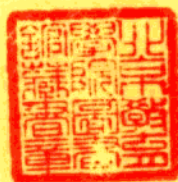
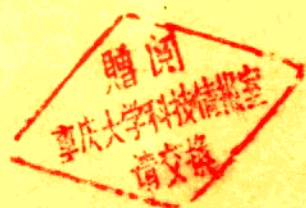


新物理探讨

第五集

(内部交流, 请提意见)



重 庆 大 学
重 庆 建 筑 工 程 学 院

一九七七年四月

毛 主 席 語 录

有句古語，“綱舉目張”，拿起綱，目才能張，綱就是主題，社會主義和資本主義的矛盾，並且逐步解決這個矛盾，這就是主題，就是綱。

鼓足干劲，力爭上游，多快好省地建設社會主義。

原子核和電子的關係，也是對立統一，有主有次。

百花齊放、百家爭鳴的方針，是促進藝術發展和科學進步的方針，是促進我國的社會主義文化繁榮的方針。

我們不能走世界各國技術發展的老路，跟在別人後面一步一步地爬行。我們必須打破常規，盡量採用先進技術，在一個不太長的历史時期內，把我國建設成爲一個社會主義的現代化的強國。

我們一定要繼承毛主席的遺志，把毛主席交給我們的無產階級革命事業，擔當起來，進行到底。

深入开展揭发批判“四人帮”的伟大群众运动，是一九七七年的中心任务。

无论是深入揭批“四人帮”，还是把党的建设搞好，或者是把国民经济搞上去，都必须认真学习马列著作和毛主席著作，学好无产阶级专政的理论，以马克思主义、列宁主义、毛泽东思想来指导我们的战斗，统帅我们的工作。

一九七五年周总理在四届人大政府工作报告中，重申了毛主席提出的在本世纪内全面实现农业、工业、国防和科学技术的现代化，使我国国民经济走在世界前列的宏伟目标，并且指出，从一九七六年到一九八五年这十年，是实现这个设想的关键的十年。

要提倡为革命学习文化，学习技术，精通业务，又红又专。

华国锋主席在第二次全国农业

学大寨会议上的讲话

目 录

深入揭批“四人帮”，尽快把我国自然科学基础理论研究搞上去……………辛 坪	(1)
--------------------------------------	-----

基 本 粒 子 研 究

基本粒子的超光速模型

——核子的激发态……………杨学恒、刘中和、代特力、杨齐民	(3)
刘祖伟、李重生、蔡本华、刘之城	

有轻子参与的弱相互作用过程 and 选择定则……………焦善庆、张庆福	(17)
------------------------------------	------

从对立统一律看发展中的基本粒子理论……………代特力	(24)
---------------------------	------

研 究 与 讨 论

激光锁相应变仪与地震前兆规律的探讨

附录：高精度激光干涉仪在固体物理中的应用……………吕大炯、高建国	(29)
----------------------------------	------

时空理论(II)……………秦元勋	(40)
------------------	------

电子衰变的实验探索……………唐孝威	(47)
-------------------	------

类星体新迹象引起的一个两难问题……………柯 健	(50)
-------------------------	------

重复频率固体激光器电源……………重庆大学单晶炉组	(55)
--------------------------	------

非惯性系统的电磁波性质……………张世杰	(63)
---------------------	------

简 报

快子星模型……………安崇善、王见明、汪世才、柯帆	(69)
--------------------------	------

对时空四元数的初步认识……………刘祖伟	(84)
---------------------	------

离子空气疗法情况简介……………四川第一工人医院理疗组	(92)
----------------------------	------

专 题 介 绍

单子(Soliton)：近代科学中的一个新概念……………唐云、蒋春暄	(94)
------------------------------------	------

来 稿 摘 登

基本粒子质量的一个经验公式……………李增香、李士亨	(100)
---------------------------	-------

物质、运动、相互作用……………冯良桓	(104)
--------------------	-------

检验重大理论分歧的宇风仪……………李永培	(107)
----------------------	-------

重新提出“完全拖动以太论”是行不通的……………刘 辽	(115)
----------------------------	-------

外 论 选 译

河外射电源 3C—345 的表现“超相对论”膨胀……………宇雷译、长城校	(119)
--------------------------------------	-------

深入揭批“四人帮”，尽快把我国 自然科学基础理论研究搞上去

辛 坪

当前，在以华主席为首的党中央抓纲治国战略决策的指引下，我国科技事业同全国各条战线一样，形势一派大好。粉碎“四人帮”，科技工作大解放。多年来被“四人帮”妄图扼杀的自然科学基础理论研究，也正展现蒸蒸日上，欣欣向荣的景象！

我们伟大的领袖和导师毛主席十分重视发展我国的科学技术事业，对科学实验的革命作用作出了很高的评价，毛主席指出：“阶级斗争、生产斗争和科学实验，是建设社会主义强大国家的三项伟大革命运动，是使共产党人免除官僚主义、避免修正主义和教条主义，永远立于不败之地的确实保证，是使无产阶级能够和广大劳动群众联合起来，实行民主专政的可靠保证。”毛主席对自然科学及其基础理论的研究也很重视。早在抗日战争时期，毛主席就在边区自然科学研究会成立大会上指出：“自然科学是人们争取自由的一种武装。”并指出自然科学要在马克思主义的指导下去改造自然界。毛主席还教导我们：“百花齐放、百家争鸣的方针，是促进艺术发展和科学进步的方针，是促进我国的社会主义文化繁荣的方针。”“艺术和科学中的是非问题，应该通过艺术界科学界的自由讨论去解决，通过艺术和科学的实践去解决，而不应当采取简单的方法去解决。”毛主席对物理科学也十分关心。二十多年前，毛主席就阐述了物质是无限可分的光辉思想，批判了当时流行的认为基本粒子不可分的唯心论和形而上学。我国基本粒子理论工作者关于基本粒子结构的层子模型，就是在毛主席的光辉哲学思想指引下提出的。1966年，毛主席还在百忙中接见了北京暑期物理讨论会的中外代表，给了有关科技工作者极大的鼓舞。

