

МЕЖПРЕДМЕТНЫЙ СЕМИНАР

Заседания 1–100

15.09.2004 – 16.04.2008

Сборник материалов

МОСКВА 2008

Представлены материалы работы заседаний 1–100 Межпредметного семинара, преимущественно в виде аннотаций. Для более объёмных материалов даны ссылки на интернет-сайт семинара и другие источники.

В сборник также включены статьи об истории организации и работы семинара.

Сборник предназначен для широкого круга читателей, интересующихся естественными науками, их взаимосвязями и популяризацией.

Кафедра теоретической физики МФТИ

© Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Московский физико-технический институт
(государственный университет), 2008

2

СОДЕРЖАНИЕ

О сборнике. Хронология Межпредметного семинара	8
Межпредметный семинар. Аннотации и материалы.	12
Семестр № 1 (осень-2004, заседания 1-14).....	12
№ 1. 15.09.2004. Вводный семинар. <i>М.Г. Иванов и др.</i>	12
№ 2. 22.09.2004. Геометрия и тригонометрия на плоскости Минковского. <i>М.Г. Иванов</i>	25
№ 3. 29.09.2004. Теплота и температура с точки зрения квантовой механики. <i>М.А. Капустин</i>	26
№ 4. 06.10.2004. Основы общей теории обучения. <i>А.Р. Арсеньев</i>	26
№ 5. 13.10.2004. Бесконечные точки в математике и физике. <i>М.Г. Иванов</i>	27
№ 6. 20.10.2004. Основы теории групп и алгебр Ли с точки зрения физики. <i>М.Г. Иванов</i>	27
№ 7. 27.10.2004. Обобщённые функции в физике. <i>Р.В. Константинов</i> ..	27
№ 8. 03.11.2004. Конформные преобразования и задача Лапласа (ТФКП и электростатика). <i>Р.В. Константинов</i>	28
№ 9. 10.11.2004. Действие в теоретической механике, теории поля и квантовой механике. <i>М.Г. Иванов</i>	28
№ 10. 17.11.2004. Повороты и преобразования Лоренца в теории поля и квантовой механике. <i>М.Г. Иванов</i>	29
№ 11. 24.11.2004. Основы методики физического эксперимента. <i>А.Р. Арсеньев</i>	29
№ 12. 01.12.2004. Кватернионы. <i>Ю.И. Ханукаев</i>	30
№ 13. 08.12.2004. Линейная алгебра с точки зрения квантовой механики. <i>М.Г. Иванов</i>	30
№ 14. 15.12.2004. Принцип наименьшего действия и задачи оптимального управления. <i>Д.А. Притыкин</i>	30
Семестр № 2 (весна-2005, заседания 15-25).....	31
№ 15. 16.02.2005. Симметрии в квантовой механике. <i>М.Г. Иванов</i>	31
№ 16. 02.03.2005. Зондовая микроскопия. <i>А.С. Батулин</i>	33
№ 17. 09.03.2005. Базы знаний в физике частиц для исследований и образования. <i>В.В. Ежсела</i>	34
№ 18. 16.03.2005. Теоретическая механика с точки зрения квантовой. <i>М.Г. Иванов</i>	34
№ 19. 23.03.2005. <i>p</i> -Адиабатическая математическая физика: всплески, псевдодифференциальные операторы, приложения. <i>С.В. Козырев</i> ..	35
№ 20. 30.03.2005. Пределы, аттракторы и фракталы. <i>М.Г. Иванов</i>	35
№ 21. 06.04.2005. Мягкое математическое моделирование. <i>М.А. Капустин</i>	35

№ 22. 13.04.2005. Всплески (вейвлеты). <i>Г.Г. Амосов</i>	36
№ 23. 20.04.2005. Уравнение Власова в плоской геометрии и его приложения к хронографии. <i>Н.С. Келлин</i>	37
№ 24. 27.04.2005. Оснащённые гильбертовы пространства и квантовая физика. <i>Г.Г. Амосов</i>	37
№ 25. 11.05.2005. Твёрдотельные квантовые компьютеры. <i>А.С. Батулин</i> ..	37
Семестр № 3 (осень-2005, заседания 26-39).....	38
№ 26(1). 14.09.2005. Вводный семинар. Линейная алгебра с точки зрения “высокой науки”. <i>М.Г. Иванов</i>	38
№ 27(2). 21.09.2005. Обзор современного состояния термоядерного синтеза в России и в мире и его перспективы. <i>Ю.Н. Орлов</i>	38
№ 28(3). 28.09.2005. Математическая теория обучения. <i>М.А. Капустин</i> ..	39
№ 29(4). 05.10.2005. Планиметрия на плоскости Минковского и кинематика теории относительности (специальной и немного общей). <i>М.Г. Иванов</i>	39
№ 30(5). 12.10.2005. Стереометрия в пространстве Минковского и пространства постоянной кривизны. <i>М.Г. Иванов</i>	40
№ 31(6). 19.10.2005. Динамический хаос. <i>В.П. Крайнов</i>	40
№ 32(7). 26.10.2005. Электронная и ионная микроскопия. <i>А.С. Батулин</i> ..	40
№ 33(8). 02.11.2005. Топология, причисывание ёжиков и другие трюки. <i>М.Г. Иванов</i>	41
№ 34(9). 09.11.2005. “Параллельные миры” в фантастике и физике. <i>М.Г. Иванов</i>	41
№ 35(10). 16.11.2005. Лист Мёбиуса в физике и технике. <i>Ю.А. Арутюнов</i> ..	42
№ 36(11). 23.11.2005. Фракталы в физике. <i>М.Б. Лукьянчук</i>	43
№ 37(12). 30.11.2005. Фракталы и аттракторы в физике и не только. <i>М.Г. Иванов</i>	44
№ 38(13). 07.12.2005. Термодинамика с точки зрения статистической физики. <i>М.А. Капустин</i>	44
№ 39(14). 14.12.2005. Ферми- и бозе-газы. <i>М.А. Капустин</i>	45
Семестр № 4 (весна-2006, заседания 40-52).....	45
№ 40(15). 15.02.2006. Ускоренное расширение Вселенной и струны. <i>И.Я. Арефьева</i>	45
№ 41(16). 22.02.2006. Квантовая телепортация и другие чудеса. <i>М.Г. Иванов</i>	46
№ 42(17). 01.03.2006. Квантовая механика без волновой функции. <i>В.И. Манько</i>	46
№ 43(18). 15.03.2006. Функции Вигнера и правила квантования динамических систем. <i>Ю.Н. Орлов</i>	47

№ 44(19). 22.03.2006. Представление когерентных состояний в квантовой механике. Ю.Н. Орлов.....	47
№ 45(20). 29.03.2006. Общая теория относительности для «чайников». М.Г. Иванов.....	48
№ 46(21). 05.04.2006. Калибровочные поля на примере электромагнитного поля. М.А. Капустин.....	48
№ 47(22). 12.04.2006. Что могут микроспутники? (Семинар в честь Дня Космонавтики) М.Ю. Овчинников.....	49
№ 48(23). 19.04.2006. Математическая теория глобального демографического процесса. А.В. Подлазов.....	49
№ 49(24). 26.04.2006. Физика элементарных частиц: основы теории и современное развитие. М.И. Высоцкий.....	50
№ 50(25). 03.05.2006. Некоторые идеи квантовой теории поля. КТП для «чайников». М.Г. Иванов.....	50
№ 51(26). 10.05.2006. Теория самоорганизованной критичности – наука о сложности. А.В. Подлазов.....	51
№ 52(27). 17.05.2006. Вращение кометных ядер и смежные задачи физики комет. В.В. Сидоренко.....	51
Семестр № 5 (осень-2006, заседания 53-66).....	52
№ 53(1). 13.09.2006. Вводный семинар. Обзор тематики возможных докладов. Обзор программы младших курсов. М.Г. Иванов.....	52
№ 54(2). 20.09.2006. Матричные экспоненты в математике и физике (в примерах). М.Г. Иванов.....	52
№ 55(3). 27.09.2006. Математические этюды. Н.Н. Андреев.....	53
№ 56(4). 04.10.2006. О кривизне, параллельном переносе, эйлеровых характеристиках и физике. М.Г. Иванов.....	53
№ 57(5). 11.10.2006. Кватернионы и их применение. Ю.И. Ханукаев.....	53
№ 58(6). 18.10.2006. Вычислимое и невычислимое. Теорема Геделя. А.В. Ворожцов.....	54
№ 59(7). 25.10.2006. Математическая демография и прогноз социально-экономического развития России. Ю.Н. Орлов.....	54
№ 60(8). 01.11.2006. р-адические числа и их применение. М.Г. Иванов.....	55
№ 61(9). 08.11.2006. Новые модели сухого трения. А.В. Фомичёв.....	55
№ 62(10). 15.11.2006. Квантовые состояния, суперпозиции и измерения. М.Г. Иванов.....	56
№ 63(11). 22.11.2006. Квантовая нелокальность и квантовая информатика. М.Б. Менский.....	56
№ 64(12). 29.11.2006. Доказательство теорем математического анализа с помощью компьютера. Г.Е. Иванов.....	57
№ 65(13). 06.12.2006. Молекулярное моделирование в науках о живом: на стыке естественных наук. Г.Г. Чилов.....	57

