第20卷 第1期
1996年1月

高能物理与核物理
HIGH ENERGY PHYSICS AND NUCLEAR PHYSICS

Vol.20, No.1
Jan., 1996

在高能碰撞中 e^+e^- 湮没的几率与间歇现象

王 政 之

(山东大学光学系 济南 250100)

1995-01-05 收稿

摘 要

在高能碰撞中，e^+e^- 湮没的电荷多重性可用负二项分布很好地描绘. 阶乘矩 F_2、F_3 和 F_4 仅由 $3k$ 表示出来.

关键词 负二项分布，阶乘矩，高能 e^+e^- 碰撞.

在高能碰撞多粒子产生过程中，e^+e^- 湮没是一个重要问题. 通过深入研究高能正负电子对撞产生的各种物理现象可揭示物质的微观结构和相互作用规律.

各种能量的 KNO[1] 公式是 OPAL 组[2] (91.2 GeV)、DELPHI 组[2] (91.0 GeV)、AMY[2]组(56.0 GeV)、TASSO[2]组(34.8 GeV)和 HRS[2] 组 (29 GeV) 在实验中发现的.

对 e^+e^- 通过产生虚光子 γ^*(或 Z^0 粒子)湮没过程的研究,可揭示多粒子相互作用的规律.

我们假设，虚光子 γ^* 产生以后的进程能按图 1 所示的三级过程进行，第一级用短距离相互作用[3] 产生一对硬夸克－反夸克. 第二级，夸克－反夸克产生 k 组自旋 $J=1$ 的原始粒子. 一个原始粒子的母函数 $G(z, 3)$ 可用负二项母函数[4] 表示为:

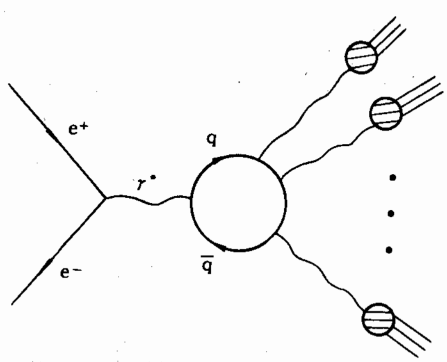

图 1

e^+e^- 湮没级的假定，第一级产生一对硬 $q\bar{q}$，第二级产生 k 组独立原始粒子，第三级，强子集为簇

$$G(z, 3)=\left[1+\frac{\langle\langle n\rangle\rangle}{3}(1-z)\right]^{-3}, \tag{1}$$

式中 $\langle n\rangle=k\langle\langle n\rangle\rangle$ 为平均负电多重性. 在这里各硬部分子重复进入到原始粒子 k 分支，通常认为 k 原始粒子分布是统计地和独立地形成的. 假定 $P(n, 3k)$ 是发射 n 个负电荷粒子的几率函数，母函数 $G(n, 3k)$ 应当是 $G(z, 3)$ 的k 次幂[5]，即

$$G(z, 3k)=\sum_{n=0}^{\infty} z^n P(z, 3k)=[G(z, 3)]^k. \tag{2}$$

由式（2）可得

$$P(n,3k)=\frac{1}{n!}\left.\frac{\partial^n G(z,3k)}{\partial z^n}\right|_{z=0}$$

$$=\frac{\Gamma(n+3k)}{\Gamma(3k)\Gamma(n+1)}\left(\frac{1}{3k+\langle n\rangle}\right)^{3k}\left(\frac{\langle n\rangle}{3k+\langle n\rangle}\right)^{n}, \tag{3}$$

(其中 $\Gamma(x)$ 是伽玛函数)，此为负二项分布．第三级，强子聚集为簇．通常，矩方程式 C_q 定义为 $C_q=\langle n^q\rangle/\langle n\rangle^q$，其中，二次矩

$$C_2=1+\frac{1}{\langle n\rangle}+\frac{1}{3k}, \tag{4}$$

三次矩

$$C_3=\frac{1}{\langle n^2\rangle}+\frac{3}{\langle n\rangle}\left(1+\frac{1}{3k}\right)+\left(1+\frac{1}{3k}\right)\left(1+\frac{2}{3k}\right), \tag{5}$$

四次矩

$$C_4=\frac{1}{\langle n^3\rangle}+\frac{7}{\langle n^2\rangle}\left(1+\frac{1}{3k}\right)+\frac{6}{\langle n\rangle}\left(1+\frac{1}{3k}\right)\left(1+\frac{2}{3k}\right)$$
$$+\left(1+\frac{1}{3k}\right)\left(1+\frac{2}{3k}\right)\left(1+\frac{1}{k}\right). \tag{6}$$

