

Образование частиц при релятивистском столкновении тяжелых ядер на LHC с помощью GEANT4Дустмуродов Э. Э.¹, Махмудова Д. Х.¹, Юркевич Н. П.²¹Ташкентский государственный транспортный университет
Ташкент, Республика Узбекистан,²Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

В работе изучены корреляции тяжелых кварков, образующихся при релятивистских столкновениях тяжелых ионов, которые достаточно чувствительны к воздействию среды и механизмам образования. Чтобы сделать количественное описание таких корреляций, в качестве первого шага анализируются азимутальные, поперечные импульсные и скоростные корреляции тяжелых кварк – анти-кварковых пар $Q\bar{Q}$ в столкновениях pp при $O(\alpha_s^2)$. Это создает предпосылки для выявления и изучения средовой модификации подобных корреляций при релятивистском столкновении тяжелых ядер на Большом адронном коллайдере. Далее изучается дополнительное образование кварков очарования в столкновениях тяжелых ионов из-за множественного рассеяния, а именно, реактивных столкновений, реактивно-тепловых столкновений и тепловых взаимодействий. Установлено, что они порождают азимутальные корреляции, которые совершенно отличаются от возникающих при быстром первоначальном производстве в ведущем порядке и в следующем за ведущим порядком.

Изучение релятивистских столкновений тяжелых ионов и кварк-глюонной плазмы (QGP) приближается к своему зениту с первыми экспериментами, выполненными на Большом Адронном Коллайдере в ЦЕРНе в Женеве (хотя еще и не на самой высокой энергии) с участием ядер свинца. Вместе с богатством данных уже накопленных на релятивистском коллайдере о тяжелых ионах в Брукхейвенской Национальной Лаборатории перед нами теперь стоит огромная задача расшифровать, проанализировать и количественно объяснить эти наблюдения и извлечь информацию о свойствах QGP . Данный анализ дает возможность провести дополнительные измерения, которые уже могут быть выполнены с использованием существующих детекторных установок, в то время как другие исследования станут возможными только с модернизацией, запланированной для всех основных экспериментов ALICE, PHENIX, STAR и т. д. В целом это наиболее важное и плодотворное международное сотрудничество в области ядерной физики

высоких энергий на сегодняшний день. В настоящее время основное внимание уделяется переходу от моделей к теориям и от качественного к количественному определению различных свойств кварк-глюонной плазмы. Одним из таких примеров является огромный прогресс, достигнутый в изучении сдвиговой вязкости [1; 2] вещества, образующегося в этих столкновениях. В настоящей работе изучается использование тяжелых кварков для зондирования QGP . Тяжелые кварки (здесь рассматриваются только шарм и нижний кварк) обладают рядом уникальных преимуществ. Сохранение аромата при сильном взаимодействии говорит о том, что они производятся

парами $Q\bar{Q}$. Их большая масса обеспечивает то, что Q^2 , необходимый для их производства, велик, и поэтому можно уверенно использовать pQCD для этих исследований. Их большие массы гарантируют, что адроны, содержащие тяжелые кварки, выделяются в стаи пионов.

В результатах, которые будут представлены ниже, используется структурная функция СТЕQ5М. Однако некоторые результаты приведены и для других структурных функций. Масса очарованных кварков сохраняется фиксированной при $m_c = 1,5$ ГэВ, в то время как для нижних кварков $m_b = 4,5$ ГэВ.

Шкалы факторизации и перенормировки взяты как $C\sqrt{m_Q^2 + p_T^2}$ с коэффициентом $C = 2$ для кварков очарования и $C = 1$ для нижних кварков. Код NLO pQCD (NLOMNR), разработанный Mangano и др., был использован для первоначального получения тяжелых кварков [3].

Результаты для производства очарования наряду с недавними результатами, полученными на ЛХС для столкновений pp , показаны на рис. 1. В целях исследования включены результаты для $m_c = 1,2$ ГэВ и структурной функции СТЕQ5М.

