

Лаборатория информационных технологий

Рассматривается поведение странной материи в рамках расширенной SU(3) модели Намбу–Иона-Лазинио с петлей Полякова (ПНИЛ), включающей аномалию $U_A(1)$. Особое внимание уделяется резкому росту в отношении выхода положительно заряженных каонов к пионам при энергиях столкновений $\sqrt{s_{NN}} \sim 8\text{--}12$ ГэВ, известному в литературе как «рог» («horn»). Полагается, что причиной такого поведения является возникновение деконфайнмента и образование кварк-глюонной плазмы.

Для описания этого явления использовалась модель НИЛ с петлей Полякова, удобная тем, что она позволяет схематически описать киральный фазовый переход и свойства мезонов при конечных температуре и плотности. В качестве независимой переменной для оценки поведения отношения K/π вместо энергии столкновений была введена новая переменная T/μ_B , причем температура и химический потенциал брались вдоль линии кирального фазового перехода (которую в некоторой мере можно трактовать как химический фриз-аут). В рамках этой модели было показано, что введение плотности среды влияет на поведение частицы и античастицы, приводя к расщеплению масс при плотностях, больших нормальной плотности ρ_0 . Это влияет также на

плотность образовавшихся частиц и приводит к разнице в отношениях K^+/π^+ и K^-/π^- при низких значениях энергии $\sqrt{s_{NN}}$ (низкие значения T/μ_B) и их стремлению к одинаковому значению при высоких значениях $\sqrt{s_{NN}}$ (высокие значения T/μ_B) — области, где ввиду небольшой плотности частицы вырождаются. В работе также было показано, что на поведение пика влияют свойства среды, в которой рождаются пионы и каоны. Для этого были смоделированы несколько разных фазовых диаграмм и варьировался химический потенциал странного кварка. Было отмечено, что положение пика и его наклон зависят от структуры фазовой диаграммы.

Friesen A. V., Kalinovsky Yu. L., Toneev Yu. L. Strange Matter and Kaon to Pion Ratio in the SU(3) Polyakov–Nambu–Jona-Lasinio Model // Phys. Rev. C. 2019. V. 99, No. 4. P. 045201.

Проведено экспериментальное исследование эффективности трех различных типов алгоритмов решения систем линейных алгебраических уравнений с ленточной матрицей — прямых, символьных и итерационных. Исследован итерационный алгоритм — сильно неявная процедура (SIP), также известная как метод Стоуна. Этот метод использует неполное разложение LU (ILU(0)). Рассмотрен также итерационный алгоритм Хотеллинга–Бодевига в качестве замены стандартных

Laboratory of Information Technologies

We consider the behavior of strange matter in the framework of the SU(3) Polyakov loop extended Nambu–Jona-Lasinio model (PNJL) with the $U_A(1)$ anomaly. Special attention is paid to the sharp increase in the yield of positive charged kaons to pions at the collision energies $\sqrt{s_{NN}} \sim 8\text{--}12$ GeV, known in the literature as a “horn”. The “horn” is supposed to be a signal of the deconfinement and the formation of quark–gluon plasma.

To describe this increase, the NJL model with the Polyakov loop was used. The PNJL model allows one to describe in schematic way the chiral phase transition and the meson properties at finite temperature and density. Instead of the collision energy, a new variable T/μ_B was introduced as an independent variable to describe the behavior of the K/π ratio. The temperature and chemical potential were taken along the line of the chiral phase transition (which can be treated as a chemical freezeout). Within the framework of the model, it was shown that the introduction of the medium density affects the behavior of the particle and antiparticle, leading to the splitting of masses at densities higher than the normal density ρ_0 . The splitting

of masses affects the density of the created particles and leads to a difference in the ratios K^+/π^+ and K^-/π^- at low energies $\sqrt{s_{NN}}$ (low T/μ_B) and their tendency to the same value at high values $\sqrt{s_{NN}}$ (high values of T/μ_B), where the particles degenerate due to the low density. It was also shown in the work that the behavior of the peak is affected by the properties of the medium in which pions and kaons are created. To show this, several different phase diagrams were simulated and the chemical potential of the strange quark was varied. It was noted that the position of the peak and its slope depend on the structure of the phase diagram.

Friesen A. V., Kalinovsky Yu. L., Toneev Yu. L. Strange Matter and Kaon to Pion Ratio in the SU(3) Polyakov–Nambu–Jona-Lasinio Model // Phys. Rev. C. 2019. V. 99, No. 4. P. 045201.

