

Отчёт о работе
Отдела теоретической физики
ИФВЭ
в 2007 г.



Протвино 2007

Содержание

<u>1. Физика высоких энергий и физика частиц</u>	1
<u>2. Классическая и квантовая гравитация</u>	3
<u>3. Методы квантовой и классической теории поля. Математическая физика.</u>	4
<u>Список публикаций</u>	6

Физика высоких энергий

и

физика частиц

Дан анализ переходного состояния в адронных и ядерных столкновениях, характеризуемого т.н. «направленным потоком», как когерентного состояния массивных кварков. Его вращение есть результат сохранения углового момента. Предсказана характерная зависимость корреляционных функций от азимутального угла. Малое значение «направленного потока» могло бы служить указанием на образование кварк-глюонной плазмы [1].

На основе оптической аналогии предложена новая физическая интерпретация насыщения условия унитарности, приводящей к тому, что эффект «антитеневого» рассеяния является результатом отражения волн. Обнаружена интересная аналогия с фазой Берри и даны предсказания для LHC и экспериментов с космическими лучами [2].

Предложена новая, «струнная», КХД - интерпретация недавно обнаруженных коллаборацией BELLE экзотических состояний $X(3872)$ и $Z'(4430)$ [3].

Даны предсказания для возможности наблюдения B_c -мезона в распадных каналах с B_s -мезоном в конечном состоянии [4].

В рамках КХД дано предсказание для средней множественности адронов в e^+e^- событиях, инициированных первичной кварковой парой $\tilde{t} t$ при энергии 0.5 ТэВ (номинальная энергия в проекте ИС).

Теоретически вычислена средняя множественность адронов в распадах t -кварка [5]:

$$n_t = 40.78 \pm 0.27.$$

В рамках простого предположения о факторизации смешивания векторных состояний с изоскалярными компонентами в эффективных амплитудах нарушения изоспина, обусловленного электромагнитными токами кварков, сделана оценка относительной вероятности радиационного распада $J/\psi \rightarrow a_0$ на уровне 10^{-3} [6]

Даны предсказания для дифракционной картины углового распределения квазиупруго рассеянных протонов в процессе центрального эксклюзивного рождения частиц (Хиггс, струи и т.д.) на LHC [7].

Разработана модифицированная версия генератора событий Монте-Карло **EDDE Version 2.1** для процессов центрального дифракционного рождения [8] .

В рамках Редже-эйконального подхода с нелинейными траекториями Редже дано описание полных и дифференциальных упругих адрон-адронных сечений , а также сечений эксклюзивного электророждения векторных мезонов [9] .

Выполнен цикл работ по явлениям пионной конденсации и цветовой сверхпроводимости, которые могут наблюдаться в плотной барионной материи, в качестве которой рассматривалась среда из кварков с 2 или 3 лёгкими ароматами. При этом учитывалось внешнее хромагнитное поле, имитирующее глюонный конденсат [10].

В рамках формализма на световом конусе исследованы волновые функции мезонов в процессах

$$e^+e^- \rightarrow J/\psi J/\psi, J/\psi \psi \bar{\psi}$$

и, в частности, влияния суммирования рапправок. Последние очень важны при рассмотрении рождения высших возбуждений чармония.

Полученные результаты согласуются с полученными коллаборацией БЕЛЛЬ верхними оценками [11].

На базе локально-дуальной версии правил сумм КХД исследовался пионный формфактор. Получены предсказания в широкой области переданных импульсов. При этом оказывается, что непертурбативные вклады важны вплоть до весьма больших передач [12].

Показано, что относительное движение кварков в мезоне приводит к увеличению сечения процесса $e^+e^- \rightarrow J/\psi \eta_c$. Кроме того, тот же самый эффект приводит к увеличению ширины скалярных и тензорных мезонов в распадах на два векторных мезона, так что распад $\chi_{b0,2} \rightarrow 2J/\psi$ может быть использован для наблюдения этих мезонов на коллайдерах Tevatron и LHC [13].

Рождения состояний чармония в адронных взаимодействиях рассмотрено с учётом нелидирующих порядков по константе связи. Показано, что в таком подходе можно решить важные проблемы, которые возникают лишь при учёте лидирующих членов. В частности, можно получить распределения по поперечному импульсу чармония, а также дать естественное объяснение рождению χ_{c1} - мезона [14].

В рамках модели с псевдоскалярным мезоном Хиггса на примере процесса $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^- \nu \bar{\nu}$ показано, что учёт поляризаций частиц в конечном состоянии может решить проблему дискриминации скалярного и псевдоскалярного бозонов Хиггса. Изучение каскадных распадов τ -лептонов позволяет определить CP-состояние бозона Хиггса и величину и знак константы связи [15].