Можно также рассмотреть образование D -мезонов следующим образом:

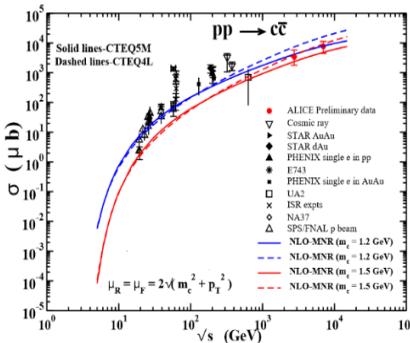


Рис. 1. Энергетическая зависимость образования кварков очарования при столкновениях pp

$$E \frac{d^3\sigma}{d^3p} = E_Q \frac{d^3\sigma(Q)}{d^3p_Q} \otimes D(Q \rightarrow H_Q).$$

где фрагментация тяжелого кварка Q на тяжелый мезон H_Q описывается функцией D . Предполагается, что форма $D(z)$, где $z = p_D/p_c$, одинакова для всех D -мезонов.

Затем получение конкретного D -мезона происходит с помощью фракции, определенной экспериментально

$$D_D^{(c)}(z) = \frac{n_D}{z \left[1 - \frac{1}{z} - \frac{\varepsilon_p}{1-z} \right]^2},$$

где ε_p – параметр Петерсона; $\int_0^1 D(z) dz = 1$.

Сравнение наших результатов для производства D^0 и D^+ с предварительными данными, полученными в эксперименте ALICE [4], показано на рис. 2.

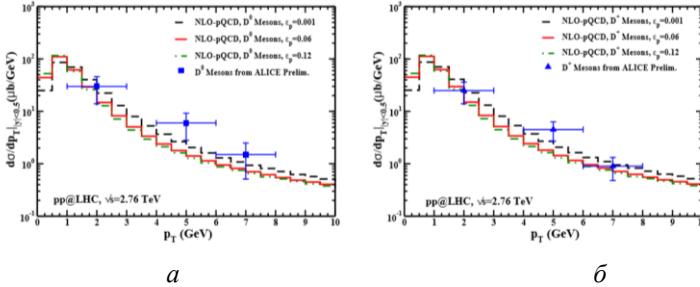


Рис. 2. Поперечное распределение импульса в столкновениях

pp при $\sqrt{s} = 2,76$ ТэВ:
 $a - D^0$ -мезонов; $b - D^+$ -мезонов

Здесь приведены результаты для $\varepsilon_p = 0,001, 0,06$ и $0,12$, чтобы показать чувствительность выполненных расчетов к этому изменению. Учитывая, что никакие параметры не были скорректированы, результаты вполне удовлетворительны. Более подробные и точные данные, безусловно, наложат жесткие ограничения на все входные данные.

Отметим, что полупертоновый распад D -мезонов широко используется для изучения образования шарма и донных кварков, а также потерь энергии,

которые они несут. Электроны, поступающие от распада шарма, например, получают путем свертки распределения D -мезонов со спектром распада электронов и учета ветвления к конкретному D -мезону. В случае, если вклады B и D мезонов не могут быть различены, следует использовать смеси B и D -мезонов с соответствующими разветвлениями, $B \rightarrow e$, $D \rightarrow e$ и $B \rightarrow D \rightarrow e$. Полулептонный распад B -мезонов становится важным при более высоком p_T , несмотря на их уменьшенную продукцию, хотя вклад канала $B \rightarrow D \rightarrow e$ быстро падает с увеличением p_T [5].

В данной работе рассчитаны азимутальные, разностные и поперечные импульсные корреляции тяжелых кварковых пар, образующихся при столкновениях pp при нескольких энергиях, имеющих отношение к экспериментам, проводимым на Большом Адронном Коллайдере с использованием NLO pQCD. Такие корреляции могут изменяться из-за эффектов конечного состояния при столкновениях ядра с ядром. Эти результаты послужат основой для аналогичных исследований в случае столкновений $Pb + Pb$ в соответствующем центре масс энергий/нуклона для определения модификаций среды. В работе [5] отмечается, что эта картина усложняется многократными столкновениями между партонами, имеющими высокую энергию, которые могут давать очень разные корреляции по величине, сравнимой с рассмотренными выше начальными производствами. В [5–7] утверждается, однако это утверждение еще предстоит проверить, что такие корреляции не могут быть радикально изменены из-за потерь энергии, понесенных тяжелыми кварками, поскольку они не могут существенно изменить направление своего движения из-за мягкого рассеяния. Однако они могут быть затронуты сильным потоком среды, если тяжелые кварки термализованы.

