

Отчет за 4 семестр аспирантуры

тема: разработка генератора для моделирования детектора SPD и
его проверка на экспериментальных данных STAR

Аспирант:

Левков Анатолий Александрович

Научный руководитель:

канд. физ.-мат. наук. Доцент

Тетерин Петр Евгеньевич

Краткое содержание работы

- После некоторых возникших вопросов в предыдущем семестре, касаемых моделирования физики рождения J/Ψ на эксперименте SPD, было решено провести моделирование с “нуля” начиная с генераторов
- Данный отчет посвящен генерации рождения и распадов J/Ψ при энергиях, которые можно сравнить с уже существующим экспериментом.
- Данные будут пока смоделированы без взаимодействия с детектором
- Данные будут проверены на эксперименте STAR, впоследствии данную модель можно применить и на эксперименте SPD
- Также в ходе научного интереса будет проведено моделирование на других генераторах событий, которые можно использовать для дополнительного моделирования процессов в эксперименте SPD.
- Будет начата работа по изучению поляризации J/Ψ в рамках проекта SPD

Моделирование в Pegasus

Данное программное обеспечение предназначено для расчета сечений партонных взаимодействий и учитывает как коллинеарные, так и неколлинеарные функции распределения партонов.

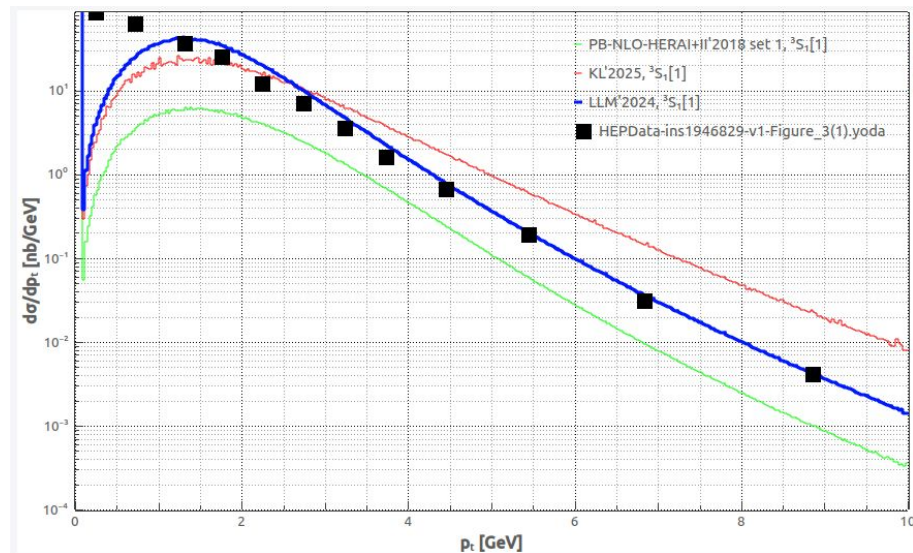


Рис.1. Сравнительный график моделирования и экспериментальных данных STAR[1] в протон-протонных столкновениях с $S=200$ ГэВ. Этот график соответствует шкале факторизации TotalEnergy. Разные кривые описывают разные плотности партонов: синяя – LLM-2024; красная – KL-2025; зеленая – PB-NLO-2018.

Моделирование образования J/ψ в pp-столкновениях при $\sqrt{s} = 200$ ГэВ с использованием PYTHIA 8

```
pythia.readString("Charmonium:gg2ccbar(3S1)[3S1(1)]g = on,off");
pythia.readString("Charmonium:gg2ccbar(3S1)[3S1(8)]g = on,off");
pythia.readString("Charmonium:qg2ccbar(3S1)[3S1(8)]q = on,off");
pythia.readString("Charmonium:qgbar2ccbar(3S1)[3S1(8)]g = on,off");
pythia.readString("Charmonium:gg2ccbar(3S1)[1S0(8)]g = on,off");
pythia.readString("Charmonium:qg2ccbar(3S1)[1S0(8)]q = on,off");
pythia.readString("Charmonium:qgbar2ccbar(3S1)[1S0(8)]g = on,off");
pythia.readString("Charmonium:gg2ccbar(3S1)[3PJ(8)]g = on,off");
pythia.readString("Charmonium:qg2ccbar(3S1)[3PJ(8)]q = on,off");
pythia.readString("Charmonium:qgbar2ccbar(3S1)[3PJ(8)]g = on,off");
```

Рис.2 Настройки программного обеспечения генератора для процессов производства J/ψ

Полученные результаты

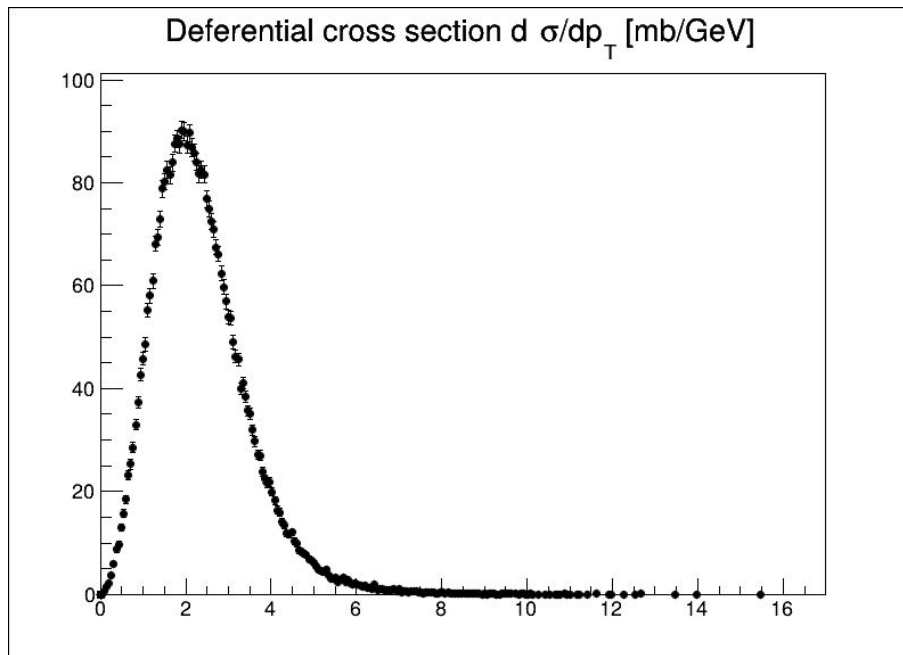


Рис.3 График дифференциального сечения в зависимости от поперечного импульса J/ψ

Угловые распределения

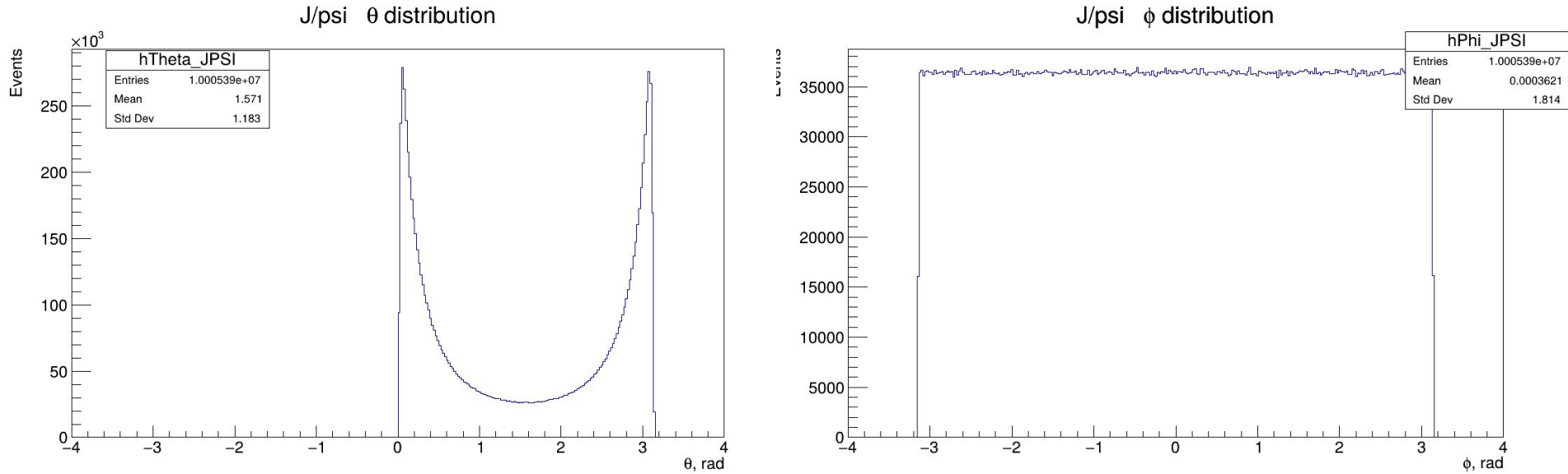


Рис.4 Распределение продукции J/ψ по углу ϕ и θ

Угловые распределения

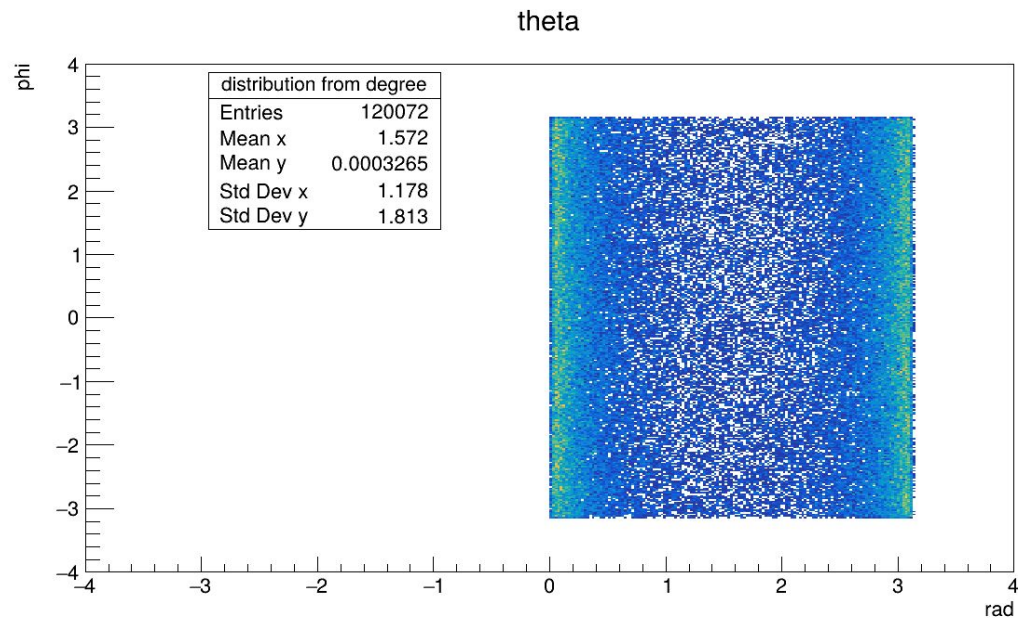


Рис.5 Распределение продукции J/ψ по углу φ от θ

Распределения по быстроте и псевдобыстроте

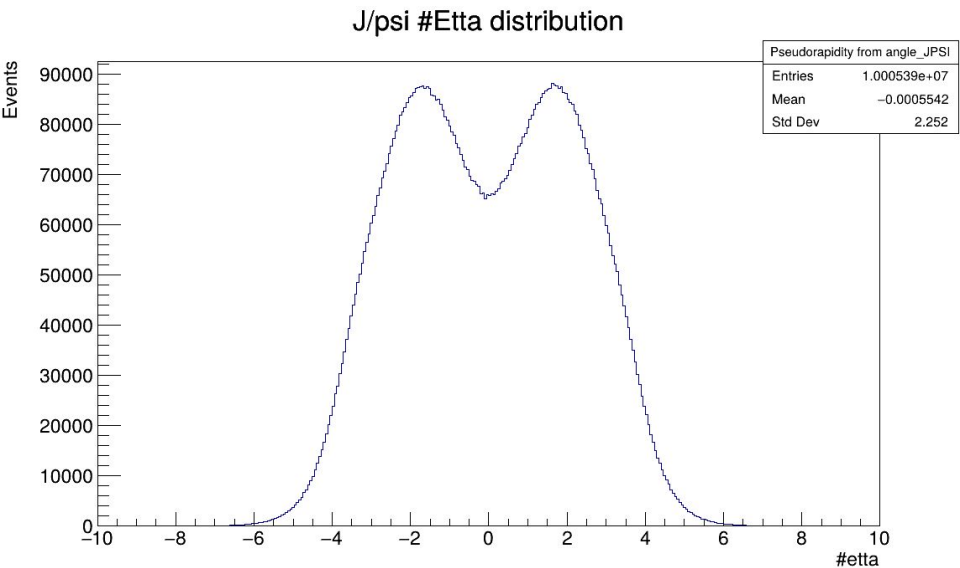


Рис. 6 распределение по псевдобыстроте

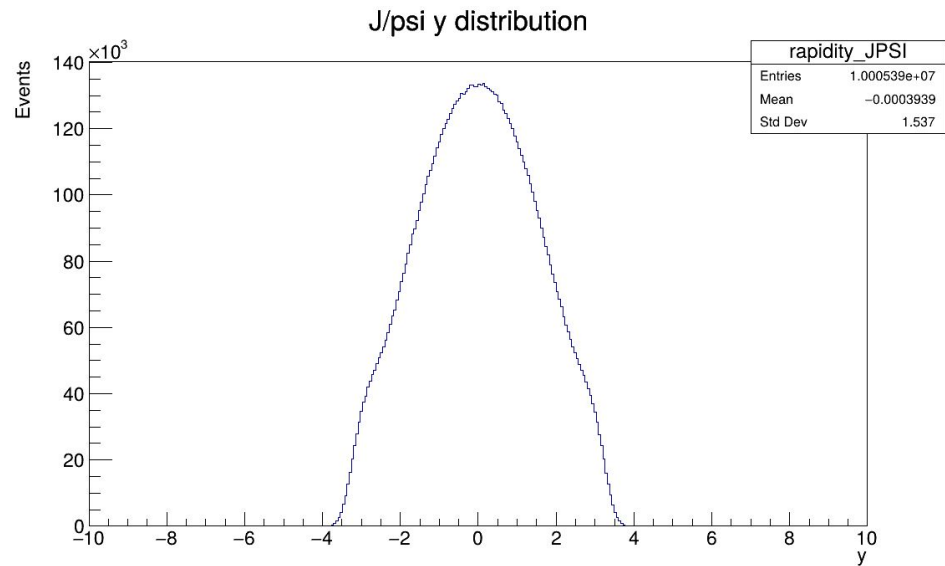


Рис. 7 распределение по быстроте

Отсечение по псевдоскорости и быстроте, также, механизм рождения только через цветовой синглет.

Differential cross section $d\sigma/dp_T$ [mb/GeV]

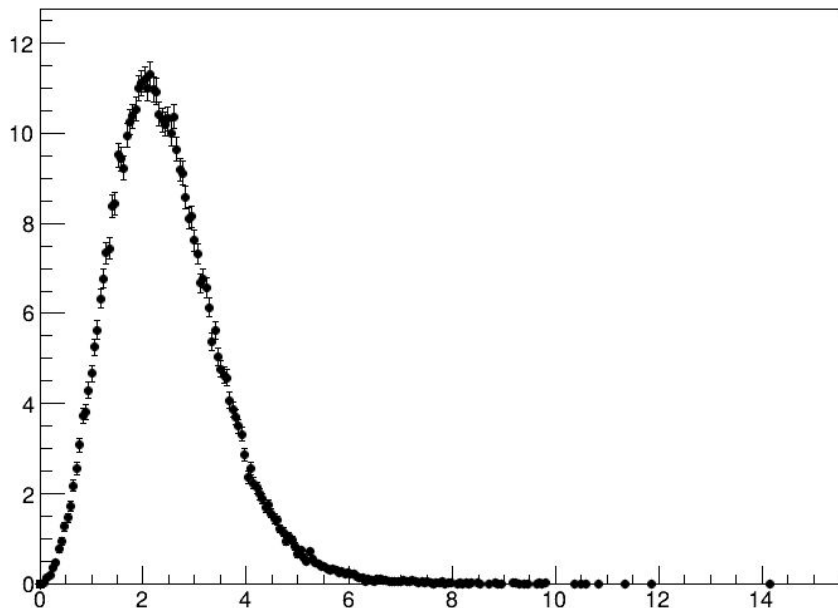


Рис.8 График сечения образования J/ψ с отсечкой по быстроте и псевдобыстроте.

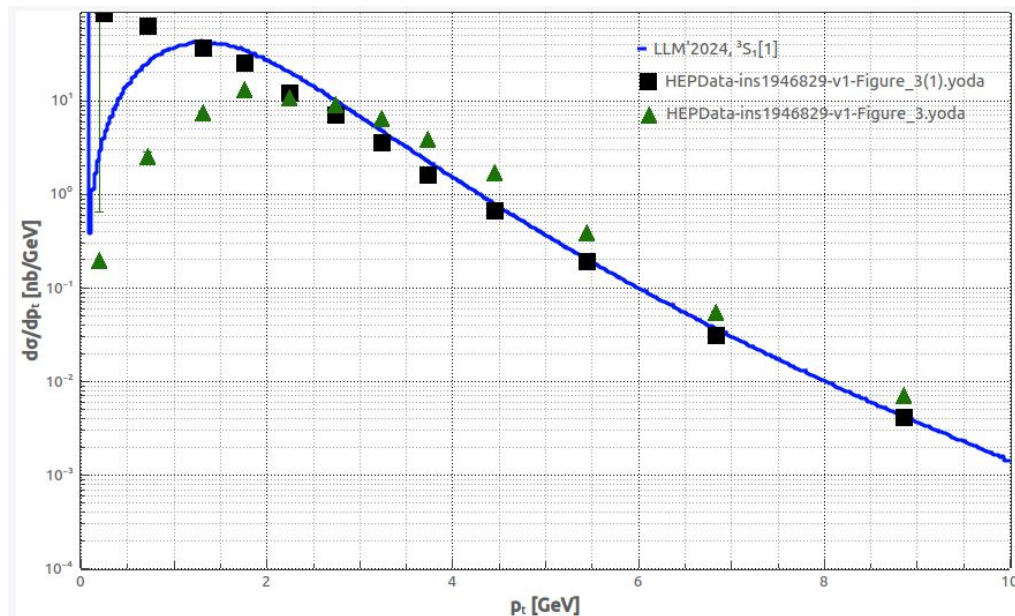


Рис.9 Сравнительный график экспериментальных данных – квадратный маркер; с данными ruhiа8 – треугольный маркер и Pegasus – синяя кривая

Работа с поляризацией J/ψ

$$W(\cos \theta, \phi) \propto \frac{1}{3 + \lambda_\theta} (1 + \lambda_\theta \cos^2 \theta + \lambda_\phi \sin^2 \theta \cos 2\phi + \lambda_{\theta\phi} \sin 2\theta \cos \phi), \quad (1)$$

Поляризация J/ψ

$$-\ln L(\lambda_\theta, \lambda_\phi, \lambda_{\theta\phi}) = -\sum N_{J/\psi}(\cos \theta, \phi) \ln [F(\cos \theta, \phi | \lambda_\theta, \lambda_\phi, \lambda_{\theta\phi}) \cdot A \times \varepsilon(\cos \theta, \phi)], \quad (4)$$

где сумма берется по интервалам $(\cos \theta, \phi)$, $N_{J/\psi}(\cos \theta, \phi)$ — необработанное число кандидатов J/ψ в каждом интервале $(\cos \theta, \phi)$, а $A \times \varepsilon(\cos \theta, \phi)$ — времена приемки детектора J/ψ, эффективность восстановления в том же интервале. $F(\cos \theta, \phi | \lambda_\theta, \lambda_\phi, \lambda_{\theta\phi})$ представляет собой интегральную вероятность, соответствующую $\cos \theta$ и ϕ bin позитронов для заданных значений $(\lambda_\theta, \lambda_\phi, \lambda_{\theta\phi})$, описываемых уравнением. 1 нормализовано до 1. $A \times \varepsilon(\cos \theta, \phi)$ оценивается путем моделирования распадов $J/\psi \rightarrow \mu^+ \mu^-$, пропускания их через моделирование GEANT3 [2].

Получения угловых распределений в системе отсчета связанной с покоящимся J/ψ

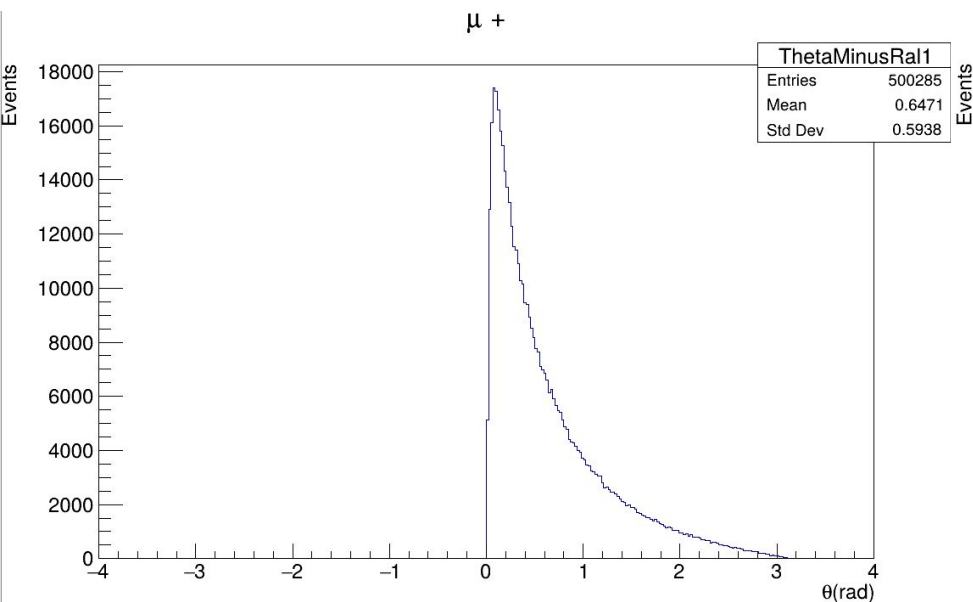


Рис.10 График распределения испускаемых мюонов по полярному углу в выбранной нами системе координат

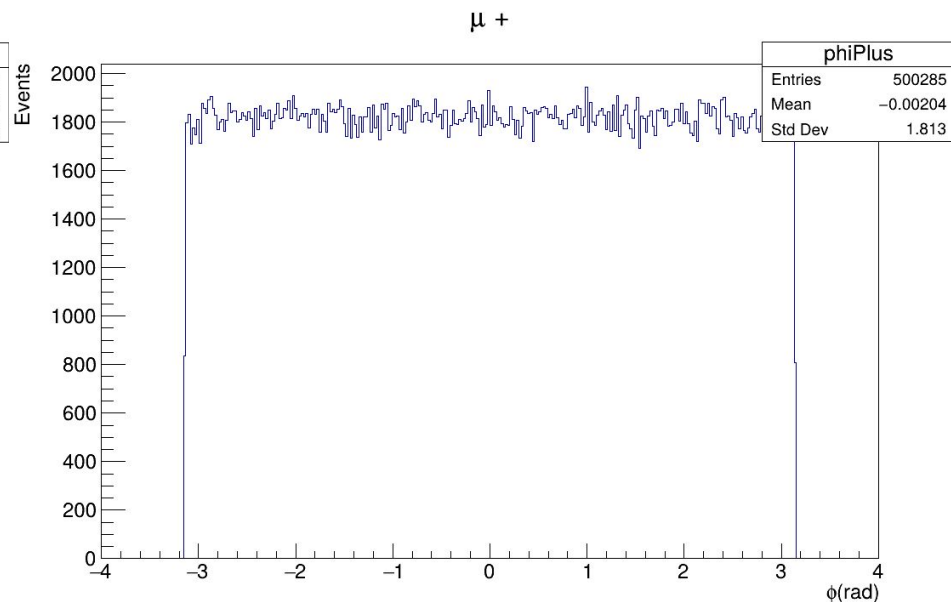


Рис. 11. График распределения испускаемых мюонов по азимутальному углу в выбранной нами системе координат.