Исследована возможность обнаружения эффектов присутствия нового псевдоскалярного хиггсовского бозона при анализе данных по процессу $e^+e^- \rightarrow b \bar{b} \nu \bar{\nu}$, полученных в экспериментах на коллайдере LEP II. В результате проведенного моделирования показано, что данные LEP II по процессу $e^+e^- \rightarrow b \bar{b} \nu \bar{\nu}$ могут либо дать указание на присутствие псевдоскалярного состояния хиггсовского бозона, либо позволят ограничить разрешенную область констант связи псевдоскалярного хиггсовского бозона с b-кварками [16].

Классическая и квантовая гравитация

На примере гравитирующего пылевого шара показано, что высказывавшаяся ранее идея о возможности существования систем материальных тел с полной энергией, равной нулю, физически нереализуема [17].

В рамках классического гравитационного поля показано, что уравнения общей теории относительности (ОТО) Эйнштейна с космологическим членом после согласования их с пространством Минковского видоизменяются и приобретают форму уравнений релятивистской теории гравитации (РТГ). Они и приводят к кардинально другим физическим выводам, в отличие от ОТО в эволюции Вселенной и коллапсе [18].

В предположении о нарушении общей ковариантности до унимодулярной исследовано влияние возникающего при этом скалярного гравитона на статическую сферически симметричную метрику. Выясняется, что при этом, во-первых, вместо однопараметрического семейства метрик, получающихся в ОТО («чёрные дыры»), появляется двухпараметрическое семейство; во-вторых, может существовать однопараметрическое подсемейство, описывающее чисто гравитационный объект («гравиболл»), отсутствующий в ОТО; в-третьих, при некоторых упрощающих предположениях все метрики обладают правильным ньютоновским пределом [19].

Рассмотрена эволюция изотропной однородной вселенной на основе представления о скалярных гравитонах как источнике тёмной энергии и тёмной материи. Получено самосогласованное решение модифицированных уравнений гравитации, правильно описывающее ускоренное расширение пространственно-плоской вселенной. Сценарий со скалярными гравитонами воспроизводит результаты известной модели Λ CDM, сводя при этом «тёмную материю» к артефакту [20].

Наблюдаемая малая величина космологической постоянной естественно связана с масштабом нарушения суперсимметрии в согласии с другими оценками этого масштаба в физике частиц [21].

Получено численное решение уравнений РТГ для эффективной метрики центрально-симметричной статической задачи, элементы которой оказываются гладкими функциями, не имеющими каких-либо сингулярностей [22].

Исследована модель Рэндалла-Сундрума с малой кривизной. При этом найдено, что спектр масс калуца-кляйновских гравитонов подобен соответствующему спектру в модели с одним дополнительным плоским измерением. Дана оценка для эффектов гравитации в сечения рассеяния электронов при энергии 1 ТэВ. Вычисления проведены на основе аналитической формулы, которая описывает вклады виртуальных гравитонов. Учтены конечные ширины КК-гравитонов [23].

Дан чисто алгебраический вывод результата Шредингера, полученного в 1940 году, для спектра атома водорода в пространстве постоянной кривизны [24].

Методы квантовой и классической теории поля. Математическая физика.

Построено асимптотическое разложение по степеням константы связи сечения парного рождения и распада фундаментальных нестабильных частиц. Кулоновские сингулярности и сингулярные вклады, возникающие в результате разложения пропагаторов нестабильных частиц, трактуются в смысле обобщенных функций. Данный прием позволяет привести все вычисления к вычислению абсолютно сходящихся интегралов. Методика приведения разработана в любом порядке разложения и подготовлена для перехода непосредственно к численным расчетам [25].

Уравнение Тоды задано выбором группы Ли и Z -градуировки ее алгебры Ли. На основе ранее построенной классификации Z -градуировок скрученных алгебр Ли петель классических комплексных алгебр Ли завершена классификация уравнений Тоды, ассоциированных с группами петель классических комплексных групп. Описаны все абелевы уравнения Тоды, входящие в этот класс. Доказано, что в случае комплексной общей линейной группы метод Хироты нахождения солитонных решений приводит к тем же результатам, что и метод рационального одеяния [26].