An experimental performance study of implementations of three different types of algorithms for solving band matrix systems of linear algebraic equations (SLAEs), i.e., direct, symbolic, and iterative, is done. An iterative algorithm is presented, namely, strongly implicit procedure (SIP), also known as the Stone method. This method uses the incomplete LU (ILU(0)) decomposition. An application of the Hotelling–Bodewig iterative algorithm

прямых-обратных подстановок. Проанализированы достоинства и недостатки метода SIP. Представлена сложность всех исследуемых методов. Анализ производительности выполнен с использованием высокопроизводительной вычислительной платформы HybriLIT (ЛИТ, ОИЯИ) и кластера Avitohol (ИИКТ БАН, Болгария). Сравнение времени выполнения расчетов для прямых методов показало незначительную разницу между двумя вычислительными системами. Однако для символьных методов Avitohol дает лучшее расчетное время по сравнению с HybriLIT. С другой стороны, HybriLIT оказался быстрее для процедуры ILU(0). Для алгоритма SIP расхождения между вычислительными системами оказались минимальными.

Veneva M., Ayriyan A. Performance Analysis of Effective Methods for Solving Band Matrix SLAEs after Parabolic Non-linear PDEs // Studies in Computational Intelligence. Springer, Cham., 2019. V. 793. P. 407–419. DOI 10.1007/978-3-319.

Совместно с ЛНФ в ЛИТ ОИЯИ проведен компьютерный анализ данных малоуглового рентгеновского синхротронного рассеяния, полученных в НИЦ «Курчатовский институт». Проанализирована везикулярная структура фосфолипидной транспортной наносистемы (ФТНС), разработанной в НИИ биомедицинской химии на основе растительных фосфолипидов.

Для трех значений концентраций ФТНС в воде рассчитаны радиус везикул, полидисперсность радиуса, толщина липидного бислоя, а также параметры, определяющие внутреннюю структуру липидного бислоя. Расчеты проводились двумя различными методами: по формфактору сферической неоднородной оболочки и по разделенным формфакторам с использованием двух разных моделей распределения плотности длины рассеяния фотона. Указанные методы расчета спектров дают совпадающие результаты, которые демонстрируют уменьшение радиуса везикулы, толщины липидного бислоя и толщины области углеводородных цепочек при увеличении концентрации мальтозы в воде. Показано, что уменьшение толщины липидного бислоя при увеличении концентрации мальтозы происходит за счет взаимопроникновения углеводородных цепочек. Расчеты проводились с использованием вычислительной инфраструктуры Многофункционального информационно-вычислительного комплекса ЛИТ ОИЯИ.

Киселев М. А. и др. Анализ везикулярной структуры наночастиц фосфолипидной системы транспорта лекарств на основе данных МУРР // Поверхность. 2019. Вып. 3. С. 49–52.

Проблема реконструкции траекторий элементарных частиц является одной из важнейших проблем

is considered as a replacement of standard forward-backward substitutions. The upsides and the downsides of the SIP method are discussed. The complexity of all the investigated methods is presented. The performance analysis of the implementations is done using the high-performance computing (HPC) clusters HybriLIT and Avitohol. A comparison between the execution times for the direct methods showed only a negligible difference between two computer systems. However, for the symbolic methods Avitohol performed better than HybriLIT. On the other hand, HybriLIT was faster than Avitohol for the ILU(0) procedure. Only a minimal discrepancy in times was observed for the SIP algorithm.

Veneva M., Ayriyan A. Performance Analysis of Effective Methods for Solving Band Matrix SLAEs after Parabolic Non-linear PDEs // Studies in Computational Intelligence. Springer, Cham., 2019. V. 793. P. 407–419. DOI 10.1007/978-3-319.

In collaboration with FLNP, the small-angle X-ray synchrotron scattering data obtained at the Kurchatov Institute have been numerically analyzed. In this framework, the vesicular structure of the phospholipid transport nanosystem (PTNS), developed at the Research Institute of Biomedical

Chemistry on the basis of vegetable phospholipids, has been studied. The radius of the vesicles, the polydispersity of the radius, the thickness of the lipid bilayer, and the parameters determining the internal structure of the lipid bilayer were calculated for three concentrations of PTNS in water. The calculations were carried out with two different methods: the form factor of a spherical inhomogeneous shell and the method of separated form factors using two different models of the distribution of the photon scattering length density. These methods of calculating the spectra give consistent results, which demonstrate a decrease in the radius of the vesicle, the thickness of the lipid bilayer, and the thickness of the region of hydrocarbon chains with an increase in the concentration of maltose in water. It is shown that a decrease in the thickness of the lipid bilayer with an increase in the concentration of maltose occurs due to the interpenetration of hydrocarbon chains. The calculations were performed using the computing infrastructure of the JINR LIT Multifunctional Information and Computing Complex.

