

相对论重离子碰撞中集合流对 2π 干涉学分析的影响

陈小凡 陈志来 杨学栋 韩玲
(哈尔滨工业大学应用物理系 哈尔滨 150001)

摘要 用小相对动量区域 2π 干涉学分析方法研究了相对论重离子碰撞中集合流对 2π 干涉学分析的影响,给出了 π 源的表现半径与其真实半径的解析关系.

关键词 相对论重离子碰撞 集合流 2π 干涉学

1 引言

在相对论重离子碰撞中干涉学^[1-11]和粒子集合流^[12-15]是分析碰撞中产生的高温高密度核媒质特性的有效方法.

本文用小相对动量区域 2π 干涉学方法^[6-10]研究了相对论重离子碰撞中集合流对 2π 干涉学分析的影响,给出了 π 源的表现半径与其真实半径的解析关系.因 π 源寿命不是 2π 干涉学分析的敏感参量^[11],本文只讨论 π 源的空间分布.

2 2π 干涉学

在 2π 干涉学中, 2π 关联函数的定义为^[1-11]

$$C_2(\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2) = \frac{P_2(\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2)}{P_1(\mathbf{p}_1)P_1(\mathbf{p}_2)} \quad (1)$$

式中 $P_2(\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2)$ 为关联 π 对动量分别为 \mathbf{p}_1 和 \mathbf{p}_2 时的几率, $P_1(\mathbf{p})$ 为单 π 动量分布几率. 当 π 源密度为 $\rho(\mathbf{r})$ 时, 2π 关联函数为^[1-11]

$$C_2(\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2) = 1 + \lambda |\tilde{\rho}(\mathbf{q})|^2,$$

式中 $\mathbf{q} = \mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_2$, λ 为 2π 关联因子, $\tilde{\rho}(\mathbf{q})$ 为 $\rho(\mathbf{r})$ 的傅里叶变换

$$\tilde{\rho}(\mathbf{q}) = \int \rho(\mathbf{r}) e^{i\mathbf{q}\cdot\mathbf{r}} d\mathbf{r},$$

当 $\rho(\mathbf{r})$ 为高斯分布时

$$\rho_s(\mathbf{r}) = \frac{\exp\left(-\frac{r^2}{R_{gs}^2}\right)}{\pi^{3/2} R_{gs}^3}, \quad (4)$$

2 π 关联函数 $C_2(\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2)$ 为

$$C_{2s}(\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2) = 1 + \lambda_{gs} \exp\left(-\frac{q^2 R_{gs}^2}{2}\right), \quad (5)$$

实验上可以得到 2 π 关联函数, 由(5)式通过拟合来得到 π 源参数 λ_{gs} 和 R_{gs} [1-4, 11]. 在本文中由(5)式通过拟合得到的 π 源参数 λ_{gs} 和 R_{gs} 分别为 π 源的表现 2 π 关联因子和空间参数. 由(5)式, 在小相对动量区域, 2 π 关联函数 $C_{2s}(\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2)$ 为

$$C_{2s}(\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2) = 1 + \lambda_{gs} - \frac{1}{2} \lambda_{gs} q^2 R_{gs}^2. \quad (6)$$

3 集合流

集合流是指相对论重离子碰撞中产生的高温高密度核介质中粒子整体定向运动, 分为定向流、椭球流和径向流 [12-15]. 本文只考虑定向流和椭球流对 2 π 干涉学分析的影响. 定向流和椭球流反映的是由于多种原因 [12-15] 导致的粒子发射的方位角的不对称性. 当在相对论重离子碰撞中存在定向流和椭球流时, 粒子数对方位角 ϕ 的分布为

$$\frac{dN}{d\phi} = N_0(1 + 2\nu_1 \cos\phi + 2\nu_2 \cos 2\phi), \quad (7)$$

式中 ν_1 和 ν_2 分别称为定向流和椭球流参数. 文献[7]考虑了 ν_1 不为零而 ν_2 为零时集合流对 2 π 干涉学分析的影响. 本文将研究 ν_1 和 ν_2 均不为零时集合流对 2 π 干涉学分析的影响.

由于集合流的存在, 此时 π 源密度为 $\rho_a(\mathbf{r})$ 为

$$\rho_a(\mathbf{r}) = \exp\left(-\frac{r^2}{R_a^2}\right) \cdot [1 + 2\nu_1 \cos\phi + 2\nu_2 \cos 2\phi] / (\pi^{3/2} R_a^3), \quad (8)$$

式中 R_a 为 π 源的真实空间参数. 在小相对动量区域有

$$e^{i\mathbf{q} \cdot \mathbf{r}} = 1 + i\mathbf{q} \cdot \mathbf{r} - \frac{(\mathbf{q} \cdot \mathbf{r})^2}{2}, \quad (9)$$

将(9), (8)和(3)式代入(2)式就得到对应 $\rho_a(\mathbf{r})$ 的小相对动量区域 2 π 关联函数 $C_a(\mathbf{q})$ 为

$$C_a(\mathbf{q}) = 1 + \lambda_a - \frac{1}{2} \lambda_a q^2 R_a^2 \left[1 + \frac{4\nu_2^2}{3} - \frac{\pi}{6} \nu_1 (1 + \nu_2) \right], \quad (10)$$

λ_{gs} 为 π 源的真实 2 π 关联因子. 令(10)式与(6)式相等得

$$\lambda_{gs} = \lambda_a, \quad (11)$$

$$R_{gs} = f \cdot R_a, \quad (12)$$

式中

$$f = \left[1 + \frac{4\nu_2^2}{3} - \frac{\pi}{6} \nu_1 (1 + \nu_2) \right]^{1/2}, \quad (13)$$

(12)式即为 π 源的表观半径 R_{app} 与其真实半径 R_0 的解析关系.图1和图2分别给出了 f 随 ν_1 和 ν_2 变化的曲线.

