

Седьмая молодежная конференция  
**"Физика фундаментальных частиц и  
космология 2018"**

Тезисы конференции

9 – 10 апреля 2018

# Содержание

<b>1</b>	<b>Устные доклады</b>	<b>5</b>
1.1	<i>Аминов Глеб (ИТЭФ)</i> Применение свойств интегрируемости к изучению непертурбативных явлений в квантовых теориях поля . . . . .	5
1.2	<i>Аракелян Наира (ФИАН)</i> Влияние Галактического диска и галактик спутников на пространственное распределение ШС . . . . .	5
1.3	<i>Ахмадов Фаиз (ОИЯИ)</i> Поиск распада бозона Хиггса на пару b-кварков при ассоциативном его рождении с W-бозоном . . . . .	6
1.4	<i>Большов Артем (ОИЯИ)</i> Грассманианы и форм факторы . . . . .	6
1.5	<i>Воробьев Виталий (ИЯФ СО РАН)</i> Физика на Супер c – $\tau$ фабрике . . . . .	6
1.6	<i>Гаврилов Сергей (ИЯИ РАН)</i> Стенд протонного облучения на базе линейного ускорителя ИЯИ РАН . . . . .	6
1.7	<i>Дмитриева Ульяна (МФТИ, ИЯИ РАН)</i> О регистрации многонуклонных событий в столкновениях ядро-ядро с помощью передних калориметров (ZDC) . . . . .	7
1.8	<i>Ершова Анна (МФТИ)</i> Моделирование вторичного нейтронного фона от взаимодействия космических мюонов с бетонными конструкциями экспериментального зала в эксперименте DANSS . . . . .	7
1.9	<i>Есипова Екатерина (МИФИ)</i> Возможные сильные ограничения на U(1)-взаимодействующую скрытую массу . . . . .	8
1.10	<i>Жукова Валентина (ФИАН)</i> Изучение процесса $e^-e^+ \rightarrow D^{(*)}D^*$ с излучением фотона в начальном состоянии . . . . .	8
1.11	<i>Зелёный Михаил (ИЯИ РАН, МФТИ)</i> Проектирование детектора протонов и электронов для мониторинга солнечного ветра . . . . .	8
1.12	<i>Камалетдинов Айрат (НИЯУ МИФИ)</i> Поиск подавления выхода фотонов от распада частицы скрытой массы . . . . .	8
1.13	<i>Катренко Петр (ФИАН)</i> Поиск радиационных распадов векторного боттомония . . . . .	9
1.14	<i>Киреев Виктор (ОИЯИ)</i> Проект NICA . . . . .	9
1.15	<i>Корпачев Сергей (ФИАН, МИФИ)</i> Изучение неоднородности сцинтилляционных тайлов для высокогранулярных калориметров . . . . .	9
1.16	<i>Костин Андрей (ИЯИ РАН)</i> Детектор Baby MIND . . . . .	9
1.17	<i>Курочка Виктория (ИЯИ РАН)</i> Поиск тяжелых нейтральных лептонов в каонных распадах (эксперимент NA62, CERN) . . . . .	10
1.18	<i>Маракулин Артур (ИЯИ РАН)</i> Суперсимметричные модели с нарушенной лоренцевой симметрией: теория и феноменологические следствия . . . . .	10
1.19	<i>Матвиенко Дмитрий (ИЯФ СО РАН)</i> Тест факторизации $B^0 \rightarrow D^*\omega\pi$ . . . . .	11
1.20	<i>Мефодьев Александр (ИЯИ РАН)</i> Разработка и тестирование нейтринного детектора SuperFGD . . . . .	11
1.21	<i>Мешков Олег (ФИАН, МГУ)</i> Основные задачи триггера B-физики в эксперименте ATLAS . . . . .	11
1.22	<i>Нугамова Алия (НИЯУ МИФИ)</i> Барийонные распады b-адронов с $J/\psi$ в конечном состоянии . . . . .	11

1.23	<i>Никулин Валерий (НИЯУ МИФИ)</i> Образование скоплений первичных чёрных дыр из фазовых переходов в ранней Вселенной . . . . .	12
1.24	<i>Поликарпов Сергей (МИФИ)</i> Спектроскопия тяжёлых адронов на LHC . . . . .	12
1.25	<i>Радовская Анна (ФИАН)</i> Квантовые поправки к Классическому Статистическому Приближению для случая продольно расширяющегося скалярного поля . . . . .	12
1.26	<i>Семакина Татьяна (ИЯИ РАН)</i> Элементарные частицы в медицине . . . . .	13
1.27	<i>Синецкий Виктор</i> Модернизация триггера В-физики ATLAS во втором сеансе БАК . . . . .	13
1.28	<i>Скробова Наталья (ФИАН)</i> Калибровка детектора DANSS с помощью космических мюонов . . . . .	13
1.29	<i>Соловьев Максим (НИЯУ МИФИ)</i> Модель «темного диска» . . . . .	14
1.30	<i>Суворов Сергей (ИЯИ РАН, CEA Saclay/IRFU)</i> Измерение разрешения $dE/dx$ в резистивных время-проекционных камерах . . . . .	14
1.31	<i>Фархтдинов Булат (МФТИ, ИЯИ РАН)</i> Многочастичное рождение в теории скалярного поля . . . . .	14
1.32	<i>Хромых Леонид (НИЯУ МИФИ)</i> Гравитационная динамика скопления первичных чёрных дыр . . . . .	15
1.33	<i>Чернов Василий (ИЯИ РАН)</i> Регистрация и анализ сигналов с детектора установки Троицк ню-масс . . . . .	15
1.34	<i>Шайхиев Артур (ИЯИ РАН)</i> Поиск новой физики в каонных и нейтринных экспериментах . . . . .	15
1.35	<i>Юрьев Сергей (ОИЯИ)</i> Учет вклада ненулевых орбитальных моментов нуклонов в энергию связи тритона в релятивистском случае . . . . .	16
1.36	<i>Яковлев Иван (ИЯИ РАН)</i> Физика элементарных частиц в медицине . . . . .	16
<b>2</b>	<b>Постерные доклады</b>	<b>16</b>
2.1	<i>Ахат Раимбек (ОИЯИ)</i> Поведение мезонов в плотной материи . . . . .	16
2.2	<i>Жомартова Аяжан (ОИЯИ)</i> Синтез химических элементов в ультра-намагниченной астрофизической плазме при взрыве сверхновых . . . . .	17
2.3	<i>Комольцев Олег (ИЯИ)</i> Испарение электронов из магнитной ловушки источника на установке «Троицк ню-масс» . . . . .	17
2.4	<i>Лизунова Мария (Утрехтский Университет, Амстердамский Университет)</i> Поиск долгоживущих топологических решений в модели $\phi^4$ . . . . .	17
2.5	<i>Мельников Алексей (ИЯИ РАН, МФТИ)</i> Мультианодный газовый счетчик для диагностики пучков сверхнизких интенсивностей на ускорителе ИЯИ РАН . . . . .	18
2.6	<i>Нуртаева Улханым (ОИЯИ)</i> Синтез ультранамагниченных ядер в взрывах сверхновых . . . . .	18
2.7	<i>Оразгали Токжан (ОИЯИ)</i> Исследование отклика Байкальского глубоководного нейтринного телескопа НТ1000 на атмосферные мюоны . . . . .	18
2.8	<i>Стадничук Егор (МФТИ, ИЯИ РАН)</i> Модели усиления электронных лавин в грозовых облаках . . . . .	19