№ 86(8). 31.10.2007. Твёрдая Земля как объект физики. Г.С. Голицын.....	72
№ 87(9). 07.11.2007. Сжимаемая и несжимаемая электронная жидкость – реализация и исследования. Э.В. Деватов.....	74
№ 88(10). 14.11.2007. Топология и кривизна пространства-времени в ОТО. М.Г. Иванов.....	74
№ 89(11). 21.11.2007. Чёрные дыры, кротовые норы, машина времени. Часть 1. Л.И. Меньшиков.....	74
№ 90(12). 28.11.2007. Чёрные дыры, кротовые норы, машина времени. Часть 2. Л.И. Меньшиков.....	75
№ 91(13). 05.12.2007. Тожества и аналогии. Ф.М. Софронов.....	75
Семестр № 8 (весна-2008, заседания 92-103).....	75
№ 92(14). 20.02.2008. Симметрии и законы сохранения в квантовой механике. М.Г. Иванов.....	75
№ 93(15). 27.03.2008. Цветные шумы и другие вопросы акустики и не только. М.Г. Иванов.....	76
№ 94(16). 05.03.2008. Аналитические возможности сверхвысоковакуумного сканирующего туннельного микроскопа. К.Н. Ельцов.....	77
№ 95(17). 12.03.2008. Программы, которые модифицируют сами себя. А.В. Ворожцов.....	77
№ 96(18). 19.03.2008. Определения производной. М.В. Балашов.....	78
№ 97(19). 26.03.2008. Молекулярное моделирование в инженерных науках, физике, химии и биологии. Г.Э. Норман.....	78
№ 98(20). 02.04.2008. Компьютер для композитора. Основные направления электроакустической музыки сегодня. А.В. Комиссаренко.....	79
№ 99(21). 09.04.2008. Моделирование элементарных частиц на суперкомпьютерах (за что три аспиранта МФТИ получили премию Правительства РФ за 2007г.). М.И. Поликарпов.....	80
№ 100(22)-1. 16.04.2008. Путешествия во времени и физика высоких энергий. И.В. Волович.....	81
№ 100(22)-2. 16.04.2008. Современные направления разработки систем управления движением КА на РКК "Энергия" им. С.П. Королёва. А.В. Богачёв.....	81
№ 101(23). 23.04.2008. Знак и символ в музыке. А.А. Кобляков, Г.Г. Амосов.....	82
№ 102(24). 30.04.2008. Чёрные дыры (предварительно). В.Н. Лукаш.....	82
№ 103(25). 07.05.2008. Ориентация спутников по звёздам (предварительно). С.Н. Горбач.....	82
Статья в газете «За науку» 28 марта 2005 года.....	83
Статья в газете «За науку» 1 сентября 2006 года.....	84
Список докладчиков.....	86

№ 66(14). 13.12.2006. Прочитать геном – не значит его понять. А.А. Миронов.....	59
Семестр № 6 (весна-2007, заседания 67-78).....	59
№ 67(15). 14.02.2007. р-Адический анализ и приложения в физике и биологии. С.В. Козырев.....	59
№ 68(16). 21.02.2007. Как превратить частицу в античастицу? М.Г. Иванов.....	60
№ 69(17). 28.02.2007. Метод перевала в физике. В.П. Крайнов.....	61
№ 70(18). 07.03.2007. Какого цвета чёрное тело? или Бывают ли зелёные звёзды? А.Г. Копылова.....	62
№ 71(19). 14.03.2007. Теория категорий. В.Ю. Алексеев.....	62
№ 72(20). 21.03.2007. Как открыли тёмную энергию и тёмную материю в нашей Вселенной. С.И. Блинные.....	63
№ 73(21). 28.03.2007. Бозе-Эйнштейновская конденсация и нелинейное уравнение Шрёдингера. О.И. Толстихин.....	64
№ 74(22). 04.04.2007. Симметрия в мире молекул. Л.П. Суханов.....	64
№ 75(23). 11.04.2007. МКС, Клипер и РКК "Энергия". С.А. Скороход, С.В. Журиш.....	65
№ 76(24). 18.04.2007. Как открыли тёмную энергию и тёмную материю в нашей Вселенной (продолжение: тёмная материя, чёрные дыры, квазары). С.И. Блинные.....	66
№ 77(25). 25.04.2007. Мини ДПЛА. Предпосылки возникновения, состав и структура, возможности. Н.В. Чистяков.....	67
№ 78(26). 02.05.2007. Теории поля в моделях с дополнительными измерениями. Какова размерность нашего пространства? П.А. Коротеев.....	68
Семестр № 7 (осень-2007, заседания 79-91).....	69
№ 79(1). 12.09.2007. Вводный семинар. Обзор тематики возможных докладов. Программа младших курсов с точки зрения одного уравнения. М.Г. Иванов.....	69
№ 80(2). 19.09.2007. Чем специальная теория относительности отличается от евклидовой геометрии? М.Г. Иванов.....	69
№ 81(3). 26.09.2007. Как по-разному умножать и дифференцировать векторы. М.Г. Иванов.....	70
№ 82(4). 03.10.2007. Ракетные двигатели – основа космических полетов. Д.М. Борисов.....	70
№ 83(5). 10.10.2007. Музыка как раздел математики. Г.Г. Амосов.....	71
№ 84(6). 17.10.2007. История развития и современные методы нанотехнологий. А.В. Заблудский.....	72
№ 85(7). 24.10.2007. Образование горящего шара в атмосфере и его свойства. Ю.Р. Аланакян.....	72

О сборнике. Хронология Межпредметного семинара

Межпредметный семинар был задуман в весеннем семестре 2004 года группой преподавателей МФТИ, организовавшей вокруг руководимого профессором М.А.Галаховым семинара «Моделирование и управление». Той весной шло активное обсуждение того, как именно должен быть организован семинар, и кто будет обеспечивать еженедельно новые и интересные доклады. В выработке и обсуждении идеи семинара принимали участие многие преподаватели, список которых примерно таков:

- к.ф.-м.н. Амосов Григорий Геннадьевич (каф. высшей математики),
- Арсеньев Андрей Романович (каф. общей физики),
- к.ф.-м.н. Бодякин Владимир Ильич (каф. информатики),
- д.ф.-м.н. Галахов Михаил Алексеевич (каф. высшей математики),
- д.ф.-м.н. Иванов Григорий Евгеньевич (каф. высшей математики),
- к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф. теоретической физики),
- к.ф.-м.н. Федичев Олег Борисович (каф. теоретической механики).

Семинар начал работу при кафедре теоретической физики осенью 2004 года по средам в 18:30. Время и день недели с тех пор остаются неизменными. Как указывается в анонсе каждого заседания:

Межпредметный семинар проходит еженедельно (кроме времени каникул, сессий, первых и последних недель семестра) по средам в 18:30

Аудитория, в которой проходит семинар, менялась. С самого начала мы взяли «на вырост» большую (поточную) аудиторию. Начиная со второго года работы, большая аудитория стала и в самом деле нужна (хотя и не каждый раз). Первоначально (семестры №1-3) семинар заседал в аудитории 110КПМ (Корпус прикладной математики), но там было холодно зимой, потом (семестры №4-7) в аудитории 115КПМ, но там нельзя было выключить свет частично, и, наконец, сейчас (семестр №8) в аудитории 202НН (Новый корпус).

В течение первого года работы семинар назывался «Межпредметный семинар для студентов 1-4 курсов». Начиная со второго года, было решено не ограничивать заранее свою аудиторию и название сократить до двух слов: «Межпредметный семинар».

Первоначально планировалось, что семинар будет следовать за программой 1-го курса, комментируя межпредметные связи, которые обычно недостаточно проговариваются. Однако со временем семинар

развивался и менял свою направленность. Первый учебный год основными слушателями были студенты 3-го курса, интересующиеся математикой, которые вполне могли заказать тему «что-нибудь про группы и алгебры Ли». В дальнейшем основной контингент составили первокурсники, которые, как правило, предпочитают более физические темы, и высказывают такие пожелания, как «что-нибудь о плазме» (часто не умея конкретизировать свой вопрос). В настоящее время по форме Межпредметный семинар аналогичен «взрослому» научному семинару, но без обязательного требования научной новизны к докладам. Вместо этого потенциальному докладчику неизменно задаётся вопрос: «Будет ли доклад понятен первокурснику?»

