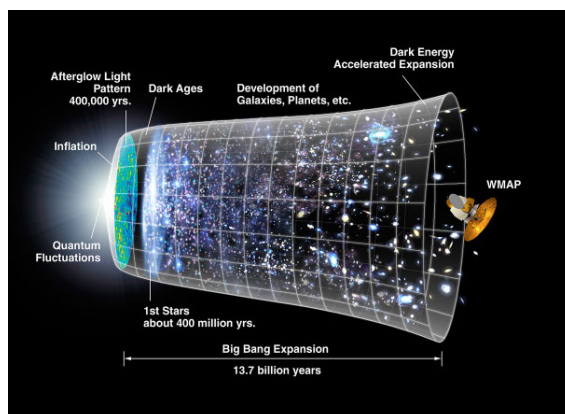




проводит набор студентов 3-го курса
и приглашает студентов 2-го курса выполнять курсовые работы

Дорогие друзья!

Интересует ли вас устройство нашей Вселенной? А может, вы мечтаете придумать новую теорию элементарных частиц? В общем, вас интересуют загадки фундаментальной физики? Тогда мы ждем вас!



Научная деятельность Кафедры физики частиц и космологии Физического факультета МГУ связана с задачами на стыке теоретической физики элементарных частиц, астрофизики и космологии. На Кафедре работают ученые-теоретики мирового уровня. Обучение студентов на Кафедре ориентировано на научную работу в сотрудничестве со специалистами из различных институтов - **НИИЯФ**, **ОИЯИ**, **ФИАН**, **ИТЭФ**. Кафедра поддерживает устойчивые научно-технические связи с зарубежными институтами, такими как **CERN**, **EPFL** (Швейцария), **ULB** (Бельгия), **ICRR** (Япония), **Boston U.** (США).

Базовым институтом кафедры является **Институт ядерных исследований РАН**.

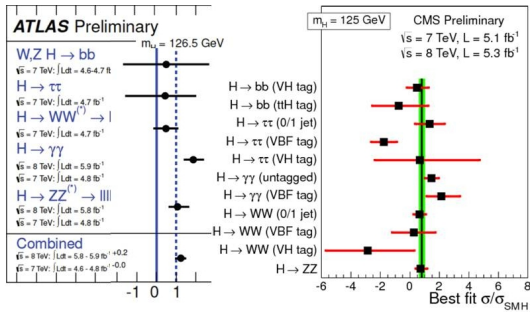
Контактная информация:

- Расположение: Физический факультет, комната **Ц66**.
- Интернет-портал: <http://ppc.inr.ac.ru>
- Группа ВКонтакте: <http://vk.com/club31765572>
- Электронная почта: ppc@ms2.inr.ac.ru
- Контактный телефон: +7(499) 7839291
- Помощник заведующего кафедрой **Савина Майя Павловна**: комната 2-22а, тел. +7(495)939-1207



Актуальные задачи физики частиц и космологии

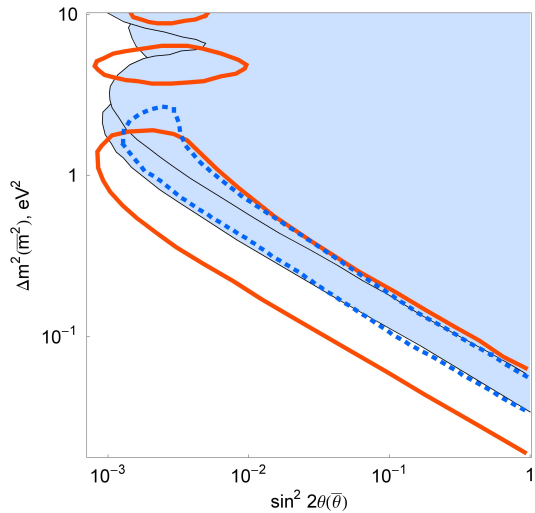
Нарушение электрослабой симметрии.



На ускорителе LHC обнаружена частица с массой около **125 ГэВ**, свойства которой напоминают свойства *бозона Хиггса* — ключевого элемента нарушения электрослабой симметрии в Стандартной модели элементарных частиц. На рисунке - отношение наблюдаемого сечения взаимодействия этой частицы к сечению стандартного бозона Хиггса для разных реакций (данные июля 2012 года; 1 соответствует Стандартной модели, 0 и меньше - отсутствию бозона Хиггса). В то же время не найдено никаких

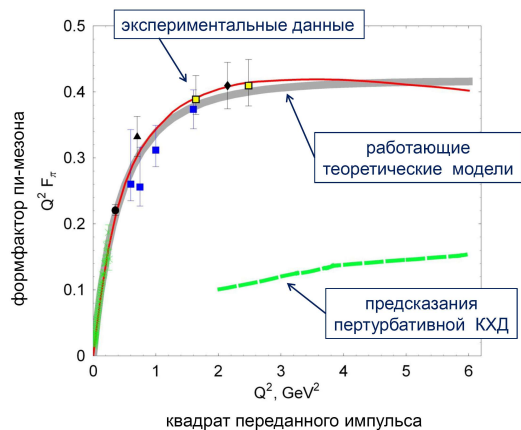
признаков "новой физики" которая, вероятно, требуется для объяснения значений параметров стандартного сценария. **Является ли открытая частица бозоном Хиггса Стандартной модели? Если да, то как объяснить специальные значения ее параметров? Если нет, то каков механизм электрослабого нарушения?**

Осцилляции нейтрино и антинейтрино.



Надежно установленный факт превращений нейтрино одного типа в нейтрино другого типа сам по себе не описывается Стандартной моделью физики частиц и является экспериментальным доказательством необходимости ее расширения – пока неизвестно, какого именно. В последнее время появился целый ряд указаний на то, что превращения, возможно, происходят по-разному для нейтрино и антинейтрино. На рисунке изображено пространство параметров осцилляций мюонных и электронных нейтрино. Закрашенная область соответствует исключенной для осцилляций нейтрино по данным экспериментов **MiniBooNE** и **KARMEN**, а контуры ограничивают область, соответствующую сигналу в осцилляциях антинейтрино (сплошные — **MiniBooNE 2011**, пунктирные — **LSND 2001**).

Описание разницы в осцилляциях нейтрино и антинейтрино, если таковая подтвердится, потребует существенного изменения представлений о физике частиц.

