

将 Treiman-Yang 判据应用于 NN 相互作用* 1)

黄 祖 湛

提 要

本文讨论应用 Treiman-Yang 判据来研究象 $n + p \rightarrow p + p + \pi^-$ 一类反应的可能性. 为此, 考虑了相应于确定终态的所有可能单 π 交换费曼图的贡献. 这样就有可能从所有的实验事例中选出对应于某一个图的那些事例. 这样的方法也使得有可能将 Treiman-Yang 判据应用到在终态中有全同粒子的那些过程.

Treiman 和 Yang (楊振宁) 曾經提出一个检验单 π 交换模型的判据^[1]. 根据这一判据来进行分析的許多实验結果^[2]表明, 单 π 交换模型是重要的. 但是, 这样的实验研究还仅仅限于对 πN 作用的单 π 产生过程和某些 $KN, N\bar{N}$ 过程的研究, 在研究后面两类过程时, 一般认为它們的終态粒子是由共振态衰变产生的. 毫无疑问, 对于这些过程, 因为描述它們当中的每一个的单 π 交换图形都只有一个, 因此可以直接应用 Treiman-Yang 判据作单 π 交换模型的检验. 对于另外一些过程, 如果描述它們当中每一个的单 π 交换图形不只一个, 我們是否仍然能够采用 Treiman-Yang 判据? Ferrari 曾經討論^[3] 了应用 Treiman-Yang 判据去研究 NN 相互作用的单 π 产生过程的可能性. 应用这一判据到 NN 相互作用的单 π 产生过程的困难在于需要分辨出那些实验事例是与某一适当的图形相对应. 在工作^[3] 中, 作者建議这样来选择所要研究的事例, 譬如选择相应于图 1(a) 的事例: 首先, 从所有的实验事例中选出在实验室坐标系内相应于慢 P_3' 与快 P_1' 的事例; 然后考虑到图 1(a) 的相当大的同位旋权重, 这样就可以认为所选定事例是对应于图 1(a) 的. 然而, 首先应该指出, 上述假设仅仅是在小的四动量传递的条件下才是对的, 但慢 P_3' 与快 P_1' 在大的四动量传递情况下在图 1(b) 与 (c) 中也是重要的; 其次, 当描述某一过程的单 π 交换图形不只一个的时候, 实验上无法准确地测得給定

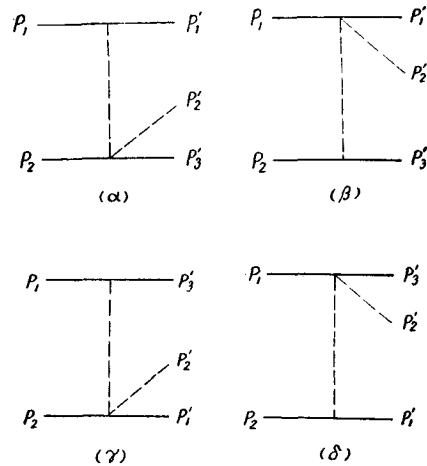


图 1 描述 NN 相互作用的单 π 产生过程的四个可能单 π 交换图形

* 1964 年 10 月 10 日收到.

1) 这一工作是在杜布纳联合核子研究所内完成的.

事件的交换动量值;第三,图 1(γ)对图 1(α)的混杂随着 P'_1 与 P'_3 的接近而增大。因此,在这种情况下,所选择的事例含有相当大的来自 (β), (γ) 及 (δ) 等图形的混杂,并且来自 (γ) 及 (δ) 图的部分不能估计。很明显,这样的混杂效应在某些情况下是不能忽略的。此外,如果在终态中粒子 P'_1 与 P'_3 是全同粒子,对于这样的过程,上述方法是不能应用的。因此,本文希望给出另外较好的检验单 π 交换图形在粒子作用中的重要性的方法,这种方法可以有效地选择出相应于某个单 π 交换图形的实验事件。

在本文中我们将研究入射中子动量为 $6\text{GeV}/c$ 的 n - p 作用的单 π 产生过程:



目前这一过程的实验研究工作正在杜布纳联合所内由张文裕教授领导进行着。如果认为这一过程的作用是通过在初级粒子之间交换单 π 进行的,那么,这样的过程将由四个图形来描述(参看图 1)。为了分辨出相应于某一图形的实验事例,采用如下的方法:选择恰当积分变量(它们是可测量的物理量)极限值,使得其中的一个图形,譬如说 (α) 图的贡献极大地超过其他图形的贡献。于是如果我们按这样的积分变量极限值去选择实验事例,就可以认为这些事例是相应于 (α) 图的。

应用一般计算单 π 交换图形截面的方法,不难得到对于图 1 里面的 (α) 图的截面表式:

$$\sigma_\alpha = A \cdot W_I \cdot \int d|\mathbf{P}'_1| d|\mathbf{P}'_3| d \cos \theta_1 \frac{\Delta_\alpha^2}{(\Delta_\alpha^2 + \mu^2)^2} \cdot \frac{|\mathbf{P}'_1|^2}{P'_{10}} \sqrt{(W^2 + m^2 - \mu^2)^2 - 4W^2 m^2} \cdot d\sigma(|\mathbf{P}'_1|, |\mathbf{P}'_3|, \theta_1), \quad (2)$$

其中 $\Delta_\alpha^2 = (P'_1 - P_1)^2$, θ_1 是实验室系中 \mathbf{P}'_1 与 \mathbf{P}_1 两动量方向的夹角; m 为核子质量; μ 为 π 介子质量; W_I 是同位旋权重; A 是对于具有确定初态的给定过程的常数, W^2 具有如下形式:

$$W^2 = 3m^2 + 2(m \sqrt{\mathbf{P}'_1{}^2 + m^2} - m \sqrt{\mathbf{P}'_3{}^2 + m^2} + \sqrt{\mathbf{P}'_1{}^2 + m^2} \sqrt{\mathbf{P}'_3{}^2 + m^2} + \mathbf{P}'_1 \cdot \mathbf{P}'_3). \quad (3)$$

所有这些计算都是在实验室坐标系内(即 $\mathbf{P}_2 = 0$) 进行的。

置换 σ 及 W^2 式中的 $\Delta_\alpha^2 = (P'_1 - P_1)^2$ 为 $\Delta_\beta^2 = (P'_3 - P_1)^2$; \mathbf{P}'_1 为 \mathbf{P}'_3 ; \mathbf{P}'_3 为 \mathbf{P}'_1 ; P'_{10} 为 P'_{30} , 即可得到对应于图 (β) 之截面式,用类似的方法可以写出对应于其他图形之截面式。在确定 $|\mathbf{P}'_1|$, $|\mathbf{P}'_3|$ 及 θ_1 之极限以后,就很容易得到每一图形的微分截面贡献。图 2 表示出图 i [i 可为图 1 中之 (α), (β), (γ) 或 (δ) 图] 与图 (α) 截面比随参量 $|\mathbf{P}'_1|$, $|\mathbf{P}'_3|$ 变化的关系。由于 $\frac{\sigma_i}{\sigma_\alpha}$ 值很小,因此它对 $|\mathbf{P}'_1|$, $|\mathbf{P}'_3|$ 的变化关系没有引入图 2 中来。又当 θ_1 值变化很小时,微分截面值之变化也不大。

对反应(1)的计算表明:当取 $|\mathbf{P}'_1|$ 值从 2.0 — $3.0 \text{ GeV}/c$, θ_1 值从 0 — 5° 以及 $|\mathbf{P}'_3|$ 从 0.2 — $0.5 \text{ GeV}/c$ (全在实验室系内),则由图 (β), (γ), (δ) 分别给出的微分截面贡献的总和与图 (α) 的贡献的比不超过 3%。因此,按照上述给定的终态粒子的动量值及散射角选择出来的实验事件,可以认为是相应于由图 (α) 所描述的事件。由于混杂值(指小于 3% 的贡献部分)是在实验误差以内,所以按照 Treiman-Yang 判据,从这些事件应该得到反应(1)的微分截面不依赖于平面 $(\mathbf{P}_1 \times \mathbf{P}'_1)$ 与 $(\mathbf{P}'_2 \times \mathbf{P}'_3)$ 间的夹角。

