FACULTY OF PHYSICS AND ASTRONOMY

INSTITUTE OF THEORETICAL PHYSICS
pl. Maksa Borna 9
50-204 Wroclaw | Poland

Tel. +48 71 375 94 08 | +48 71 375 92 86 | + 48 71 375 95 66
Fax +48 71 321 44 54

www.ift.uni.wroc.pl

Review

on the dissertation of Baiseitov Kassymkhan Mukhtaruly
"Kinetic and wave properties of quark-gluon plasma",
submitted for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the specialty 8D05306 – "Physics"

The dissertation is devoted to a comprehensive investigation of the kinetic and wave properties of the quark-gluon plasma (QGP), a new state of matter that was the dominant form of matter in the Early Universe during the first microseconds after the Big Bang. The primary aim of the research was to analyze the behavior of this plasma under extreme conditions of temperature and density within the framework of kinetic and hydrodynamic theoretical model descriptions. Specifically, these models were chosen to account for dissipative physical phenomena: the kinetic model considers the effects of pair collisions between particles, while the hydrodynamic model considers the influence of viscosity, a measure of the plasma's internal resistance to flow.

The main challenge of this study is the inclusion of interactions via strong forces in the QGP, which is formulated in the scope of quantum chromodynamics (QCD). While QCD is the fundamental theory for strong interactions, ab-initio calculations are nontrivial and diverse from experimental results for a system as complex as the QGP. In order to cope with this complexity, the dissertation focuses on collective effects within the QGP, addressing the macroscopic behavior that emerges from the interactions in the many-body system of quarks and gluons. Understanding these collective properties is essential to characterize the new state of matter.

The methodology of the dissertation includes the application of a previously derived and published dielectric function. This function, which describes the response of the plasma to electromagnetic fields, is now accepted as an approximate and sufficiently accurate approach. It allows for the description of the QGP's chromo-permittivity by showing an analogy with the well-known theory of electromagnetic permittivity in simple electromagnetic plasmas.

In order to address the characterized problems, the candidate Kassymkhan Baiseitov derived and analyzed the mathematical relationships for the dielectric response functions, which describe how the waves propagate in the plasma medium and its surface. This is achieved by deriving dispersion relations for a spectrum of wave modes. These calculations were performed for waves propagating both through the bulk of the QGP medium and along its two-dimensional plane surface. A key aspect of the investigations was the comparative analysis of these advanced models against a simplified and idealized (Hard Thermal Loop) model – namely, collisionless and zero-viscosity regimes. This comparative approach was crucial for isolating the properties of each dissipative effect.

The findings of this research are substantial and reveal several key insights:

1. Frequency Reduction: The study conclusively established that the inclusion of dissipative factors, namely inter-particle collisions and viscosity, leads to a measurable decrease

FACULTY OF PHYSICS AND ASTRONOMY

INSTITUTE OF THEORETICAL PHYSICS
pl. Maksa Borna 9
50-204 Wroclaw | Poland

Tel. +48 71 375 94 08 | +48 71 375 92 86 | + 48 71 375 95 66
Fax +48 71 321 44 54

www.ift.uni.wroc.pl

in the oscillation frequency of waves within the QGP.

2. Inhibited Charge Separation: It was further demonstrated that an increase in the particle collision rate, particularly in the long-wavelength limit, results in a reduction of oscillatory mode frequencies. This damping effect, in turn, acts to complicate the process of charge separation within the plasma, a fundamental process in plasma dynamics.

3. Emergence of New Modes: The research revealed that accounting for collisions and viscosity is not merely a damping influence but also a generative one, leading to the emergence of previously unobserved oscillation modes within the spectrum of QGP surface waves.

4. Strong Wave Dispersion: Subsequent analysis confirmed the presence of strong wave dispersion in the QGP at long wavelengths, a phenomenon directly attributable to the combined effects of particle collisions and the viscous nature of the medium. This means the wave speed becomes strongly dependent on its wavelength, significantly affecting how signals and energy propagate through the plasma.

The results obtained are novel and provide information on a more detailed physical picture of QGP dynamics. They open promising new prospects for both fundamental theoretical research and potential applications in experimental studies in high-energy physics.

The research work of Kassymkhan Baiseitov, as evidenced by this dissertation and his accompanying record of achievement, demonstrates his ability to conduct independent research. This is validated by multiple publications in peer-reviewed international journals such as "Contribution to Plasma Physics" and "Physics of Particles and Nuclei Letters." Furthermore, his active participation and presentation of these findings at international conferences, including the 47th European Conference on Plasma Physics (EPS2021) in Spain and the 17th Conference on the Physics of Nonideal Plasmas (PNP2021) in Dresden, Germany, shows his ability to engage with the global scientific community.

In conclusion, the body of work presented in this dissertation, through its methodological rigor, novel findings, and significant contribution to the field, fully satisfies all the requirements for the Doctor of Philosophy (PhD) degree. I believe that Kassymkhan Baiseitov has proven himself worthy of being awarded the PhD in the specialty 8D05306 - Physics.