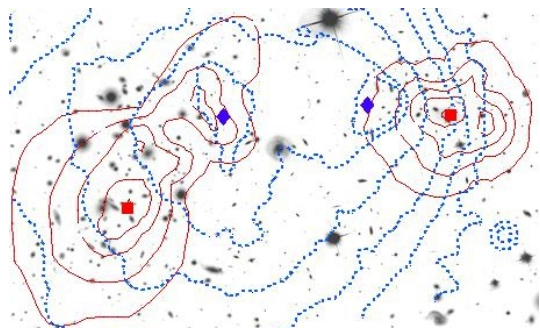


Связи составляет одну из основных нерешенных проблем квантовой теории поля.

Сильные взаимодействия.

В настоящее время основным методом квантовой теории поля является *теория возмущений по малой константе связи*. Метод теории возмущений, однако, неприменим для описания теории сильных взаимодействий — *квантовой хромодинамики* (сильные взаимодействия = большая константа связи!). Это не означает, что квантовая хромодинамика — неправильная теория. Это означает, что её нельзя применить и проверить в области низких энергий.

Описание квантовой хромодинамики в режиме сильной

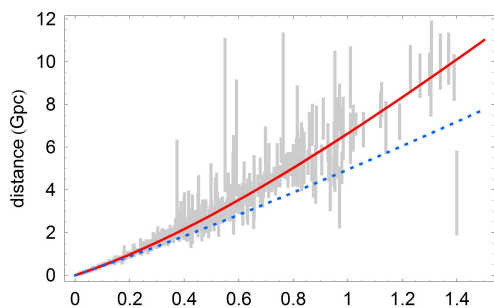


лежащих за скоплениями; максимумы — квадраты).

Тёмная материя во Вселенной

Данные астрофизических наблюдений указывают, что видимое вещество составляет $\sim 1/5$ от всей материи во Вселенной. Пунктирные кривые показывают распределение горячей плазмы (90% видимого вещества) сталкивающихся скоплений галактик **1E0657-558** (рентгеновский телескоп **Chandra**; максимумы — ромбы). Сплошные контуры — гравитационный потенциал (восстановленный по *гравитационному линзированию* галактик, лежащих за скоплениями; максимумы — квадраты).

Гравитационный потенциал галактик и скоплений создается в основном *тёмной материей* — невидимым веществом неизвестной природы.



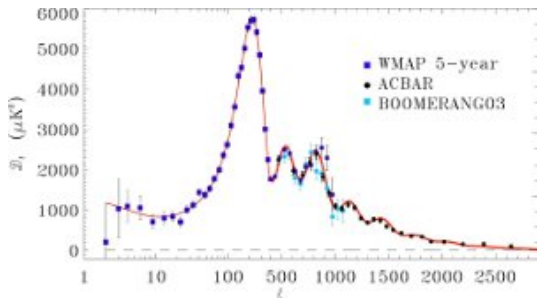
линии (пунктирной), ускоренное — верхней (сплошной). Вывод об ускоренном расширении Вселенной можно сделать и из многих других результатов.

Ускоренное расширение Вселенной (тёмная энергия).

(Нобелевская премия по физике 2011 года)

Диаграмма Хаббла — зависимость расстояния от *красного смещения* z спектральных линий далёких галактик, — построенная по наблюдениям сверхновых типа **Ia**. Серые линии — данные по отдельным сверхновым с экспериментальными ошибками (2010 г.). Равномерное расширение Вселенной соответствует нижней

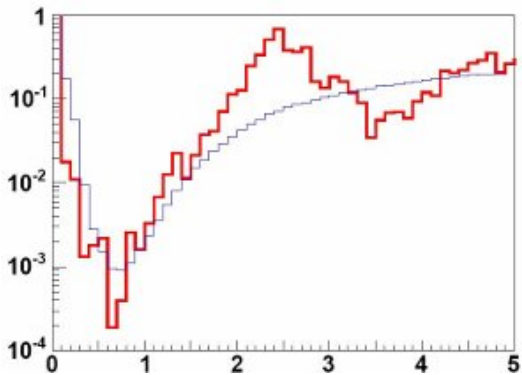
Ускоренное расширение можно объяснить тем, что $\sim 70\%$ энергии Вселенной составляет неизвестная, равномерно распределенная (не образующая галактики и скопления) компонента — *тёмная энергия*.



Очень ранняя Вселенная.

Во Вселенной ещё до стадий генерации тёмной материи и асимметрии между веществом и антивеществом почти наверняка была эпоха, ответственная за то, что наша Вселенная имеет такой большой размер и такую малую кривизну. Наиболее популярная гипотеза об этой эпохе — гипотеза *инфляции*. Предсказания инфляционной теории для углового спектра анизотропии реликтового излучения (сплошная линия) и экспериментальные данные.

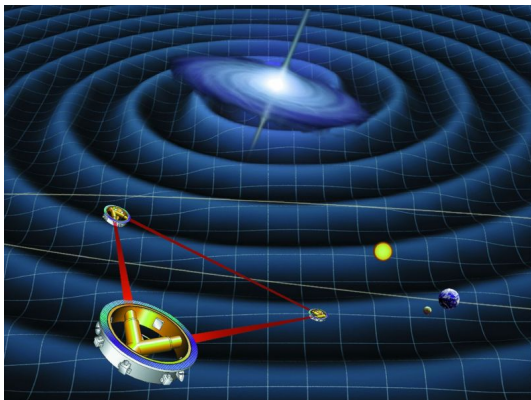
Инфляционная теория пока согласуется с данными космологических наблюдений. Тем не менее, большой интерес представляет построение альтернативных теорий.



Нейтральные частицы сверхвысоких энергий.

Направления прихода некоторой части космических частиц с энергией $> 10^{18}$ эВ, зарегистрированных экспериментом *HiRes stereo*, совпадают с точностью $< 1^\circ$ с положениями лацертид — активных галактик, удаленных от Земли на > 100 Мпк. Вероятность случайного совпадения $\sim 10^{-4}$. Отклонение заряженной частицы такой энергии в магнитном поле Галактики — не менее 10° .

Возможно, нейтральные частицы с энергией $> 10^{18}$ эВ приходят на Землю с расстояний > 100 Мпк. Длина свободного пробега во Вселенной фотонов и нейтронов такой энергии в 10 раз меньше, а нейтрино не было бы зарегистрировано экспериментом. Требуется новая физика.



на основе от Лоренц-инвариантности.

Модификация гравитации.