Практически с самого начала семинар имел свой интернет-сайт <http://theorphys.fizteh.ru/mezhpr/> (см. в тексте ссылки на сайт семинара) – раздел сайта кафедры теоретической физики МФТИ. Начиная с заседания №17 (09.03.2005), начал работать список рассылки семинара и на сайте стали регулярно появляться не только темы семинаров, но и аннотации. Там же выкладываются предоставленные докладчиками материалы семинаров. Чаще всего это презентации, но бывают и тезисы, задачи, видеоролики. К сожалению, иногда размер презентации не позволяет выложить её на сайт семинара.

Начиная с осени 2006 года, на некоторых заседаниях семинара проводится видеосъёмка усилиями студентов, участвующих в проекте «Видеолекции Физтеха» (<http://fvl.fizteh.ru/>). В их числе

- Пустовой Тарас Викторович (руководитель проекта)
- Лизнёв Евгений Олегович (студент 584 гр., оператор)
- Иванов Андрей Вадимович (б.студент 471 гр., оператор)

Начиная с 2006 года, один из семинаров в апреле посвящается Дню Космонавтики. В этом году семинар в честь Дня космонавтики пришёлся на 16 апреля и совпал с семинаром №100.

Данный сборник выпущен специально к «юбилейному» сотому семинару. Он содержит темы и аннотации всех заседаний, а также некоторые другие материалы, в частности, по семинару №1 приводятся объяснение и тезисы. Стиль материалов, предоставленных разными докладчиками, различен. В частности широко представлен «разговорный» стиль изложения.

При наличии по данному семинару дополнительных материалов, не вошедших в сборник (презентация, видеоролик, видеозапись, материалы, тезисы), в тексте даётся прямая интернет-ссылка, библиографическая ссылка, ссылка на сайт семинара, либо указание, что такой материал существует (для громоздких материалов, таких как видеоза-

пись). Ссылки на дополнительные материалы приводятся после аннотации, причём вид материала (презентация, тезисы и пр.) подчёркивается.

После материалов семинара приводятся две статьи из институтской газеты «За науку», посвящённых Межпредметному семинару. В конце сборника приводится таблица докладчиков, выступавших когда-либо на Межпредметном семинаре, упорядоченных по времени первого доклада.

Мы выражаем благодарность всем, кто помог реализовать идею семинара и участвовал в его работе, в частности, мы благодарим всех слушателей и докладчиков, а также студентов, оказывавших разного рода техническую помощь. Большую роль в развитии и становлении семинара, чья деятельность часто проходит между факультетами и кафедрами Физтеха, сыграло руководство института в том числе:

- Самарский Юрий Александрович – проректор по уч. работе,
- Каменец Фёдор Фёдорович – декан ОФПФ (1987-2007),
- Ткаченко Борис Константинович – декан ФАКИ (1987-2007),
- Белоусов Юрий Михайлович – зав. каф. теоретической физики,
- Гладун Анатолий Деомидович – зав. каф. общей физики,
- Петров Игорь Борисович – зав. кафедрой информатики,
- Половинкин Евгений Сергеевич – зав. каф. высшей математики,
- Яковлев Геннадий Николаевич – зав. каф. высшей математики (1989-2005),
- Батурин Андрей Сергеевич – зам. декана ФФКЭ,
- Козьминых Валерий Аркадьевич – зам. декана ФАКИ.

Отдельно хочется выразить благодарность профессору *Сергею Павловичу Аллилуеву* (заведующему кафедрой теоретической физики в 1993-1998 годах), чьи советы и неизбежно доброжелательная позиция помогали нашей работе. Восьмидесятилетний юбилей Сергея Павловича приходится как раз на 16 апреля 2008 года и совпадает с днём сегоднего Межпредметного семинара, что даёт нам ещё одно основание для выпуска данного сборника.

М.Г. Иванов
8 апреля 2008 г.

Специально для будущих докладчиков
контактная информация организатора:



Иванов Михаил Геннадьевич

к.ф.-м.н., доцент
Кафедра теоретической физики
Московский физико-технический институт



МФТИ

р.т. (495)408-75-90 м.т. 8(910)482-65-51
e-mail: mgi@mi.ras.ru (основной), ivanov@fizteh.ru (запасной)
icq: 263-932-570, jabber: mgi@jabber.ru (это не e-мэйл!)
<http://theorphys.fizteh.ru/>

Хочешь на Физтехе быть заметным –
Выступай раз в год на Межпредметном
Семинаре, где кипят умы,
Где по средам заседаем мы.

Хочешь если быть всегда в ударе,
Любишь если вдохновенья жар,
Захватив по паре всякой твари,
Приходи на сотый семинар!

М.А. Галахов

Межпредметный семинар. Аннотации и материалы.

Семестр № 1 (осень-2004, заседания 1-14)

№ 1. 15.09.2004. Вводный семинар

Объявление:

Межпредметный семинар для студентов 1-4 курсов

будет проходить в 18:30 по средам в аудитории 110 КИМ.

Первый (вводный) семинар состоится 15 сентября 2004 г.

Семинар будут вести преподаватели кафедр:

- теоретической физики,
- общей физики,
- теоретической механики,
- высшей математики.

Темы семинаров будут затрагивать предметы, изучаемые на разных кафедрах (см. выше) и на разных курсах (с 1-го по 4-й и далее). Привязываясь по времени семинары будут к темам, изучаемым на 1-м курсе, поэтому

присутствие студентов 1-го курса приветствуется особо.

Мы надеемся, что семинар упростит студентам понимание материала и экономит время.

Аннотация: Это тезисы первого (вводного) межпредметного семинара, который состоялся 15 сентября 2004г. В вводной части описывается идеология семинара в том виде, в каком она представлялась на тот момент ("история внесла свои коррективы"). Далее идёт "основная" часть, имеющая заголовок "Наука и причинность" – тема во многом философская, как и подобает вводному семинару.

Вводная часть

Сегодня мы начинаем работу Межпредметного семинара. Для начала я хотел бы сказать несколько слов о том, что это за семинар и кому он нужен.

При изучении любого достаточно обширного предмета нам неизбежно приходится неоднократно возвращаться к уже как будто

“пройденным” главам. Это вызвано тем, что разные разделы связаны друг с другом, и потому, знакомство с новой темой часто позволяет по-новому взглянуть на казавшееся бы уже пройденную.

Понятно, что знание таких связей полезно как для понимания, так и для практических применений.

В принципе **всё, что изучается на Физтехе, — это разделы одной большой физико-математической науки**, и такие связи сшивают между собой “параллельные места” из всех предметов.

Часть “параллельных мест” удаётся проходить действительно параллельно. При этом связанные между собой темы взаимно обогащают друг друга примерами, что позволяет освоить их быстрее и прочнее. К сожалению, возможно это далеко не всегда, поэтому приходится прибегать и к другим методам.

По крайней мере один из таких методов был известен ещё средневековым переводчикам и толкователям Библии — это ссылки на параллельные места, т.е. на места, где описываются те же события, или события как-то связанные с описываемыми. Кстати, как раз аппарат параллельных мест позволил некоторым энтузиастам объявить Библию “первым гипертекстом”, что в общем-то справедливо.

Однако простого указания на связь между разными темами часто бывает недостаточно. Такого рода ссылки могут просто “утопить” студента в новой информации, если он решит всерьёз все их проследить.

Спасти студента от подобного “утопления” и помочь ему выстроить из материала разных предметов что-то согласованное и призван наш семинар. Надеюсь, что семинар будет не усложнять, а упрощать обучение.

Поскольку наша задача — связать и согласовать материал разных курсов, читаемых разными кафедрами, то и вести наш семинар будут преподаватели разных кафедр, иногда поочерёдно, а иногда и совместно.

Я сам — **Иванов Михаил Геннадьевич** с кафедры теоретической физики.

Обычно наша кафедра знакомится со студентами ФОПФ и ФПФЭ в весеннем семестре второго курса, а со студентами всех остальных факультетов в осеннем семестре третьего курса. Один семестр мы учим студентов теории поля, потом два семестра — квантовая механика, один или два семестра — статистическая физика (два семестра — ФОПФ и ФПФЭ, остальные — один), и наконец на пятом курсе студенты сами выбирают курсы из нескольких возможных. Моё участие в этом семинаре связано с тем, что попадая к нам на кафедру, студенты час-

тенько демонстрируют незнание того, мимо чего они вроде бы уже проходили на первом или втором курсе. Я надеюсь, что если своевременно рассказать о глубоком физическом смысле того или иного математического понятия, то забыть его потом будет значительно сложнее.

Участвующие в семинаре преподаватели с других кафедр расскажут о своих кафедрах сами.

[ФИО, название кафедры, какие курсы кафедры читает, в чем интерес]

Кафедра теоретической механики: **Олег Борисович Федичев** ...

Кафедра высшей математики: **Григорий Евгеньевич Иванов** ...

Кафедра общей физики: **Андрей Романович Арсеньев** ...

Михаил Анатольевич Капустин ...

Анна Геннадьевна Копылова ...

Семинар рассчитан на студентов с первого курса по четвертый.

