Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U003033

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 04-09-2024

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Савчук Олег Володимирович
2. Oleh V. Savchuk

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0141-0610

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 104

Назва наукової спеціальності: Фізика та астрономія

Галузь / галузі знань: природничі науки

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Фізика та астрономія

Дата захисту: 27-08-2024

Спеціальність за освітою: Теоретична фізика

Місце роботи здобувача: Інститут теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417124

Місцезнаходження: вул. Метрологічна, буд. 14-б, Київ, 03143, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): 6696

Повне найменування юридичної особи: Інститут теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417124

Місцезнаходження: вул. Метрологічна, буд. 14-б, Київ, 03143, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Інститут теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417124

Місцезнаходження: вул. Метрологічна, буд. 14-б, Київ, 03143, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 29.15, 29.17, 29.17.43, 29.05.27, 29.05.29

Тема дисертації:

1. Рівняння стану сильновзаємодійної матерії та релятивістські зіткнення важких іонів
2. The Equation of State of Strongly Interacting Matter and Relativistic Heavy-Ion Collisions

Реферат:

1. Теорія сильних взаємодій - квантова хромодинаміка добре визначена математично. Проте, немає надійного способу отримувати передбачення у області температур, що відповідають густинам звичайних ядер та нейтронних зірок, а також частини раннього Всесвіту. Для дослідження властивостей такої речовини, як кварки і глюони, потрібні емпіричні знання, які отримуються на прискорювачах заряджених частинок. Різноманітні спостереження, отримані у експериментах по зіткненню важких іонів, описуються за допомогою різних, зазвичай феноменологічних, моделей. Система, яка утворюється, еволюціонує, і тому важливим є саме динамічний опис. Таким чином, стандартними підходами вважаються релятивістська гідродинаміка та транспортні моделі. Окремо можуть описуватися рання або кінцева стадія, при цьому важливо будувати самоузгоджений перехід від одного опису до іншого. Властивості матерії регулюються в динамічному підході заданням потенціалу взаємодії чи рівняння стану, яке можна обчислити методами

рівноважної статистичної фізики. Граткова квантова хромодинаміка дозволяє отримувати знання про властивості матерії в умовах нульового баріонного заряду. Розширення граткових обчислень на скінченний баріонний потенціал є теоретичним викликом. Важливо, щоб будь-яке рівняння стану збігалося з гратковими даними. Обчислюючи коефіцієнти ряду Тейлора, які пов'язані з кумулянтами зарядів, можна зробити аналітичне продовження граткових даних на скінченний баріонний потенціал. При цьому збіжність ряду може бути обмежена особливістю термодинамічного потенціалу. Теорія Лі-Янга пов'язує особливості у комплексній площині з фазовими переходами і, визначивши радіус збіжності ряду та положення сингулярності, можна оцінити положення критичної точки деконфайнменту. Проте, існують і інші, не критичні особливості або інші фазові переходи, які також можуть стати причинами розбіжності ряду. Як приклад розглядається фазовий перехід у ядерній матерії, властивості якого вважаються добре вивченими. Оскільки коефіцієнти розкладу тиску у ряд Тейлора за хімічними потенціалами пов'язані з флуктуаціями, вважається, що їх вимірювання у релятивістських зіткненнях важких іонів може стати важливим джерелом інформації про рівняння стану. На практиці, зв'язок експерименту з рівноважними результатами статистичного підходу є складним викликом. Зіткнення - це динамічний процес, і густина та температура системи змінюються, а не відповідають одній точці. Швидка зміна властивостей середовища може призвести до ефектів пам'яті, пов'язаних зі скінченним часом релаксації у системі. Крім того, детектори вимірюють кінцеві імпульси частинок, що утворилися у релятивістських зіткненнях. Флуктуації зарядів, що зберігаються, якщо спостерігати всі частинки, повинні зникати. Тому, зазвичай, розглядається певна підсистема. Класична статистична фізика не передбачає кореляцій між імпульсами частинок. У цьому випадку імовірність частинки потрапити у підпростір детектування чи уникнути його повинна описуватися випробуванням Бернуллі. Сукупність частинок у цьому випадку відповідатиме біноміальному розподілу. Ці припущення застосовуються для обчислення залежності кумулянтів від імовірності детектування та порівнюються з передбаченнями транспортної моделі. Відхилення від біноміального розподілу можуть свідчити про існування кореляцій у імпульсному просторі, які можуть бути викликані законами збереження енергії імпульсу, квантовими ефектами, колективним рухом. Саме зв'язок між флуктуаціями у координатному просторі та флуктуаціями у імпульсному просторі розглянуто у методі підансамблів. У цьому випадку статистична сума розбивається на добуток статистичних сум підсистем, які скорельовані виключно законами збереження, і будь-які взаємодії між ними є нехтовними (наприклад, об'єм кожної з підсистем є набагато більшим за площу поверхні між ними). Це дозволяє обчислити флуктуації як функції розміру підсистеми в умовах точного збереження заряду та пов'язати їх з флуктуаціями у великому канонічному ансамблі. При наявності колективного руху різні об'єми можуть мати різні швидкості колективних потоків. Тоді, виділяючи певну швидкість чи імпульс, можна виділяти певний об'єм системи і порівнювати його з іншим імпульсом - об'ємом. При цьому флуктуації частинок повинні бути сильно пов'язані з рівнянням стану.