Общая теория относительности (ОТО) Эйнштейна является основным инструментом для описания эволюции однородной и изотропной Вселенной. Однако, на сегодняшний день существуют глубокие причины полагать, что эта теория не является окончательной. Главной теоретической проблемой является неперенормируемость квантовой теории гравитации на основе ОТО. Попытки построения непротиворечивых моделей на протяжении последних 50 лет не увенчались успехом. В последнее время (*Хоржава, 2009*) приобрели популярность модели, основанные на от-

Какие предсказания для существующих и планируемых экспериментальных установок дают эти модели? Кроме того, возможно ли в рамках этого подхода решить другие проблемы фундаментальной физики?



Космология и ее связь с физикой частиц

Космология — наука о Вселенной. В этом ее отличие от астрофизики, которая имеет дело с отдельными объектами, например, звездами, галактиками, черными дырами. Современная космология — *количественная* наука, она опирается на многочисленные наблюдательные данные, часть из которых отличается весьма высокой точностью, см. рис. 1.

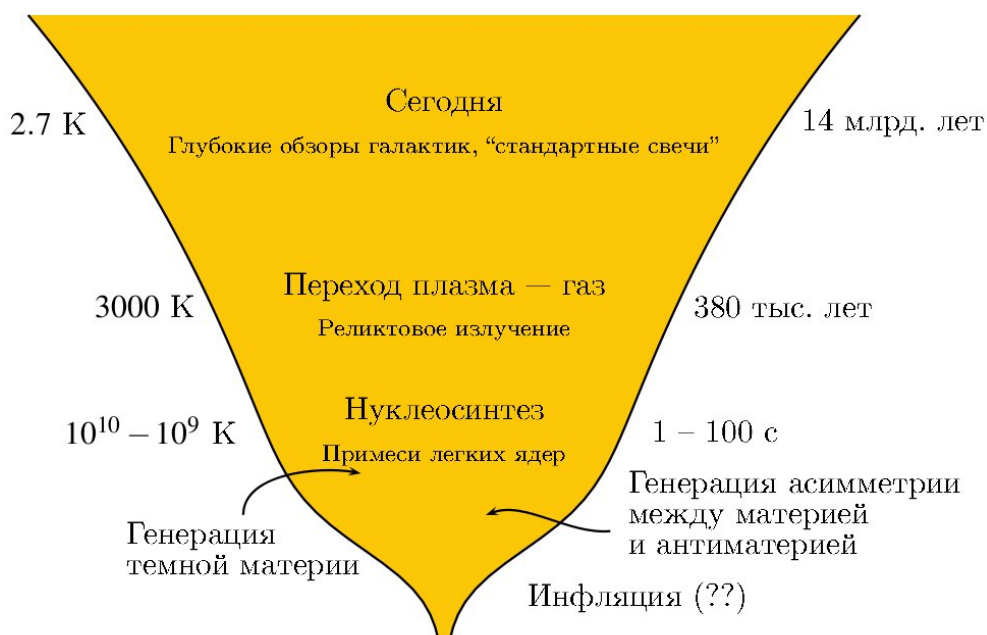


Рис. 1: Этапы эволюции Вселенной и данные о них.

Вселенная расширяется: трехмерное пространство растягивается, галактики удаляются друг от друга¹. Это означает, что вещество когда-то было гораздо более плотным, чем сейчас. Это вещество было очень горячим: мы точно знаем, что в эволюции Вселенной был этап, когда температура достигала 10^{10} К. Скорее всего, на еще более ранних стадиях достигались температуры на много порядков выше этой. Какие процессы происходили тогда во Вселенной? Какие следы этих процессов можно обнаружить сегодня? Это — один круг вопросов, на которые отвечает космология. Связь с физикой частиц здесь очевидна: при температурах, о которых идет речь, космическая среда состояла из элементарных частиц, эти частицы все время сталкивались друг с другом, а энергия столкновений была сравнима с энергией Большого адронного коллайдера и, вполне возможно, на порядки превышала ее.

Мы также знаем, что на каком-то этапе развития Вселенной произошла генерация *темной материи*, которая, по-видимому, состоит из массивных, стабильных, электрически нейтральных частиц. Эти частицы присутствуют сейчас в галактиках и скоплениях галактик (см. рис. 2 и рис. 3); плотность их массы в среднем по Вселенной примерно в 5 раз превышает плотность массы обычного вещества. Что это за частицы? Каковы их свойства? Как они появились во Вселенной? Как их искать в экспериментах на Земле? Такие вопросы особенно сближают космологию и физику частиц. Это же относится к проблеме *асимметрии*

¹Это не относится к галактикам, находящимся в гравитационно связанных системах, например, в скоплениях.

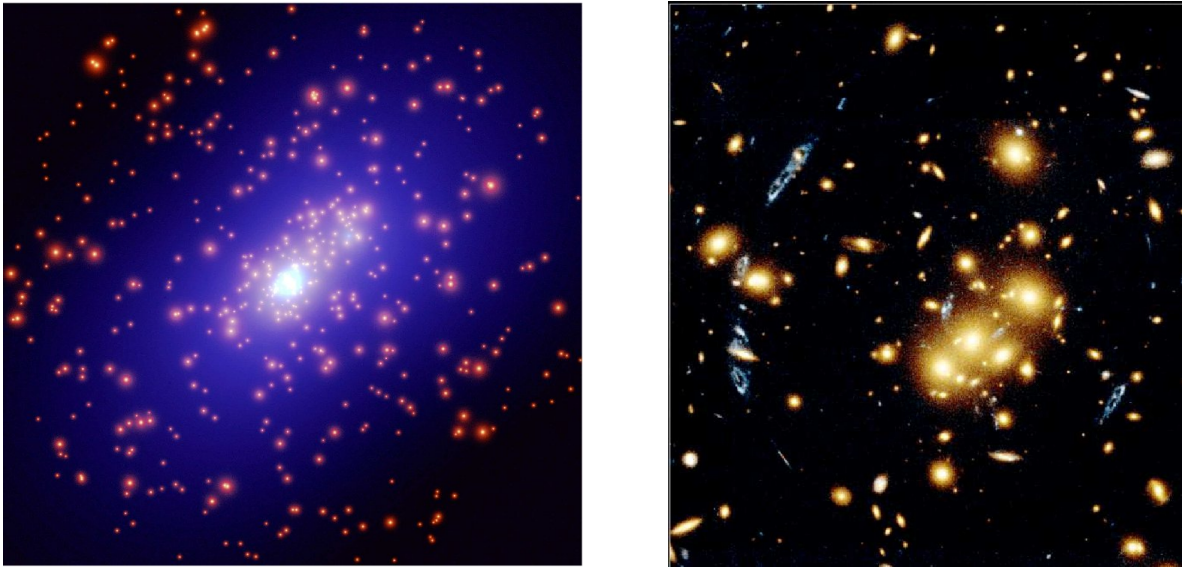


Рис. 2: Гравитационное линзирование скоплением галактик, вызванное искривлением лучей света гравитационным полем скопления. На правом рисунке желтым показаны галактики, входящие в скопление, голубые продолговатые объекты — изображения одной и той же галактики, расположенной за скоплением. Множественность изображений связана с неидеальностью линзы. Данные по линзированию позволяют определить гравитационный потенциал на разных расстояниях от центра скопления, и, следовательно, распределение полной плотности массы. Это распределение показано на левом рисунке: чем светлее область, тем больше плотность массы. Видно, что распределение массы не соответствует распределению светящегося вещества. Основную массу скопления составляет темная материя.