Мы постараемся строить семинары так, чтобы студент любого курса каждый раз мог узнать что-то новое. Однако время рассмотрения той или иной темы мы будем привязывать к программе первого курса. Как вы сможете убедиться в дальнейшем, уже на первом курсе мы проходим ... проходим мимо большого количества тем, к которым потом возвращаемся снова и снова на протяжении всего времени обучения на Физтехе (а кто-то и намного дольше).

Для первого семестра первого курса характерно, что кафедра общей физики обгоняет все остальные кафедры. Именно в курсе общей физики впервые появляются дифференциальные уравнения, тензоры и другие понятия, которые появляются в курсах высшей математики существенно позже. Поэтому в осеннем семестре большая доля всех семинаров будет посвящена более строгому математическому взгляду на подобные понятия. Мы понимаем, что факультативно изучить соответствующие разделы математики всё равно не получится. Это было бы и бессмысленно. Вместо этого мы просто дадим краткие обзоры этих предметов с точки зрения математики, т.е. прежде всего укажем, к какому разделу математики относятся используемые понятия, рассмотрим, как аккуратно поставить задачу, разберём несколько простых физических осмысленных примеров, ну и, наконец, постараемся чем-нибудь удивить. Математическую строгость при этом наводить не будем, а большинство доказательств просто опустим.

Во втором семестре первого курса «обгонять» начинает кафедра высшей математики. В это время даются многие понятия, которые будут очень важны позже для теоретической физики, и не только. Поэтому во втором семестре большая доля всех семинаров будет посвяще-

на физическим, механическим, экономическим и прочим примерам, иллюстрирующим математические понятия, с которыми в это время знакомятся. Структура семинаров останется практически прежней: где используются понятия, какие задачи решаются с их помощью, простые физические осмысленные примеры, и, конечно, что-нибудь удивительное. Я сейчас описал два разных типа семинаров, которые мы будем проводить. Будет ещё и третий тип семинара. Такие семинары будут посвящены связи изучаемых предметов с тем, чем занимается современная наука.

Тут мы попытаемся показать, что не все задачи ещё решены, и что в двух шагах от того, что изучается на первом курсе, есть задачи, которые ещё не решены, или решались сравнительно недавно.

Основная часть

Введение

Сегодняшний семинар — вводный. Тема — **“Наука и причинность”**.

Тема сегодняшнего семинара — отчасти философская, поэтому для начала цитата из Фейнмана: “Кстати, философы порой много говорят о вещах, *совершенно необходимых* науке; и это всегда, как можно в том убедиться, весьма наивно и, по всей видимости, ошибочно.” (Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. “Фейнмановские лекции по физике”, стр.48)

Насколько Фейнман поторячился? Иногда философы высказывают действительно дельные мысли, но при этом они, как правило, не способны правильно оценить область их применимости. Впрочем, и в самой физике область применимости тех или иных понятий или законов оказывается ясна “задним числом” — после того как удаётся построить более общую теорию.

Интересно, что некоторые идеи при этом оказываются необычайно живучи: меняя форму они переходят из теории в теорию сохраняя свою плодотворность. Одна из таких идей — идея **причинности**. О её метаморфозах мы и будем сегодня говорить.

Причинность без времени

Долгое время образцом для подражания всем остальным наукам служила астрономия. Самой же астрономии образцом первоначально служила евклидова геометрия.

Геометрия — наука в которой отсутствует понятие времени. Она изучает некие идеальные объекты, которые с тех пор как их приду-

мали, становятся “вечными и неизменными”. Такими же “вечными и неизменными” казались древним и небеса. На небе, конечно, что-то происходит, но, на первый взгляд, происходит там всё по некоему раз и навсегда заведённому порядку. При таком видении все “существенные” причины оказываются отнесены в далёкое прошлое — ко времени создания Вселенной.

Такие первопричины приписывались установлению богов, а самим богам, естественно приписывались какие-то цели, например, цель создать наиболее совершенную вселенную. Интересно, что если такая цель достигается в будущем, то причинность получается вывернутая: события происходят не “потому, что”, а “для того, чтобы”: вместо причины в прошлом, получается цель в будущем.

Казалось бы, с современной точки зрения такая причинность выглядит совершенно бесплодно: мы-то знаем, что никаких целей у Природы нет. На деле же этот подход живет и процветает и сегодня, хотя и в обновлённом виде. Критерий математической красоты физической теории, хотя и не является строго обоснованным, оказывается очень плодотворен. Другая ипостась такой “неправильной” причинности: различные принципы максимума и минимума, например принцип наименьшего действия, с которым мы сталкиваемся и в теоретической механике, и в теории поля. Этот принцип гласит, что из всех возможных путей, которыми система может перейти из одного состояния в другое, реально осуществляются те, для которых действие минимально. Действие — это некоторая величина, вычисляющаяся по заданному пути перехода из одного состояния в первый момент времени в другое состояние во второй момент времени. В механике — это интеграл по времени от разности кинетической и потенциальной энергии.

Есть и третья идея, унаследованная от астрономии греков — идея **“естественного движения”**. Греки считали естественным движение по кругу. Что значит “естественное движение”? Это такое движение, которое один раз начавшись для своего продолжения, **не требует внешних причин**, т.е. говоря другими словами, движение в отсутствие внешних сил. В ньютоновской механике таким движением стало **движение по инерции**, т.е. равномерное прямолинейное движение. В общей теории относительности (ОТО) естественным движением стало **движение под действием гравитационного поля** (поскольку гравитационное поле в ОТО описывается заданием геометрии пространства-времени).

Эйнштейн выдвигал в своё время программу геометризации физики, в которой предполагалось, что все движения под действием любых полей со временем удастся описать как “естественные”, т.е. обу-

словенные геометрией пространства-времени. Пока этого сделать не удалось, но популярные сейчас калибровочные теории и модели типа Калуды–Клейна развивают как раз это направление.

В квантовой механике естественное движение — **унитарная эволюция**, описываемая уравнением Шрёдингера, т.е. поведение изолированной системы, в противоположность “коллапсу волновой функции”, который происходит при измерении, т.е. когда на систему воздействует не входящий в неё наблюдатель. Кстати, именно процесс наблюдения привносит в квантовую механику вероятности, в то время как унитарная эволюция полностью детерминистична.

Лапласовский детерминизм и астрономия

Ньютон навел в физике некоторый порядок. Сам он тоже, подражал евклидовой геометрии и даже стремился к формулировке своих трудов на геометрическом языке. И апелляция к Богу у него тоже присутствует, но уже в несколько ином виде. Ньютон пишет уравнения динамики. Это дифференциальные уравнения, для однозначного решения которых нужны начальные условия, например, нужно знать координаты и скорости всех частиц в некий начальный момент времени. Бог же нужен Ньютону, чтобы задать начальные условия и отойти в сторону, предоставив Вселенную самой себе.

Ньютоновская механика породила лапласовский детерминизм. Для иллюстрации такого механического детерминизма Лаплас придумал своего демона. Демон Лапласа — это некое воображаемое существо, которое в некоторый момент времени знает с абсолютной точностью координаты и скорости всех частиц, может бесконечно быстро решать уравнения динамики, ну и, стало быть, знает все прошлое и все будущее Вселенной.

Вот хорошая цитата на эту тему, хотя и не из Лапласа: “... в пространстве ничего не пропадает; если ты оставишь в нём портсигар, так достаточно рассчитать элементы его траектории, прибыть на то же место в надлежащее время, и портсигар, следуя по своей орбите с астрономической точностью попадёт к тебе в руки в заранее рассчитанную секунду.” (С. Лем. рассказ “Патруль”, серия “Приключения звёздного навигатора Пиркса”)

Обратите внимание, что в цитате речь идёт о космическом пространстве, где подобный детерминизм в определённых условиях неплохо работает.

Теория возмущений

Выше не обсуждалось, как именно должны решаться уравнения динамики. Конечно, приятно, когда уравнения решаются аналитически. Именно точные аналитические решения производят впечатление наиболее “настоящих”. Кому-то возможно кажется, что все уравнения должны так решаться. Такую точку зрения в комбинации с лапласовским детерминизмом можно было бы назвать **“аналитическим детерминизмом”**. Сам Лаплас “аналитического детерминизма”, скорее всего не придерживался, ведь в своих астрономических вычислениях ему пришлось вместо точных аналитических решений пользоваться последовательными приближениями **теории возмущений**.

Теория возмущений сегодня строится в рамках различных физических теорий, но исторически первой была как раз небесная механика. Основную идею теории возмущений можно описать так: мы упрощаем изучаемую систему настолько, чтобы появились точные аналитические решения (так называемые “невозмущённые решения”), после чего ищем решения исходной системы в виде “невозмущённые решения”+“поправки”.