2.9	<i>Титов Александр (ИЯИ РАН, МФТИ)</i> Люминесцентная диагностика протонных пучков сверхнизких интенсивностей в ускорительном комплексе ИЯИ РАН . . . . .	19
2.10	<i>Федотов Сергей (ИЯИ РАН)</i> Детектор ANTI-0 для эксперимента NA62 (CERN) . . . . .	19

# 1 Устные доклады

## 1.1 Аминов Глеб (ИТЭФ) Применение свойств интегрируемости к изучению непертурбативных явлений в квантовых теориях поля

Свойства интегрируемости играют важную роль в современных исследованиях непертурбативных явлений в различных квантовых теориях поля. В частности, теория Зайберга-Виттена, описывающая низкоэнергетические эффективные действия суперсимметричных теорий Янга-Миллса, по сути эквивалентна теории классических интегрируемых систем. Другим ярким примером является применение интегрируемых структур к описанию квантовых групп и соответствующих  $R$ -матриц. В данном докладе мы покажем как с помощью свойств интегрируемости можно описать некоторые важные явления в теории струн или, более точно, в  $M$ -теории. Интерес к различным струнным теориям в первую очередь связан с возможностью объединения четырех известных фундаментальных взаимодействий. Объединить квантовую теорию поля с теорией гравитации удастся благодаря введению дополнительных компактных измерений. В теории струн оказывается, что данные компактные измерения должны иметь вполне определенную структуру и, в частности, могут описываться с помощью торов, при этом один тор задает два дополнительных компактных измерения. Мы остановимся на теории, соответствующей суперсимметричной калибровочной теории в шести измерениях, два из которых компактны и четыре связаны с обычным пространством Минковского. Интересующая нас теория также обладает важным свойством – она инвариантна относительно так называемых модулярных преобразований или замены комплексифицированной константы связи на минус обратную. Другими словами, режим сильной связи в этой теории может быть описан аналогично режиму слабой связи и наоборот. Мы покажем как данное свойство можно вывести с помощью спектральной кривой классической интегрируемой системы из  $N$  частиц, а также обнаружим, что в случае шестимерной теории с материей в фундаментальном представлении модулярное преобразование константы связи сопровождается зависящим от  $N$  сдвигом второго эллиптического параметра (который является отношением радиусов компактных измерений).

## 1.2 Аракелян Наира (ФИАН) Влияние Галактического диска и галактик спутников на пространственное распределение ШС

В работе мы рассматриваем анизотропию распределения в системах шаровых скоплениях (ШС) и галактик-спутников Млечного Пути с помощью тензора инерции. Мы оцениваем статистическую значимость результатов, повторяя этот анализ для случайных каталогов. Наш метод воспроизводит известную плоскую структуру в распределении спутниковых галактик, однако ее значимость несколько ниже, чем для других методов, используемых в литературе. Для ШС мы находим, что на малых расстояниях  $2 < R < 10$  кпк структура компланарна с галактической плоскостью. На меньших и больших расстояниях вся выборка ШС показывает довольно слабую анизотропию, тем не менее, на больших расстояниях ориентация структуры близка к ориентации спутниковых галактик, то есть перпендикулярно плоскости Галактики. Вероятность случайной реализации такого распределения составляет 1,7%. Мы также делим ШС на три классических типа:

балдж/диск (BD), старое гало (OH) и молодое гало (YH) и отдельно анализируем их анизотропию. BD ШС показывают четкую дискообразную структуру, лежащую внутри галактического диска. OH ШС показывают две структуры: хорошо выраженную полярную удлиненную структуру при  $R < 3$  кпк, которая перпендикулярна плоскости галактики, и менее выраженную дискообразную структуру, компланарную с галактическим диском при  $6 < R < 20$  кпк. YH ШС не показывают значительную анизотропию.

### **1.3 *Ахмадов Фаиз (ОИЯИ) Поиск распада бозона Хиггса на пару b-кварков при ассоциативном его рождении с W-бозоном***

Были проанализированы данные 2015-2016 г.г., соответствующие интегральной светимости  $36.1\text{fb}^{-1}$ , набранной в протон-протонных столкновениях при энергии в системе центра масс 13 ТэВ. При анализе методом MVA для массы бозона Хиггса 125 ГэВ обнаружено превышение в числе наблюдаемых событий над ожидаемым фоном от других процессов Стандартной модели. Наблюдаемое (ожидаемое) превышение составляет величину  $3.5\sigma$  ( $2.8\sigma$ ), а отношение величины измеряемого сигнала к ожидаемой из стандартной модели составило  $\mu = 1.30 + 0.28 - 0.27(\text{stat}) + 0.37 - 0.29(\text{sys})$ . При совместном анализе данных Run2 (13ТэВ) и Run1 (7ТэВ и 8ТэВ) получена величина наблюдаемого (ожидаемого) отклонения от фона  $3.6\sigma$  ( $4.0\sigma$ ), а для силы сигнала получено значение  $\mu = 0.9 \pm 0.18(\text{stat})_{+0.21}^{-0.19}(\text{sys})$ .

### **1.4 *Большов Артем (ОИЯИ) Грассманианы и форм факторы***

Доклад посвящен представлению форм факторов различных операторов в виде интегралов по Грассманиану в максимально суперсимметричной теории Янга-Миллса. Будет рассмотрен метод для вывода данного представления, проиллюстрированный некоторыми примерами.