我们敬爱的周总理坚决贯彻执行毛主席的革命路线，遵循毛主席的指示提出：我们要实现农业现代化、工业现代化、国防现代化、科学技术现代化，把我国建设成为一个社会主义强国，关键在于科学技术现代化。周总理亲自组织许多重大的科学研究，并对加强自然科学基础理论研究作了一系列重要指示。1956年，我国科学技术远景发展规划就是在周总理的亲切关怀下制订的。我国的尖端技术，就是在周总理亲自指导下，从无到有，从小到大，独立自主，自力更生，高速度地发展起来的。周总理也亲自关心物理科学，我国云南高山宇宙线观察站《一个可能的重质量荷电粒子事例》的论文，就是周总理亲自批准正式发表的，这篇论文后来引起了世界各国的广泛注意。

英明领袖华主席也十分重视科技工作，作过一系列重要指示，一再指出三大革命运动有科学实验一份，四个现代化有科学技术一份。华主席对科学实验的群众运动热情扶植，对专业科技人员关心爱护。1975年夏，华主席遵照毛主席指示的精神，为了在科技战线认真贯彻执行“百家争鸣”的方针，还亲自召开了座谈会。

可是，祸国殃民的“四人帮”，出于其篡党夺权的反革命需要，疯狂反对周总理根据

毛主席指示提出的四个现代化,反对发展我国科学技术事业,反对提倡重视自然科学基础理论研究。他们利用控制的宣传机器大造反革命舆论,并且在科技领域散布了种种谬论。他们推行的反革命修正主义极右路线,破坏了党对科技事业的领导,打击了广大科技人员的积极性,使我国科技事业受到了很大的摧残。为了澄清被“四人帮”搞乱了的,思想,把被他们干扰、破坏造成的损失夺回来,我们必须遵照毛主席在第二次全国农业学大寨会议上的重要讲话中的指示,在斗争中认真学习马克思主义、列宁主义、毛泽东思想,彻底揭发批判“四人帮”一系列反马克思主义的谬论,并肃清其流毒和影响。

伟大领袖毛主席和敬爱的周总理一贯重视马克思主义哲学对自然科学的指导作用。毛主席教导我们:“你们学自然科学的,要学会用辩证法。”周总理遵循毛主席的教导,曾经明确指出:有辩证唯物主义思想做指导,有毛泽东哲学思想做指导,是实现我国科学技术现代化的第一个有利条件。可是,“四人帮”肆意篡改马克思主义,宣扬“代替论”。反革命吹鼓手姚文元胡说什么“基础理论的基础是马克思主义的哲学,最基础的理论是马克思主义,离开了马克思主义的理论,那里有自然科学的理论”。不仅完全颠倒了人类认识的历史,而且根本违背了毛主席关于马克思主义的哲学只能包括而不能代替物理学中的原子论、电子论的教导。尤其恶毒的是,姚文元还狂吠“那些口口声声要重视基础理论的人,其实最不懂得马克思主义”。公然把矛头指向伟大领袖毛主席和敬爱的周总理,真是狗胆包天,十恶不赦!

为了适应国民经济的发展,科学研究应当走在生产建设的前面。敬爱的周总理早在1956年就曾深刻地指出:“没有一定的理论科学的研究作基础,技术上就不可能有根本性质的进步和革新”。而“四人帮”竭力鼓吹“无用论”。他们装出一付重视实践的样子,抓住基础科学理论性强,见效期长的特点,诬蔑重视基础理论研究就是提倡“脱离实际”,就是“重走‘三脱离’的回头路”,就是“搞唯心主义”等等。这不仅说明他们用心险恶,妄图既破坏理论研究又破坏技术进步和革新,而且也说明他们在理论和实际的关系上形而上学猖獗,完全是反马克思主义的。

王张江姚反党集团和历来的机会主义、修正主义头子一样,是一伙十足的反革命两面派。他们口头上说说是“赞成支持争鸣”,实际上搞的是文化上的专制主义;他们自封为支持新生事物的代表,实际上却是扼杀社会主义新生事物的刽子手;他们口口声声骂别人是“洋奴”、“买办”,实际上是贼喊捉贼,他们里通外国,崇洋媚外,才是真正的卖国贼和奴才!……总之,他们给人以假象,而妄图将真象隐蔽着。但是,他们的卑劣行径终究遮盖不了其反革命的狰狞面目。

“金猴奋起千钧棒,玉宇澄清万里埃。”以华国锋主席为首的党中央,继承毛主席的遗志,代表亿万人民的心愿,一举粉碎了王张江姚反党集团,挽救了革命,挽救了党,也拯救了我国的科学技术事业。我们一定要继承毛主席的遗志,永远高举伟大领袖和导师毛主席的伟大旗帜,最紧密地团结在以华主席为首的党中央周围,积极响应华主席的号召,把无产阶级专政下的继续革命进行到底,努力学习毛泽东选集第五卷,深揭猛批“四人帮”,夺取揭批“四人帮”斗争的彻底胜利。我们要树雄心、立壮志,努力攀登科学高峰,用革命加拼命精神,为在本世纪内把我国建设成为一个伟大的社会主义强国而奋斗。

基本粒子研究

基本粒子的超光速模型

——核子的激发态(续)