Например, рассматривая движение планет, лун, комет и других тел солнечной системы мы сперва учитываем только притяжение планет к Солнцу и лун к соответствующим планетам, считая при этом Солнце, планеты и луны материальными точками. После этого мы начинаем вводить разные поправки: учитываем те силы гравитационного притяжения, которыми первоначально пренебрегли, учитываем, что небесные тела не точки, а стало быть действуют ещё и приливные силы, что приливные силы могут вызывать в веществе трение и переводить механическую энергию в тепловую, что кометы при движении вблизи Солнца теряют вещество и т.д. и т.п.

На сегодня понятно, что в большинстве теорий точное аналитическое решение — скорее счастливое исключение, чем правило. Тем не менее мне кажется, что аналитический детерминизм продолжает оставаться мировоззрением многих далёких от науки людей. Во всяком случае, в художественной литературе подобные настроения частенько проскальзывают.

Вероятность и недостаток информации

Часто считается, что классическая механика — детерминистическая теория: есть дифференциальные уравнения динамики, есть теоремы существования и единственности их решений при заданных начальных условиях. Вроде бы всё предопределено.

Правда для сколько-нибудь сложной системы объём начальных данных оказывается очень велик, но это ведь технические трудности? Трудно требовать, чтобы кто-то задал начальные данные для хотя бы 6×10^{23} молекул (1 моль). Вот и приходится прибегать к вероятностному описанию по причине отсутствия полной информации.

Так появляется ещё одна разновидность детерминизма, предсказывающая не конкретный результат эксперимента, а его вероятность.

Любопытно, что статистическая физика возникает в конце 19 века. В то время как теория вероятностей — лет на 200 старше. И возникла она во многом на изучении азартных игр примерно в ту же эпоху, что и классическая механика.

Возможно, столь позднее внедрение теории вероятностей в физику связано с тем духом причинности (детерминизма), который установился в физике после Ньютона.

Заметим, что новая, вероятностная причинность входила в науку не легко. А люди далёкие от науки часто не понимают вероятностей и сегодня.

Один из лозунгов, провозглашённых Т. Д. Лысенко на знаменитой разгромной сессии ВАСХНИЛ в 1948 г. (когда официально “прокляли” генетику): “Наука — враг случайностей” весьма иллюстративен.

Конечно, Лысенко был своего рода живым анахронизмом. Поэтому приведу другой пример из художественной литературы. Роман “Белые одежды” (автор В. Д. Дудинцев) рассказывает как раз о событиях, связанных с разгромом генетики. В одном из эпизодов герой романа считает мух дрозофил крылатых и бескрылых.

“Крылатых девяносто восемь! ...

Бескрылых оказалось тридцать четыре.”

“Три сотых — это можно не считать. У крылатых могли погибнуть два яичка.”

Речь идёт о знаменитом менделевском расщеплении 1 к 3. Это отношение аналогично отношению вероятности того, что при двух бросках монеты орёл не выпадет ни разу, к вероятности того, что орёл выпадет из двух раз хотя бы один. Расщепление это — статистический закон, речь идёт об отношении вероятностей, так что точно 1/3 и не должно получаться, но автор этого явно не понимает. Я даже не уверен, что это отчётливо понимали тогда все генетики.

Вероятность и неустойчивость

Мы сейчас говорили о том, что сложно задать большое количество начальных данных. На самом деле всё ещё интереснее: даже зада-

ние одного вещественного числа в общем случае требует бесконечного числа цифр, т.е. бесконечной информации, а это значит, что даже для простых систем начальные данные неполны. (Вспомним, что множества рациональных или даже алгебраических чисел, которые мы могли бы описать с помощью конечного объёма информации, счётны, а значит, имеют меру ноль, и получим мы их с нулевой вероятностью.) Насколько существенен это тип незнания?

Если частица движется с постоянной скоростью, то первоначальная ошибка в координате будет давать неизменный вклад в любой момент времени, первоначальная ошибка в скорости тоже останется неизменной, но будет давать линейно нарастающий вклад в ошибку по координате. Правда, в этом случае линейно растёт абсолютная ошибка, в то время как относительная ошибка ограничена.

Есть ещё более приятный пример — гармонический осциллятор. Для него начальные ошибки в координате и скорости колеблются около нуля с неизменной амплитудой (благодаря тому, что период от амплитуды не зависит).

Два приятных детерминистических примера мы рассмотрели, но было бы интересно знать, что имеет место “в случае общего положения”, т.е. “как правило”. Оказывается, для большинства сколько-либо интересных систем первоначальная ошибка в начальных данных нарастает со временем экспоненциально (для первокурсников скажу: “как геометрическая прогрессия”). Такие системы называют **неустойчивыми**. При этом получается, что даже большая точность начальных данных спасает нас лишь на сравнительно небольшое (логарифмическое) время. После этого времени детерминизм уже не работает. Ясно, что если за время T ошибка нарастает в два раза, то время, на которое мы можем строить осмысленное предсказание, не сильно больше T , может быть $10T$ если есть тысячекратный запас точности, $100T$ если запас миллионкратный. Понятно, что если каждый раз за увеличение времени предсказания на T приходится платить увеличением точности в 2 раза, то на долго нас не хватит. Кстати, для погоды T по порядку величины — половина недели.

“Например, для вычисления погоды на два месяца вперёд нужно иметь в запасе пять знаков точности. Практически это означает, что вычислять погоду на такой срок невозможно.” (В. И. Арнольд, “Математические методы классической механики”, стр. 305).

Возникает “парадокс бабочки” — бабочка, взмахнув крыльями, может вызвать возмущение, которое со временем приведёт к возникновению урагана. Ниже мы обсудим, как с этим бороться.

Как с этим бороться? Что делать когда “запас точности” исчерпан? Как и раньше: переходить к вероятностному описанию. Как и раньше, возникновение вероятностей здесь вызвано недостатком информации, но выявляется интересная особенность поведения системы: “лишняя” информация о системе становится бесполезной за время порядка нескольких T , система как бы её “забывает”. Так, информация о движении молекулы в газе “проживёт” время порядка времени свободного пробега — от столкновения, до столкновения. Однако выбор “правильных” переменных позволяет продвинуться на следующий уровень, например, если взять вместо информации о движении одной молекулы, информацию о средней скорости течения газа в какой-то малой области, то эта информация проживёт дольше. При этом теория на следующем уровне — совершенно другая теория, её получение из имеющейся теории предыдущего уровня, как правило, не тривиально. Так, например, хотя мы не можем предсказывать погоду на два месяца вперёд, мы можем строить модели климата.

Иногда возникает целая иерархия теорий: *микроскопическая теория, мезоскопическая теория, макроскопическая теория, мегаскопическая теория*.

Вероятности и квантовая механика

Выше говорилось, что для увеличения времени прогноза на T приходится в два раза увеличивать точность начальных данных. Идя таким путём, за небольшое число шагов мы упнёмся в соотношение неопределённостей, которое не позволит одновременно улучшать точность измерения координаты и импульса. Так что неустойчивые системы за не очень большое время увеличивают квантовые флуктуации до макроскопических размеров. То есть в дело снова вовлекаются вероятности, но уже имеющие квантовую природу и уже никак не связанные с недостатком информации.

В рамках классического подхода возникал “парадокс бабочки”. Теперь, становится ясно, что на самом деле бабочка (как мы все и подозревали) тут не при чём: возникнет ли ураган — дело случая, а взмах крыльев бабочки лишь влияет (очень слабо влияет) на вероятность. Причём случайность здесь настоящая — квантовомеханическая.

Следует подчеркнуть, что в классическом случае вероятность обусловлена незнанием, т.е. у случайного события причина есть, но мы её не знаем, а в квантовом случае причины (в классическом понимании) нет вообще, а есть лишь подлинная случайность.

Может показаться, что тут-то и наступает конец причинности, но на самом деле нет и, например, в аксиоматической квантовой теории

21

поля появляется аксиома причинности, гласящая, что какое-либо событие может влиять лишь на события более поздние по времени. Только влияние это не жёсткое, а вероятностное. Причём даже не на саму вероятность, а на **амплитуду вероятности**.

В классике, если какое-то событие может реализоваться двумя взаимоисключающими способами, то их вероятности складываются, в квантовой теории в аналогичном случае складываются не вероятности, а амплитуды вероятностей (комплексные числа, квадраты модулей которых дают вероятности). В результате при сложении квантовых вероятностей появляется интерференционный член:

$$|A+B|^2 = |A|^2 + |B|^2 + 2\text{Re}(AB^*)$$

Этот интерференционный член $2\text{Re}(AB^*)$ может быть как отрицателен, так и положителен, так, с точки зрения квантовой механики, если в этой аудитории прорубить ещё одну дверь, то вероятность моего появления здесь может и уменьшиться. Интерференционный член обнуляется, если усреднить его по относительной фазе A и B (если нарисовать A и B как векторы на комплексной плоскости, то относительная фаза — угол между ними).