Wroclaw, 19.11.2025

Prof. dr hab. Dr h.c. David Blaschke
(Foreign scientific consultant)

ФАКУЛЬТЕТ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ

ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ
Площадь Макса Рожденного 9
50–204 Вроцлав | Польша

Тел . +48 71 375 94 08 | +48 71 375 92 86 | + 48 71 375 95 66
Факс +48 71 321 44 54

www.ift.uni.wroc.pl

Отзыв

на диссертацию Байсеитова Қасымхана Мұхтарұлы
«Кинетические и волновые свойства кварк-глюонной плазмы»,
представленную на соискание учёной степени доктора философии (PhD) по специальности 8D05306 – «Физика»

Диссертация посвящена комплексному исследованию кинетических и волновых свойств кварк-глюонной плазмы (КГП) – нового состояния материи, доминирующего в ранней Вселенной в течение первых микросекунд после Большого взрыва. Основной целью исследования был анализ поведения этой плазмы в экстремальных условиях температуры и плотности в рамках кинетических и гидродинамических теоретических моделей. В частности, эти модели были выбраны для учёта диссипативных физических явлений: кинетическая модель учитывает эффекты парных столкновений частиц, а гидродинамическая – влияние вязкости – меры внутреннего сопротивления плазмы течению.

Основная задача данного исследования — включение взаимодействий посредством сильных сил в КГП, сформулированную в рамках квантовой хромодинамики (КХД). Хотя КХД является фундаментальной теорией сильных взаимодействий, расчёты из первых принципов нетривиальны и отличаются от экспериментальных результатов для такой сложной системы, как КГП. Чтобы справиться с этой сложностью, диссертация фокусируется на коллективных эффектах в КГП, рассматривая макроскопическое поведение, возникающее из взаимодействий в многочастичной системе кварков и глюонов. Понимание этих коллективных свойств необходимо для характеристики нового состояния материи.

Методология диссертации включает применение ранее выведенной и опубликованной диэлектрической функции. Эта функция, описывающая реакцию плазмы на электромагнитные поля, в настоящее время принята в качестве приближённого и достаточно точного подхода. Она позволяет описать хромодиэлектрическую проницаемость КГП, демонстрируя аналогию с известной теорией электромагнитной диэлектрической проницаемости в простой электромагнитной плазме.

Для решения поставленных задач соискатель Қасымхан Байсеитов вывел и проанализировал математические соотношения для функций

ФАКУЛЬТЕТ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ

ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ
Площадь Макса Рожденного 9
50–204 Вроцлав | Польша

Тел . +48 71 375 94 08 | +48 71 375 92 86 | + 48 71 375 95 66
Факс +48 71 321 44 54

www.ift.uni.wroc.pl

диэлектрического отклика, описывающих распространение волн в плазменной среде и на её поверхности. Это достигается путём вывода дисперсионных соотношений для спектра волновых мод. Расчёты проводились для волн, распространяющихся как через в среде КГП, так и вдоль её двумерной плоской поверхности. Ключевым аспектом исследований стал сравнительный анализ этих усовершенствованных моделей с упрощённой и идеализированной моделью (жёсткая тепловая петля – hard thermal loop), а именно в режимах без столкновений и нулевой вязкости. Этот сравнительный подход имел решающее значение для выделения свойств каждого диссипативного эффекта.

Результаты этого исследования существенны и раскрывают несколько ключевых идей:

1. Снижение частоты: Исследование окончательно установило, что учет диссипативных факторов, а именно межчастичных столкновений и вязкости, приводит к измеримому снижению частоты колебаний волн внутри КГП.

2. Замедление разделения зарядов: Было также продемонстрировано, что увеличение частоты столкновений частиц, особенно в пределе длинных волн, приводит к снижению частот колебательных мод. Этот эффект затухания, в свою очередь, затрудняет процесс разделения зарядов в плазме – фундаментальный процесс в плазменной динамике.

3. Появление новых мод: исследование показало, что учет столкновений и вязкости оказывает не только демпфирующее, но и генеративное влияние, приводя к появлению ранее не наблюдавшихся мод колебаний в спектре поверхностных волн КГП.

4. Сильная дисперсия волн: Последующий анализ подтвердил наличие сильной дисперсии волн в КГП на больших длинах волн, явление, напрямую обусловленное совокупным влиянием столкновений частиц и вязкости среды. Это означает, что скорость волны становится сильно зависимой от её длины, существенно влияя на распространение сигналов и энергии в плазме.

Полученные результаты являются новыми и дают информацию о более детальной физической картине динамики КГП. Они открывают новые многообещающие перспективы как для фундаментальных теоретических исследований, так и для потенциальных приложений в экспериментальных исследованиях в области физики высоких энергий.

ФАКУЛЬТЕТ ФИЗИКИ И АСТРОНОМИИ

ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ
Площадь Макса Рожденного 9
50–204 Вроцлав | Польша

Тел . +48 71 375 94 08 | +48 71 375 92 86 | + 48 71 375 95 66
Факс +48 71 321 44 54

www.ift.uni.wroc.pl

Научная работа Қасымхана Байсеитова, как это подтверждается данной диссертацией и прилагаемым списком достижений, демонстрирует его способность к самостоятельному исследованию. Это подтверждается многочисленными публикациями в рецензируемых международных журналах, таких как «Contribution to Plasma Physics» и «Physics of Particles and Nuclei Letters». Кроме того, его активное участие и представление результатов на международных конференциях, включая 47-ю Европейскую конференцию по физике плазмы (EPS2021) в Испании и 17-ю конференцию по физике неидеальной плазмы (PNP2021) в Дрездене, Германия, свидетельствует о его способности взаимодействовать с мировым научным сообществом.

В заключение стоит отметить, что представленная в данной диссертации работа благодаря своей методологической строгости, новизне результатов и значительному вкладу в данную область полностью соответствует всем требованиям, предъявляемым к доктору философии (PhD). Считаю, что Қасымхан Байсеитов проявил себя достойным присуждения учёной степени доктора философии (PhD) по специальности 8D05306 – Физика.

/подпись имеется/

Вроцлав, 19.11.2025

Профессор, доктор наук Дэвид Б. Блашке
(Иностранный научный консультант)