杨学恒 刘中和 代特力 刘祖伟

杨齐民 李重生 蔡本华 刘之城

一、夸克模型等所遇到的一些难题

在第四集中我们对夸克模型、层子模型和部分子模型等的成就作了回顾⁽²⁸⁾，这里再对这些模型中所存在的问题作些讨论。

(a)在夸克模型等中把构成核子的类点(层子)看成实体。由于核子的线度为 10^{-13} cm，根据测不准关系，这些类点的动量应该很大，又看到核子的哈密顿与自旋的关系较弱，这就暗示层子在核内的速度不大，因此层子模型等假设层子很重，其质量有几十 Gev。为了获得核子的有效质量，这些模型还假定层子之间有超强作用⁽²¹⁾。但是十多年来这种超强作用不论在宇宙线中，还是在强子间的深度非弹性散射中都未发现。相反，从 ep 深度非弹性散射及质子磁矩等来看，其结果都要求层子质量在 1/3 Gev 左右，层子间的结合能不能太大。这里最关键的是层子始终打不出来，宇宙线中有的粒子的能量高达 10^{21} ev，层子间的结合能据假定为 10^{10} — 10^{11} ev，在宇宙线中能量为 10^{14} — 10^{15} ev 的粒子是不少的，但是却打不出来。因此这些模型中的类点究竟是粒子内部物质运动的一种表现，还是一个实体，值得探讨。

(b)在夸克模型等中都假定有分数电荷的层子。我们知道带电粒子电离其它物质的能力是与它的电荷的平方成正比的，因此如果在自然界中有分数电荷的粒子，应是容易察觉的。但是十多年来，不论在强大的磁云室中，还是在核乳胶等装置中都未发现分数电荷，从目前的实验迹象来看，要找到自由的分数电荷粒子是渺茫的⁽²³⁾。

(c)夸克模型等认为核子是由确定的几个点状粒子构成的，但是实验表明⁽¹⁶⁾，在某些能量范围内，核子的结构显得均匀细致，有均匀的一面⁽²²⁾⁽²⁴⁾。

(d)实验发现有一大类的强子微分截面在动量转移的一个固定值上有一个共同的峰值，这相当于在过程中交换了一个静质量的平方为负值的粒子⁽⁸⁾，这种现象在一些模型中被说成是出现了鬼态，无法解释。

(e) 在 e^+e^- 碰撞中 $R = \frac{\sigma(e^+e^- \rightarrow \text{强子})}{\sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)}$ 随能量的升高在上升。例如, 当 $E_s = (3\text{Gev})^2$ 时,

$R = 1.6 \pm 0.5$, 而当 $E_s = (5\text{Gev})^2$ 时 $R = 6$ 了, 这里 E_s 为 e^+e^- 在质心系中的能量。在夸克模型等中由于强子始终是由三种夸克构成的, 而且假设夸克有三种颜色 (或三套夸克), 因此

$$R = \sum_{i=1}^3 Q_i^2 \cdot 3 = 2,$$

这与 R 值随 E_s 阶梯型上升的实验结果差别太大。

(f) $N\frac{1}{2}(1470)\frac{1}{2}^+$ 粒子在一些模型中是用双粒子激发来解释的, 即其中的一个层子填充 s 态, 另外两个处于 P 态⁽¹⁷⁾。它的质量比 $N\frac{1}{2}(939)\frac{1}{2}^+$ 大将近 500 Mev。按此模型其它类型的重子, 如 Σ 、 Λ 、 Ξ 、 Ω^- , 也是由三个夸克构成的, 这些粒子的双粒子激发怎么没有发现呢? 而且 $N\frac{1}{2}(1470)\frac{1}{2}^+$ 处在单粒子激发时 $L=1$ 的 $N\frac{1}{2}(1520)\frac{3}{2}^-$ 之前, 而 Σ 、 Λ 、 Ξ 等的 $L=1$ 的态离 $L=0$ 的态较近, 其差只有 300 Mev 左右, 这又是为什么呢?

(g) 实验发现有高电荷态, 如 Δ^{++} 、 Z_1^{++} 、 Z_0 、 $\square^{++}(32)(36)(37)$, 它们的量子数见下表:

表一 高电荷态

名 称	S	重子数	Q	I	I_3
Δ^{++}	0	1	2	$3/2$	$3/2$
Z_1^{++}	1	1	2	1	1
Z_0	1	1	1	0	0
$\square^{++}$	-1	1	2	2	2

表一中的 I 及 I_3 是根据盖尔曼—西岛关系推得的。在夸克模型等中认为 Δ 是由三个层子构成的一个粒子, 而把 Z_1 看成是 N 与 k^+ (或 k_0) 的复合体, 大家知道对于 Δ 和 Z_1 有如下的道:

$$\Delta \rightarrow N + \pi, \quad Z_1 \rightarrow N + k^+ (\text{或 } k_0),$$

按照汤川的理论, 核子内部不仅有 π 介子云, 而且还有 k 的云, 为什么 Z_1 就不是核子的激发态呢?

其中

$$\square^{++} \rightarrow \Lambda \pi^+ \pi^+ \pi^+ \pi^-,$$

按照盖尔曼——西岛关系, $\square^{++}$ 的 I_3 为 +2, 因此它的 I 至少为 2, 于是 I 的第三分量应有五个值, 即: 2, 1, 0, -1, -2, 这就是说 $\square$ 粒子* 有电荷为 -2 的态! 这在夸克模型等中是难于包容的。