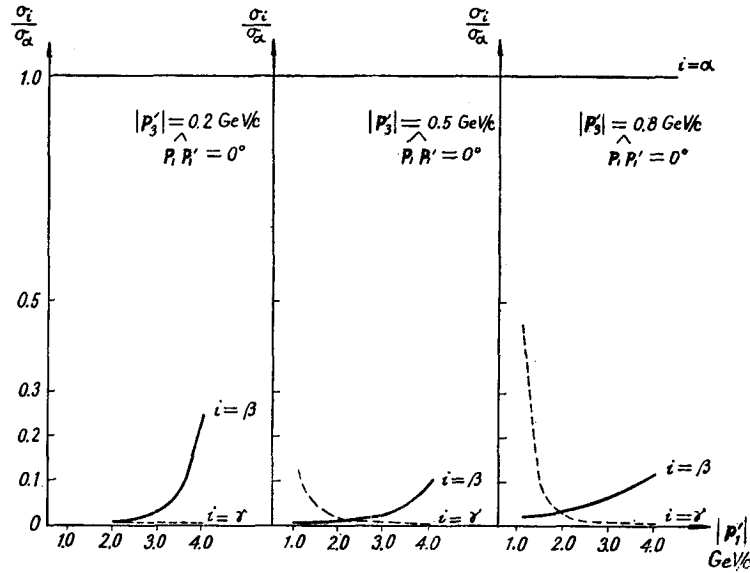


图2 图 i ($i = \alpha, \beta, \gamma$ 或 δ) 截面与图 (α) 截面的比值随参量 $|P'_1|, |P'_3|$ 变化的关系

这里需要指出: 由于目前估计干涉项效应存在着困难, 因此在计算中, 略去了 (α), (β), (γ), (δ) 各图之间的干涉项效应. 可以预料: 干涉项的进一步研究将会改善所选择的条件.

如果上面指出的极限值是取自 $\mathbf{P}_1 = 0$ 的坐标系 (亦即质子是当作静止的, 或称为反实验室坐标系), 并在同一坐标系内进行分析, 那么, 对于初级粒子具有相同动量的



反应的同样分析可以得到类似的结果. 然而, 在这种情况下, 反过来, (δ) 图大大地比 (α) 图重要. 换句话说, 如果我们取反实验室系中的 $|P'_1|$ 值为 2.0—3.0 GeV/c, $|P'_3|$ 值为 0.2—0.5 GeV/c, 并且 θ_2 值为 $0-5^\circ$ (θ_2 是反实验室系中的 \mathbf{P}_2 与 \mathbf{P}'_1 夹角). 那么, 对于所选择的实验事例, 应有: 反应 (4) 的微分截面不依赖于 $(\mathbf{P}_2 \times \mathbf{P}'_1)$ 与 $(\mathbf{P}'_2 \times \mathbf{P}'_3)$ 间夹角.

最后, 作者感谢张文裕教授、冼鼎昌、刘易成、陈中谟、马利切夫等同志的有益讨论与意见.

参 考 文 献

- [1] Treiman, S. B. and Yang, C. N., *Phys. Rev. Letters*, **8**, (1962), 140.
- [2] Auerbach, L. B., et al., *Phys. Rev. Letters*, **9** (1962), 173; Goldhaber, G., et al., *Phys. Letters*, **6** (1963), 62; Ferbel, F., et al., *Phys. Rev. Letters*, **9** (1962), 551; Ferbel, F., et al., *Bull. Amer. Phys. Soc.*, 22—25 (1962), 342.
- [3] Ferrari, B., *Phys. Letters*, **2** (1962), 66.

APPLICATION OF THE TREIMAN-YANG CRITERION TO NUCLEON-NUCLEON INTERACTION*

HUANG TZU-TZAN

ABSTRACT

The possibility of applying the Treiman-Yang criterion to the study of such reactions as $n+p \rightarrow p+p+\pi^-$ is discussed. For this, the contributions, from all possible one-pion exchange Feynman graphs, to the definite final state are considered. This allows one to single out from experimental data events corresponding to some Feynman graph. Such an approach makes it possible to apply the Treiman-Yang criterion also to processes in which there are identical particles in the final state.

* This work has been carried out at the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna.