

一些还没有揭开的谜(续)

柯之

质量、角动量之间的奇怪的简单关系

玲：叔叔，昨天晚上我一直想，你讲的那些没有揭开的谜是不是都是这么复杂的？

吕：也不一定，有的实验事实一点也不复杂，甚至太简单了，但也是一个谜。我给你举一个例子：以前我们讲过 ρ 介子，组成 ρ 介子的层子、反层子的自旋方向是相同的，所以组合起来的自旋（角动量）是 $\hbar/2 + \hbar/2 = \hbar$ 。 ρ 介子还有一些激发态（ ρ 和这些激发态都是共振态介子，寿命在 10^{-23} — 10^{-24} 秒范围），组成这些激发态的层子、反层子除了各有自旋角动量外，还有相互绕圈的轨道角动量，而且因为轨道角动量也是量子化的，所以这些激发态介子的角动量是 $2\hbar, 3\hbar, \dots$ 可以列表如下：

粒子	质量 (GeV/c^2)	质量平方 (GeV/c^2) ²	角动量
ρ	0.77	0.59	\hbar
A_1	1.31	1.72	$2\hbar$
g	1.68	2.82	$3\hbar$

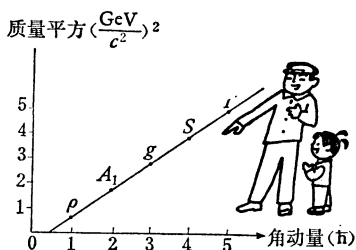


图14 正好落在一条斜线上

用横坐标代表角动量，纵坐标代表质量平方，那么，代表这些共振态介子的质量平方与角动量的点正好落在一条斜的直线上。（图14）

玲：哟，这可有点巧！

吕：巧的还在后头呢！我们讲过 Δ 重子，它也有一系列的激发态（ Δ 和这些激发态都是共振态重子），角动量都是 $\hbar/2$ 的奇数倍，也可以列表如下：

粒子	质量 (GeV/c^2)	质量平方 (GeV/c^2) ²	角动量
$\Delta 1232$	1.232	1.52	$3\hbar/2$
$\Delta 1950$	1.950	3.80	$7\hbar/2$
$\Delta 2420$	2.420	5.86	$11\hbar/2$
$\Delta 2850$	2.850	8.12	$15\hbar/2$
$\Delta 3230$	3.230	10.42	$19\hbar/2$

这五个共振态重子的质量平方与角动量的五个点



子也正好落在一条斜线上，而且和刚才 ρ 介子的那条线的倾斜程度几乎完全相同（即角动量每增加 \hbar ，质量平方都是增加约 $1(\text{GeV}/c^2)^2$ 。（图15）

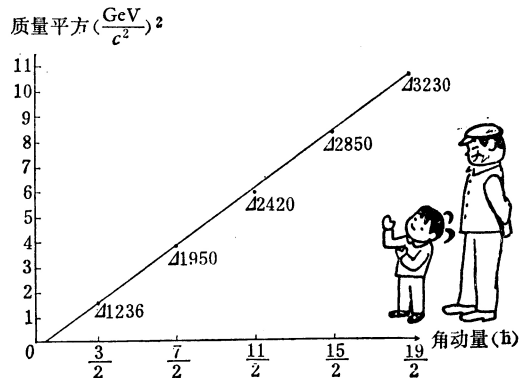


图15 那就更巧啦！

玲：哟，这就更巧啦！

吕：不仅介子、重子，连奇异粒子也有类似情况：

粒子	质量 (GeV/c^2)	质量平方 (GeV/c^2) ²	角动量
Λ_{1116}	1.116	1.245	$\hbar/2$
Λ_{1520}	1.520	2.340	$3\hbar/2$
Λ_{1815}	1.815	3.29	$5\hbar/2$
Λ_{2100}	2.100	4.41	$7\hbar/2$
Λ_{2350}	2.350	5.52	$9\hbar/2$
Λ_{2585}	2.585	6.68	$11\hbar/2$