Литература

1. Shin, C. Centrality dependence of the charged-particle multiplicity in Pb-Pb collisions / C. Shin, S. A. Bass, T. Herano, P. Huovinein, Z. Qiu, H. Song, U. W. Heinz, K. Aamodt // *Phys. Rev. Lett.* – 2011. – Vol. 106, № 3. – P. 21–25.
2. Vugel, C. Classical simulation of dissipative fermionic linear optics / C. Vugel, P. B. Gossiax, K. Werner, S. Bravyi // *Quantum Information and Computation.* – 2012. – Vol. 12, № 11–12. – P. 925–943.
3. Aktas, A. Inclusive production D^+ , D^0 , D^{*+} and D^{*0} mesons in deep inelastic scattering at HERA/ A. Aktas [et al.] // *The European Physical Journal C – Particles and Fields.* – 2005. – Vol. 38, № 4. – P. 447–459.
4. Aamodt, K. Rapidity and transverse momentum dependence of inclusive inclusive J/ψ production in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV/ K. Aamodt [et al.] // *Physics Letters B.* – 2011. – Vol. 704, № 5. – P. 442–455.

5. Dustmurodov, E. Исследование глюонно-ядерного PDF с тяжелым кварком LHC / E. Dustmurodov // Science and Education. – 2020. – Vol. 1, № 4 – P. 45–51.

6. Qurbonov, A. R. 3.25 A GeV/c impulsli 16Op-to'qnashuvlarida ko'zguli (3H, 3He, 7Li, 7Be) yadrolar va mezonlar (π^+ , π^-) ning birgalikda hosil bo'lishi / A. R. Qurbonov, D. H. Mahmudova, S. Sh. Saydaliyeva, D. K. Sabirova // Polish science journal. – 2021. – № 3. – С. 153–158.

7. Qurbonov, A. R. 3.25 A GeV/c impulsli 16Op-to'qnashuvlarida 6 – hamda 7–nuklonli tizimlar va yadrolar bilan birgalikda hosil bo'ladigan $A \leq 3$ massa sonli yengil fragmentlarning va tepki protonlar o'rtacha ko'plamchiligi / A. R. Qurbonov, D. H. Mahmudova, S. Ismoilov // Ekonomika i sosium. – 2022. – Vol. 96, № 5. – P. 148–152.

УДК 621.65

Водохранилища – специфический объект для отдыха

Атдаева А.

Туркменский государственный архитектурно-строительный институт
Ашхабад, Туркменистан

Рост материального благосостояния и культурного уровня населения предполагает более активный отдых на воде, который является оздоровительным фактором большой важности. В статье рассматриваются условия и возможности отдыха городских жителей на водохранилищах, которые являются существенным водным ресурсом для рекреации.

В современных условиях укрепление здоровья населения страны, всесторонняя поддержка навыков здорового образа жизни являются приоритетными направлениями социально ориентированной политики нашего государства. Общеизвестно, что здоровье населения во многом зависит от эффективной работы медицинских учреждений. Однако среди мероприятий, направленных на сохранение и укрепление здоровья людей наряду с деятельностью медицинских учреждений, огромное значение имеет организация полноценного и эффективного отдыха населения. Как отмечали древние мыслители, среди всех значимых потребностей для полноценной жизни человека отдых занимает очень важное место. Любая форма трудовой деятельности требует соответствующего отдыха. Предоставление трудящимся отдыха, обучающейся молодежи – каникул непосредственно способствует восстановлению организма, повышению настроения, укреплению здоровья.