Вероятности, которые складываются, всегда можно объяснить недостатком информации (например, наличием скрытых параметров). Так, классическая модель случайного процесса — вещественное число, составленное из случайных цифр. Если складываются не вероятности, а их амплитуды, то (при некоторых дополнительных предположениях) никакие скрытые параметры уже не помогут. Это доказывает знаменитая теорема Белла.

Если классическая вероятность до сих пор плохо понимается широкой публикой, то что же говорить о квантовой. Вот ещё одна цитата:

“Представляю, как чувствовали бы себя физики, если бы при неизменных условиях опыта литий иногда превращался в гелий, иногда в соломенную шляпу, иногда в малинового медвежонка... Игра без правил, сказали бы шокированные физики.” (Валентина Журавлева. рассказ “Приключение”, сборник “Снежный мост над пропастью”).

Забавно, что в современной физике именно так всё и обстоит. Если вы сталкиваете в ускорителе электрон с позитроном, то в результате может получиться любой результат, разрешённый законами сохранения. Причём выбор конкретного результата будет истинно случайным. Так что в те счастливые времена, когда энергия частиц в пучке ускорителя достигнет величины достаточной для рождения соломенной шляпы или малинового медвежонка, мы сможем наконец ожидать среди

22

продуктов реакции и эти объекты, правда с исчезающе малой вероятностью (хотя и отличной от нуля). Замечу, что эта вероятность, к сожалению, будет не больше, чем вероятность самопроизвольного возникновения малинового медвежонка при тепловом движении молекул, и ждать такого события придётся время, на много порядков превышающее возраст Вселенной. Впрочем, тот “зоопарк” частиц, который возникает при столкновении электрона с позитроном на больших энергиях, представляет не меньший интерес.

Теории относительности и причинность

Итак, квантовая теория говорит нам, что причина, должна быть раньше следствия. А что значит “раньше”, нам говорит теория относительности.

Причинная структура пространства-времени специальной теории относительности проста: следствие должно лежать в световом конусе будущего причины (т.е. сигнал от причины к следствию должен успеть со скоростью, не превышающей световую). Так что СТО проводит весьма чёткую грань между прошлым и будущим. Общая теория относительности (особенно в комбинации с квантовой теорией) эту грань размывает.

В общей теории относительности ситуация значительно интереснее, поскольку в разных местах и в разное время время может течь по-разному. В результате в разных точках пространства-времени световые конусы выглядят по-разному. Но это ещё полбеды. В ОТО пространство-время не всегда можно покрыть одной картой, или, другими словами, если пронумеровать точки пространства-времени четвёрками чисел непрерывным образом, то может оказаться, что что-то надо вырезать, а что-то склеить. Простейший пример — тор (т.е. бублик). Сначала представьте себе обычный двухмерный тор — единичный квадрат, у которого противоположные грани склеены: склеиваем две противоположные грани и получаем из квадрата трубку, склеиваем две оставшиеся и получаем из трубки бублик. Теперь представьте себе трёхмерный тор — единичный куб, у которого противоположные грани склеены, или пространство, в котором склеены точки, координаты которых различаются на целые числа. Как выглядит трёхмерный тор изнутри? Представьте себе, что я выглядываю через дверь на левой стене, и обнаруживаю за ней эту же аудиторию, в которую я заглядываю через дверь на правой стене (это мы склеили две грани куба), далее представьте себе, что я топаю ногой по полу, пол проваливается, и одновременно трескается потолок и я проваливаюсь через пол одновременно появляясь через пролом в потолке (склеили ещё две грани), с оставшимися

23

двумя гранями аналогично: если я проломлю переднюю стенку, то рухнет задняя и я обнаружусь в проломе.

Если аналогичным образом заклинить ещё и время (например, если за 100-й секундой снова начинается 1-я), то получится четырёхмерный тор. Локально он выглядит как использующееся в СТО пространство-время Минковского, но вот только разницы между прошлым и будущим тут уже нет. С точки зрения классической (т.е. неквантовой) ОТО проблемы тут нет: решения, в которых события оказываются в собственном будущем просто объявляются “неправильными”. В случае если мы попытаемся проквантовать ОТО и построить квантовую теорию гравитации, простые запретительные меры могут оказаться бесполезны, т.к. можно ожидать флуктуаций уже самого пространства-времени, в том числе самопроизвольного случайного возникновения на малых расстояниях и временах чего-то наподобие обсуждавшегося выше четырёхмерного тора. Поскольку квантовая теория гравитации ещё не построена, то и объяснить, как с этим бороться я не могу. Думаю, понятие причинности снова будет пересмотрено, но как — я не знаю. Может быть, причинность исчезнет на сверхмалых временах и расстояниях, чтобы снова появиться на более привычных масштабах. Время и расстояние, на которых ожидаются подобные чудеса — время и длина Планка, т.е. комбинации скорости света, постоянной Планка и гравитационной постоянной с размерностью времени и длины.

$$L_P = (\hbar G / c^3)^{1/2} = 1,6 \times 10^{-33} \text{ см}$$

$$T_P = (\hbar G / c^5)^{1/2} = 5,4 \times 10^{-44} \text{ с}$$

Эти величины очень малы. Вспомним, что характерный размер человека 10^2 см, атома 10^{-8} см, а атомного ядра — 10^{-13} см. От наших размеров до размеров атомного ядра — 15 порядков, а от размеров ядра до планковской длины ещё 20.

Согласно соотношению неопределённостей планковскому времени соответствует определённая энергия, называемая планковской энергией, или, что то же самое, массой. Это очень большая энергия.

$$M_P = (\hbar c / G)^{1/2} = 2,2 \times 10^4 \text{ г} = 2,0 \text{ Дж} = 544 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 1,2 \times 10^{19} \text{ ГэВ}.$$

Диаметр капли воды с массой, равной массе Планка = **0,34 мм**. Т.е. такую каплю можно увидеть невооружённым глазом. Как запихнуть такую энергию в одну частицу, пока что никто не знает. Энергия покоя нуклона (протона или нейтрона) около 1 ГэВ. Наши ускорители дают пока энергии всего до 10^5 ГэВ. В космических лучах встречаются

24

частицы с энергиями порядка 10^{11} GeV, но и им не хватает восьми порядков.

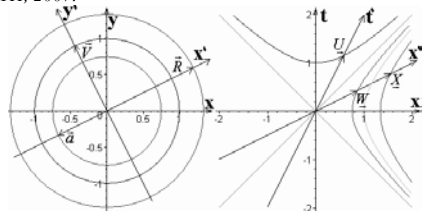
Так что нашим слабым ускорителям до таких энергий ещё очень и очень далеко (16 порядков), хотя и немного ближе, чем до энергии рождения соломенной шляпы или малинового медвежонка, которая больше ещё на 6 порядков. Впрочем, в последние годы появляются теории, предсказывающие эффекты квантовой гравитации уже на следующем поколении ускорителей, что внушает некоторый оптимизм (к рождению малиновых медвежат этот оптимизм, увы, не относится).

№ 2. 22.09.2004. Геометрия и тригонометрия на плоскости Минковского

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация: В докладе последовательно проводится сравнение поворотов на евклидовой плоскости (и обычной тригонометрии) с бустами (преобразованиями Лоренца) на плоскости Минковского (и гиперболической тригонометрии). Даются три различных определения гиперболических функций и показывается их эквивалентность и связь с физикой (специальной теорией относительности и классической механикой).

На основе тезисов данного доклада (имеются на сайте) было издано учебно-методическое пособие: М.Г. Иванов. «Геометрия и тригонометрия на плоскости Минковского (учебно-методическое пособие)», МФТИ, 2007.



25

№ 3. 29.09.2004. Теплота и температура с точки зрения квантовой механики

Капустин Михаил Анатольевич (каф. общ. физ.)

Аннотация

1. Понятие о дискретных уровнях энергии квантовой системы. Соотношение неопределенностей. Поведение энергетических уровней при изменении объема системы (оценки из соотношения неопределенностей).
2. Теплота и работа. Работа как изменение энергии за счет сдвига уровней (без переходов частиц между состояниями). Тепло – изменение энергии за счет изменения распределения по уровням.
3. Фазовое пространство и траектория системы в нем. Эргодическая гипотеза. Система приходит к макросостоянию, занимающему максимальный фазовый объем. Понятие энтропии.
4. Термодинамическое равновесие. Обмен теплом двух систем, находящихся в контакте с точки зрения максимизации суммарной энтропии. Температура.
5. Термостат. Простейший термостат – множество двухуровневых систем с пренебрежимо малым расстоянием между уровнями. Распределение Гиббса.
6. Задачи, которые можно наглядным образом решать, пользуясь вышеописанными представлениями. Задача о пружинке и резинке. Задача о kT и $kT/2$. Задача о теплоемкости молекулы при температуре, близкой к температуре диссоциации.

№ 4. 06.10.2004. Основы общей теории обучения

Арсеньев Андрей Романович (каф. общ. физ.)