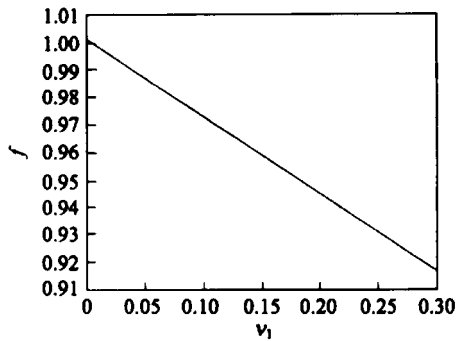


图1 $\nu_2 = 0.02$ 时 f 随 ν_1 变化的曲线

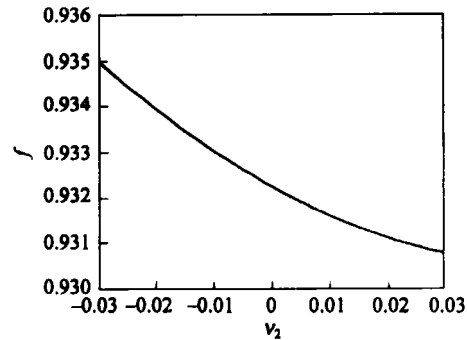


图2 $\nu_1 = 0.25$ 时 f 随 ν_2 变化的曲线

4 结论

在相对论重离子碰撞中,集合流对 2π 干涉学分析有一定的影响,这种影响体现在 π 源的表观半径 R_{app} 与其真实半径 R_0 的差别. π 源的表观半径 R_{app} 与其真实半径 R_0 的解析关系如式(12)式所示.

参考文献(References)

- 1 Weiner R M. Phys. Rep., 2000, 327(5):249—346
- 2 Wiedemann U A, Heinz U. Phys. Rep., 1999, 319(4):145—230
- 3 Boal D H, Gelbke C K, Jennings B K. Rev. Mod. Phys., 1990, 62(3):553
- 4 Gyulasey M, Kauffmann S K, Wilson I. W. Phys. Rev., 1979, C20(6):2267—2292
- 5 E895 Collaboration, Lisa M A, Ajitanand N N, Alexander J M et al. Phys. Rev. Lett., 2000, 84(13):2798—2802
- 6 CHEN Xiao-Fan, CHEN Zhi-Lai, YANG Xue-Dong et al. HEP & NP, 2001, 25(2):149—153(in Chinese)
(陈小凡,陈志来,杨学栋等.高能物理与核物理,2001,25(2):149—153)
- 7 CHEN Xiao-Fan, CHEN Zhi-Lai, YANG Xue-Dong et al. HEP&NP, 2000, 24(6):524—527(in Chinese)
(陈小凡,陈志来,杨学栋等.高能物理与核物理,2000,24(6):524—527)
- 8 CHEN Xiao-Fan, CHEN Zhi-Lai. HEP&NP, 1999, 23(11):1097—1101(in Chinese)
(陈小凡,陈志来.高能物理与核物理,1999,23(11):1097—1101)
- 9 CHEN Xiao-Fan. HEP&NP, 1998, 22(10):903—909(in Chinese)
(陈小凡.高能物理与核物理,1998,22(10):903—909)
- 10 CHEN Xiao-Fan. HEP&NP, 1998, 22(5):424—428(in Chinese)
(陈小凡.高能物理与核物理,1998,22(5):424—428)
- 11 Beavis D, Chu S Y, Fung S Y et al. Phys. Rev. 1986, C34(2):757—760
- 12 Danielewicz P, Lacey R P, Gossiaux P B et al. Phys. Rev. Lett., 1998, 81(12):2438—2441
- 13 Sorge H. Phys. Rev. Lett., 1999, 82(10):2048—2051
- 14 E895 Collaboration, Pinkenberg C, Ajitanand N N, Alexander J M. Phys. Rev. Lett., 1999, 83(7):1295—1298

- 15 WANG Shan, LIU Yi-Ming, JIANG Yu-Zhen et al. HEP&NP, 1990, 14(10):907—911(in Chinese)
(王山,刘亦铭,蒋玉贞等. 高能物理与核物理,1990,14(10):907—911)

Effects of Collective Flow on Two Pion Interferometry

CHEN Xiao-Fan CHEN Zhi-Lai YANG Xue-Dong HAN Ling

(Department of Physics, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract The effect of collective flow on two pion interferometry is studied using two pion interferometry at small relative momentum. The analytical relation between the apparent radius and real radius of the pion source is given.

Key words relativistic heavy ion collisions, collective flow, two pion interferometry