### **1.5 *Воробьев Виталий (ИЯФ СО РАН) Физика на Супер с – $\tau$ фабрике***

### **1.6 *Гаврилов Сергей (ИЯИ РАН) Стенд протонного облучения на базе линейного ускорителя ИЯИ РАН***

В 2017 г. на базе линейного ускорителя ИЯИ РАН разработан и введен в эксплуатацию стенд облучения для исследований радиационной стойкости материалов и электронных компонентов под воздействием пучков протонов с энергиями от единиц до 209 МэВ в диапазоне интенсивностей от  $10^7$  частиц в одиночных импульсах до 1 мкА среднего тока. В работе обсуждаются технические особенности и доступные режимы работы стенда, возможности установленного диагностического оборудования, а также первые экспериментальные результаты облучения опытных образцов.

### **1.7 *Дмитриева Ульяна (МФТИ, ИЯИ РАН)* О регистрации многонуклонных событий в столкновениях ядро-ядро с помощью передних калориметров (ZDC)**

Одним из способов определения центральности события (величины прицельного параметра) в эксперименте по изучению ядро-ядерных взаимодействий является регистрация вылетающих вперёд по направлению пучка нуклонов-спектаторов посредством передних калориметров Zero Degree Calorimeters (ZDC). Поэтому все установки, включающие в свои научные программы изучение столкновений релятивистских ядер на встречных пучках, такие как NICA в ОИЯИ, RHIC в BNL, ALICE, ATLAS и CMS в ЦЕРНе, используют или будут использовать ZDC. Поскольку среднее значение энергии в калориметре в результате поглощения нескольких нуклонов и её дисперсия зависят как от количества поглощённых нуклонов, так и от энергии пучка, то форма спектра на разных установках будет различной. Можно ожидать, что на форму спектра непосредственно влияют геометрический аксептанс и эффективность регистрации нуклонов. Несмотря на то, что методом Монте-Карло обычно определяется энергетический спектр ZDC с учетом особенностей каждой отдельной экспериментальной установки и выходов нуклонов-спектаторов, можно указать на общие характеристики спектров и их эволюцию в зависимости от энергии пучка и аксептанса. Для этого в настоящей работе предложена простая комбинаторная модель для вычисления энерговыделения в ZDC, которая применена для определения формы спектров от электромагнитной диссоциации тяжелых ядер с вылетом от одного до четырех нуклонов. С помощью модели изучено влияние ограниченного аксептанса и эффективности регистрации нуклонов на форму спектра в ZDC и возможности измерения выходов определённого числа нуклонов от электромагнитной диссоциации при энергиях NICA, LHC и проектируемого коллайдера FCC-hh.

### **1.8 *Ершова Анна (МФТИ)* Моделирование вторичного нейтронного фона от взаимодействия космических мюонов с бетонными конструкциями экспериментального зала в эксперименте DANSS**

Эксперимент DANSS направлен на поиск стерильных нейтрино. Он представляет собой компактный нейтринный спектрометр, расположенный на Калининской АЭС в непосредственной близости к ядру энергетического промышленного реактора. В основе детектирования реакторных антинейтрино лежит реакция обратного бета-распада. Детектором регистрируются порядка 5000 событий в сутки после вычитания фона. Ощутимый вклад в фоновые события вносят нейтроны, образовавшиеся в материалах, окружающих сцинтиллятор, в результате взаимодействия с ними космических мюонов. В данном исследовании было проведено моделирование распределения рождающихся нейтронов от мюонов в пассивной защите и бетонных конструкциях экспериментального зала.

### **1.9 *Есипова Екатерина (МИФИ)* Возможные сильные ограничения на U(1)-взаимодействующую скрытую массу**

В работе рассматривается ставшая в последнее время популярной простейшая модель скрытой массы с U(1)-взаимодействием. Такие модели позволяют решить существующие проблемы стандартного сценария холодной невзаимодействующей скрытой массы, касающиеся распределения плотности материи Вселенной на уровне карликовых галактик. Исследуются возможные уникальные ограничения на данную модель, связанные с ограничением на горячую скрытую массу, с “классической” рекомбинацией частиц и античастиц, а так же ограничения по данным столкновений галактик Bullet cluster.

### **1.10 *Жукова Валентина (ФИАН)* Изучение процесса $e^-e^+ \rightarrow D^{(*)}D^*$ с излучением фотона в начальном состоянии**

В данной работе представлено измерение эксклюзивного сечения процесса  $e^-e^+ \rightarrow D^{(*)}D^*$  с излучением фотона в начальном состоянии вблизи порога рождения открытого чарма. Анализ основан на данных, набранных детектором Бель, соответствующих интегральной светимости  $951 \text{ фб}^{-1}$ . Полученные в результате работы сечения измерены с точностью, вдвое превосходящей точность измерения в предыдущей работе Бель коллаборации. В работе впервые проведен угловой анализ процесса  $e^-e^+ \rightarrow D^{(*)}D^*$ , что позволило представить измерить эксклюзивное сечение отдельно для трех компонент, соответствующих различным поляризациям  $D^*$  мезонов в конечном состоянии.

### **1.11 *Зелёный Михаил (ИЯИ РАН, МФТИ)* Проектирование детектора протонов и электронов для мониторинга солнечного ветра**

В докладе представлен проект орбитального детектора для измерения энергетических спектров протонов (10-100 МэВ) и электронов (до 10 МэВ) в солнечном ветре. При проектировании основной целью было минимизация массы и габаритов детектора. Для воставления спектра в интегральном режиме работы детектора разработан алгоритм на основе статистической регуляризации Турчина.

### **1.12 *Камалетдинов Айрат (НИЯУ МИФИ)* Поиск подавления выхода фотонов от распада частицы скрытой массы**

Экспериментальные исследования космического излучения (PAMELA, AMS-02) показывают необычный всплеск позитронов на высоких энергиях. На этих же энергиях не наблюдается избытка фотонов, которым должен был бы сопровождаться гипотетически возможный распад частиц скрытой массы в Галактике на электроны и позитроны. Задача состоит в том, чтобы найти возможное теоретическое подавление выхода фотонов при таком распаде.



