

相对论重离子碰撞作业

艾鑫

2016 年 1 月 13 日

1. 证明 x_+, x_- 是洛伦兹不变量, 证明快度是洛伦兹变换可加量.

解: 考虑参考系 F 和 F' , F' 系相对于 F 系以速度 β 沿着 x 轴匀速运动. 在 F 系中的四矢量 $c = (c_0, \mathbf{c}_T, c_z)$, 在 F' 系中变为 $c' = (c'_0, \mathbf{c}'_T, c'_z)$. 它们两者由洛伦兹变换联系起来:

$$c'_0 = \gamma(c_0 - \beta c_z), \quad (1)$$

$$c'_z = \gamma(c_z - \beta c_0), \quad (2)$$

$$\mathbf{c}'_T = \mathbf{c}_T. \quad (3)$$

其中

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}. \quad (4)$$

将(1)和(2)相加得到:

$$c'_0 + c'_z = \gamma(1 - \beta)(c_0 + c_z). \quad (5)$$

因此 $c'_0 + c'_z$ 与 $c_0 + c_z$ 直相差一个因子 $\gamma(1 - \beta)$. 类似的, 另外一个粒子 b 在 F 系的前向光锥动量 $b_0 + b_z$ 与在 F' 系中前向光锥动量 $b'_0 + b'_z$ 的关系为:

$$b'_0 + b'_z = \gamma(1 - \beta)(b_0 + b_z). \quad (6)$$

由 x_+ 的定义有

$$x_+ = \frac{c_0 + c_z}{b_0 + b_z} \quad (7)$$

$$x'_+ = \frac{c'_0 + c'_z}{b'_0 + b'_z} \quad (8)$$

由(5)和(6)很容易得到:

$$x_+ = x'_+ \quad (9)$$

因此, 光锥变量 x_+ 是洛伦兹不变量.

2. 在无限大动量参照系中, 讨论相对论硬散射过程, $A + B \rightarrow C + X$. 证明:

$$(1) \quad b^2 = [x_b(1 - x_b)B^2 - x_b\beta^2 - b_T^2]/(1 - x_b)$$

$$(2) \quad a^2 = [x_a(1 - x_a)A^2 - x_a\alpha^2 - a_T^2]/(1 - x_a)$$

3. 在 QED 理论中, 有一个费米场 ψ 和电磁场 A^μ , A^μ 又称为规范场, 试证明无质量费米子的电磁相互作用, 等同于一个质量 $m = e/\sqrt{\pi}$ 的自由玻色场 ϕ , e 为电磁耦合常数.
4. 利用 $1 + 1$ 维相对论理想流体力学方程, 导出 QGP 物质熵随时间的变化关系, 以及发生 QGP 到强子物质相变, 发生相变时间.
5. 试证明考虑 screening 效应后, c 与 \bar{c} 在 QGP 环境中, 对应的 Yukawa 势为 $V(r) = \frac{g}{4\pi} \frac{e^{-r/\lambda_D}}{r}$.