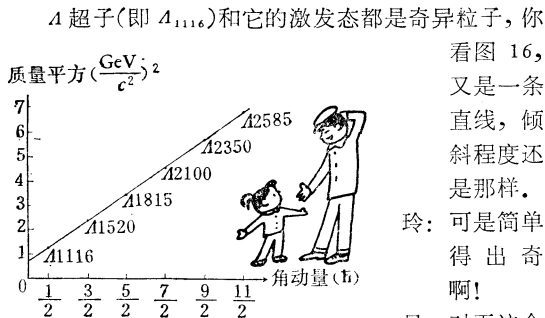


图 16 可是简单得出奇啊!

奇的现象,还没有令人很满意的解释。

玲: 这也可以算是一个谜了。

R 的 谜

吕: 再说一个实验事实,高能电子和高能阳电子对撞,可以产生一对 $\mu^- \mu^+$,也可以产生各种强子。按照我们以前讲过的图象,产生 $\mu^- \mu^+$ 的过程主要是 $e^- \cdot e^+$ 在 A 点湮没,激起电磁场的“扰动”,形成“虚”光子(见对话⑧)。这“虚”光子再很快地在 B 点转变成一对 $\mu^- \mu^+$ 。与此相仿,“虚”光子也可以转变成

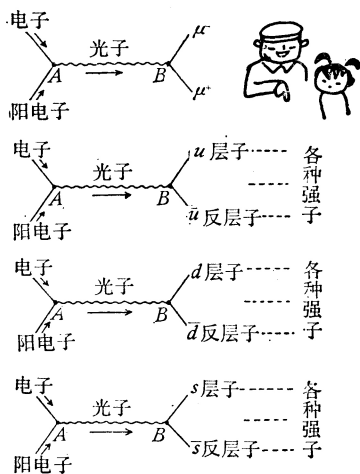


图 17

会与产生 $\mu^- \mu^+$ 的机会之比 R 也就是确定的:

$$R = \frac{e^- e^+ \rightarrow X \text{ 的机会}}{e^- e^+ \rightarrow \mu^- \mu^+ \text{ 的机会}}$$

(X 包括各种强子)

玲: R 有多大?

吕: 在质心系能量 1.5—3.7 GeV ($e^- \cdot e^+$ 能量各为 0.75—1.85 GeV) 的范围,除 3.1 GeV 邻近外, R 基本上是个常数,这个常数就是 2。更准确地说,比 2 稍大一点点。质心系能量 1.5 GeV 以下,除了 770 MeV (ρ 共振)、784 MeV (ω 共振)、1019 MeV

(ϕ 共振) R 值

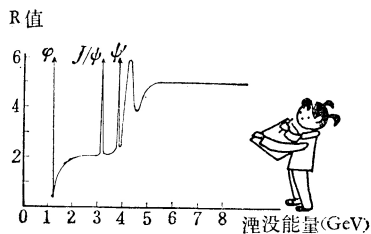


图 18

三个共振峰外, R 值明显下降,这是因为能量不够高,不容易产生强子。

在 3.1 GeV 处出现明显的共振峰,表明了以前讲过的 J/ψ 粒子(静止质量 3.1 GeV/ c^2)的产生。(图 18)

玲: 叔叔, R = 2 是什么意思呢?

吕: 我们这样来分析一下: 在这个能量范围,除在 3.1 GeV 一处可产生 J/ψ 介子(由带粲数的层子 c 和反层子 \bar{c} 组成)外,其余都只产生普通的强子(由 u, d, s 层子和 $\bar{u}, \bar{d}, \bar{s}$ 反层子组成)。图 17 的下面三个图说明了产生这些强子的主要过程(还有高次电磁相互作用的图,但它们的贡献很小)。简单地说,在 1.5—3.7 GeV 的范围, R 基本上就是下面三个图所代表的产生强子的机会与上面一个图所代表的产生 $\mu^- \mu^+$ 的机会之比。

玲: 这怎么比法?