(h) ep 深度非弹性散射的实验结果为⁽¹⁸⁾

$$\int_0^1 F_2^p(x) dx = 0.18 \quad F_2^p(x) > F_2^N(x)$$

$$\int_0^1 [F_2^p(x) - F_2^N(x)] dx \approx 0.05 > 0$$

但在原来的夸克模型等中

$$\int_0^1 F_2^p(x) dx = 1/3, \quad \int_0^1 F_2^N(x) dx = 2/9.$$

其中 $F_2(x)$ 是标度函数, 可见这些模型在这个问题上也有困难。

二、基本粒子结构的超光速模型—核子的激发态

(a) 超光速粒子的非线性场方程

从上面的讨论来看, 用三个很重的带分数电荷的层子通过超强作用来构成重子系有一些难处。用轻子构成重子系是否可行呢? 第一, 这时轻子的动量必须很大, 但它的质量又较小, 因此它的速度一定大, 也即相对论效应十分显著, 但是实验指出, 这种效应是弱的。其二, 必须由很强的作用将轻子束缚起来, 但是轻子间在什么情况下有超强作用呢? 即使有, 重子的有效质量怎么获得? 第三, 如果假设重子由一些特殊的亚光速的轻子构成, 并且假定这些轻子在超小范围内服从另外的量子关系, 其间的作用不太强^(**), 这样困难虽然少些, 但也面临为什么它们不能被打出来的难题等等。综上所述, 如果用轻子结构重子系, 问题将更多。

考虑到核子结构有均匀和类点的二象性和夸克模型等中的一些困难, 我们在 1974 年提出了一个可能的基本粒子结构的超光速模型⁽²⁸⁾。该模型假设核子内部的那些均匀物质就是为数众多的超光速粒子, 超光速粒子之间的相互作用所提供的正能量形成了核子的自然质量; 在居于某些能量范围时, 核子结构具有类点性, 这种类点性来源于超光速粒子的集体运动; 重子系中的其它粒子应是核子的激发态。

在该模型中我们把为数众多的超光速粒子看作场, 把众多的超光速粒子间的相互作用看成场的自相互作用。为了反映重子数守恒和同位旋守恒, 我们还引进超光速粒子场自身间的向

* 国内外有些物理学工作者认为 $\square$ 粒子是具有“粲”数的粲粒子。由于粲还在议论之中, 而且对它存在不同的看法⁽³⁾, 因此我们在这里仍把 $\square$ 当作常规粒子来看。

** 在改进过的夸克模型等中就有这种假设⁽³⁾

量耦合。这时超光速粒子场的方程为(28):

$$\{ \hat{ip} - m_0 + g' [\bar{\Psi}(-i\theta_\mu \theta_5) \Psi] \} (-i\theta_\mu \theta_5) \Psi = 0,$$

当转换到类时子空间时有:

$$(\gamma_\mu \partial / \partial x_\mu + g_N \bar{\Psi}_N \gamma_\mu \gamma_5 \Psi_N) \gamma_\mu \gamma_5 \Psi_N = 0,$$

这也就是核子的自由运动方程, 其中 g' 和 g_N 为耦合常数, 它们间的关系为:

$$g' = Bm_0 + ig_N,$$

这里 m_0 为某种类型的超光速粒子的特征质量, 而

$$B = 1/(\bar{\Psi} \gamma_\mu \gamma_5 \Psi), \quad \bar{\Psi} \gamma_\mu \gamma_5 \Psi = \text{常数} = m_N/g_N.$$

在空间尺寸大于 $\sqrt{g_N}$ 时, 已超出基本粒子的结构范围, 基本粒子以整体出现, 而且服从亚光速粒子的运动规律, 场量满足一般的对易关系。在进入核子内部时, 各个超光速粒子处在自洽场中的行为就突出了。

考虑到核子的边缘略呈扩散状态, 和处在激发态时其内的类点行为, 应重新给出特解条件, 即要求 $\bar{\Psi} \gamma_\mu \gamma_5 \Psi$ 为截面元的某一函数:

$$\bar{\Psi} \gamma_\mu \gamma_5 \Psi = f(dg_N)$$

而且满足条件

$$\int_{g_N} \bar{\Psi} \gamma_\mu \gamma_5 \Psi dg_N = m_N.$$

现在假令核子内部激发起 k (奇数) 个类点部分。则将 g_N 划分成 $k+l$ 分, 其中 l 部分是联系 k 个类点的“组带”, 于是全套方程组为(28)

$$\left\{ \begin{aligned} & \left\{ \hat{ip} - m_0 + \int_{g'_N} \bar{\Psi}(-i\theta_\mu \theta_5) \Psi dg'_N \right\} (-i\theta_\mu \theta_5) \Psi = 0 \\ & \left\{ \hat{ip} - m_0 + g'_{Nj'} \bar{\Psi}_{j'}(x, x_{j'}) (-i\theta_\mu \theta_5) \Psi(x, x_{j'}) \right\} (-i\theta_\mu \theta_5) \Psi(x, x_{j'}) = 0 \\ & \quad j' = 1, 2, \dots, k+l, \\ & \left\{ \hat{ip}_{j'm} - m_0 - U_{j'm}(x, x_{j'}, x_{j'm}) \right\} \Psi_{j'm}(x, x_{j'}, x_{j'm}) = 0 \end{aligned} \right.$$

其中 x 是描述总体运动的坐标, $x_{j'}$ 为第 j' 个部分的坐标, 而 $x_{j'm}$ 是第 j' 个部分的第 m 个超光速粒子的坐标。 $U_{j'm}(x, x_{j'}, x_{j'm})$ 是势能。特解的条件为

$$\int_{g'_N} \bar{\Psi}(-i\theta_\mu \theta_5) \Psi dg'_N = i m_N^* + m_0$$

$$g'_{Nj'} \bar{\Psi}_{j'}(x, x_{j'}) (-i\theta_\mu \theta_5) \Psi_{j'}(x, x_{j'}) = i m_{Nj'}^* + m_0$$