### **1.13 Катренко Петр (ФИАН) Поиск радиационных распадов векторного боттомония**

Изучение радиационных распадов внутри семейств чармония и боттомония стало важным инструментом для уточнения констант в КХД. Однако переходы между этими семейства до сих пор не были обнаружены. Этот доклад посвящен поиску радиационных переходов между векторным боттомонием и чармонием на данных эксперимента Belle.

### **1.14 Куреев Виктор (ОИЯИ) Проект NICA**

Проект NICA (Nuclotron-based Ion Collider fAcility) находится в фазе активной реализации в Объединённом Институте Ядерных Исследований (ОИЯИ, Дубна). Основной целью проекта является экспериментальное исследование горячей и плотной барионной материи в столкновениях тяжёлых ионов на энергиях в системе центра масс  $\sqrt{s_{NN}} = 4 - 11$  ГэВ и средней светимости  $1027 \text{ см}^{-2}$  для Au(79+) в коллайдерном режиме. Такие столкновения представляют уникальную возможность воссоздать и исследовать те экстремальные условия, которые возникали в недрах нейтронных звезд. Одновременно с этим осуществляется программа эксперимента с фиксированной мишенью VM@N (Baryonic Matter at Nuclotron) на обновлённом суперпроводящем синхротроне Нуклотрон с пучками различных видов ядер вплоть до Au(79+) и максимальной кинетической энергией 4,38 ГэВ на нуклон. Проект NICA так же предполагает изучение спиновой физики с выведенными и коллайдерными пучками поляризованных дейтронов и протонов на энергиях до  $\sqrt{s} = 27$  ГэВ (для протонов). Предложенная программа позволит проводить фундаментальные исследования материи с экстремальными плотностями и температурами, физики адронов, природы спина нуклона и поляризационных явлений. Представлен также текущий статус реализации проекта.

### **1.15 Корпачев Сергей (ФИАН, МИФИ) Изучение неоднородности сцинтилляционных тайлов для высокогранулярных калориметров**

Современной тенденцией в калориметрии является разработка высокогранулярных калориметров. Такой калориметр, собранный из сцинтилляционных тайлов  $3 \times 3 \times 0.3 \text{ см}^3$ , разработан и тестируется коллаборацией CALICE. Каждый тайл завернут в светоотражающую фольгу, а сигнал считывается с помощью кремниевого фотоумножителя. Мы представляем здесь исследование однородности отклика отдельных тайлов на минимально ионизирующие частицы, а также сравнение этих экспериментальных измерений с моделированием с помощью пакета Geant4 для различных вариантов соединений тайл - SiPM.

### **1.16 Костин Андрей (ИЯИ РАН) Детектор Baby MIND**

Магнитный детектор нейтрино (Baby MIND) является мюонным детектором для эксперимента WAGASCI в T2K(Tokai-to-Kamioka). Baby MIND это детектор “сендвичного” типа, состоящий из чередующихся сцинтилляционных и магнитных модулей. Модули Baby MIND представляют собой намагниченные металлические пластины и длинные

пластиковые сцинтилляционные сегменты, которые считываются с обоих концов с помощью SiPM. Процедура восстановления событий основана на выборе треков с длиной выше заданного порога. Представлены результаты по сборке, установке и тестам детектора.

### **1.17 Курочка Виктория (ИЯИ РАН) Поиск тяжелых нейтральных лептонов в каонных распадах (эксперимент NA62, CERN)**

Обнаруженные осцилляции нейтрино свидетельствуют о том, что Стандартная Модель (СМ) элементарных частиц не является полной. Но пока неизвестны свойства частиц, которые скрываются за этим явлением. В некоторых расширениях СМ естественным образом вводятся массивные стерильные нейтрино. Например, в Нейтринной Минимальной Стандартной Модели ( $\nu$ MSM) постулируется существование трех правых массивных стерильных нейтрино. Самое легкое из них с массой около 10 кэВ является кандидатом на роль частицы темной материи. Два других нейтральных фермиона с массами в широком интервале от 150 МэВ до 100 ГэВ позволяют объяснить ненулевую массу активных нейтрино и барионную асимметрию Вселенной. Поиск массивных нейтрино в эксперименте NA62 осуществляется при измерении распадов на один заряженный лептон (мюон или электрон) положительных каонов с импульсом 75 ГэВ/с на лету. В докладе будет кратко описана установка NA62 и ее параметры. Будут разобраны методы моделирования распадов каонов, и изложены критерии отбора событий  $K^+ \rightarrow l + N$ ; рассмотрены методы анализа экспериментальных данных по поиску стерильных нейтрино, проанализированы основные источники фона и приведены их величины.

### **1.18 Маракулин Артур (ИЯИ РАН) Суперсимметричные модели с нарушенной лоренцевой симметрией: теория и феноменологические следствия**

Доклад посвящен вопросам, возникшим на стыке двух областей современной теоретической физики – суперсимметрии и физики лоренц-нарушения. Рассматриваются суперсимметричные теории с нарушенной лоренц-инвариантностью, вопросы их существования, единственности, а также феноменологические аспекты проблемы. Модели со скалярными и векторными супермультиплетами изучены на компонентном уровне. Проведены построение и анализ суперсимметричных преобразований и лагранжианов для скалярного и векторного лоренц-нарушающих супермультиплетов в компонентах и проверка соответствия результатов аналогичным суперполевым моделям. Найдено, при каких условиях существуют нетривиальные лоренц-нарушающие модели для скалярного и векторного супермультиплетов. Суперсимметричная модель гравитационного супермультиплета рассмотрена как с использованием суперполевого формализма как суперсимметричное расширение модели Эйнштейн-эфир гравитации, так и в терминах компонентных полей. Построена и подробно изучена теория линеаризованной гравитации с нарушенной лоренц-инвариантностью, доказана единственность построенного лагранжиана модели, как на суперполевым уровне, так и на компонентном. Проведено сравнение теоретических и феноменологических следствий суперсимметричных лоренц-нарушающих моделей, рассмотрен вопрос о скоростях распространения малых возмущений различной спиральности. Докладчик выражает благодарность своему научному

руководителю С. М. Сибирякову.

### 1.19 *Матвиевко Дмитрий (ИЯФ СО РАН) Тест факторизации $B^0 \rightarrow D^*\omega\pi$*

Мы изучаем приближение факторизации в адронных распадах  $B^0 \rightarrow D^*\omega\pi$ , сравнивая данные Belle для форм-фактора рождения ( $\omega\pi$ ) пары в этих распадах с данными  $e^+e^- \rightarrow \omega\pi^0$  и  $\tau \rightarrow \omega\pi\nu_\tau$ .