吕: 上面一个图是“虚”光子转变成一对 $\mu^- \mu^+$, 下面三个图是“虚”光子转变成一对层子-反层子。如果层子质量不是太大,层子-反层子靠近时相互吸引力也不大(按照量子色动力学的图象),那末,每一个图所贡献的机会就必定只与“虚”光子在 B 点转变成的带电粒子(μ 或层子)的电荷平方成正比。 μ^- 的电荷是 $-e$, 电荷平方是 e^2 。u, d, s 层子假设取分数电荷,分别是 $\frac{2}{3}e, -\frac{1}{3}e, -\frac{1}{3}e$, 电荷平方就分别是 $\frac{4}{9}e^2, \frac{1}{9}e^2, \frac{1}{9}e^2$ 。于是下面三个图所贡献的机会与上面一个图所贡献的机会之比

$$R = \frac{\frac{4}{9}e^2 + \frac{1}{9}e^2 + \frac{1}{9}e^2}{e^2} = \frac{2}{3}$$

玲: 这倒有意思。可是不对呀,不是说 R = 2 吗?

吕: 在这个计算里,没有考虑 u, d, s 层子各有“红”、“绿”、“蓝”三种。如果考虑 u 层子、d 层子、s 层子有三种,下面三个图的每一个图又要化为三个图,共九个图。仍取分数电荷,就是:

$$R = \frac{3 \times \frac{4}{9}e^2 + 3 \times \frac{1}{9}e^2 + 3 \times \frac{1}{9}e^2}{e^2} = 2$$

玲: 这就对了。如果取整数电荷呢?

吕: 取整数电荷,三种 u 层子的电荷分别是 0, e, e, 三种 d 层子的电荷是 -e, 0, 0, 三种 s 层子的电荷是 -e, 0, 0。所以:

$$R = \frac{(0 + e^2 + e^2) + (e^2 + 0 + 0) + (e^2 + 0 + 0)}{e^2} = 4$$

玲：这又不对了。看来 $R = 2$ 这个事实也在告诉我们层子是取分数电荷的哩！

吕：也不一定，我们用 1 代表“红”层子， $\bar{1}$ 代表“反红”层子，2 代表“蓝”层子， $\bar{2}$ 代表“反蓝”层子，3 代表“绿”层子， $\bar{3}$ 代表“反绿”层子，那末，如下的叠加状态

$$\frac{1}{\sqrt{3}} (1\bar{1} + 2\bar{2} + 3\bar{3})$$

就叫做“色单态”。 “色单态”可能比较容易产生。如果 e^+e^- 对撞后产生的层子、反层子都处于“色单态”状态，那末，整数电荷也好，分数电荷也好， R 值又都是一样的了。譬如说，在只有 u, d, s 产生的情况下， R 值就都是 2。

玲：嗨， R 值还是不能断定是整数电荷还是分数电荷！

R 和粲粒子的发现

吕： R 的值也能给我们带来一些新的消息：早在发现 J/ψ 共振态之前，就发现 e^-e^+ 质心系能量大于 3.8 GeV 之后，

R 值就不再停留在 2 附近了，它要明显地上升，并上下波动。当质心系能量稍稍超过 4 GeV， R 值

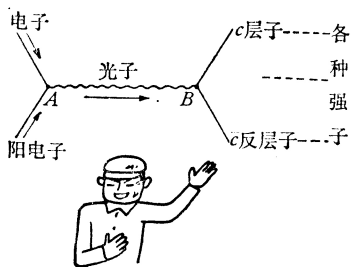


图 19

上升到 6。果然后来不久就在 3.1 GeV 处发现了 J/ψ 介子，在 3.7 GeV 处发现了 ψ' 介子，然后又在稍稍超过 4 GeV 处发现了成对产生的带粲数的介子 D^+, D^-, D^0, \bar{D}^0 和 F^+, F^- 。质心系能量再上升， R 的值经过上下波动后又稳定了，但 R 值已经不是 2，从 5 GeV 一直到 8 GeV， R 的值都在 5 左右。