这里的 $\psi(x, x_j, x_{j,m})$ 对 x_j 要求是对称的, 因为我们考虑的是多重对称激发情形。

上面的方程组适用于各部分处在相对的 s 态中, 而且总自旋为 $1/2$ 。这时核子激发态的质量为

$$m_N^* = \sum_{j'=1}^{k+1} m_{Nj'}^*.$$

如果总自旋不为 $1/2$, 则总体部分可用 Dirac—Fierz—Pauli 型⁽²³⁾ 的旋量方程来描述, 场方程式为⁽²⁸⁾

$$\partial_{ab} \Phi \begin{matrix} a_1 a_2 \dots a_l' \\ \dot{b}_1 \dot{b}_2 \dots \dot{b}_k' \end{matrix} = \left[\int_{g_N} (\bar{\Phi} \Phi + \bar{X} X) dg_N \right] X \begin{matrix} a_1 a_2 \dots a_l' \\ \dot{b}_1 \dot{b}_2 \dots \dot{b}_k' \end{matrix}$$

$$\partial_{ab} X \begin{matrix} a_1 a_2 \dots a_l' \\ \dot{b}_1 \dot{b}_2 \dots \dot{b}_k' \end{matrix} = \left[\int_{g_N} (\bar{\Phi} \Phi + \bar{X} X) dg_N \right] \Phi \begin{matrix} a_1 a_2 \dots a_l' \\ \dot{b}_1 \dot{b}_2 \dots \dot{b}_k' \end{matrix}$$

其中 Φ 与 X 为描述超光速粒子场的两个独立的对称旋量, (所有的 $a, a_1, a_2 \dots a_l'$ 及 $b, b_1, b_2 \dots b_k'$ 都能独立地取值 1 或 2), 特解的条件为

$$\int_{g_N} (\bar{\Phi} \Phi + \bar{X} X) dg_N = m_N^*.$$

如果有轨道角动量, 则

$$m_N^* = \sum_{j'=1}^{k+1} m_{Nj'}^* + \Delta m$$

其中 Δm 为由轨道角动量所引起的附加质量。

(b) 类点的量子数

由于核子是由为数众多的超光速粒子构成, 每个超光速粒子处在自洽场中, 情况类似液晶。这样, 高角动量的激发态难于由核子的三重对称激发形成。一些实验结果 (见第一节) 也暗示我们, 在某些能量范围时核子内部类点应多于三个。因此我们认为具有高角动量的重子应是核子的高重对称激发态。核子能够进行三、五、七、九等等多重对称激发。

下面来定各种类点的电荷。在本模型中类点数为 $2j+1$, $j=1, 2, 3, 4$ 。类点的类型除原有的 p, n, λ 外, 为说明 Z_1 类粒子还引入了 z 型类点, 它的奇异数为 $+1$ 。在同一重激发态中各个类点的重子数均为 $1/(2j+1)$ 。各类类点的电荷记为 q_p, q_n, q_λ, q_z 。这些类点就是组成重子的成分, 其结构形式的例子如:

$$P [(j+1)q_p, jq_n]$$

$$N [jq_p, (j+1)q_n]$$

$$\Lambda [jq_p, jq_n, q_\lambda]$$

$$Z_1^0 [jq_p, jq_n, q_z]$$

类点的电荷方程为

$$Q_P = (j+1)q_p + jq_n = 1$$

$$Q_N = jq_p + (j+1)q_n = 0$$

$$Q_\Lambda = jq_p + jq_n + q_\lambda = 0$$

$$Q_{Z_1^0} = jq_p + jq_n + q_z = 0$$

解之得

$q_p = (j+1)/(2j+1)$, $q_n = q_\lambda = q_z = -j/(2j+1)$ 。由盖尔曼—西岛关系定得 q_p 、 q_n 是同位旋为 $1/2$ 的二重态; q_λ 的 I_3 为 0, 而 q_z 的 I_3 却为 -1 , 因此 q_λ 与 q_z 好象是 $I=1$ 的同位旋三重态中的两个, 第三个我们暂且假定是 q_y , 它是 Y 型类点的电荷。 Y 类点的其它量子数由盖尔曼—西岛关系确定。 Y 类点是否与国内外正在议论的“粲”夸克有关? 如果以后实验证实粲粒子确实存在, Y 类点很可能还带有“粲”。现将各类类点的量子数列表如下:

表二 各类类点的量子数

类点类型	电 荷	重 子 数	奇 异 数	I_3
P	$(j+1)/(2j+1)$	$1/(2j+1)$	0	$1/2$
n	$-j/(2j+1)$	$1/(2j+1)$	0	$-1/2$
Λ	$-j/(2j+1)$	$1/(2j+1)$	-1	0
z	$-j/(2j+1)$	$1/(2j+1)$	+1	-1
y	$(j+1)/(2j+1)$	$1/(2j+1)$	-1	+1

这里以九重对称激发为例, 列出由上述类点所组成的一些激发态的量子数。

表三 九重激发时一些激发态的量子数

激发态	类点成分	电荷	重子数	I_3	奇异数
P	5p, 4n	1	1	1/2	0
N	4p, 5n	0	1	-1/2	0
Σ^+	5p, 3n, Λ	1	1	1	-1
Σ^0	4p, 4n, Λ	0	1	0	-1
Σ^-	3p, 5n, Λ	-1	1	-1	-1
Λ	4p, 4n, Λ	0	1	0	-1
Ξ^0	4p, 3n, 2 Λ	0	1	1/2	-2
Ξ^-	3p, 4n, 2 Λ	-1	1	-1/2	-2
Ω^-	3p, 3n, 3 Λ	-1	1	0	-3
Δ^{++}	6p, 3n,	2	1	3/2	0
Δ^+	5p, 4n,	1	1	1/2	0
Δ^0	4p, 5n,	0	1	-1/2	0
Δ^-	3p, 6n,	-1	1	-3/2	0
Z_0	5n, 3n, z	1	1	0	1
Z_1^{++}	6p, 2n, z	2	1	1	1
Z_1^+	5p, 3n, z	1	1	0	1
Z_1^0	4p, 4n, z	0	1	-1	1
$\square^{++}$	5p, 3n, y	2	1	2	-1
$\square^+$	4p, 4n, y	1	1	1	-1
$\square^0$	3p, 5n, y	0	1	0	-1
$\square^-$	2p, 6n, y	-1	1	-1	-1
$\square^{--}$	p, 7n, y	-2	1	-2	-1