### 1.20 *Мефодьев Александр (ИЯИ РАН) Разработка и тестирование нейтринного детектора SuperFGD*

В данном докладе описывается идея высоко сегментированного полностью активного пластикового сцинтилляционного детектора, выполненного из многих оптически независимых кубиков  $1\times 1\times 1$  см<sup>3</sup>. Первоначальная цель данного детектора – активная часть нейтринной мишени для обнаружения, измерения, идентификации частиц и определение кинетических энергий с точностью до нескольких десятых МэВ. Считывание с трех сторон и сегментация обеспечивают локализацию и измерение энергии в сочетании с хорошими временными характеристиками. В докладе описаны возможности применения данного детектора в качестве новой активной мишени ближнего детектора ND280 эксперимента T2K, и результаты испытаний прототипа на пучке T10 в CERN.

### 1.21 *Мешков Олег (ФИАН, МГУ) Основные задачи триггера В-физики в эксперименте ATLAS*

Раздел В-физики в эксперименте ATLAS ставит задачей исследование адронов, в состав которых входят b-кварки, или b-адроны. Для того, чтобы уменьшить поток данных используется триггерная система отбора событий. Триггер В-физики отбирает события с двумя мюонами с противоположными электрическими зарядами и пороговыми значениями поперечных импульсов 4 или 6 ГэВ. Он реализован с помощью программных алгоритмов, включенных в триггер высокого уровня. Специальными алгоритмами проводится анализ треков, поиск вторичных вершин и проверка соответствия события выбранным каналам. Для поддержания правильной работы триггера В-физики используется мониторинг. Проведена модернизация программ мониторинга триггера В-физики.

### 1.22 *Нигамова Алия (НИЯУ МИФИ) Барионные распады b-адронов с $J/\psi$ в конечном состоянии*

Первый обнаруженный барионный распад В-мезона с  $J/\psi$  в конечном состоянии  $B^- \rightarrow J/\psi\Lambda\bar{p}$  был важен для объяснения формы спектра инклюзивного  $J/\psi$  в распадах В-мезонов. Поиск и изучение барионных распадов b-адронов с  $J/\psi$  в конечном состоянии может быть в том числе мотивирован поиском промежуточных многокварковых резонансов в этих распадах. Например, в 2015 году коллаборацией LHCb были обнаружены кандидаты в пентакварки  $P_c^+(4380)$  и  $P_c^+(4450)$  в инвариантной массе  $J/\psi p$  в распаде  $\Lambda_b \rightarrow J/\psi p K^-$ . Поиски таких распадов как  $B_s \rightarrow J/\psi p\bar{p}$ ,  $B^0 \rightarrow J/\psi p\bar{p}$  представляют возможность изучать эту систему в других распадах. А в распадах  $B^- \rightarrow J/\psi\Lambda\bar{p}\Xi_b^- \rightarrow J/\psi\Lambda K^-$  возможно также изучать экзотическую систему  $J/\psi\Lambda$ .

### **1.23 *Нижулин Валерий (НИЯУ МИФИ)* Образование скоплений первичных чёрных дыр из фазовых переходов в ранней Вселенной**

В последнее время в литературе широко обсуждается возможность первичного (дозвёздного) образования сверхмассивных чёрных дыр. В докладе для существующего механизма образования первичных чёрных дыр (из фазовых переходов второго рода во время космологической инфляции) развивается аналитический подход к получению пространственного и массового распределения чёрных дыр в скоплениях. Упомянутые распределения получены для конкретного потенциала (типа “мексиканская шляпа”) скалярного поля, приводящего к фазовому переходу. Они могут быть использованы для объяснения ряда наблюдательных данных (квазары и галактики при больших красных смещениях, слияние чёрных дыр, наблюдавшихся в эксперименте LIGO, и т.д.).

### **1.24 *Поликарпов Сергей (МИФИ)* Спектроскопия тяжёлых адронов на LHC**

Задачи LHC включают в себя обнаружение новых состояний кваркония и тяжелых адронов, поиск экзотических адронов, адронов с несколькими  $s$ - или  $b$ -кварками, установление их квантовых чисел (заряда, спина, четности) и измерение их масс, естественных ширин, каналов распадов, и поиск возбужденных состояний адронов. До недавнего времени, практически все открытые адроны укладывались в традиционную схему классификации: мезоны состоят из кварка и анти-кварка, барионы состоят из трёх кварков. На LHC было открыто несколько возбуждённых состояний мезонов и барионов, однако, до 2017 года были открыты только барионы, содержащие не более одного тяжёлого ( $b$  или  $s$ ) кварка, и только в июле 2017 года коллаборация LHCb представила неопровержимое свидетельство существования бариона, содержащего два  $s$ -кварка. В 2003 году была открыта первая частица из т.н. семейства экзотических адронов –  $X(3872)$ , она не может быть описана в классической схеме адронной спектроскопии, и до сих пор её состав структура не установлены. В последующие годы, в том числе на LHC, было обнаружено и изучено множество экзотических адронов, включая кандидаты в состояния из четырёх и пяти кварков (тетракварки и пентакварки). Существует много конкурирующих теоретических моделей описания экзотических частиц, поэтому новые открытия в этой области и тщательное изучение свойств экзотических адронов должны привести к дополнительному пониманию того, как работает сильное взаимодействие.

### **1.25 *Радовская Анна (ФИАН)* Квантовые поправки к Классическому Статистическому Приближению для случая продольно расширяющегося скалярного поля**

Для теоретического описания начального этапа столкновений тяжелых ионов на RHIC и LHC часто используют Классическое Статистическое Приближение (КСП). Это приближение хорошо описывает квантовую среду, когда она ведет себя почти классически, например, если числа заполнения глюонов велики как в случае ультрарелятивистских ядер перед столкновением. Но при расширении материи после столкновения область применимости КСП естественным образом уменьшается, что делает необходимым учет квантовых поправок. На упрощенном примере скалярного квантового поля нами бы-

ло показано, что учет квантовых поправок к КСП может привести к установлению промежуточного режима расширения с уравнением состояния отличным от уравнения состояния для ультррелятивистской жидкости. Это, в свою очередь, может изменить результаты гидродинамического моделирования столкновений тяжелых ионов сверхвысоких энергий, поскольку уравнение состояния замыкает уравнения гидродинамики

### **1.26** *Семакина Татьяна (ИЯИ РАН)* **Элементарные частицы в медицине**

Мы знаем, что ядерная физика играет важную роль в нашей жизни. Ключевой она является также для медицины, где за последние годы происходят множество разработок для лечения и диагностирования злокачественных новообразований. Дистанционная и контактная лучевая терапия (брахитерапия) для которой в нашей лаборатории разработали источник  $^{169}\text{Yb}$  применимый для брахитерапии; Радионуклидная терапия (лечением  $^{131}\text{I}$ ), радионуклидная диагностика, в основном, используется  $^{99}\text{Tc}$ . Вот об этом Я бы и хотела поговорить, а именно рассказать суть использования радионуклидов в медицине.