Изучены интегральные представления полиномиальных решений квантовых уравнений Книжника-Замолодчикова, ассоциированных с R -матрицей шестивершинной модели. Доказано, что в случае, когда параметр деформации q равен $\exp(\pm 2\pi i/3)$ и число вертикальных линий решетки нечетно, рассматриваемое решение является собственным вектором трансфер-матрицы неоднородной шестивершинной модели. В однородном пределе этот вектор является вектором основного состояния антиферромагнитной XXZ цепочки с параметром анизотропии Δ равным $-1/2$. Полученные интегральные представления для компонент этого вектора позволили доказать ряд гипотез об их свойствах, сформулированных ранее [27].

Впервые дана явная реализация массивных супермультиплетов для частиц со спином $3/2$ как с простой, так и с расширенной симметрией, а для частиц произвольного спина (целого и полуцелого) для случая простой $N=1$ суперсимметрии. Построение основано на суперсимметричном обобщении калибровочно инвариантного описания частиц с высшими спинами, при котором массивные супермультиплеты строятся из соответствующего набора безмассовых [28].

Рассмотрен общий алгебраический подход к статистическим уравнениям матричных моделей. В предлагаемом подходе уравнения движения рассматриваются как следствие трилинейных коммутационных отношений парафермионного типа. Получено несколько решений и показано, что обсуждаемая в литературе конструкция некоммутативных сфер высоких размерностей в действительности соответствует парафермионам. В случае четномерных некоммутативных сфер существуют только сферы размерности два и четыре [29].

Рассмотрена квантовая суперинтегрируемая система, описывающая магнитный диполь с произвольным спином в магнитном поле линейного тока. Алгебра динамической симметрии остается той же, что и для спина $\frac{1}{2}$ [30].

Изучена наиболее общая форма 3-х мерной интегрируемой системы с аксиальной симметрией и симметрией относительно отражений, допускающей нетривиальный интеграл движения, квадратичный по импульсам. Разделение переменных в такой системе происходит в сфероидальной системе координат. Рассмотрены классический и квантовый случаи [31].

Дано решение расширенной модели Фридрихса. Гамильтониан описывает взаимодействие бозонов и фермионов с состояниями с непрерывным спектром (продуктами распадов). Формальное решение задачи на собственные значения полученное в работе может использоваться в реалистических моделях распадов ядер [32].

Дан обзор исследований в области классических и квантовых интегрируемых систем в плоском пространстве и пространстве постоянной кривизны [33].

Изучена факторизация меры функционального интеграла типа Винера для полей Янга-Миллса. Получено интегральное соотношение между функциональными интегралами на первоначальном многообразии полей Янга-Миллса и на редуцированном многообразии, отвечающем кулоновой калибровке [34].

Дан обзор результатов по КХД при конечных температурах в рамках решётчатого подхода [35].

Изучено поведение глюонного пропагатора в инфракрасной области в рамках SU(2)-РКХД и в связи с проблемой копий Грибова. Начиная с импульсов порядка 300 МэВ зависимость от импульса очень слабая [36, 37].

Изучалась SU(2) глюодинамика при конечных температурах в окрестности фазового перехода к деконфайнменту. Даны оценки топологической восприимчивости при фазовом переходе [38, 39, 40].

В рамках РКХД с двумя ароматами вильсоновских фермионов вычислено пространственное натяжение струны при переходе от низких температур к высоким. При низких температурах пространственное натяжение струны хорошо согласуется с натяжением струны при нулевой температуре и не увеличивается вплоть до максимально возможных температур [41].

Список публикаций

1. S.M. Troshin & N.E. Tyurin.

Directed flow as effect of transient matter rotation in hadron and nucleus collisions.
[arXiv:0709.4090]

2. S.M. Troshin & N.E. Tyurin.

Reflective scattering effects in double-pomeron exchange processes.
[arXiv:0707.1188] ;

Reflective scattering from unitarity saturation.
Int.J.Mod.Phys.A22:4437-4449,2007.

3. S.S. Gershtein, A.K. Likhoded , G.P. Pronko

Possible nature of $Z^+(4430)$.
[arXiv:0709.2058]

4. S.S. Gershtein, A.K. Likhoded.

c-quark decay modes in B(c)-meson.
[arXiv:0706.0963]

5. A.V. Kisselev, V.A. Petrov

Hadron multiplicity in e^+e^- events induced by top quark pair at the ILC energy.

e-Print: arXiv:0711.3150 [hep-ph]. Принято к печати в PMC Physics A (2008).

6. V. V. Kiselev.

Isospin breaking in scalar and pseudoscalar channels of radiative J/ψ -decays [Нарушение изотопической симметрии в скалярных и псевдоскалярных каналах радиационных распадов J/ψ]

hep-ph/0702062

7. V.A. Petrov, R.A. Ryutin

Patterns of the exclusive double diffraction.
e-Print: arXiv:0711.2370 [hep-ph]. Принято к печати в Journ.Phys.G(2008).