从表三可以看出, 我们导出的激发态的量子数与实验一致。五重、七重激发时的情况与此相仿。从基本粒子的质量谱来看, z 和 y 型类点似应在五重激发以上时才能生成。

三、简单地讨论几个问题

(a) pp 碰撞

在 pp 碰撞中总截面有上升的趋势, 我们可以初步给予唯象解释。由于核子的边缘略呈扩散状态, 因此可以认为其中间呈黑色 (不透明的), 而边缘为灰色 (半透明的)。设中间的平均密度为 ρ_0 , 边缘以指数衰减, 即

$$\rho = \rho_0 e^{-\mu r},$$

其中 μ 为参数。在 pp 碰撞时, 核子内部处于“沸腾”状态, 其黑色区域将扩大, 灰色区域也作相应的扩张, 即参数将随能量而变, 以 ρ 降低到 e^{-1} 倍为界, 则

$$r_0 = 1/\mu。$$

假定 $1/\mu \propto \ln E_s$, 则总截面为

$$r_0^2 \propto \ln^2 E_s,$$

即有随能量缓慢上升的趋势⁽²¹⁾。

(b) $R = \sigma(e^+e^- \rightarrow \text{强子}) / \sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)$ 随 E_s 阶梯型上升。

试将三套夸克公式推广, 代入表二列出的类点的电荷, 可以算出^(*)

$$R = \sum_{i=1}^{2j+1} Q_i^2 \cdot 3 = \left\{ 2 \left[(j+2)/(2j+1) \right]^2 + (2j-1) \left[j/(2j+1) \right]^2 \right\} \cdot 3$$

当

$$\begin{array}{ll} j=2, & R=3.6, \\ j=3, & R=4.6, \\ j=4, & R=6.0. \end{array}$$

在 $j=1$ 时, 由于 z 和 y 型类点还不能生成, 因此 R 值与夸克模型的结果相同。上面的计算表明 R 为 j 的函数, 但 j 随 E_s 阶梯型上升, 因此 R 应是 E_s 的阶梯型函数, 实验正好证明了这点。

(c) 关于 ep 深度非弹性散射, 宫学惠与焦善庆同志曾作了很好的工作⁽¹⁸⁾。在我们这里, 由于九重激发有两种形式, 其中一种是由 $SU_3^{(1)} \otimes SU_3^{(2)}$ 来描述的⁽²⁸⁾, 因此对于这个问题我们也能获得与实验符合得较好的结果。

(d) 按照本模型, 在三重激发时, 每个类点的质量不到 $1/3 m_N^*$, 因为还有起联系作用的“纽带”部分, 不少实验正好指明了这点。

四、重子系的分类

前面讲过在三重激发时, 能够生成的类点类型有 P 、 n 、 Λ , 因此与夸克模型相同, 三

* 宫学惠、焦善庆⁽¹⁹⁾, 罗辽复等⁽³⁴⁾用不同的模型, 也获得了类似的结果。

重激发由 SU_3 描述, 夸克模型中的重子八重态、十重态, 属核子的三重激发。但是在本模型中, 由于 $N\frac{1}{2}(938)\frac{1}{2}^+$ 是基态, 因此我们认为应该存在一个 $N\frac{1}{2}(1050)\frac{1}{2}^+$ 粒子, 它才是八重态的成员。持这种观点的理由是: 首先在八重态中其它成员的寿命不大于 10^{-10} 秒量级, 而 $N\frac{1}{2}(938)\frac{1}{2}^+$ 的寿命却为无穷; 其次, 从由超荷引起的质量分裂来看, 把 $N\frac{1}{2}(1050)\frac{1}{2}^+$ 列为八重态的成员也显得更为适合。

五、七、九重激发能生成 p 、 n 、 λ 、 z 、 y 五种类点, 我们假定这时激发态的哈密顿是 SU_3 不变的, 考虑到自旋与体系的哈密顿关系很弱, 因此我们认为五、七、九重激发态可以填充 $SU_3 \otimes SU_2$ 的不可约表示。对于 SU_3 部分, 每个类点填充不可约表示 $D(1000)$, 激发态的波函数记为 $\psi_{a_1 a_2 \dots a_{2j+1}}$, 其中 $a_\mu = 1, 2, \dots, 5$, $\mu = 1, 2, \dots, 2j+1$, 而 $j = 1, 2, 3, 4$, 这里 $\psi_{a_1 a_2 \dots a_{2j+1}}$ 可以是对称的或者是混合对称的。

下面是五重激发时 SU_3 部分的乘积表示的分析

$$\begin{aligned}
 & D_1(1000) \otimes D_2(1000) \cdots \otimes D_5(1000) \\
 &= D(5000) \oplus D(0000) \oplus 4D(3100) \oplus 2D(1200) \oplus \cdots \\
 & \begin{array}{c} \boxed{1} \otimes \boxed{2} \otimes \cdots \otimes \boxed{5} = \boxed{1 \ 2 \quad \quad 5} \oplus \boxed{1 \ 2 \ 3 \ 4} \oplus \cdots \oplus \boxed{1 \ 3 \ 4 \ 5} \\ \boxed{5} \quad \quad \quad \boxed{5} \end{array} \\
 & \oplus \begin{array}{c} \boxed{1 \ 2 \ 3} \\ \boxed{4 \ 5} \end{array} \oplus \cdots \oplus \begin{array}{c} \boxed{1 \ 2 \ 5} \\ \boxed{3 \ 4} \end{array} \oplus \cdots \oplus \begin{array}{c} \boxed{1} \\ \boxed{2} \\ \vdots \\ \boxed{5} \end{array}
 \end{aligned}$$