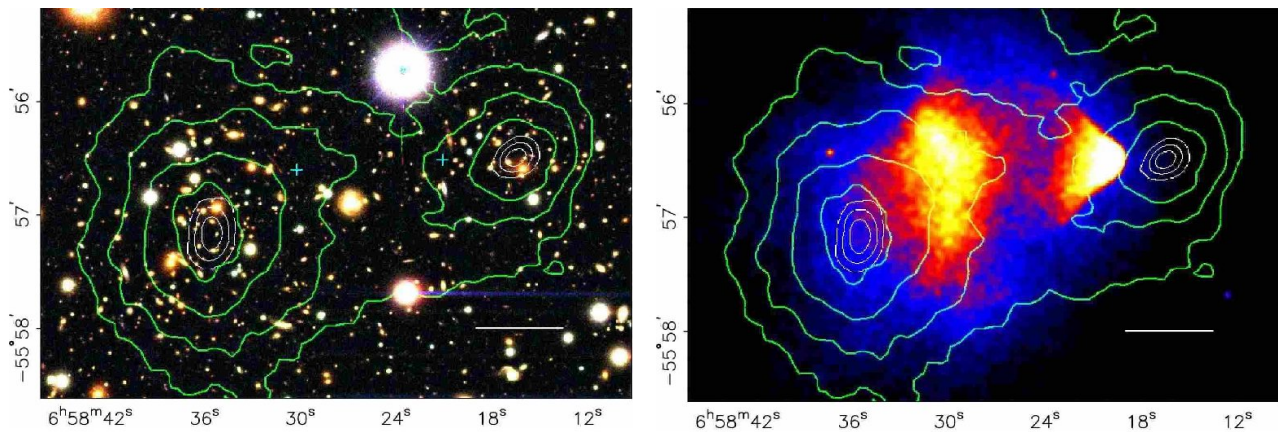


Рис. 3: Два скопления галактик после столкновения. Контуры показывают эквипотенциальные поверхности гравитационного потенциала, измеренные с помощью гравитационного линзирования. Основная масса сосредоточена внутри небольших областей, где контуры сгущаются. Обычная материя — это в основном горячий газ, его распределение измерено рентгеновским телескопом и показано цветом на правом рисунке. Газовые облака из-за трения отстали от основной массы. Эту массу составляет темная материя, не испытывающая трения.

между материей и антиматерией: вещество во Вселенной есть, а антивещества нет (или оно спрятано в очень компактных объектах типа антинейтронных звезд). Каким образом такая асимметрия образовалась в процессе эволюции Вселенной? Вопрос особенно нетривиален в связи с тем, что в ранней Вселенной активно рождалась и уничтожались пары «частица-античастица», так что вещества и антивещества было почти (но не совсем!) поровну.

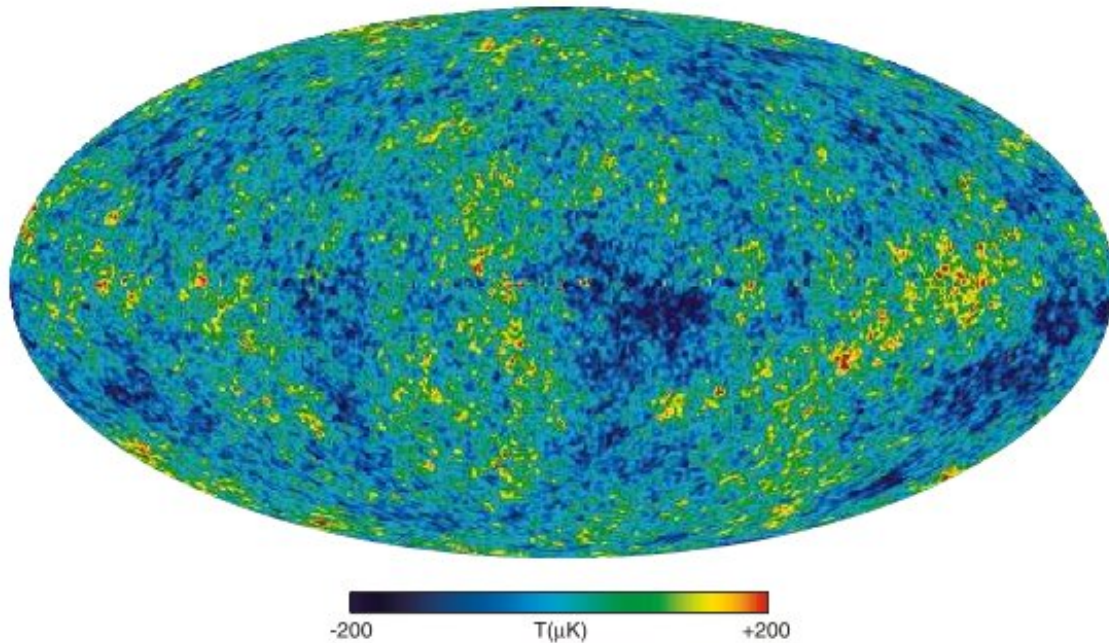


Рис. 4: Фотоснимок Вселенной в возрасте **380 тыс. лет**: зависимость температуры реликтового излучения от направления на небесной сфере. *Реликтовое излучение* — это фотоны, которые рождались, поглощались, рассеивались в космической среде, пока эта среда была плазмой (т.е. электроны не были связаны с протонами), и перестали взаимодействовать со средой после того, как Вселенная остыла, и электроны с протонами объединились в нейтральный водород (именно тогда возраст Вселенной составлял 380 тыс. лет). Современная температура реликтовых фотонов равна **2.725 К**, она вычтена на рисунке. Флуктуации температуры находятся на уровне $\delta T \sim 100 \mu\text{K}$, т.е. $\delta T/T \sim 10^{-4} - 10^{-5}$. Флуктуации температуры обязаны неоднородностям во Вселенной, поэтому этот фотоснимок несет много информации как о первичных неоднородностях, так и распространении фотонов по Вселенной.