Kiselev M.A. et al. Analysis of the Vesicular Structure of Nanoparticles in the Phospholipid-Based Drug Delivery System Using SAXS Data // J. Surface Investigation: X-Ray, Synchrotron and Neutron Techniques. 2019. V. 13, No. 1. P. 111–116.

обработки данных в физике высоких энергий и имеет многолетнюю историю успешных решений. Однако с появлением современных экспериментов с тяжелыми ионами, к которым относится эксперимент BM@N, входящий в мегапроект NICA, выполнение стандартной процедуры прослеживания треков привело к большим трудностям, вызванным высокой множественностью событий и, особенно, использованием в BM@N GEM-детекторов из-за возникновения огромного количества ложных отчетов-фейков, что присуще таким стриповым детекторам.

В работе [1] представлен обновленный метод трекинга, который является существенным улучшением предыдущего двухэтапного подхода, предложенного нами в работе [2], основанного на предварительном отборе треков-кандидатов путем выполнения направленного поиска с использованием KD-дерева для последующей классификации отобранных треков-кандидатов глубоким нейроклассификатором, отсеивающим ложных кандидатов в треки. В обновленном методе эти два этапа объединяются в один путем замены их рекуррентной нейронной сетью, которая одновременно определяет, принадлежит набор точек истинному треку или нет, и предсказывает, в какой малой области следующей координатной плоскости детектора искать следующую

трек. Показано, что предлагаемый одноэтапный алгоритм с глубокой рекуррентной нейросетью особой конструкции и специальной функцией ошибки, учитывающей сильную несбалансированность обучающей выборки, является более точным, быстрым и не требует специальной стадии предварительной обработки. Работу модели удалось существенно ускорить с помощью средств, предоставляемых суперкомпьютером ОИЯИ «Говорун»: была достигнута скорость обработки 3483 608 треков-кандидатов в секунду на двух видеокартах Nvidia Tesla V100. Представленные результаты нашего подхода для смоделированных событий детектора GEM BM@N показали повышение эффективности обработки событий до 98,5%.

1. *Baranov D. et al.* Catch and Prolong: Recurrent Neural Network for Seeking Track-Candidates // Eur. Phys. J. Web Conf. 2019. V.201. P.05001.

2. *Baranov D. et al.* // CEUR Proc. 2017. V.2023. P.37–45.

One of the most important data processing problems in high-energy physics is the problem of reconstructing trajectories of elementary particles, tracks. It has a long history of successful solutions. However, with the appearance of modern experiments with heavy ions, which include the BM@N experiment, a part of the NICA megaproject, performance of the standard track following procedure caused great difficulties due to the high multiplicity of events and, especially, due to the use of the BM@N GEM strip detectors with such an inherent disadvantage as the occurrence of a huge number of false measurements, i.e., fakes.

The work [1] presents an updated tracking method that is a significant improvement to our previous two-step approach [2] based on the preselection of track candidates by performing a directional search using the KD-tree algorithm at the first step and accomplishing the subsequent classification of selected track candidates by a deep neuroclassifier, which eliminates false track candidates, at the second step. We have combined these two stages in one, replacing them with a recurrent neural network, which simultaneously determines whether a set of points belongs to the true track or not and predicts in which small area of the next coordinate plane of the detector one can search for

the next track hit. It is shown that the proposed single-pass algorithm with a deep recurrent neural network of a special design and a special cost function, taking into account the strong imbalance of the training set, is more accurate, fast, and does not require a special preprocessing stage. The work of the model was significantly accelerated with the help of tools provided by the JINR “Govorun” supercomputer, reaching a processing speed of 3483 608 candidate tracks per second on two Nvidia Tesla V100 video cards. The presented results of our approach for simulated events of the BM@N GEM detector have shown an increase in the efficiency of event handling up to 98.5%.

1. *Baranov D. et al.* Catch and Prolong: Recurrent Neural Network for Seeking Track-Candidates // Eur. Phys. J. Web Conf. 2019. V.201. P.05001.

2. *Baranov D. et al.* // CEUR Proc. 2017. V.2023. P.37–45.