其中 $D(5000)$ 是全对称的, $D(0000)$ 为单态, 而四个 $D(3100)$ 及二个 $D(1200)$ 是混合对称的, 我们假定五重对称激发态的 SU_3 部分填充 $D(5000)$ 、 $D(0000)$ 、四个 $D(3100)$ 及二个 $D(1200)$, 这里 $D(5000)$ 为 126 维, $D(3100)$ 为 224 维, 而 $D(1200)$ 为 175 维。

七重激发时 SU_3 部分的乘积表示的分析为:

$$\begin{aligned}
 & \boxed{1} \otimes \boxed{2} \otimes \cdots \otimes \boxed{7} = \boxed{1 \ 2 \ \cdots \ 7} \oplus \\
 & \oplus \begin{array}{c} \boxed{1 \ 2 \ \cdots \ 6} \\ \boxed{7} \end{array} \oplus \cdots \oplus \begin{array}{c} \boxed{1 \ 3 \ \cdots \ 7} \\ \boxed{2} \end{array} \oplus \\
 & \oplus \begin{array}{c} \boxed{1 \ 2 \ \cdots \ 5} \\ \boxed{6 \ 7} \end{array} \oplus \cdots \oplus \begin{array}{c} \boxed{1 \ 2 \ \cdots \ 7} \\ \boxed{3 \ 4} \end{array} \oplus \\
 & \oplus \begin{array}{c} \boxed{1 \ 2 \ 3 \ 4} \\ \boxed{5 \ 6 \ 7} \end{array} \oplus \cdots \oplus \begin{array}{c} \boxed{1 \ 2 \ 3 \ 7} \\ \boxed{4 \ 5 \ 6} \end{array} \oplus \\
 & \oplus \begin{array}{c} \boxed{1 \ 2 \ 3} \\ \vdots \\ \boxed{7} \end{array} \oplus \cdots \oplus \begin{array}{c} \boxed{1 \ 6 \ 7} \\ \vdots \\ \boxed{5} \end{array} \oplus \cdots
 \end{aligned}$$

从上面的分析来看 $D(7000)$ 及 9 个 $D(2000)$ 是全对称的, 6 个 $D(5100)$ 、7 个 $D(3200)$ 及 4 个 $D(1300)$ 是混合对称的, 我们假定七重激发态填充它们。这些表示的维数: $D(7000)$ 为 330 维, $D(2000)$ 为 15 维, $D(5100)$ 为 720 维, $D(3200)$ 为 1260 维, 而 $D(1300)$ 为 560 维。

对于九重激发, SU_3 部分的乘积表示的分析如下:

$$\begin{aligned}
 & \boxed{1} \otimes \boxed{2} \otimes \cdots \otimes \boxed{9} = \boxed{1} \boxed{2} \cdots \boxed{9} \oplus \\
 & \oplus \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 2 & \cdots & 8 & & & & \\ \hline & & & & 9 & & & \\ \hline \end{array} \oplus \cdots \oplus \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 3 & \cdots & 9 & & & & \\ \hline & & & & 2 & & & \\ \hline \end{array} \oplus \\
 & \oplus \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 2 & \cdots & 7 & & & & \\ \hline & & & & 8 & 9 & & \\ \hline \end{array} \oplus \cdots \oplus \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 2 & \cdots & 9 & & & & \\ \hline & & & & 3 & 4 & & \\ \hline \end{array} \oplus \\
 & \oplus \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 3 & \cdots & 6 & & & \\ \hline & & & & 7 & 8 & 9 & \\ \hline \end{array} \oplus \cdots \oplus \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 3 & \cdots & 9 & & & \\ \hline & & & & 4 & 5 & 6 & \\ \hline \end{array} \oplus \\
 & \oplus \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & & & \\ \hline & & & & 6 & 7 & 8 & 9 \\ \hline \end{array} \oplus \cdots \oplus \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 2 & 3 & 4 & 9 & & & \\ \hline & & & & 5 & 6 & 7 & 8 \\ \hline \end{array} \oplus \\
 & \oplus \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 2 & \cdots & 5 & & & & \\ \hline & & & & \vdots & & & \\ \hline & & & & \vdots & & & \\ \hline & & & & \vdots & & & \\ \hline & & & & \vdots & & & \\ \hline & & & & \vdots & & & \\ \hline & & & & 9 & & & \\ \hline \end{array} \oplus \cdots \oplus \begin{array}{|c|c|c|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 6 & \cdots & 9 & & & & \\ \hline & & & & \vdots & & & \\ \hline & & & & \vdots & & & \\ \hline & & & & \vdots & & & \\ \hline & & & & \vdots & & & \\ \hline & & & & \vdots & & & \\ \hline & & & & 5 & & & \\ \hline \end{array}
 \end{aligned}$$

这里 $D(9000)$ 及 17 个 $D(4000)$ 是全对称的, 10 个 $D(3300)$ 、11 个 $D(5200)$ 、8 个 $D(7100)$ 及 5 个 $D(1400)$ 是混合对称的, 核子的九重激发态填充这些不可约表示, 它们的维数: $D(9000)$ 为 715 维, $D(4000)$ 为 70 维, $D(7100)$ 为 1760 维, $D(3300)$ 为 1100 维, 而 $D(5200)$ 为 2475 维。