Началась ли эволюция Вселенной сразу с горячей стадии, или перед этой стадией была какая-то другая эпоха? Сейчас можно с определенной уверенностью сказать, что какая-то другая эпоха была. Какая именно? Наиболее популярный ответ — эпоха *инфляции*, быстрого (экспоненциального) расширения Вселенной. В то время сколько-нибудь обычного вещества во Вселенной не было, а динамикой расширения управляло новое поле — инфлатон. Именно инфляции наша Вселенная обязана тем, что она такая большая и что трехмерное пространство в ней почти не искривлено (сумма углов треугольника со сторонами в *десятки миллиардов световых лет* равна 180 градусов — экспериментальный факт). Во время инфляции во Вселенной образовались *первичные неоднородности*, из которых потом сформировались первые звезды, галактики, скопления галактик, см. рис. 4. Механизмы генерации первичных неоднородностей, как и предсказания относительно их свойств несколько различаются в конкретных инфляционных моделях, но общим для них является то, что первоисточником этих неоднородностей служат *вакуумные флуктуации квантовых полей*.

Многие модели инфляции согласуются со всеми имеющимися наблюдательными данными. Это, однако, не означает, что гипотезу об инфляции можно считать доказанной. У этой гипотезы имеются конкуренты, которые пока тоже не противоречат наблюдениям. Развитие разных вариантов теории инфляции и конкурирующих теорий, получение наблюдаемых следствий — еще одна задача теоретической космологии. Замечательно, что сравнение теории с космологическими наблюдениями позволит выяснить (причем, скорее всего, в обозримом будущем), какова была Вселенная в первые доли секунды своей эволюции, еще до горячей стадии.

Принимая гипотезу инфляции в качестве рабочей, необходимо ответить на вопрос о том, каким образом инфляционная стадия закончилась и как во Вселенной появилось горячее вещество. Проект ответа имеется:

после инфляции наступила *эпоха разогрева*, связанная с особенностями динамики инфлатонного поля и его взаимодействием с другими полями. Можно ли что-то узнать из наблюдений об эпохе постинфляционного разогрева? Какие именно следы этой эпохи нужно искать? Однозначного ответа на эти вопросы пока нет.

Довольно неожиданным открытием рубежа XX – XXI веков стало обнаружение *ускоренного расширения Вселенной*. Современная Вселенная расширяется почти в том же режиме, что при инфляции, только темп расширения на много порядков ниже. В рамках имеющейся теории гравитации — общей теории относительности — такое поведение можно объяснить, только допустив наличие во Вселенной некоторой субстанции с необычными свойствами, которую называют *темной энергией*. Роль темной энергии может играть либо вакуум, либо некоторое новое поле (аналог инфлатона). Альтернативное объяснение ускоренного расширения Вселенной может состоять в том, что общая теория относительности перестает работать на сверхбольших расстояниях. Теоретический анализ этих возможностей, их сопоставление с наблюдательными данными, получение предсказаний о проявлениях темной энергии или новой гравитации — одна из «горячих точек» теоретической космологии. Основной инструмент здесь — методы классической и квантовой теории поля, заимствованные из теории элементарных частиц.

В беглом обзоре обо всей космологии не расскажешь. Вот еще примеры вопросов, на которые она должна давать ответ (в большинстве случаев этот ответ, скорее всего, положителен): Важны ли с космологической точки зрения массы нейтрино, можно ли о них что-то сказать на основе наблюдений? Могут ли во Вселенной существовать новые частицы с экзотическими свойствами, можно ли их «заметить»? Должны ли существовать реликтовые гравитационные волны, образовавшиеся в первые мгновения эволюции Вселенной, могут ли они быть обнаружены? Перечень вопросов можно продолжать...

Космология сегодня находится в фазе бурного развития. Большинство количественных результатов в ней было получено за последние 10 – 15 лет, и многие из этих результатов стали сюрпризами. И все же пока мы знаем о нашей Вселенной сравнительно немного. Быстрый прогресс теории, наблюдений, эксперимента наверняка приведет к новым открытиям в недалеком будущем.

В.А. Рубаков

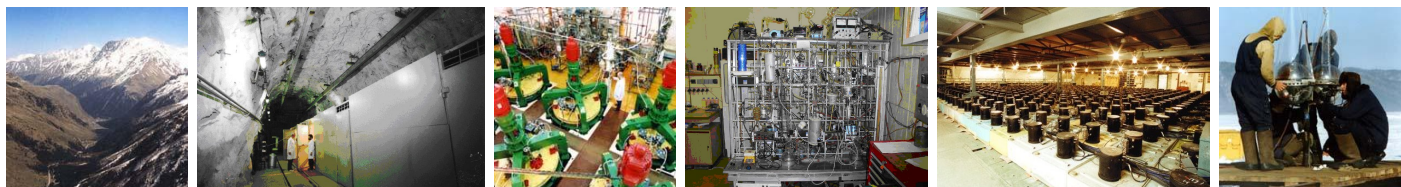


Институт ядерных исследований РАН

Институт ядерных исследований РАН (ИЯИ РАН) - крупный научный центр, в котором ведутся исследования мирового класса в области физики элементарных частиц, атомного ядра, физики космических лучей и нейтринной астрофизики. Во главе Института стоит академик-секретарь Отделения физических наук РАН **Виктор Анатольевич Матвеев**. В составе института работают всемирно известные экспериментальные установки **Московская мезонная фабрика**, эксперимент **«Троицк-ню-масс»**, **Баксанская нейтринная обсерватория**, **глубоководный нейтринный телескоп на озере Байкал**. Среди сотрудников ИЯИ - пять академиков и четыре члена-корреспондента РАН. Научно-образовательный центр ИЯИ РАН включает очную аспирантуру, кафедру фундаментальных взаимодействий и космологии МФТИ и новую кафедру физики частиц и космологии физического факультета МГУ.