玲： R 值先稳定在 2，后又稳定在 5，这说明什么呢？

吕：说明在 e^-e^+ 碰撞过程中，增加了产生一种新型强子的机会，这种新型强子的组成成分中包含着带粲数的 c 层子以及 \bar{c} 反层子。你看图 19。

玲：哦，和图 17 一样，只是把 $u\bar{u}, d\bar{d}, s\bar{s}$ 换成了 $c\bar{c}$ 。叔叔，包含着 c 层子、 \bar{c} 反层子的强子有哪些？

吕：已经发现的有 $D^0(c\bar{u}), D^+(c\bar{d}), F^+(c\bar{s}), D^{*0}(c\bar{u}), D^{*+}(c\bar{d}), F^{*+}(c\bar{s})$ 和它们的反粒子 $\bar{D}^0(u\bar{c}), D^-(d\bar{c}), F^-(s\bar{c}), \bar{D}^{*0}(u\bar{c}), D^{*-}(d\bar{c}), F^{*-}(s\bar{c})$ 。它们的静止质量都在 2 GeV 左右。小玲你看，如果成对产生的话，需要的能量正好是至少 4 GeV 左右。这也说明了为什么质心系能量大于 3.8 GeV

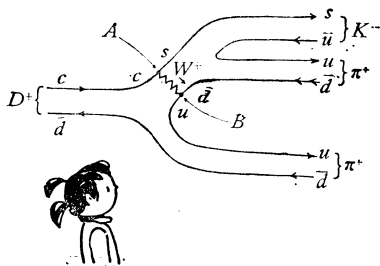


图 20 D^+ 中的 c 层子在 A 处转变成 s 层子，放出 W^+ (弱相互作用)， W^+ 在 B 处又转化为 u 层子和 \bar{d} 反层子

以后， R 值要明显上升。

玲：怎么知道这些粒子包含着 c 层子和 \bar{c} 反层子呢？

吕：可以从它们的衰变产物来判断。比方说，你来看图 20， $D^+(c\bar{d})$ 包含 c 层子， c 层子可以衰变成 s

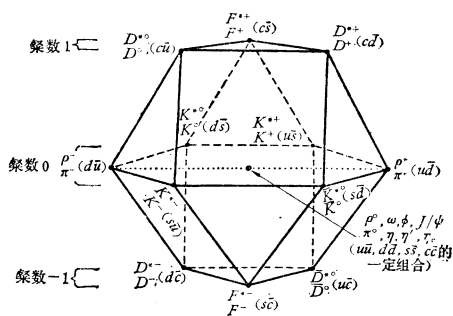


图 21 ρ^-, π^- 都是由 d 层子、 \bar{u} 反层子组成。 ρ^- 写在上面，是自旋 1 的介子， π^- 写在下面，是自旋 0 的介子，余类推

层子，不可以衰变成 \bar{s} 反层子，而 s 层子可以组成 $K^-(s\bar{u})$ ，不可以组成 $K^+(u\bar{s})$ 。因此， D^+ 的衰变产物中有 K^- ，没有 K^+ 。相仿， D^- 的衰变产物中有 K^+ ，没有 K^- 。这都是和实验事实一致的。

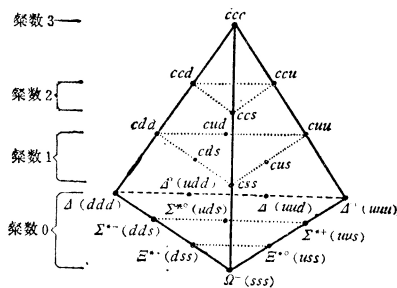


图 22

玲：叔叔，还有一个问题，有了 c 层子以后，“周期表”要不要改呢？

吕：要改。以前的“周期表”只标明两个独立的量子数（奇异数和电荷），因此可以画成平面图形。现在又多了一个独立的量子数——粲数，所以必须扩充成为立体图形。你看图 21，这是包括粲介子的介子周期表。