方程式（3）满足关系式

$$\frac{D^2}{\langle n\rangle^2}=\frac{1}{\langle n\rangle}+\frac{1}{3k}, \tag{7}$$

其中 D 为方差，

$$D^2=\sum_{n=0}^{\infty}(n-\langle n\rangle)^n P(n,3k)=\langle n^2\rangle-\langle n\rangle^2.$$

在很高能量时，平均多重性很大，$\langle n\rangle\gg k$，$\frac{n_{\rm ch}}{\langle n_{\rm ch}\rangle}$ 可较好地近似为 $\langle n_{\rm ch}\rangle P(n_{\rm ch},3k)$，

$$\langle n_{\rm ch}\rangle P(n_{\rm ch},3k)=\frac{2(3k)^{3k}}{\Gamma(3k)}\left(\frac{n_{\rm ch}}{\langle n_{\rm ch}\rangle}\right)^{3k-1}\exp\left(-3k\frac{n_{\rm ch}}{\langle n_{\rm ch}\rangle}\right), \tag{8}$$

式中 $\langle n_{\rm ch}\rangle$ 表示平均带电荷多重性．此为 KNO 分布[1]．

再之，在高能碰撞中 $C_2=1+\frac{1}{3k}$，$C_3=\left(1+\frac{1}{3k}\right)\left(1+\frac{2}{3k}\right)$ 和 $C_4=\left(1+\frac{1}{3k}\right)\left(1+\frac{2}{3k}\right)\left(1+\frac{1}{k}\right)$，三个矩可直接从方程式（8）得到．

负二项分布阶乘矩可以从母函数[6]得到．

$$\langle F^i\rangle=\frac{3k(3k+1)\cdots(3k+i-1)}{(3k)^i}=\langle F^{i-1}\rangle\left(1+\frac{i-1}{3k}\right),\tag{9}$$

特别地

$$\langle F^2\rangle=1+\frac{1}{3k},\tag{10}$$

$$\langle F^3\rangle=\left(1+\frac{1}{3k}\right)\left(1+\frac{2}{3k}\right),\tag{11}$$

$$\langle F^4\rangle=\left(1+\frac{1}{3k}\right)\left(1+\frac{2}{3k}\right)\left(1+\frac{1}{k}\right),\tag{12}$$

这些方程式表明，虽然负二项分布取决于二个参量 $\langle n\rangle$ 和 k，但阶乘矩和间歇现象性质仅仅由 $3k$ 确定.

作者感谢吴继友、王书刚、刘克学、国克喜、齐建平和郭彩红在此工作中给以帮助.

参　考　文　献

[1] Z. Koba, H. B. Nielsen, P. Olesen, *Nucl. Phys.*, **B40** (1972) 317.

[2] OPAL Coll., P. D. Acton *et al.*, *Z. Phys.*, **C53** (1992) 539; DELPHI Coll., P. Abreu *et al.*, *Z. Phys.*, **C50** (1991) 185; AMY Coll., H. W. Zheng *et al.*, *Phys. Rev.*, **D42** (1990) 737; TASSO Coll., W. Braunshweig *et al.*, *Z. Phys.*, **C45** (1989) 193; HRS Coll, M. Derrick *et al.*, *Phys. Rev.*, **D34** (1986) 3304.

[3] M. Brucker *et al.*, *Phys. Lett.*, **B78** (1978) 630; O. Benary *et al.*, *Z. Phys.*, **C9** (1981) 81.

[4] E. C. Malaza, B. Webber, *Nucl. Phys.*, **B267** (1986) 702.

[5] 王政之等，高能物理与核物理，**3** (1979) 523.

[6] B. Buschbeck, P. Lipa, *Phys. Lett.*, **B215** (1988) 788; W. Ochs, J. Wosiek, *Phys. Lett.*, **B232** (1989) 271; M. Biyajima *et al.*, *Phys. Lett.*, **B257** (1990) 563.

Probability of e^+e^- Annihilation in High Energy Collision and Intermittency

Wang Zhengzhi

(Dapartment of Optics, Shandong University, Jinan 250100)

Received 5 January 1995

Abstract

Charged particle multiplicity distributions for e^+e^- annihilation are shown to be very well described by a negative binomial distribution in high energy collisions. The factorial moments F_2、F_3 and F_4 are given in terms of $3k$.

Key words negative binomial distribution, factorial moments, high energy e^+e^- collisions.