Основатели Отдела теоретической физики (ОТФ) ИЯИ РАН принадлежат к научным школам академиков **Н.Н. Боголюбова**, **М.А. Маркова** и **А.Н. Тавхелидзе**. За время существования отдела в нем сформировалась собственная уникальная школа, связанная с именами академиков **В.А. Матвеева**, **В.А. Рубакова**, членов-корреспондентов РАН **В.А. Кузьмина**, **И.И. Ткачева**. Отдел проводит исследования в области физики высоких энергий, теории возмущений в квантовой теории поля, основного состояния (вакуума) в калибровочных теориях. Здесь разрабатывают методы исследования динамики взаимодействий частиц вне рамок теории возмущений, исследуют процессы, выходящие за рамки Стандартной модели элементарных частиц, строят теоретическое описание ранней Вселенной, изучают взаимосвязи физики частиц, астрофизики и космологии. В отделе установлены многолетние научные связи с мировыми исследовательскими центрами в Европе, США и Японии. Примерно половина работающих в отделе ученых моложе сорока лет.





Научная деятельность

Научная деятельность кафедры происходит на стыке теорий элементарных частиц, космологии и астрофизики.

Среди **результатов**, полученных сотрудниками кафедры за последнее время, можно выделить несколько, сыгравших определённую роль в развитии физики и астрофизики элементарных частиц и космологии.

- Предложена возможность существования некомпактных дополнительных измерений. (В.А. Рубаков, М.Е. Шапошников, 1983 г.)
- Продемонстрирована возможность объяснения наблюдаемой барионной асимметрии Вселенной за счет фазового перехода I рода. (В.А. Кузьмин, В.А. Рубаков, М.Е. Шапошников, 1985 г.)
- Выдвинута гипотеза о том, что источниками космических лучей сверхвысоких энергий являются объекты типа BL Ящерицы (лацертиды). (П.Г. Тиняков, И.И. Ткачев, 2001 г.)
- Предложена альтернатива инфляционным моделям — гипотеза об эпохе конформного скатывания (В.А.Рубаков, 2009 г.)
- Показана несостоятельность исходной и предложена новая, жизнеспособная версия гравитации Хоравы-Лифшица (D. Blas, O. Pujolas, С.М. Сибиряков, 2010 г.)

Направления исследований включают:

- **Квантовая теория поля**: современные методы, исследование моделей, модификация гравитации.
- **Модели физики элементарных частиц**: квантовая хромодинамика, расширения Стандартной модели, суперсимметрия, дополнительные пространственные измерения.
- **Современные проблемы космологии**: темная материя, темная энергия и проблема космологической постоянной, бариогенезис, инфляция и альтернативные теории.
- **Астрофизика элементарных частиц**: изучение частиц методами астрофизики, поиск новых частиц и взаимодействий, изучение астрофизических объектов методами физики частиц.

Книги сотрудников кафедры:

- Д.С. Горбунов, В.А. Рубаков «Введение в теорию ранней Вселенной, тт. 1-2.», УРСС, Москва, 2008, 2010.
- В.А. Рубаков «Классические калибровочные поля, тт. 1-2», УРСС, Москва, 2010.
- Ю.П. Соловьев, В.А. Садовничий, Е.Т. Шавгулидзе, В.В. Белокуров «Эллиптические кривые и современные алгоритмы теории чисел», УРСС, Москва, 2003.



Спецкурсы

Программы спецкурсов см. на портале <http://ppc.inr.ac.ru/education.php>

• 6 семестр

1. Классические калибровочные поля ч.1 (С.В. Троицкий)
2. Общая теория относительности (Д.Г. Левков)
3. Спецсеминар (С.М. Сибиряков)
4. Теория групп ч.1 (А.П. Исаев)

• 7 семестр

1. Классические калибровочные поля ч.2 (С.В. Троицкий)
2. Введение в теорию ранней Вселенной ч.1 (В.А. Рубаков)
3. Квантовые поля ч.1 (М.В. Либанов)
4. Теория групп ч.2 (А.П. Исаев)

• 8 семестр

1. Введение в теорию ранней Вселенной ч.2 (В.А. Рубаков)
2. Квантовые поля ч.2 (М.В. Либанов)
3. Теория фундаментальных взаимодействий ч.1 (А.В. Борисов)
4. Астрофизика частиц ч.1 (С.В. Троицкий)
5. Численные методы (Г.И. Рубцов)

• 9 семестр

1. Методы квантовой теории поля ч.1 (В.В. Белокуров)
2. Метод континуального интеграла (А.А. Славнов)
3. Теория фундаментальных взаимодействий ч.2 (А.В. Борисов)
4. Суперсимметрия ч. 1 (С.В. Демидов)
5. Астрофизика частиц ч.2 (С.В. Троицкий)

• 10 семестр

1. Методы квантовой теории поля ч.2 (В.В. Белокуров)
2. Конформная теория поля (С.М. Сибиряков)
3. Дополнительные главы космологии (Д.С. Горбунов)
4. Суперсимметрия ч.2 (С.В. Демидов)

• Аспирантура

1. Семинар по литературе (А.Г. Панин)
2. Обработка данных астрофизических экспериментов (Г.И. Рубцов, М.Пширков)



Курсовые работы для студентов 2 курса

Сайт кафедры: <http://ppc.inr.ac.ru/2kurs.php>.

Секретарь кафедры: Майя Павловна Савина, комн. 2-22а, тел. +7(495)939-1207.

1. В.А. Рубаков, «Нейтрино и СРТ». Тел: +7(499)135-2259, e-mail: rubakov@ms2.inr.ac.ru. На физическом факультете: понедельник, 3 пара, Ц-66.
2. В.А. Рубаков, Д.Г. Левков, «Классически нестабильные состояния и многомерное туннелирование». Тел: +7(499)135-2259, e-mail: rubakov@ms2.inr.ac.ru, levkov@ms2.inr.ac.ru. На физическом факультете: понедельник, 3 пара, Ц-66.
3. В.В. Белокуров, «Методы функционального интегрирования». Тел: +7(495)939-4106, +7(499)932-8075.
4. Д.С. Горбунов, ««Запаздывающее» свечение и новые частицы». Тел: +7(499)783-9291, e-mail: gorby@ms2.inr.ac.ru.
5. Д.С. Горбунов, «Сигнал зарождения горячей Вселенной в реликтовых гравитационных волнах». Тел: +7(499)783-9291, e-mail: gorby@ms2.inr.ac.ru.
6. Д.С. Горбунов, С.В. Троицкий, «Частицы сверхвысоких энергий и лунный грунт». Тел: +7(499)135-2169, e-mail: gorby@ms2.inr.ac.ru, st@ms2.inr.ac.ru.
7. С.В. Демидов, «Описание осцилляций нейтрино с помощью волновых пакетов». Тел: +7(499)783-9291, e-mail: demidov@ms2.inr.ac.ru. На физическом факультете: понедельник, 2 пара, 1-22а.
8. С.В. Демидов, С.М. Сибиряков, «Торможение небесных тел частицами темной материи». Тел: +7(499)783-9291, e-mail: demidov@ms2.inr.ac.ru, sibir@ms2.inr.ac.ru. На физическом факультете: понедельник, 2 пара, 1-22а.
9. Д.Г. Левков, «Электронные свойства графена». Тел: +7(499)783-9291, e-mail: levkov@ms2.inr.ac.ru.
10. Д.Г. Левков, «Классикализация в простой модели». Тел: +7(499)783-9291, e-mail: levkov@ms2.inr.ac.ru.
11. Д.Г. Левков, А.Г. Панин, «Исследование туннелирования с помощью классических решений». Тел: +7(499)783-9291, e-mail: panin@ms2.inr.ac.ru, levkov@ms2.inr.ac.ru.
12. Э.Я. Нугаев, «Q-шары в модели с кусочно-квадратичным потенциалом». Тел: +7(499)783-9291, e-mail: emin@ms2.inr.ac.ru.
13. Г.И. Рубцов, «Проверка лоренц-инвариантности при высоких энергиях». Тел: +7(499)783-9291, e-mail: grisha@ms2.inr.ac.ru.