玲：我来看，絜数是1的上面一层的介子都含有一个 c 层子，絜数是 -1 的下面一层的介子都含有 \bar{c} 反层子，当中一层介子的絜数是 0，就是原来的六角形。噢，原来是增加了上下两层。那末重子呢。

吕：重子也是增加了几层。原来包含 Ω^- 的三角形扩充为四面体（图 22），最下一层就是原来的三角形。原来包括质子、中子的六角形扩充成为四面体并去掉四个尖角，最下一层就是原来的六角形。（图 23）

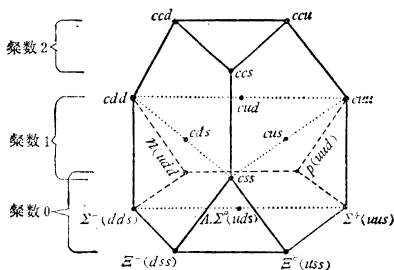


图 23

玲：看来增加的几层都是带絜数的。叔叔，有了 c 层子以后， R 值的增加能用刚才的办法解释了吗？

吕：我们来试试看： c 层子也有三种“颜色”，电荷和 u 层子一样。如果是分数电荷，就也都是 $\frac{2}{3}e$ 。 R 的分子应该加上三种“颜色”的 c 层子的贡献，所以

$$R = \frac{3 \times \frac{4}{9} e^2 + 3 \times \frac{1}{9} e^2 + 3 \times \frac{1}{9} e^2 + 3 \times \frac{4}{9} e^2}{e^2} = 3 \frac{1}{3}$$

如果是整数电荷，三种“颜色” c 层子的电荷就是 0, e, e ，分子加上 c 层子的贡献后， R 就应该是：

$$R = [(0 + e^2 + e^2) + (e^2 + 0 + 0) + (e^2 + 0 + 0) + (0 + e^2 + e^2)] \div e^2 = 6$$

总之，取分数电荷时， $R = 3 \frac{1}{3}$ ，太小了一些；

取整数电荷时， $R = 6$ ，又太大了一些。不过和刚才一样，如果产生的层子、反层子都处于“色单态”状态，整数电荷给出的 R 值也就是 $3 \frac{1}{3}$ 。

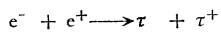
玲：到底哪个对呢？

重轻子 τ 的发现

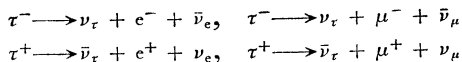
吕：别忙，这以后又发现了重轻子—— τ 轻子。

玲：哟，还有啊！怎么发现的？

吕：仍旧是用高能 $e^- e^+$ 对撞。如果有 τ 产生，必定是成对产生的：



τ^\pm 寿命极短，它们要衰变。一种是衰变成轻子，例如 (ν_τ 是 τ 中微子， $\bar{\nu}_\tau$ 是 τ 反中微子)：



另一种衰变方式是衰变成一个带电的共振态介子和一个 τ 中微子或 τ 反中微子，例如：

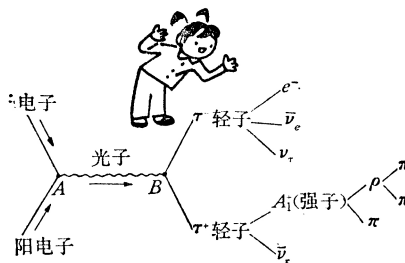
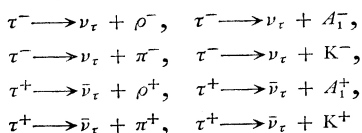
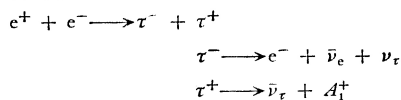