Аннотация

1. Демон Максвелла в равновесных и неравновесных системах.
2. Знание. Возможность количественного и качественного его измерения.
3. Возможность ускоренного обучения. Системы передачи знания.
4. Физический метод, его особенности и преимущества.
5. Наука как способ организуемого познания окружающего мира. Достоинства и недостатки современной науки.

26

6. Теория вероятностей и математическая статистика применительно к научным исследованиям и лабораторному практикуму.

№ 5. 13.10.2004. Бесконечные точки в математике и физике

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф. теор. физ.)

Аннотация: В докладе излагаются элементы топологии, и даётся обзор с точки зрения топологии того, как различным образом вводятся бесконечные точки. Обсуждаются бесконечные точки на вещественной прямой (Сколько там бесконечностей, две или одна?), а также на плоскости (комплексной, проективной и пополненной до диска). Обсуждается введение бесконечных точек пространства-времени при исследовании его глобальной структуры с помощью диаграмм Пенроуза.

№ 6. 20.10.2004. Основы теории групп и алгебр Ли с точки зрения физики

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф. теор. физ.)

Аннотация: В современной физике большую (часто главную) роль играют соображения симметрии. Математически последовательная теория физических симметрий, как правило, описывается на языке групп и алгебр Ли. В докладе на примере специальной теории относительности разбираются примеры поворотов и преобразований Лоренца, как преобразований из группы Ли, и показывается, как записать эти преобразования в виде матричных экспонент от «генераторов группы» – элементов алгебры Ли.

№ 7. 27.10.2004. Обобщённые функции в физике

к.ф.-м.н. Константинов Роман Викторович (каф. высш. мат.);
комментарий с точки зрения физики: М.Г. Иванов (каф. теор. физ.).

Аннотация: Физики часто пользуются обобщёнными функциями как будто это обычные функции, не обращая внимания на тонкости математических определений. С точки зрения физика важно, в первую очередь то, что «математики разрешили дельта-функцию». Однако обобщённые функции позволяют далеко не все волюнты. И если какие-то действия с обобщёнными функциями математики нам запрещают, то как правило оказывается, что это действие плохо определено физически. Не случай-

но Н.Н. Боголюбов сводил многие проблемы квантовой теории поля к проблеме умножения обобщённых функций.

№ 8. 03.11.2004. Конформные преобразования и задача Лапласа (ТФКП и электростатика)

к.ф.-м.н. Константинов Роман Викторович (каф. высш. мат.)

Аннотация: Как известно, вещественная и мнимая часть комплексных аналитических функций удовлетворяет уравнению Лапласа. Также уравнению Лапласа удовлетворяет электростатический потенциал. Это позволяет методами теории функций комплексного переменного (ТФКП) аналитически решать двумерные задачи электростатики. Этой теме посвящён данный семинар, а также выпущенное докладчиком учебно-методическое пособие: Р.В. Константинов. «Применение конформных отображений в решении некоторых задач электро- и магнитостатики», МФТИ, 2004 (<http://math.mipt.ru/study/literature/konstantinov.pdf>)

Аннотация из пособия: В пособии рассматриваются несколько модельных задач электро- и магнитостатики на плоскости, решение которых основывается на применении конформных отображений и других стандартных методов ТФКП, связанных с вычислением интегралов на основе теории вычетов. Как известно, задачи электро- и магнитостатики сводятся к решению уравнения Лапласа для электрического или магнитного потенциала в рассматриваемой области при наличии граничных условий смешанного типа. В рассматриваемых ниже примерах показано, как подобные задачи можно свести к стандартной задаче Дирихле в верхней полуплоскости, решение которой дается известной формулой Пуассона.

№ 9. 10.11.2004. Действие в теоретической механике, теории поля и квантовой механике

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф. теор. физ.)

Аннотация: В современных учебниках по теоретической механике действие вводится как некоторый абстрактный функционал, и при этом часто опускается изложение тех простых соображений, которые позволили в своё время классикам науки до всего этого додуматься. На данном семинаре рассказывается, как перенос идей геометрической оптики в механику привёл к созданию теоретической механики, и как перенос идей волновой оптики в механику создал квантовую механику. Также

27

28

рассказывается, как дальнейшее развитие этих идей привело к формализму *интеграла по путям* в квантовой теории поля (КТП). Обсуждается физический и математический смысл диаграммных обозначений КТП.

№ 10. 17.11.2004. Повороты и преобразования Лоренца в теории поля и квантовой механике

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация: Данный семинар может рассматриваться как продолжение семинара №6, посвящённого группам и алгебрам Ли. В докладе рассказывается, как повороты и преобразования Лоренца записываются в квантовой механике и чем такие преобразования отличаются от классических. Показано, что повороты и преобразования Лоренца для спинорных волновых функций естественным образом записываются через матрицы Паули. Показана связь матриц Паули с кватернионами и бикватернионами, а также запись полученных преобразований на (би)кватернионном языке. (Продолжение темы кватернионов – семинар №12.)

№ 11. 24.11.2004. Основы методики физического эксперимента

Арсеньев Андрей Романович (каф.общ.физ.)

Аннотация: В докладе рассмотрены условия, которые необходимо выполнить для того, чтобы измерить какую-либо физическую величину. Рассмотрены принципиальные ограничения, связанные с невозможностью осуществления правильной процедуры измерения, а также методы анализа работы систем передачи и обработки результатов физического эксперимента. Уточняется содержание термина «информация» и способы подсчёта количества информации в массиве данных, полученных в результате физического эксперимента. Приводятся примеры корректной и некорректной обработки данных эксперимента. Приводятся примеры результатов использования правильно и неправильно полученной и обработанной информации различными системами управления.

№ 12. 01.12.2004. Кватернионы

к.ф.-м.н. Ханукаев Юрий Исламович (каф.теор.мех.)

Аннотация: Кватернионы как обобщение комплексных чисел. Применение кватернионов при описании преобразований Лоренца. Дуальные кватернионы. Применение дуальных кватернионов при описании пространственных движений твёрдого тела.

№ 13. 08.12.2004. Линейная алгебра с точки зрения квантовой механики

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация: Каждый раз обучение студентов квантовой механике приходится начинать с повторения понятий линейной алгебры и придания им физического смысла в рамках квантовой механики. На данном семинаре матрицы-столбцы, матрицы-строки и квадратные матрицы объясняются как волновые функции (кет-векторы состояния), сопряжённые волновые функции (бра-векторы состояния) и операторы. На примерах демонстрируется, какой физический смысл имеют различные комбинации этих объектов, и, как удачные обозначения помогают понять физику.

№ 14. 15.12.2004. Принцип наименьшего действия и задачи оптимального управления

к.ф.-м.н. Притыкин Дмитрий Аркадьевич (каф.теор.мех.)

Аннотация

Во вводной части доклада рассматриваются различные способы составления уравнений движения механических систем (закон Ньютона, уравнения Лагранжа и Гамильтона). Формулируется принцип наименьшего действия и предлагается его иллюстрация на примере одномерного гармонического осциллятора. Обсуждаются достаточные условия минимальности. Вводится понятие «мира системы».

Далее стандартная задача механики, по существу сводящаяся к составлению и интегрированию уравнений движений, расширяется за счет введения в постановку задачи критериев качества управляющих переменных и возмущений. Обсуждаются различные постановки задач оптимального управления (в том числе классические задачи Дидоны и

задача о брахистохроне). Формулируется принцип максимума Понтрягина как необходимое условие оптимальности управления. Проводится аналогия с принципом наименьшего действия и показывается оптимальность уравнений Лагранжа с точки зрения принципа Понтрягина. Обсуждаются достаточные условия оптимальности управления по аналогии с условиями принадлежности "миру системы" в механике.

По аналогии с уравнением Гамильтона-Якоби вводится принцип оптимальности Беллмана. Рассматриваются методы решения задач оптимального управления с помощью принципа Беллмана и принципа максимума Понтрягина.

Семестр № 2 (весна-2005, заседания 15-25)

№ 15. 16.02.2005. Симметрии в квантовой механике

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация: Данный семинар продолжает тему симметрий (семинары №6 и №10). На этот раз симметрии рассматриваются с точки зрения законов сохранения в квантовой механике. Излагается квантовый аналог теоремы Нётер, который в чём-то даже проще классической теоремы.

Пояснения и задачи к семинару

Операторы

Как было показано, сдвиг вдоль оси Z на расстояние a описывается оператором $T_{az} = \exp(a \cdot \partial / \partial z) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n!} a^n \frac{\partial^n}{\partial z^n}$.

Чтобы убедиться в этом, достаточно подействовать этим оператором на какую-либо волновую функцию

$$T_{az}\psi(x, y, z) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n!} a^n \frac{\partial^n}{\partial z^n} \psi(x, y, z) = \psi(x, y, z+a).$$

Если при произвольном a оператор $\exp(a \cdot \partial / \partial z)$ является оператором симметрии для данного гамильтониана H , т.е. если (в квантовом случае) при всех a выполняется тождество

$$[T_{az}, H] = 0,$$

то, согласно теореме Нётер, сохраняется проекция импульса на ось Z .