14. Г.И. Рубцов, «Регистрация широких атмосферных ливней, вызванных космическими лучами сверхвысоких энергий». Тел: +7(499)783-9291, e-mail: grisha@ms2.inr.ac.ru.
15. Г.И. Рубцов, С.В. Троицкий, «Затмение гамма-источника». Тел: +7(499)783-9291, +7(499)135-2169, e-mail: grisha@ms2.inr.ac.ru, st@ms2.inr.ac.ru.
16. Г.И. Рубцов, С.М. Сибиряков, «Связанные состояния в теориях с нарушенной Лоренц-инвариантностью». Тел: +7(499)783-9291, e-mail: grisha@ms2.inr.ac.ru, sibir@ms2.inr.ac.ru.
17. С.М. Сибиряков, ««Нерелятивистская» новая физика и нейтринные осцилляции». Тел: +7(499)783-9291, e-mail: sibir@ms2.inr.ac.ru.
18. С.В. Троицкий, «Постоянство постоянных». Тел: +7(499)135-2169, e-mail: st@ms2.inr.ac.ru. На физическом факультете: четверг, 3 пара, Ц-66; 4 пара, 5-35.
19. А.Б. Арбузов, М.К. Волков (ОИЯИ, Дубна), «Сравнительный анализ механизмов спонтанного нарушения симметрии в сверхпроводимости, хромодинамике и стандартной модели». E-mail: arbuzov@theor.jinr.ru.
20. А.Е. Дорохов (ОИЯИ, Дубна), «Вильсоновские линии, петли и многоугольники в квантовой теории поля». E-mail: dorokhov@theor.jinr.ru.
21. М.А. Иванов (ОИЯИ, Дубна), «Физика тяжелых флэйворов». Тел: +7(496)216-3506, e-mail: ivanovm@theor.jinr.ru.
22. О.Е. Кривонос (ОИЯИ, Дубна), «Нелинейные реализации и системы с частичным нарушением глобальных суперсимметрий». E-mail: krivonos@theor.jinr.ru.
23. С.В.Молодцов (ОИЯИ и ИТЭФ), «Цветовая сверхпроводимость на основе простой кварковой модели». E-mail: molodtsov@itep.ru, Serguei.Molodtsov@cern.ch.
24. С.В.Молодцов (ОИЯИ и ИТЭФ), «Хромоелектрическое и хромомагнитное поле релятивистских частиц». E-mail: molodtsov@itep.ru, Serguei.Molodtsov@cern.ch.



Основатель кафедры А.Н. Тавхелидзе (1930-2010)

Первым заведующим кафедры физики частиц и космологии был *Альберт Никифорович Тавхелидзе* - выдающийся физик-теоретик, занимавшийся проблемами физики элементарных частиц. Непосредственный ученик и соавтор *Н.Н.Боголюбова*, он всемирно известен своими работами по квантовой теории поля и физике высоких энергий. Совместно с *Н.Н.Боголюбовым* и *Б.В.Струминским* им было введено новое квантовое число — «цвет» кварков, с помощью которого были решены трудности кварковой модели адронов. Связанная с этим числом калибровочная симметрия $SU(3)$ лежит в основе квантовой хромодинамики — теории сильных взаимодействий элементарных частиц. Совместно с *В.А. Матвеевым* и *Р.М. Мурадяном* им была открыта общая закономерность поведения сечений упругого рассеяния с участием адронов при больших передачах импульса. В последнее время интерес к этому результату вновь возрос в связи с *AdS/CFT соответствием*.



А.Н.Тавхелидзе — основатель и первый директор *Института ядерных исследований РАН*.

О других научных результатах академика А.Н. Тавхелидзе см. <http://www.inr.ru/tavkhelidze/index.html>.



Заведующий кафедрой — академик РАН В.А. Рубаков

Валерий Анатольевич Рубаков — выдающийся ученый, один из ведущих мировых специалистов в области квантовой теории поля, физики элементарных частиц и космологии. Его работы внесли основополагающий вклад в различные разделы теории ранней Вселенной (происхождение барионной асимметрии, квантовая космология, инфляция и ее альтернативы), непертурбативной квантовой теории поля (многочастичные процессы, инстантонные методы), физики за пределами Стандартной модели элементарных частиц (объединение взаимодействий, модели с дополнительными пространственными измерениями). Он является автором более чем 200 научных работ, а также учебников по космологии и классической теории поля.



О других научных результатах академика В.А. Рубакова можно узнать на портале <http://www.inr.ru/rubakov/index.html>.



Сотрудники кафедры



Владимир Викторович Белокуров — доктор физ.-мат. наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой. Его научные интересы связаны с математическими проблемами квантовой теории поля, квантовыми вычислениями и квантовыми коммуникациями. Им разработаны принципиально новые подходы к теории возмущений в квантовой теории поля и теории суперструн; для задач квантовой механики, квантовой теории поля и статистической физики, разработана новая теория возмущений со сходящимися рядами (в отличие от традиционной, оперирующей расходящимися асимптотическими разложениями), развит новый подход к обоснованию локальной квантовой теории поля как предела нелокальной. E-mail: belokur@rector.msu.ru. *Больше о В.В. Белокурове можно узнать на портале <http://www.msu.ru/info/struct/belokurov.html>.*



Игорь Иванович Ткачев, член-корреспондент РАН, занимается космологией, физикой частиц и астрофизикой. Им было показано, что процессы распада вакуумного состояния раздувающейся Вселенной и её разогрева допускают классическое описание, что позволило решить задачу интенсивного рождения полей материи в конце стадии инфляции, установления равновесия и перехода Вселенной в горячее состояние. Введенные им явления мелкомасштабной кластеризации и потоков в фазовом пространстве, вызванных аккрецией темного вещества в гало Галактики, важны при экспериментальном поиске и отождествлении природы тёмной материи. Он является автором пионерских работ по астрономии космических лучей сверхвысоких энергий. E-mail: tkachev@ms2.inr.ac.ru.