### **1.27** *Синецкий Виктор* **Модернизация триггера В-физики ATLAS во втором сеансе БАК**

В течение работы Большого адронного коллайдера (БАК) во втором сеансе Run 2 экспериментом ATLAS были зарегистрированы столкновения протонов с энергией в системе центра масс  $\sqrt{s} = 13$  ТэВ, отвечающие интегральной светимости  $84 \text{ fb}^{-1}$ . Отбор событий для физического анализа проводится с помощью триггерной системы установки. Триггерная система детектора ATLAS является ключевой компонентой эксперимента и служит для уменьшения потока данных с детектора с примерно 40 МГц до 1 кГц. Во время первой длинной остановки БАК в 2013 — 2014 гг. (LS1) была проведена модернизация триггерной системы эксперимента ATLAS для работы в условиях увеличения светимости, превышающей планировавшуюся при создании детектора. В систему триггера первого уровня L1 добавлен дополнительный топологический процессор L1Торо, объединены триггеры второго L2 и третьего EF уровней в триггер высокого уровняHLT. Для реконструкции треков создан быстрый трекер FTK. Продолжаются работы по внедрению быстрого трекера в общую систему триггера, в том числе и в триггер В-физики.

### **1.28** *Скрובהва Наталья (ФИАН)* **Калибровка детектора DANSS с помощью космических мюонов**

В докладе будет представлено описание процедуры калибровки детектора DANSS (объединенный проект ИТЭФ и ОИЯИ) при помощи событий от фонового мюонного излучения. Детектор DANSS (Detector of Anti-Neutrino based on Solid Scintillator) представляет собой секционированный сцинтилляционный детектор общим объемом  $1 \text{ м}^3$ , окруженный для подавления внешнего радиационного фона комбинированной пассивной и активной защитой. Детектор расположен под реактором на Калининской АЭС, что в 6 раз уменьшает фон от мюонов. Основным элементом детектора является сцинтилляционная

ячейка – стрип. Для съема сцинтилляционного сигнала используются малогабаритные ФЭУ и кремниевые фотоумножители, соединенные с ячейками с помощью спектросмещающих волокон. По сигналам с КФУ происходит восстановление трека мюона. По имеющемуся треку строится зависимость величины энерговыделения в пикселях от длины трека внутри стрипа. При помощи моделирования методом Монте-Карло определяется зависимость энерговыделения в МэВ от длины трека внутри стрипа. Таким образом, можно получить калибровку отклика стрипа для различных энергий в диапазоне от 2 до 4 МэВ. Статистика оказывается достаточной для калибровки каждого из 2500 стрипов с точностью лучше 1% за одни сутки работы детектора. В докладе будут приведены примеры калибровки для данных, полученных с помощью Монте-Карло моделирования, и для данных, собранных с детектора. Будет рассказано об определении эффективного числа пикселей КФУ.

### **1.29 Соловьев Максим (НИЯУ МИФИ) Модель «темного диска»**

В 2009 году эксперимент PAMELA обнаружил избыток позитронов в космических лучах, позже получивший название “позитронная аномалия”. Существует несколько возможных объяснений аномалии, одним из которых являются модели нестабильной скрытой массы. Однако производимое в рамках таких моделей гамма-излучение заметно превышает экспериментальные данные. Модель “темного диска” обходит это противоречие за счет предположения о формировании диска из нестабильной компоненты скрытой массы. В данной работе представлены последние результаты, полученные в рамках модели.

### **1.30 Суворов Сергей (ИЯИ РАН, CEA Saclay/IRFU) Измерение разрешения $dE/dx$ в резистивных время-проекционных камерах**

Для модернизации комплекса ближнего детектора ND280 эксперимента T2K планируется использовать время-проекционные камеры (TPC) с нанесенной на анод резистивной фольгой. Такое техническое решение позволяет существенно улучшить пространственное разрешение детектора. Для исследования нейтринных осцилляций в нашем эксперименте критическим является идентификация мюона и электрона, рожденных в нейтринных взаимодействиях. Для этого используются измерения потерь энергии в TPC ( $dE/dx$ ). Следовательно разрешение по  $dE/dx$  является чрезвычайно важной характеристикой разрабатываемых детекторов. В докладе будут представлены результаты измерения этой величины на основе тестирования прототипа резистивных TPC для эксперимента ILC на пучке электронов в DESY. Также будет представлено сравнение с уже работающими в ND280 TPC.

### **1.31 Фархтдинов Булат (МФТИ, ИЯИ РАН) Многочастичное рождение в теории скалярного поля**

В данной работе рассматриваются процессы многочастичного рождения в теории действительного скалярного поля, т.е. процессы, начальное и конечное числа частиц в которых может быть квазиклассически большим. Работа состоит из двух этапов: “клас-

сического” и “квазиклассического”. На “классическом” этапе исследовались столкновение сферически-симметричных волновых пакетов в теории действительного скалярного поля. Была найдена классически-разрешённая область (в пространстве с координатами: энергия пакета, конечное число частиц) для некоторых значений начального числа частиц. Также были исследованы решения, находящиеся на границе классически-разрешённой области. На “квазиклассическом” этапе планируется изучить поведение вероятности процессов многочастичного рождения, полученные в квазиклассическом приближении (также в сферически-симметричном случае), как функции от энергии, также планируется изучить предел, в котором начальное число частиц устремляется к нулю и сравнить полученные результаты с имеющейся информацией о процессах  $2 \rightarrow N$ , где  $N$  – квазиклассически большое.

### **1.32 Хромых Леонид (НИЯУ МИФИ) Гравитационная динамика скопления первичных чёрных дыр**

Рассматривается модель образования скопления первичных чёрных дыр (ПЧД). В её рамках могут решаться сразу несколько актуальных проблем космологии. Такие скопления могут рождаться в результате фазовых переходов в ранней Вселенной, механизм чего был предложен ранее. Однако их динамика ещё не была хорошо изучена. В данной работе с помощью численного моделирования рассматривается динамика такого скопления. Для этого была использована программа для моделирования звёздных скоплений - NBODY6++, которая была модернизирована в соответствии с требуемой задачей. С её помощью описана эволюция кластера ПЧД для заданных начальных пространственных и массовых распределений. Приведены результаты работы программы, которые позволяют сделать качественные выводы о динамике кластера.

### **1.33 Чернов Василий (ИЯИ РАН) Регистрация и анализ сигналов с детектора установки Троицк ню-масс**

В докладе рассматриваются способы программной обработки и извлечения одиночных сигналов из длинных кадров, непрерывно снимаемых с АЦП, позволяющие обойти аппаратные ограничения по мертвому времени и минимизировать статистические ошибки, вызванные им. Также описываются статистические методы применяемые для анализа и фильтрации набранных данных на установке Троицк ню-масс.

### **1.34 Шайхиев Артур (ИЯИ РАН) Поиск новой физики в каонных и нейтринных экспериментах**

Стандартная модель является одной из важнейших теоретических конструкции в физике элементарных частиц, описывающих электромагнитное, сильное и слабое взаимодействие всех элементарных частиц. Предсказания этой модели подтверждены экспериментально, иногда с высокой точностью в доли процента. В 2012 году был открыт последний недостающий элемент Стандартной модели — бозон Хиггса, существование которого было предсказано еще в 60х годах XX века. Однако, несмотря на огромный

успех Стандартной модели существует ряд проблем, которые не дают считать Стандартную модель окончательной теорией (осцилляции нейтрино, ненулевая масса нейтрино, барионная асимметрия Вселенной, темная материя и темная энергия и тд). Исходя из этих фактов можно сделать вывод, что существует новая физика за пределами Стандартной модели, которая может полностью или частично решить существующие проблемы теории. Однако, на данный момент нет четкого указания, где именно искать новую физику. Поэтому существует несколько подходов: либо искать новые частицы, не предсказываемые Стандартной моделью (стерильные нейтрино, аксионы, темные фотоны и тд), либо измерять с высокой точностью редкие распады известных частиц и сравнивать результаты с предсказаниями Стандартной модели, либо искать процессы, запрещенные в Стандартной модели сохранением каких-либо параметров. В докладе будет представлен обзор поиска стерильных нейтрино в каонных и нейтринных экспериментах, а также редких и запрещенных распадов каона.

### **1.35 Юрьев Сергей (ОИЯИ) Учет вклада ненулевых орбитальных моментов нуклонов в энергию связи тритона в релятивистском случае**

В рамках ковариантного релятивистского подхода Бете-Солпитера-Фаддеева было исследовано ядро тритона. Формализм был обобщен на ненулевые орбитальные моменты нуклонов ядра. Путем решения системы интегральных уравнений методом итераций были найдены энергия связи ядра и амплитуды его  $1S_0, 3S_1, 3D_1, 3P_0, 3P_1$  и  $1P_1$  состояний. Найденные амплитуды планируется в дальнейшем использовать для вычисления формфакторов ядра тритона. Был проведен анализ вклада  $P$  и  $D$  состояний в энергию связи ядра.

### **1.36 Яковлев Иван (ИЯИ РАН) Физика элементарных частиц в медицине**

Медицина и здравоохранение являются основой качества жизни человека, а потому находятся в постоянном развитии. Расширение сферы научных знаний и совершенствование техники привело к появлению множества методов современной диагностики и лечения. Физика элементарных частиц сыграла значительную роль в данном развитии: появились такие методы медицинской визуализации как планарная рентгеноскопия, трехмерная компьютерная томография, ядерная магнитно-резонансная томография, позитронно-эмиссионная томография, однофотонная эмиссионная томография. Для борьбы с онкологическими заболеваниями разработаны технологии контактной и дистанционной лучевой терапии, использующих широкий спектр ионизирующего излучения. В данном докладе рассматриваются методы и возможности ядерной медицины, приведен обзор современных средств диагностики и терапии.

## **2 Постерные доклады**

### **2.1 Ахат Раимбек (ОИЯИ) Поведение мезонов в плотной материи**

Рассматривается поведение масс мезонов в различных сценариях горячей и плотной материи как в равновесии так и в неравновесных сценариях



## **2.2 Жомартова Аяжан(ОИЯИ) Синтез химических элементов в ультра-намагниченной астрофизической плазме при взрыве сверхновых**

Исследуется синтез химических элементов при условиях магниторотационных неустойчивостях в астрофизической плазме при взрыве сверхновой. Показано, что в сильных магнитных полях магнитная модификация ядерной структуры сдвигает ядерные магнитические числа в области железа в сторону меньших массовых чисел, приближающихся к титану. Следовательно, максимум продуктов нуклеосинтеза модифицируется с повышением выхода титана. Результаты подтверждены избытком  $^{44}\text{Ti}$ , выявленным из данных миссии INTEGRAL для остатков сверхновых, при напряженности поля тератесла. Обсуждается такое магнитное воздействие на нуклеосинтез в галактической химической эволюции.

## **2.3 Комольцев Олег (ИЯИ) Испарение электронов из магнитной ловушки источника на установке «Троицк ню-масс»**

Тритиевый источник на установке “Троицк ню-масс” представляет собой магнитную ловушку, которая устроена таким образом, что лишь малая часть электронов попадает в спектрометр, остальные электроны оказываются заперты между двумя магнитными пробками и находятся в ней пока полностью не теряют свою энергию или не высаживаются на стенки. Часть электронов в результате столкновений с газом в источнике и могут попасть в спектрометр. Распределение таких электронов по энергиям существенно отличается от распределения электронов, попавших в спектрометр напрямую. Учет спектра таких электронов является целью данной работы.