2. The theory of strong interactions, quantum chromodynamics, is well-defined mathematically. However, there is no reliable method for making predictions in the temperature range corresponding to the densities of ordinary nuclei and neutron stars, as well as parts of the early Universe. To explore the properties of such matter, like quarks and gluons, empirical knowledge obtained at accelerators of charged particles is required. Various observations made in experiments on heavy-ion collisions are described using different, usually phenomenological, models. The system that forms evolves, hence a dynamic description is important. Thus, standard approaches include relativistic hydrodynamics and transport models. Separately, the early or final stage may be described, making it important to build a self-consistent transition from one description to another. The properties of matter are regulated in a dynamic approach by specifying the interaction potential or the equation of state, which can be calculated using the methods of equilibrium statistical physics. Lattice quantum chromodynamics allows for obtaining knowledge about the properties of matter under conditions of zero baryonic charge. Extending lattice calculations to a finite baryonic potential is a theoretical challenge. It is important that any equation of state should coincide with lattice data. By calculating the Taylor series coefficients, which are related to the cumulants of charges, it is possible to analytically continue the lattice data to a finite baryonic potential. However, the convergence of the series may be limited by the singularity of the thermodynamic potential. The Lee-Yang theory

relates singularities in the complex plane to phase transitions, and thus, by determining the radius of convergence of the series and the position of the singularity, it is possible to estimate the location of the critical point of deconfinement. However, there are also other, non-critical singularities, or other phase transitions that can also cause series divergence. As an example, a phase transition in nuclear matter, whose properties are considered well-studied, is considered. Since the coefficients of the pressure series expansion in terms of chemical potentials are related to fluctuations, it is considered that their measurement in relativistic heavy-ion collisions can become an important source of information about the equation of state. In practice, linking experiment to the equilibrium results of the statistical approach is a challenging task. Collisions are a dynamic process, and the density and temperature of the system change rather than correspond to a single point. Rapid changes in the properties of the medium can lead to memory effects associated with the finite relaxation time in the system. Moreover, detectors measure the final momenta of particles formed in relativistic collisions. Charge fluctuations that persist if all particles are observed should disappear. Therefore, a certain subsystem is usually considered. Classical statistical physics does not predict correlations between particle momenta. In this case, the probability of a particle entering the detection subspace or avoiding it should be described by a Bernoulli trial. The set of particles in this case corresponds to a binomial distribution. These assumptions are used to calculate the dependence of cumulants on the probability of detection and are compared with the predictions of the transport model. Deviations from the binomial distribution can indicate the existence of correlations in momentum space, which can be caused by conservation laws of energy and momentum, quantum effects, collective motion. The relationship between fluctuations in coordinate space and fluctuations in momentum space is considered in the method of subensembles. In this case, the statistical sum is divided into the product of statistical sums of subsystems, which are correlated exclusively by conservation laws, and any interactions between them are negligible (for example, the volume of each subsystem is much larger than the surface area between them). This allows calculating fluctuations as a function of the subsystem size under conditions of exact charge conservation and relating them to fluctuations in the grand canonical ensemble. In the presence of collective motion, different volumes may have different speeds of collective flows. Then, by selecting a certain speed or momentum, a certain volume of the system can be distinguished and compared with another momentum-volume. In this case, particle fluctuations should be strongly related to the equation of state.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Не застосовується