Дмитрий Сергеевич Горбунов — кандидат физ.-мат. наук, специалист в области теории элементарных частиц, космологии и астрофизики частиц сверхвысоких энергий. Среди его интересов — поиск отклонений от Стандартной модели физики частиц, суперсимметрия, нестандартные подходы к космологии. Им получен ряд известных результатов, относящихся к «редким процессам» в суперсимметричных моделях, инфляционной теории, физике космических лучей сверхвысоких энергий. Совместно с В.А. Рубаковым он является автором двухтомного учебника «Введение в теорию ранней Вселенной». E-mail: gorby@ms2.inr.ac.ru.



Сергей Владимирович Демидов — кандидат физ.-мат. наук. Он занимается изучением суперсимметричных обобщений Стандартной модели элементарных частиц; построением моделей, дающих объяснение загадкам экспериментальной физики частиц и наблюдательной космологии, а также формулировкой рецептов проверки этих моделей в будущих экспериментах. Совместно с Д.С. Горбуновым, им было построено и всесторонне исследовано обобщение модели «суперсимметрии с расщеплением», решающее ряд проблем физики частиц и одновременно объясняющее происхождение барионной асимметрии Вселенной. E-mail: demidov@ms2.inr.ac.ru.



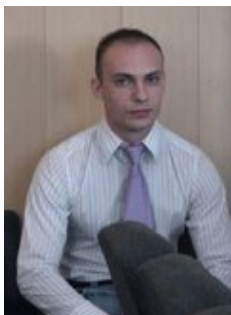
Дмитрий Геннадиевич Левков — кандидат физ.-мат. наук, разрабатывающий и применяющий квазиклассические методы описания туннельных процессов в моделях квантовой механики и квантовой теории поля. Среди полученных им результатов - количественное описание туннельных переходов с нарушением барионного числа в электрослабой теории, рождение частиц за счет туннелирования в квантовой космологии, разработка методов квазиклассического описания процессов туннелирования в нелинейных системах с несколькими степенями свободы. E-mail: levkov@ms2.inr.ac.ru.



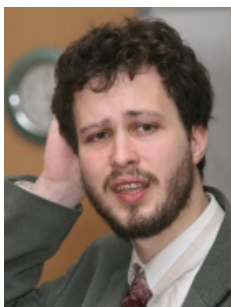
Максим Валентинович Либанов — доктор физ.-мат. наук, в настоящее время занимающийся решением различных проблем физики элементарных частиц и космологии в моделях с дополнительными пространственными измерениями («многомерные миры»). Специалист в области квантовой теории поля и физики частиц, он является автором известных результатов, связанных с проверкой унитарности квантовой теории поля, проблемой космологической постоянной, моделями с модифицированной гравитацией, теориями с большими и бесконечными дополнительными пространственными измерениями. E-mail: ml@ms2.inr.ac.ru.



Эмин Яткярович Нугаев — кандидат физ.-мат. наук, интересующийся физикой частиц за пределами Стандартной модели. Совместно с М.В. Либановым, С.В. Троицким и J.-M. Frege, им разработана модель «многомерного мира», элегантно объясняющая происхождение трех поколений кварков и лептонов, иерархию их масс и смешиваний. Его нынешние интересы лежат в сфере астрофизических проверок моделей новой физики. E-mail: emin@ms2.inr.ac.ru.



Александр Григорьевич Панин — кандидат физ.-мат. наук, занимающийся изучением сложных туннельных процессов в нелинейных системах с несколькими степенями свободы. Им был подробно исследован новый механизм туннелирования, возникающий в многомерных квантовомеханических системах, а также предложен ряд экспериментально проверяемых следствий этого механизма. E-mail: panin@ms2.inr.ac.ru.



Григорий Игоревич Рубцов — кандидат физ.-мат. наук. Его интересы связаны с физикой космических частиц сверхвысоких энергий, в частности, с описанием взаимодействия таких частиц с атмосферой Земли, которое представляет уникальные возможности тестирования моделей физики частиц при энергиях, на несколько порядков превышающих достижимые на ускорителях. Он также является, совместно с Д.С. Горбуновым и С.Л. Дубовским, автором всемирно известных ограничений на параметры гипотетических частиц с дробным электрическим зарядом из анализа космологических данных. E-mail: grisha@ms2.inr.ac.ru.

Майя Павловна Савина — помощник заведующего кафедрой, комната 2-22а.
E-mail: msavina@inbox.ru.



Сергей Михайлович Сибиряков — кандидат физ.-мат. наук. Область интересов: квантовая теория поля, гравитация, космология. Им получен ряд важных результатов относительно физических проявлений дополнительных пространственных измерений, существование которых предсказывается многими современными фундаментальными теориями. В настоящее время занимается развитием возникшего недавно подхода к квантованию гравитации, предполагающего отказ от инвариантности Лоренца. Кроме того его текущие интересы включают поиск связей между моделями космологической инфляции и Стандартной моделью физики частиц, а также разработку квазиклассического описания рождения черных дыр при столкновениях частиц высокой энергии. E-mail: st@ms2.inr.ac.ru.



Сергей Вадимович Троицкий — доктор физ.-мат. наук, специалист в области физики и астрофизики элементарных частиц высоких и сверхвысоких энергий. Среди его научных интересов: физика частиц за пределами Стандартной модели, в том числе модели с дополнительными пространственными измерениями, с «зеркальной» материей и с новыми сверхлёгкими частицами; объяснение иерархии фермионных масс; изучение космических частиц с энергиями выше 10^{19} эВ и поиск их астрофизических источников; поиск проявлений новой физики частиц в космических лучах и в гамма-астрономии. Им был получен ряд известных результатов, относящихся к исследованию моделей теории поля в непертурбативном режиме, суперсимметричным расширениям Стандартной модели с калибровочным механизмом передачи нарушения суперсимметрии, астрофизике элементарных частиц. E-mail: st@ms2.inr.ac.ru.