在轨道角动量为偶数时 $SU_3 \otimes SU_2$ 部分的波函数是对称的。在轨道角动量为奇数时, 这一部分的波函数是反对称的, 但与角动量波函数耦合后, 整体的波函数仍然对称。

我们认为 $N\frac{1}{2}(1470)\frac{1}{2}^+$ 是五重激发的第一态, 其 $L=0$, 类点的自旋排列为 $\uparrow\uparrow\uparrow\downarrow$ 或 $\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow$ 。 $\Lambda^0(1670)\frac{1}{2}^-$ 、 $\Xi\frac{1}{2}(1940)\frac{1}{2}^-$ 的 $L=1$, $N\frac{1}{2}(1700)\frac{1}{2}^+$ 的 $L=2$, 这些粒子同属五重激发, 它们的自旋 $\vec{\sigma}$ 与轨道角动量 $\vec{L}$ 反平行。 $N\frac{1}{2}(1780)\frac{1}{2}^+$ 为七重激发的第一态, 类点的自旋排列为 $\uparrow\uparrow\uparrow\downarrow\downarrow$ 或 $\uparrow\downarrow\uparrow\uparrow\downarrow$, L 为零。 $Z_1(2130)\frac{1}{2}^-$ 同属七重激发, 其 $L=1$, $\vec{\sigma}$ 与 $\vec{L}$ 反平行。估计在 2000—2100 Mev 之间应出现九重激发的态。

在本模型中可以看出激发态的质量强烈地依赖于激发重数, 另外实验表明超荷、同位旋、角动量对质量分裂也分别作出了贡献, 因此五、七、九重激发态的质量 $m_B = f(j, Y, J, T)$, 将 m_B 用幂级数展开, 取二级近似, 并假定交叉项的贡献较小, 可以略去, 于是

$$m_B = a + bj + dj^2 + hS + wS^2 + a''J(J+1) + b'T(T+1) + m_{\text{磁}}$$

$$m_{\text{磁}} = \begin{cases} \left[A \left(T + \frac{1}{2} \right) + B \frac{\vec{\sigma} \cdot \vec{L}}{|\vec{\sigma} \cdot \vec{L}|} \right] \frac{1}{j} + DL^2, & T \neq 0, L \neq 0; \\ \left(A' + B \frac{\vec{\sigma} \cdot \vec{L}}{|\vec{\sigma} \cdot \vec{L}|} \right) \frac{1}{j(j-1)^2} + DL^2, & T = 0, L \neq 0. \end{cases}$$

其中 $a, b, d, h, w, a'', h', A, B, D, A'$ 为常数。 $m_{\text{磁}}$ 是在有轨道角动量时类点间的磁作用能。在本模型中 L 是其中的一个类点相对于其余类点的轨道角动量, 随着激发重数的增加, 单个类点的磁矩在下降, 因此在 $m_{\text{磁}}$ 中出现了 j 的负幂。由于 $\vec{\sigma}$ 与 L 间有平行与反平行等耦合方式, 因此在 $m_{\text{磁}}$ 中出现了相应的项。

选五重激发的 $L = 0$ 的 $N\frac{1}{2}(1470)\frac{1}{2}^+$ 、 $\Lambda\frac{3}{2}(1690)\frac{3}{2}^+$, $L = 1$ 的 $\Lambda^0(1670)\frac{1}{2}^-$ 、 $\Xi\frac{1}{2}(1940)\frac{1}{2}^-$, $L = 2$ 的 $N\frac{1}{2}(1700)\frac{1}{2}^+$; 七重激发的 $L = 0$ 的 $N\frac{1}{2}(1780)\frac{1}{2}^+$ 、 $\Lambda^0(1800)\frac{1}{2}^+$ 、 $\Sigma^1(1900)\frac{1}{2}^+$ 、 $\Xi\frac{1}{2}(2130)\frac{1}{2}^+$, $L = 1$ 的 $Z_1^1(2130)\frac{1}{2}^-$; 九重激发的 $L = 0$ 的 $N\frac{1}{2}(2030)\frac{1}{2}^+$ 来定质量公式中的参数, 其方程组为

$$\begin{cases} 1470 = a + 2b + 4d + 3/4 a' + 3/4 h' \\ 1690 = a + 2b + 4d + 15/4 a' + 15/4 h' \\ 1670 = a + 2b + 4d + 3/4 a' - h + w + 1/2 A' + 1/2 B + D \\ 1940 = a + 2b + 4d + 3/4 a' + 3/4 h' - 2h + 4w + 1/2 A + 1/2 B + D \\ 1700 = a + 2b + 4d + 3/4 a' + 3/4 h' + 1/2 A + 1/2 B + 4D \\ 1780 = a + 3b + 9d + 3/4 a' + 3/4 h' \\ 1800 = a + 3b + 9d + 3/4 a' \\ 1900 = a + 3b + 9d + 3/4 a' + 2 h' - h + w \\ 2130 = a + 3b + 9d + 3/4 a' + 3/4 h' - 2h + 4w \\ 2130 = a + 3b + 9d + 3/4 a' + 2 h' - h + w + 1/2 A + 1/2 B + D \\ 2030 = a + 4b + 16d + 3/4 a' + 3/4 h' \end{cases}$$

结果为

$$\begin{aligned} a &= 615, & b &= 460, & d &= -30, & h' &= 50, & a' &= 70/3, & h &= 60 \\ w &= 117, & A &= 140, & B &= -80, & A' &= 280, & D &= 12, \end{aligned}$$

单位为 Mev。实验表明, 在高角动量时, 角动量的贡献与 J 成正比, 这里

$$a'' = \begin{cases} a', & J \leq 3/2 \\ 11a'/5(J+1), & J > 3/2. \end{cases}$$