

B 粒子衰变的运动学研究

周鹏宇

Univ. of Sci. & Tech. of China

2021 年 1 月 4 日

关于 B 介子衰变的研究

- 由 B 介子的横动量 p_T 的分布, 可以分析其与 QGP 作用过程
- B 介子 p_T 谱 $\frac{dN}{dp_T}$ 或者 $\frac{dN}{dp_T^2}$ 应为 Levy 函数形式, 含有三个未知参数.
- 实验上, 测量到其衰变产物 e, D0, J/ ψ 粒子的 R_{AA} .

$$R_{AA} = \frac{\sigma_{pp}}{N_{\text{bin}}} \times \frac{\left(\frac{d^2 N}{N 2\pi p_T dp_T dy} \right)_{AA}}{\left(\frac{d^2 N}{N 2\pi p_T dp_T dy} \right)_{pp}} \quad (1)$$

- 模拟时, 可以用两个直方图相除得到.

计算步骤

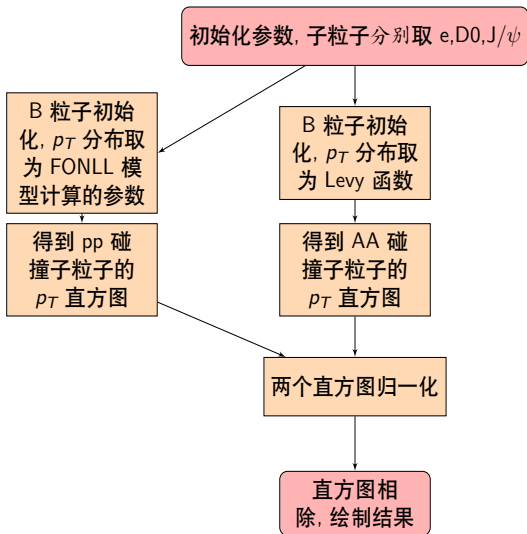


图: 计算步骤程序框图

B 粒子参数选择

- 粒子选择: B0
把 B 介子 (B0, B+, B-) 全部看做 B0
- p_T 分布 (6)
- p_x, p_y 均匀分布在 p_T 为半径的圆上.

$$\varphi \sim U[0, 2\pi], \quad \begin{aligned} p_x &= p_T \sin \varphi \\ p_y &= p_T \cos \varphi \end{aligned}$$

- y 的分布 $\sim N(0, 1.2)$
 y 对系统动力学的影响?

$$p_z = \sqrt{m^2 + p_T^2} \sinh y$$

- 能量 E , 动量大小 P

$$P = \sqrt{p_T^2 + p_z^2} \quad E = \sqrt{P^2 + m^2}$$

- Levy 函数代表 $\frac{d^2 N}{dp_T dy}$

$$f(x) = x a^2 (c-1) \frac{c-2}{bc[bc + (c-2)m]} * \left(\frac{bc + \sqrt{x^2 a^2 + m^2} - m}{bc} \right)^{-c}$$

其中 $m = 5.280$ 是 B 粒子质量,
 $a = 0.193, b = 0.277, c = 0.535$.

- FONLL 模型来自网站

<http://www.lpthe.jussieu.fr/~cacciari/fonll/fonllform.html>

- 参数: pp 200GeV, Hadronic final state=B hadron, Cross section type=dsigma/dpt, ptmin=0(GeV), ptmax=20; ymin=-1, ymax=1, npoints=200.
- 得到计算结果后, 对其修正了单位 (pb→mb), 除以了 $\sigma_{pp} = 30(\text{mb} \rightarrow \text{yield})$, 除以 $dy = 2$ (最终 $\frac{d^2 N}{dp_T dy}$).

- 为解决 Levy 函数在高 p_T 区间过小的问题, 步骤如下:
 - 选取抽样粒子 $p_T \sim U[0, 20]$.
 - 填充直方图时, 权重取为 `weight=pTdist.Eval(pT)`.

调用 Pythia8 相关函数.

- 初始化

```
1 Pythia8::Pythia pythia;  
2 Pythia8::Event& event = pythia.event;  
3 Pythia8::ParticleData& pdt = pythia.particleData;  
4 pythia.readString("511:onMode = off");  
5 pythia.readString("511:onlyAny = 11");
```

- 添加一个事例

```
1 event.reset();  
2 event.append( 511, 1, 0, 0, pT*sin(phi), pT*cos(phi), pz, E, m );
```

- 执行衰变

```
1 pythia.next();
```

- 数据存储在 event 数组中.

填充直方图

- 直方图初始化 (nbins=200, ptmin=0, ptmax=20)

```
1 TH1D hist("name", "", nbins, ptmin, ptmax);
```

- 产生一个随机分布的 B 粒子并执行衰变.
- 在子粒子中找到研究对象 (以 e(id=11) 为例)
 - 确保子粒子的是由 B 直接衰变来的

```
1 event[i].mother1()==1
```

- 选择正反粒子都进行填充
- 对子粒子的 y 进行选择
 - 对 e, $|y| < 0.7$, $dy = 1.4$.
 - 对 D0, J/ψ , $|y| < 1$, $dy = 2$.
- 填充直方图, 权重为 $\text{weight} \times \frac{1}{2\pi p_T dy}$

```
1 histdaughter.Fill(event[i].pT(), weight / (2 * M_PI * 2 * ymax *  
    event[i].pT()));
```

用到的是子粒子的 p_T .

- 产生事例时, 对 $y < 1$ 的 B 粒子计数 (填充直方图 histmother), 计数值除以 dy. 即 $\text{weight}/(2 * \text{bymax})$.
- 对于不同分布的 B 介子 p_T 谱, 定义截面为分布函数的定积分 $\int_{p_{Tmin}}^{p_{Tmax}} \frac{dN}{dp_T} dp_T$.
- 对直方图, 设定分支比.
 - e: BR=0.1061984
 - D0: BR = 0.03251
 - Jpsi: 0.00596

注: 该分支比可能不正确

- 归一化

```
1 histdaughter.Scale(BR*crosssection/(histmother.Integral("width")));
```

"width" 选项修正了 bin 宽.

- 对于 Levy 分布粒子, 除以 $N_{bin} = 291.90194$.