图 24 $e^- e^+$ 湮灭产生 $\tau^- \tau^+$ ，再衰变产生强子（示意）

玲：这么多中微子，也不好探测，怎么知道是这些方式的衰变，又怎么知道有 τ^\pm 产生呢？

吕： τ^\pm 是成对产生的，而且往往一个 τ 衰变成轻子，另一个 τ 衰变成 ν_τ (或 $\bar{\nu}_\tau$) 与一个带电的共振态介子，例如



分析这一

类带电的衰变产物 e^- 和 A_1^+ ，特别是分析这些 e^- 和这些 A_1^+ 的能量分布与动量分布，就可

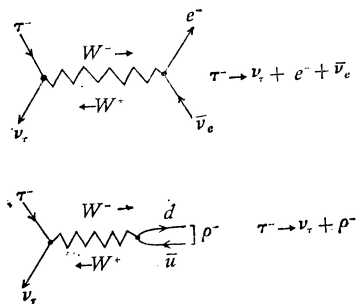


图 25 τ 的这些衰变都是弱作用衰变（通过 W 场）

可以判断 e^- 是由一个静止质量为 $1.807 \text{ GeV}/c^2$ 的带负电粒子衰变出来的，在衰变中除产生了 e^- 外，还同时产生了另外两个质量很小的中性粒子； A_1^+ 也是由一个静止质量为 $1.807 \text{ GeV}/c^2$ 的带正电粒子衰变出来的，在衰变中与 A_1^+ 一起，还同时产生了另外一个质量很小的中性粒子。经过大量的这种分析，就可以判明确实是产生了 τ^\pm ，而且它们的静止质量就是 $1.807 \text{ GeV}/c^2$ 。产生一对 $\tau^- \tau^+$ 所需能量是 3.614 GeV ，正好也靠近 4 GeV 。

玲：为什么叫它“重轻子”呢？

吕：因为它不参与强相互作用，所以叫它轻子。它的产生是通过电磁相互作用(见图 24)，它的衰变是通过弱相互作用(只有弱相互作用衰变才产生中微子)(图 25)。叫它“重轻子”是因为它很重，比质子还重一倍。 τ^\pm 不是强子，所以它并不是由 u, d, s, c 等层子和 $\bar{u}, \bar{d}, \bar{s}, \bar{c}$ 等反层子组成。

玲： τ^\pm 会影响 R 的值吗？

吕：会的。 e^-e^+ 质心系能量超过 3.614GeV 就可以产生 $\tau^-\tau^+$ ， $\tau^-\tau^+$ 虽然都是重轻子，但在大部分情况下，它们的衰变产物中都包含有强子(带电共振态介子)，只有 $\tau^-\tau^+$ 都以轻子衰变方式衰变，才没有强子出现，但这种情况是少的。因此可以把产生 $\tau^-\tau^+$ 的机会(τ^\pm 的电荷是 $\pm e$ ，产生 τ^\pm 的机会与 e^2 成正比)也看做是产生强子的机会。把刚才的 R 加上图 24 的贡献后，R 值是

$$R = 4 \frac{1}{3} \quad (\text{层子取分数电荷})$$

$$R = 7 \quad (\text{层子取整数电荷})$$

当然，如果产生的层子、反层子处于“色单态”，那就不论整数电荷或分数电荷，R 都是 $4 \frac{1}{3}$ 。

Υ 介子和第五种层子

玲：叔叔，如果能量再高呢？

吕：再高？老的谜倒没有解决，却又出了新鲜事儿。

玲：是关于整数电荷和分数电荷吗？

吕：不。事情是这样的，用 400GeV 的高能质子打靶，探测产生出来的

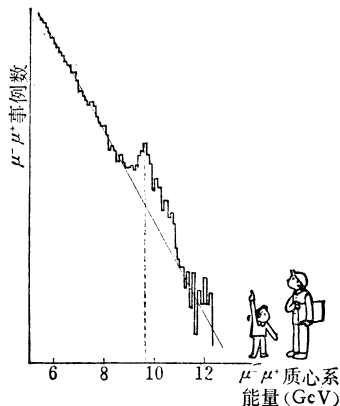


图 26 质子打靶产生 $\mu^-\mu^+$ 质心系能量分布

$\mu^-\mu^+$ 对，并且推算它们的质心系能量，发现有相当多的 $\mu^-\mu^+$ 对的质心系能量都集中在 9.5GeV 附近。这就说明，这些 $\mu^-\mu^+$ 都是某个中性介子的衰变产物，这个中性介子的静止质量在 $9.5\text{GeV}/c^2$ 附近。(图 26)