## **2.4 Лизунова Мария (Утрехтский Университет, Амстердамский Университет) Поиск долгоживущих топологических решений в модели $\phi^4$**

В настоящей работе проводится поиск новых долгоживущих состояний в классической теории поля  $\phi^4$  в размерности  $(1+1)$ . Для этого предлагается оригинальный метод “разрезания и вставки”. С использованием этого метода найдены новые долгоживущие состояния как в вакуумном секторе, так и в секторе с нетривиальным топологическим зарядом. В частности, в секторе с нетривиальным топологическим зарядом найдены высоковозбужденные состояния над кинком. Обнаружено несколько путей сброса энергии с такого состояния. Кроме ожидаемого испускания волновых пакетов малой амплитуды при некоторых выбранных начальных состояниях обнаруживается большой сброс энергии путем рождения кинк-антикинк-пар. При этом происходит изменение топологического заряда кинка, находящегося в центральной зоне решения. При меньших энергиях возбуждения возникает долгоживущее колебательное возбужденное состояние кинка, которое является конечной стадией всех рассмотренных способов возбуждения. Такое возбужденное состояние кинка с течением времени переходит в линеаризованное известное решение - дискретную моду возбуждения кинка. В нетопологическом секторе предложенный метод позволил получить новый качественный способ описания бина большой амплитуды, обнаруженного ранее в столкновениях кинка и антикинка.

## **2.5 Мельников Алексей (ИЯИ РАН, МФТИ) Мультианодный газовый счетчик для диагностики пучков сверхнизких интенсивностей на ускорителе ИЯИ РАН**

В данной работе рассматривается мультианодный газовый счётчик для контроля интенсивности и пространственно-временных характеристик пучка в режиме реального времени. В программной среде COMSOL Multiphysics были смоделированы рабочие характеристики различных режимов работы данного прибора: кривые усиления для ионизационной и пропорциональной камеры. В пакете Labview была написана программа для сбора и обработки сигналов с данного счётчика с калибровкой по индукционному датчику. Были проведены измерения параметров пучка в сеансе облучения электроники.

## **2.6 Нуртаева Улханым (ОИЯИ) Синтез ультранамагниченных ядер в взрывах сверхновых**

В данной работе рассматривается воздействие ультра-намагниченного поля, возникающие при взрыве сверхновых, в коре магнитаров и столкновениях тяжелых ионов, приводящее к сдвигу области наиболее сильно связанных нуклидов от переходных металлов группы железа в сторону меньших масс до титана включительно и это приводит к значительному изменению распространенностей нуклидов. В результате максимум распределения нуклидов по массам переходит от “пика” железа к легким элементам. Соответственно характеристические линии этих металлов в рентгеновских и гамма-спектрах ультра-намагниченных астрофизических объектов будут заметно подавлены, и значительно увеличится выход гамма-линий, сопровождающий распад нестабильных более легких нуклидов. Показано, что для напряженностей поля 0.1-10 тератесла доминирует линейный магнитный отклик и эффект Зеемана приводит к увеличению энергии связи атомных ядер с открытой оболочкой.

## **2.7 Оразгали Токжан (ОИЯИ) Исследование отклика Байкальского глубоководного нейтринного телескопа НТ1000 на атмосферные мюоны**

В настоящее время на озере Байкал создается глубоководный нейтринный телескоп НТ-1000. Он будет состоять из 8 отдельных независимых поддетекторов - кластеров гирлянд, два из которых уже функционируют на озере Байкал в режиме реального набора данных и имеют в составе 576 фотодетекторов большой площади. Основная доля событий в детекторе формируется под действием потоков атмосферных мюонов. С одной стороны, атмосферные мюоны являются главным фоном в регистрации нейтрино высоких энергий, но, с другой стороны, ввиду их большой статистики и изученности, могут использоваться для дополнительной калибровки детектора, проверки надежности программ моделирования событий в телескопе итд. В связи с этим, необходимо количественное представление об энергетических и угловых характеристиках потока атмосферных мюонов, структуре отклика телескопа на атмосферные мюоны после применения первичного отбора событий. В данной работе эти вопросы были рассмотрены, а также была разработана программа визуализации, которая наглядно иллюстрирует отклик нейтринного телескопа НТ-1000 на атмосферные мюоны. Дальнейшая разра-

ботка данной программы позволит иметь надежный инструмент в обработке и анализе данных телескопа HT-1000, в частности, в разработке новых методов восстановления событий. Данная работа является необходимым шагом в задаче выделения нейтринных событий из фона атмосферных мюонов, а также в понимании возможности восстановления характеристик первичных космических лучей по данным телескопа.

## **2.8 *Стадничук Егор (МФТИ, ИЯИ РАН) Модели усиления электронных лавин в грозовых облаках***

Несмотря на многолетнюю историю исследований и наблюдений, в физике атмосферного разряда остаётся множество нерешённых вопросов. Одним из них является построение модели TGF (Terrestrial Gamma-ray Flashes) и TGE (Terrestrial Gamma-ray Enhancement). Наиболее принятой на сегодняшний день моделью, описывающей это излучение, является модель Дваера. Согласно этой модели, источником гамма-излучения является тормозное излучение лавин релятивистских электронов. Эти лавины поддерживаются за счёт позитронной обратной связи. В данной работе было показано, что механизм позитронной обратной связи в реальных грозовых облаках даёт вторичные лавины со слишком малой вероятностью. Сделано это было в несколько этапов: 1) Было получено распределение выхода позитронов на один первичный электрон. 2) Используя полученное распределение, было рассчитан спектр электронов, образованных позитронами. 3) Из спектра электронов были отобраны такие электроны, которые способны образовать вторичную электронную лавину.

## **2.9 *Титов Александр (ИЯИ РАН, МФТИ) Люминесцентная диагностика протонных пучков сверхнизких интенсивностей в ускорительном комплексе ИЯИ РАН***

Люминесцентная диагностика является одним из старейших способов диагностики пучков заряженных частиц, который используется во многих ускорительных комплексах мира. На линейном ускорителе ИЯИ РАН также используется этот тип измерения параметров пучка протонов. Ниже описан комплекс люминесцентной диагностики, установленный на стенде протонного облучения, и программа для обработки полученных изображений. Также в данной работе представлены некоторые экспериментальные результаты, использующие диагностику на основе люминесцентных экранов.

## **2.10 *Федотов Сергей (ИЯИ РАН) Детектор ANTI-0 для эксперимента NA62 (CERN)***

В работе представлены результаты моделирования прохождения мюонного гало вдоль линии эксперимента NA62. Рассмотрены варианты дизайна нового вето-детектора ANTI-0, предназначенного для регистрации мюонов гало, и определена предполагаемая загрузка элементов нового детектора для каждого из дизайнов при номинальной интенсивности пучка.