的规律用于层子，并从层子相互作用的统一图象出发，系统地计算了强子的电磁跃迁和弱跃迁过程，与已有的实验进行比较，结果发现这个模型图象与实验基本符合，从而证实了至少在弱作用和电磁作用的范围内，量子力学和量子场论的规律对层子是适用的。

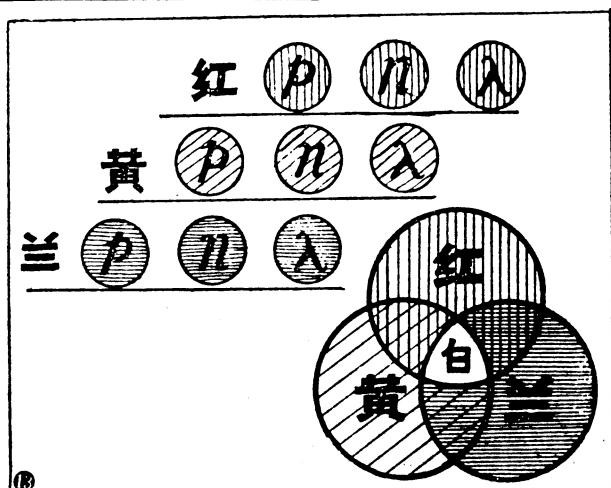
(十三) 一九六六年以来，我国的“基本”粒子理论工作者和实验工作者继续做了大量的工作，但是对“基本”粒子结构的了解还是很不完全的。例如，从层子的统计性质和超强作用的特点认识到层子可能不是三种而是九种，或者用一种流行的说法就是层子还具有一



现的 J 粒子和接着发现的一系列粒子。这些粒子是用原有的 SU(3) 对称性无法解释的, 因此引起了国内外“基本”粒子工作者普遍的重视, 对此作了大量的研究。

现在普遍认为, 可能除了  $p$ 、 $n$ 、 $\lambda$  外还应有一种层子, 通常以符号  $c$  表示, 新层子具有一种叫做“粲数”的新的属性。  $c$  层子的“粲数”为 1, 三个“老”的层子没有“粲数”, J 粒子可能是  $c$  和  $\bar{c}$  组成的一种自旋为 1 的介子。目前有很多实验支持这样一种图象, 但有些问题还有待解决。

宇宙是不可穷尽的, 微观世界也是不可穷尽的。随着“基本”粒子实验的发展, 一定还会出现许多新现象。因此, 层子模型也一定会相应地发展, 到达更高的水平。



种性质——“颜色”。三种层子  $p$ 、 $n$ 、 $\lambda$ , 它们又各有三种“颜色”, 例如红、黄、蓝(有时也说成是红、绿、兰三色, 可组成白色。), 九种有“颜色”的层子互相结合, 结合成的普通强子是没有“颜色”的(或白色的)。当然, 有“颜色”的层子也可组合成有“颜色”的强子, 但目前尚未发现这种强子。有意思的是九种层子的模型中层子电荷可以都是分数, 也可以都是整数, 但对“颜色”平均来说, 仍然是分数。三种有“颜色”的层子这样的模型对解释已有的强子谱似乎比较成功, 但是为什么没有发现带“颜色”的强子, 还是一个悬而未决的问题。

(十四) 一九七四年底, “基本”粒子世界又新来了几个意外的客人, 这就是丁肇中教授发