玲：这个方法和找 J/ψ 粒子的方法很相像呢！

吕：是的，只是找 J/ψ 时分析的是 e^-e^+ ，此地是分析 $\mu^-\mu^+$ 。还有，这种中性介子也很可能是由一种新的过去不知道的层子和它的反粒子组成。人们把这第五种层子叫 b 层子，它的反粒子是 \bar{b} 反层子。

玲：叔叔，这个中性介子叫什么名字？

吕：叫 Υ 介子。后来经过进一步分析，发现在 $9.5\text{GeV}/c^2$ 附近事实上存在着两种粒子，静止质量分别是 $9.5\text{GeV}/c^2, 10.0\text{GeV}/c^2$ ，就依次把它们叫做 Υ, Υ' 。

更多的谜，更多的挑战

玲：真有意思，轻子的数目多起来了，层子的数目也越来越多了。

吕：是啊！而且层子和轻子之间似乎有一种对应关系。小玲你看这个表(层子取分数电荷)：

层子	电荷	奇异数	粲数	??	轻子	电荷
d (红、蓝、绿)	$-e/3$	0	0	0 0	e^-	$-e$
u (红、蓝、绿)	$2e/3$	0	0	0 0	ν_e	0
s (红、蓝、绿)	$-e/3$	-1	0	0 0	μ^-	$-e$
c (红、蓝、绿)	$2e/3$	0	1	0 0	ν_μ	0
b (红、蓝、绿)	$-e/3$	0	0	-1 0	τ^-	$-e$
t (红、蓝、绿)?	$2c/3?$	0	0	0 1?	ν_τ	0

玲：哟，真是没有料想到， d 层子和 e^- 对应， u 层子和 ν_e 对应， s 层子和 μ^- 对应， c 层子和 ν_μ 对应，电荷都是相差 $2e/3$ 。叔叔，为什么有这种一一对应关系呢？

吕：这又是一个谜！

玲：现在又发现了新的 τ 轻子和新的 b 层子。

吕：对了，小玲你再看表。 b 层子和 τ 轻子相对应。可能还有一种没有发现的新层子，叫做 t ，与 ν_τ 相对应。人们把 u, d, s, c, b, t 叫做层子的“味”，每一种味与一种轻子相对应。但层子有“色”，轻子无“色”。

玲：轻子越来越多，层子也越来越多，大概不久以后也可以找到轻子的“周期表”和层子的“周期表”了吧？到那时候肯定会出现一些新的谜哩。

吕：说到新的谜我倒想起了一个老的谜：以前说过， μ 子和电子的性质各方面都相像，但静止质量却相差二百倍之多。为什么？这就是一个谜。而且电子的质量 m_e 和 μ 子的质量 m_μ 之间有如下的关系($\alpha = 1/137$ 是电磁相互作用的精细结构常数)：

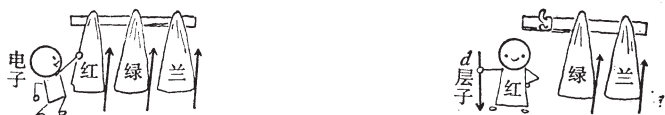
$$m_e = (2/3)\alpha m_\mu$$

如把 $m_e = 0.511\text{MeV}/c^2$ 和 $m_\mu = 105.66\text{MeV}/c^2$ 代进去，等式两边相差不到 1%。为什么这么凑巧？又是一个谜。

玲：电子和 μ 子的质量的差别会不会和它们的内部结构有关系？

吕：可能，但目前实验上连电子、 μ 子有没有大小都没有弄清楚，只知道电子半径比 10^{-15} 厘米还小！

玲：好像历史在重演：以前是要探测质子、中子的大小，现在又要轮到探测电子、 μ 子的大小了。



(加上“红”，“绿”，“蓝”色的某种物质)