Дальнейшее моделирование: EPOS

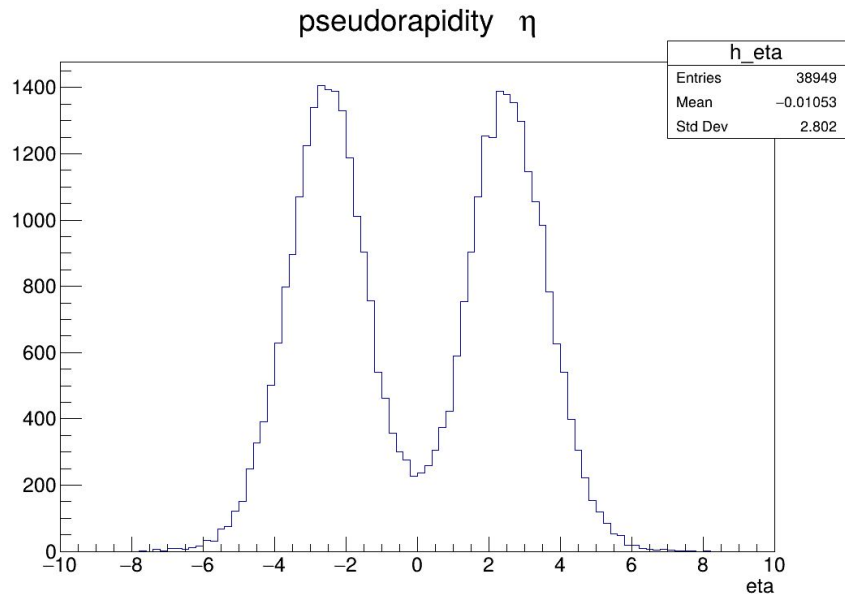


Рис. 12 распределение по псевдобыстроте EPOS

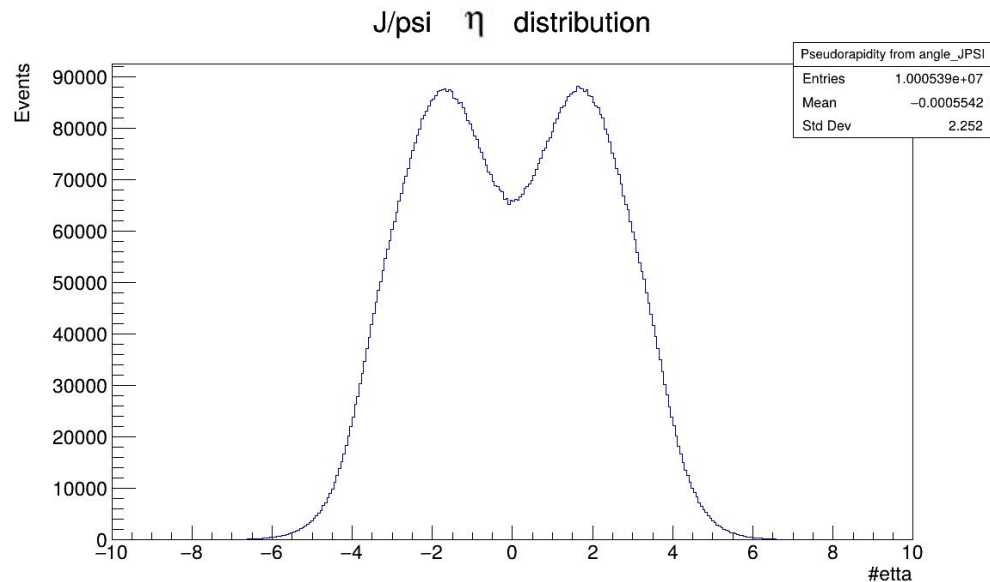


Рис. 13 распределение по псевдобыстроте PYTHIA8

Дальнейшее моделирование: EPOS

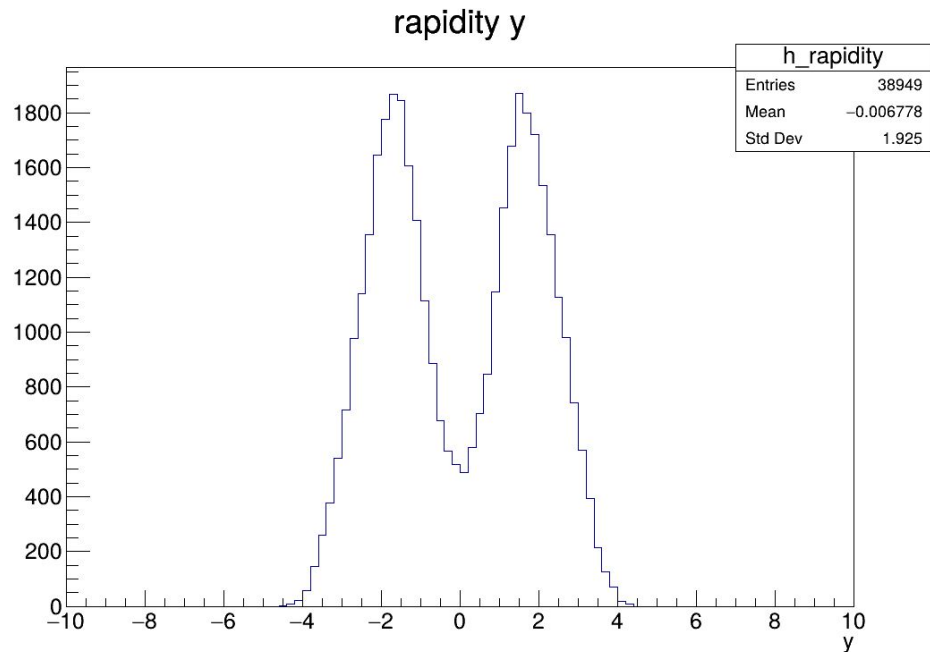


Рис. 14 распределение по быстроте EPOS

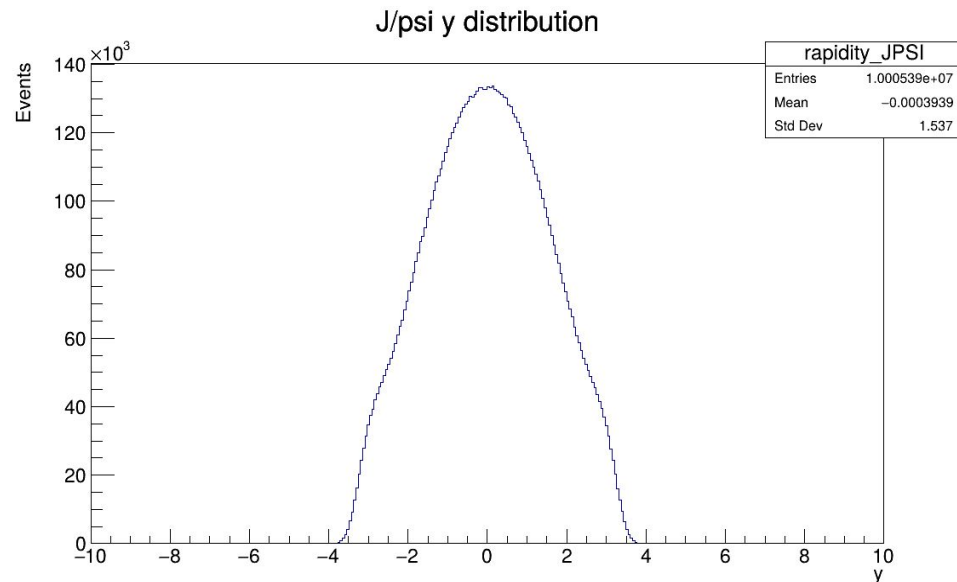


Рис. 15 распределение по быстроте PYTHIA8

Заключение

- Были получены результаты, которые хорошо сопоставляются с данными эксперимента STAR[1], при этом все модельные данные и написанные программы готовы для необходимые нам более низкие энергии 10ГэВ и 27ГэВ
- Также помимо стандартного для нашей научной группы генератора PYTHIA8 был освоен генератор EPOS
- С помощью данного генератора были получены данные которые отличаются от данных PYTHIA8, что требует дополнительного анализа
- Также исходя из этих данных был намечен план на будущую работу

Дальнейшие планы

- Использовать полученные данные в дальнейшем моделировании с помощью GEANT4
- Доработать уже существующую геометрию благодаря добавления шифтера
- Доработать физику связанную с искривлением шифтера

Литература

1. Measurement of cold nuclear matter effects for inclusive J/ψ in p+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV; M. S. Abdallah; Preprint submitted to Physics Letters B January 17, 2022
2. R. Brun, F. Bruyant, M. Maire, A. C. McPherson, P. Zanarini, GEANT3, CERN-DD-EE-84-1 (1987)