- 填充直方图的权重 $2\pi dy$ 在直方图相除时可以消掉.
- 分支比在直方图相除时可以消掉, 不会影响 R_{AA}

结果

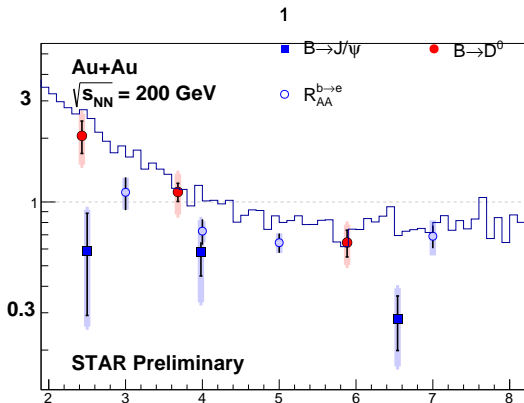


图: $B \rightarrow e R_{AA}$

结果

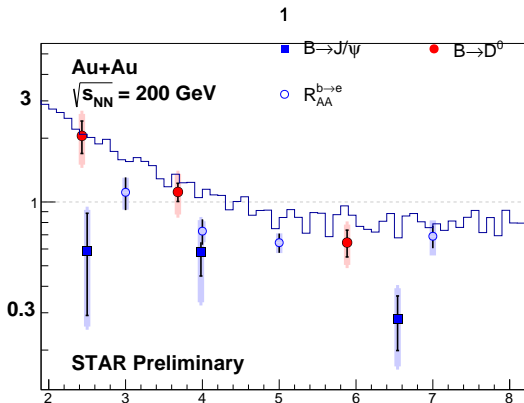


图: B2D0 R_{AA}

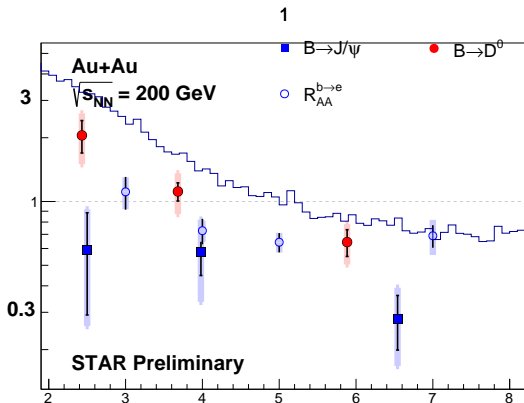


图: $B \rightarrow J/\psi$ R_{AA}

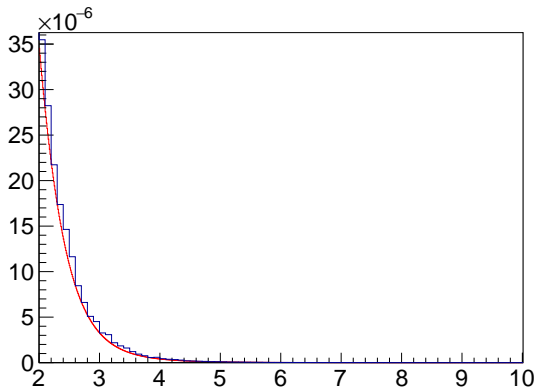


图: B2echeck

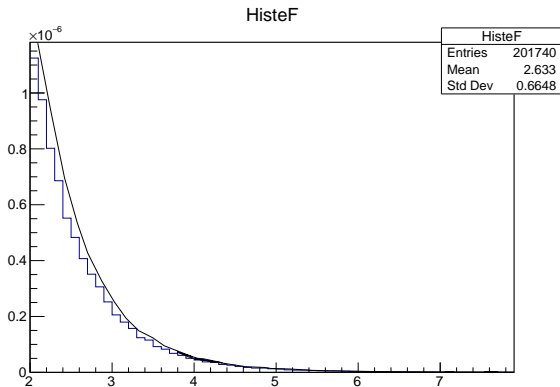


图: B2e R_{AA} , 对 FONLL 的检查

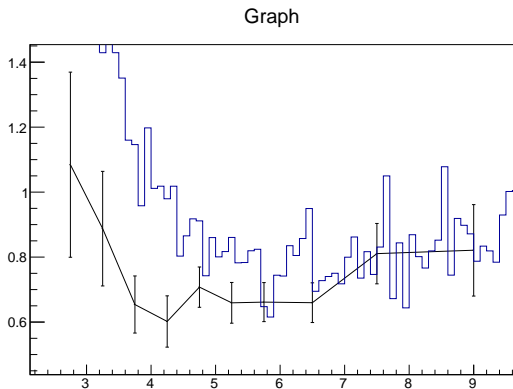


图: B2eRaachek

检查

数据: yield. 绘图时除以了 $2\pi p_T dp_T dy$. $dy = 2, dp_T = 1, 2, 3$. 乘上 BR. 直方图除以了 $N_{AA} = 297$. 忽略了 yield 换算到截面乘以 42mb 的问题.

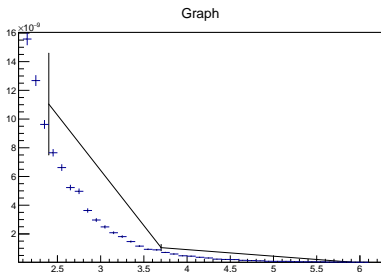


图: B2D0check