电子	e^-	-----	d 层子 (红)	d 层子 (绿)	d 层子 (蓝)
电子中微子	ν_e	-----	u 层子 (红)	u 层子 (绿)	u 层子 (蓝)
μ 子	μ^-	-----	s 层子 (红)	s 层子 (绿)	s 层子 (蓝)
μ 中微子	ν_μ	-----	c 层子 (红)	c 层子 (绿)	c 层子 (蓝)

图 27 似乎每一种轻子加上“红”、“绿”、“蓝”色的某种物质后,就变成红“?”、“绿”、“蓝”色的相应层子

吕: 十多年前,人们开始探讨质子、中子的内部结构,现在人们又要开始探讨层子和轻子的内部结构了。

玲: 如果层子和轻子是没有内部结构的,那末,层子和轻子之间的对应关系,不同层子之间、不同轻子之间的跃迁,以及为什么层子、轻子有那么多种,为什么有重轻子,等等,又如何解释呢?

吕: 小玲,你问的好。我相信在找到轻子的周期表和层子的周期表之后,将会揭开更深一层的谜——轻子结构与层子结构的谜。

玲: 叔叔,还有谜吗? 你大概还有一百个谜吧?

吕: 还有很多有趣的谜呢。比方说,现在大家都在谈论着层子、胶子、中间玻色子、引起真空自发破缺的希格斯标量场粒子……,还有人在探讨磁单极子(这种粒子只有磁南极,或只有磁北极)、超光速粒子……。可是这些粒子在实验上都还没有找到。那么,哪些粒子确实存在? 怎样才能找到它们? 哪些粒子并不存在? 这些就都是谜,会不会微观世界更深层次物质存在形式根本不是粒子的形

式,而是别的什么新的形式呢? 又比方说,在相互作用方面,引力作用是引力场传递的,电磁作用是电磁场(光子场)传递的,弱相互作用可能是中间玻色子场传递的。电磁场(光子场)和中间玻色子场都是规范场,引力场也可能是一种规范场。那末,强相互作用和超强相互作用是谁传递的呢? 是胶子场吗? 量子色动力学对不对? 胶子场也是规范场吗? 超强相互作用、强相互作用、电磁相互作用、弱相互作用、引力相互作用之间有没有更内在的联系呢? 或者它们之间有没有什么更本质的区别呢? 它们和时间空间之间又有什么联系呢? 还有,有没有其他类型的相互作用? 有没有新的能量

释放方式? 有没有新的能源? 在更高的能量尺度,这些相互作用的性质会发生什么变化? 这又是一连串的谜。另外还有一些谜,可能是更深一层的。例如,在更小的空间时间范围里,空间时间的性质会不会发生变化? 在更小的空间时间范围里,将会出现什么样的新的前所未有的物理规律? ……

玲: 叔叔,我越听越觉得好像是一座深埋在地下的金字塔。目前只挖出了一个尖顶,还不知道底下有多深多大呢!

吕: 是啊,自然界把这么多谜摆在我们面前,每个谜对于我们都是一个挑战,看我们敢不敢、能不能去揭开它。自从有人类以来,人们就是不断地接受自然界的挑战,不断地揭开自然界的谜,从而战胜自然,改造自然,从自然界得到越来越大的自由的。

玲: 我想,金字塔埋得再深,只要我们有老愚公的精神,坚持不懈地挖下去,总有一天可以把“基本”粒子这个层次的全部规律性挖出来的。

吕: 不错。但是还要看到,物质是无限可分的,挖掘出来了“基本”粒子这个层次,底下还有埋藏更深的层次。

玲: 叔叔,在同自然界作斗争的实践中,人类会不断地揭露和认识它们。是不是?

吕: 小玲,我也这样想,人类是会不断地有所发现,有所发明,有所创造,有所前进的。



图 28 一个深埋在地下的金字塔,才挖出来一个尖