8. V.A. Petrov, R.A. Ryutin, A.E. Sobol, J.-P. Guillaud

EDDE Monte Carlo event generator. Version 2.1
arXiv:0711.1794 [hep-ph]

9. A.A. Godizov, V.A. Petrov

Nonlinearity of Regge trajectories in the scattering region.
JHEP 0707:083,2007;

Regge-eikonal model for high energy elastic diffractive nucleon-nucleon scattering with a minimum number of reggeons.
Phys.Part.Nucl.39:89-100,2008;

A.A. Godizov

Nonlinearity of vacuum reggeons and exclusive diffractive production of vector mesons at HERA.
e-Print: arXiv:0710.1793 [hep-ph]

10. D. Ebert, K.G. Klimenko, V.L. Yudichev

Mass spectrum of diquarks and mesons in the color-flavor locked phase of dense quark matter.
HU-EP-07-18, May 2007.
e-Print: arXiv:0705.2666 [hep-ph]

D. Ebert, K.G. Klimenko, .L. Yudichev.

Mesons and diquarks in neutral color superconducting quark matter with beta-equilibrium.
HU-EP-06-25, Aug 2006. 17pp.
Published in Phys.Rev.D75:025024,2007.

V.Ch. Zhukovsky, K.G. Klimenko, A.M. Shchelkachev.

Pion condensation in a medium with massive quarks under influence of chromomagnetic field.
Published in Vestn.Mosk.Univ.Fiz.Astron.62N6:69-71,2007.

11. B.B. Брaгута.

Double charmonium production at B-factories and charmonium distribution amplitudes.
AIP Conf.Proc.964:118-123,2007;

The study of double vector charmonium mesons production at B-factories within light cone formalism.
arXiv:0712.1475 ;

The study of leading twist light cone wave functions of 2S state charmonium mesons.
arXiv:0709.3885. Phys.Rev.D77:034026,2008;

The study of leading twist light cone wave functions of J/psi meson.
Phys.Rev.D75:094016,2007

12. V.Braguta , W.Lucha , D. Melikhov.

Pion form-factor at spacelike momentum transfers from local-duality QCD sum rule.
Phys.Lett.B661:354-359,2008

13. V.V. Braguta, A.K. Likhoded, A.V. Luchinsky

Tevatron and LHC potential for observing χ/b .
ЯФ **70:410-421,2007.**

14. A.K. Likhoded, A.V. Luchinsky

Charmonium production in hadronic experiments at the energy 70- GeV.
Phys.Atom.Nucl.71:294-308,2008.

15. А. А. Лиходед

Восстановление свойств хиггсовского бозона по продуктам распада τ - лептона в процессе $e^+ e^- \rightarrow \tau\tau + \nu\nu$.
ЯФ, 71(2008) 1.

16. А.А. Лиходед,
Псевдоскалярный хиггсовский бозон в экспериментах на e^+e^- коллайдера
Будет опубликовано в ЭЧАЯ, 2008.

17. А.А. Логунов, М. А. Мествиришвили.

Может ли определенное количество вещества иметь нулевую энергию?

Статья принята к печати в Докладах РАН.

18. S.S. Gershtein, A.A. Logunov, M.A. Mestvirishvili.

Cosmological constant and Minkowski space.
Published in Phys.Part.Nucl.38:291-298,2007

19. Yu.F. Pirogov

Scalar graviton and the modified black holes.
Published in Phys.Atom.Nucl.71:289-293,2008.

20. Yu.F. Pirogov

Accelerated expansion of the universe filled up with the scalar gravitons.
e-Print: arXiv:0704.1638 [gr-qc]

21. V.V. Kiselev, S.A. Timofeev

Natural scale of cosmological constant in seesaw mechanism with broken SUSY

arXiv:0710.1685 [hep-th];

Small cosmological constant in seesaw mechanism with breaking down SUSY

arXiv: 0710.2204 [hep-th].

22. Anton Godizov

Numerical Spherically Symmetric Static Solution of the RTG Equations Outside the Matter.
Published in Central Eur.J.Phys.5:201-206, 2007.

23. A.V. Kisselev

RS model with the small curvature and Bhabha scattering at the ILC

Talk at the Int. School-Seminar «Actual Problems of Microworld Physics », Gomel,
Belarus, July 23 - August 3, 2007, to appear in Proceedings.