Підсумки дослідження: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- O.Savchuk, S.Pratt,“Correlations of conserved quantities at finite baryon density”, Phys. Rev. C 109, 024910 (2024), arXiv:2311.02046 [nucl-th]
- T. Reichert, O. Savchuk, A. Kittiratpattana, P. Li, J. Steinheimer, M. Gorenstein та M. Bleicher, “Decoding the flow evolution in Au+Au reactions at 1.23A GeV using hadron flow correlations and dileptons”, Phys. Lett. B 841, 137947 (2023)
- O.Savchuk et al. , "Enhanced dilepton emission from a phase transition in dense matter", J.Phys.G 50 (2023) 12, 125104
- O. Savchuk, R. V. Poberezhnyuk та M. I. Gorenstein, “Possible origin of HADES data on proton number fluctuations in Au+Au collisions”, Physics Letters B 835, 137540 (2022)

- O.Savchuk,V.Vovchenko,V.Koch,J.Steinheimer та H.Stoecker,“Constraining baryon annihilation in the hadronic phase of heavy-ion collisions via event-by-event fluctuations”, Phys. Lett. B 827, 136983 (2022)
- R. V. Poberezhnyuk, O. Savchuk, M. I. Gorenstein, V. Vovchenko та H. Stoecker, “Higher order conserved charge fluctuations inside the mixed phase”, Phys. Rev. C 103, 024912 (2021)
- M. Gazdzicki, M. I. Gorenstein, O. Savchuk та L. Tinti, “Notes on statistical ensembles in the Cell Model”, Int. J. Mod. Phys. E 29, 2050060 (2020)
- R.V.Poberezhnyuk,O.Savchuk,M.I.Gorenstein,V.Vovchenko,K.Taradiy, V. V. Begun, L. Satarov, J. Steinheimer та H. Stoecker, “Critical point fluctuations: Finite size and global charge conservation effects”, Phys. Rev. C 102, 024908 (2020)
- V. Vovchenko, O. Savchuk, R. V. Poberezhnyuk, M. I. Gorenstein та V. Koch, “Connecting fluctuation measurements in heavy-ion collisions with the grand-canonical susceptibilities”, Phys. Lett. B 811, 135868 (2020)
- O. Savchuk, R. V. Poberezhnyuk, V. Vovchenko та M. I. Gorenstein, “Binomial acceptance corrections for particle number distributions in high-energy reactions”, Phys. Rev. C101, 024917 (2020)
- O. Savchuk, V. Vovchenko, R. V. Poberezhnyuk, M. I. Gorenstein та H. Stoecker, “Traces of the nuclear liquid-gas phase transition in the analytic properties of hot QCD”, Phys. Rev. C 101, 035205 (2020)
- O. Savchuk, “Sensitivity of transverse momentum correlations to early-stage and thermal fluctuations”, (2024), arXiv:2402.12504 [hep-ph]

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези; програмні продукти, програмно-технологічна документація

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впровадження не планується

Зв'язок з науковими темами: 0123U100302 0118U003197

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Горенштейн Марк Ісакович

2. Mark I. Gorenstein

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-3032-7859

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417124

Місцезнаходження: вул. Метрологічна, буд. 14-б, Київ, 03143, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Магнер Олександр Григорович
2. Alexander G. Magner

Кваліфікація: д.ф.-м.н., с.н.с., 01.04.16

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 23724640

Місцезнаходження: проспект Науки, буд. 47, Київ, 03028, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Горкавенко Володимир Миколайович
2. Volodymyr M. Gorkavenko

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9468-5105

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, буд. 60, Київ, 01033, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лев Богдан Іванович
2. Богдан І. Лев

Кваліфікація: д.ф.-м.н., професор, 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417124

Місцезнаходження: вул. Метрологічна, буд. 14-б, Київ, 03143, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Назаренко Андрій Володимирович
2. Andrii V. Nazarenko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., ст. наук .співр., 01.04.02

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут теоретичної фізики ім. М. М. Боголюбова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417124

Місцезнаходження: вул. Метрологічна, буд. 14-б, Київ, 03143, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Гаврилик Олександр Михайлович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Гаврилик Олександр Михайлович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Вчений секретар спецради Ярослав ЗОЛОТАРЮК
Реєстратор	УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

Юрченко Тетяна Анатоліївна