24. Г. П. Пронько.

Задача Кеплера в пространстве постоянной кривизны.
arXiv:0705.3111, принято к печати в ТМФ.

25. M.L. Nekrasov

Modified perturbation theory for pair production and decay of fundamental unstable particles.

arXiv:0709.3046 [hep-ph] . Направлено в Eur.J.Phys.C.

26. Kh. S. Nirov and A. V. Razumov

Toda equations associated with loop groups of complex classical Lie groups,
Nuclear Physics B (2007) 241–275;

On \mathbb{Z} -graded loop Lie algebras, loop groups, and Toda equations

arXiv:0705.2681 (будет опубликовано в журнале "Теоретическая и математическая физика").

27. A.V. Razumov, Yu.G. Stroganov and P.Zinn-Justin

Polynomial solutions of q -KZ equation and ground state of XXZ spin chain at $\Delta = -1/2$
Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical 40 (2007) 11827–1847.

28. Ю. М. Зиновьев.

Massive supermultiplets with spin 3/2

JHEP 05 (2007) 092;

Massive $N=1$ supermultiplets with arbitrary superspins
Nucl. Phys. B785 (2007) 98;

Massive supermultiplets with high spin particles

Доклад на конференции "Supersymmetry. Quantum symmetry".

Dubna, 31.07 - 06.08 2007. Будет опубликовано в Трудах конференции.

29.С.М. Клишевич

Matrix equations and trilinear commutation relations.

arXiv:0710.4343

30. Г.П. Пронько, Ю.Г. Строганов.

Quantum superintegrable system with arbitrary spin.

Journal of Physics A:Math.Theor., v. 40, N 44, p. 13331, 2007

31. M. Gadella, J. Negro and G. Pronko.

Classical and quantum 3-dimensional integrable systems with axial symmetry.

Journal of Physics A:Math.Theor., v. 40, N 35, p. 10791, 2007 .

32. O. Civitarese, M. Gadella and G. Pronko.

The Friedrichs model with fermion-boson coupling.

Int.Jour. of Mod. Phys.E, v. 16, p. 169, 2007

33. M. Gadella, J. Negro, M. Santander and G.Pronko.

Classical and quantum integrability in 3D-systems.

submitted to Journal of Physics A:Math.Theor.

34. S.N. Storchak

Path integral measure factorization in path integrals for diffusion of Yang-Mills fields.

arXiv:0711.2910 [hep-th].

[35] В. Г. Борняков и др. *Finite temperature Lattice QCD with two flavors of improved Wilson fermions.*

PoS LAT2007:171, 2007.

arXiv: 0711.1427 [hep-lat]

[36] В. Г. Борняков и др. *The Landau gauge gluon propagator: Gribov problem and finite-size effects.*

Presented at 25th International Symposium on Lattice Field Theory, Regensburg, Germany, 30 Jul - 4 Aug 2007.

Published in PoS LAT2007:318,2007.

arXiv:0710.3234 [hep-lat]

[37] В. Г. Борняков и др *Improved Landau gauge fixing and the suppression of finite-volume effects of the lattice gluon propagator.*

arXiv:0707.3611 [hep-lat]

[38] В. Г. Борняков и др. *Interrelation between monopoles, vortices, topological charge and chiral symmetry breaking: Analysis using overlap fermions for SU(2)*.
e-Print: arXiv:0708.3335 [hep-lat]

[39] В. Г. Борняков и др. *Study of the topological vacuum structure of SU(2) gluodynamics at $T > 0$ with overlap fermions and improved action*.
Presented at 25th International Symposium on Lattice Field Theory, Regensburg, Germany, 30 Jul - 4 Aug 2007.
Published in PoS LAT2007:315,2007.
arXiv:0710.2799 [hep-lat]

[40] В. Г. Борняков и др. *Calorons and dyons at the thermal phase transition analyzed by overlap fermions*.
Published in Phys.Rev.D76:054505,2007.
arXiv:0706.4206 [hep-lat]

[41] В. Г. Борняков и др. *Spatial string tension in $N(f) = 2$ lattice QCD at finite temperature*.
arXiv:0706.3125 [hep-lat]

Научно-популярные статьи

- [1] А. К. Лиходед, В. А. Петров. *К 33 годовщине «ноябрьской революции» или краткая история физики тяжёлых кварков*.
Новости и проблемы фундаментальной физики. Специальный выпуск(2007) 17-25.
- [2] В. А. Петров. *Теория относительности и её создатели*.
Новости и проблемы фундаментальной физики. Специальный выпуск(2007)26-37.