Вспомним, что в координатном представлении проекция импульса на ось Z имеет вид $p_z = -i\hbar \frac{\partial}{\partial z}$, что позволяет переписать оператор сдвига через генератор сдвига, которым является оператор p_z :

$$T_{az} = \exp\left(\frac{iap_z}{\hbar}\right).$$

Отметим, что классическая теорема Нётер в этом случае утверждает сохранение проекции импульса на векторное поле \mathbf{j} (единичный вектор по оси Z). Это поле связано с оператором дифференцирования в показателе экспоненты соотношением

$$\frac{\partial}{\partial z} = (\mathbf{j} \cdot \nabla).$$

В общем случае векторное поле, соответствующее непрерывной симметрии, может быть задано как поле скоростей при изменении параметра a с единичной скоростью.

Аналогично, оператор поворота вокруг оси Z (для координатной части волновой функции) может быть записан как

$$\exp(a \cdot \partial / \partial \varphi),$$

(здесь удобнее воспользоваться цилиндрическими координатами (z, r, φ)).

Генератором поворота является оператор проекции момента импульса на ось Z . Соответствующее векторное поле – поле скоростей при повороте вокруг оси Z с единичной угловой скоростью.

Задача 1*: Задан оператор $U_a = \exp(a \cdot [\partial / \partial z + k_0 \partial / \partial \varphi])$ (мы снова используем цилиндрические координаты), где a – параметр, который может принимать произвольные значения, а k_0 – фиксированная константа. Для произвольного a (при фиксированном k_0 !!!) оператор является оператором симметрии, т.е. для некоего данного гамильтониана

$$[U_a, H] = 0.$$

Закон сохранения для какой величины следует из этой симметрии? (Напишите соответствующий эрмитов оператор. Поскольку группа симметрии однопараметрическая, то есть только один независимый интеграл движения.)

Матрицы

Матрицы Паули имеют вид

$$\sigma_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, \sigma_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

Для матриц Паули легко установить следующий закон умножения:

$$\sigma_\alpha \sigma_\beta = \hat{1} \delta_{\alpha\beta} + i e_{\alpha\beta\gamma} \sigma_\gamma,$$

здесь $\hat{1}$ – единичная матрица, $e_{\alpha\beta\gamma}$ – полностью антисимметричный символ ($e_{xyz} = +1$), по повторяющимся индексам, как обычно, предполагается суммирование.

Удобно считать, что три матрицы Паули – три проекции вектора $\vec{\sigma}$ на оси координат (обратите внимание, проекции этого вектора – матрицы!).

После умножения на множитель $1/2$ матрицы Паули становятся операторами проекций спина (собственного момента импульса частицы, не связанного с движением) для спина $1/2$ (спиновые волновые функции для спина $1/2$ – столбцы из двух комплексных чисел). При этом единицей измерения момента спина оказывается постоянная Планка \hbar , которая имеет как раз подходящую размерность.

Таким образом, спиновый оператор поворота для спина $1/2$ имеет вид

$$R_{\vec{n}} = \exp\left(\frac{ia}{2}(\vec{n}, \vec{\sigma})\right),$$

где a – угол поворота, а \vec{n} – единичный вектор, задающий направление оси поворота, $(\vec{n}, \vec{\sigma}) = n_x \sigma_x + n_y \sigma_y + n_z \sigma_z$.

Задача 2: Вычислить матрицу $(\vec{n}, \vec{\sigma})^n$, для $n=0$, для $n=1$, для $n=2$, для произвольного n .

Задача 3: Используя стандартный ряд для экспоненты и результаты задачи 2, вычислить оператор $R_{\vec{n}}$. Ответ представить в виде а) матрицы, б) линейной комбинации матриц $(\vec{n}, \vec{\sigma})^n$ для нескольких первых n , начиная с $n=0$.

№ 16. 02.03.2005. Зондовая микроскопия

к.ф.-м.н. Батурин Андрей Сергеевич (ФФКЭ)

Аннотация: Сканирующая зондовая микроскопия – сравнительно новое направление в методах исследования физических процессов на поверхности. Развитие этого направления началось с созда-

ния немногим более 25 лет назад сканирующего туннельного микроскопа, обеспечившего беспрецедентное по тем временам пространственное разрешение без необходимости разрушения образца. Работа по созданию СЗМ была по достоинству оценена мировым научным сообществом, и её авторы заслуженно удостоены нобелевской премии. Дальнейшее развитие СЗМ связано с созданием атомно-силовой микроскопии, сканирующей оптической микроскопии ближнего поля, а также целого ряда сопряженных методик по исследованию не только рельефа поверхности, но и механических, электрических и магнитных свойств поверхности. В докладе будут рассмотрены основные исторические вехи развития СЗМ, физические принципы функционирования зондовых микроскопов различных типов и современные тенденции в этой области науки и приборостроения.

№ 17. 09.03.2005. Базы знаний в физике частиц для исследований и образования

к.ф.-м.н. Ежеля Владимир Владимирович (в.н.с. ИФВЭ, Протвино)

У МФТИ в ИФВЭ есть базовая кафедра. В.В. Ежеля ищет для кафедры студентов-дипломников (с перспективой дальнейшей работы в ИФВЭ)

Краткий план:

1. Управление знаниями. Необходимость компьютерных баз знаний и профессионалов специализации физик-систематик.
2. Базы знаний в физике: частицы, ядра, фундаментальные постоянные ...
3. Центр данных физики частиц в ИФВЭ.
4. Идея создания центра данных фундаментальной физики в МФТИ для исследований и образования.
5. Как стать физиком-систематиком в ИФВЭ+МФТИ.

№ 18. 16.03.2005. Теоретическая механика с точки зрения квантовой

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация: Все знают, что классический аналог коммутатора – скобка Пуассона, но этим сходство не исчерпывается. В теоретической механике есть также аналоги квантовых состояний, представлений Гейзенберга и Шрёдингера и др. Причём имеет место не просто сходство, а две различных реализации одной структуры.

№ 19. 23.03.2005. p -Адическая математическая физика: всплески, псевдодифференциальные операторы, приложения

к.ф.-м.н. Козырев Сергей Владимирович (МИАН)

Аннотация

p -Адический анализ похож и не похож на обычный (вещественный). Существует и p -адическое обобщение всплесков (вейвлетов). Так, вещественные числа имеют конечное число знаков до запятой и бесконечное после, а p -адические – наоборот. p -Адическая математическая физика позволяет решать ряд новых задач из области моделирования спиновых стёкол, кинетики белка и др. Связаны p -адические числа и с фракталами.

В МИАНе p -адической математической физикой занимается группа под руководством ак. В.С. Владимирова (автора широко известного учебника по мат.физике) и чл.-корр. И.В. Воловича.

На сайте имеются тезисы к докладу.

№ 20. 30.03.2005. Пределы, аттракторы и фракталы

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация: На семинаре 23 марта, посвящённом p -адике появились фракталы. Хотя это понятие и не вводится в стандартном курсе математического анализа, уже материал первого курса связан с ним напрямую. Понятие аттрактора (а многие фракталы как раз аттракторы) естественным образом обобщает всем хорошо известное понятие предела. Семинар будет сопровождаться показом картинок и компьютерных программ через проектор.



№ 21. 06.04.2005. Мягкое математическое моделирование

Капустин Михаил Анатольевич (каф.общ.физ.)

Аннотация

Чтобы объяснить, что такое мягкое математическое моделирование, приходится начать с того, что есть математическое моделирование жесткое.

Жесткое математическое моделирование оперирует только с той частью мира, для которой известны фундаментальные законы, лежащие в основе ее поведения. Но это не значит, что математическое моделирование нельзя применять в других областях, поскольку незнание фундаментальных законов не означает полного отсутствия знания. Математическое моделирование, основанное на приближительных знаниях о поведении моделируемой системы, называется мягким.

Диапазон применения мягкого моделирования практически не ограничен – его можно использовать как в физике, так и в психологии или даже философии. Но именно из-за этой универсальности методологические требования при работе в этой области являются более строгими.

В докладе принципы мягкого моделирования будут продемонстрированы на примерах начиная от стат. физики и заканчивая теорией обучения, экономикой, психологией, задачами искусственного интеллекта.

№ 22. 13.04.2005. Всплески (вейвлеты)

к.ф.-м.н. Амосов Григорий Геннадьевич (каф.высш.мат.)

Аннотация

Всплески (вейвлеты) – это такие базисы в пространстве функций, с помощью которых можно делать преобразования, наподобие преобразований Фурье. В чём-то всплески даже проще.

Всплески активно применяются для обработки сигналов и изображений, в частности для сжатия видео сигналов. Всплески связаны с, по крайней мере, двумя обсуждавшимися ранее темами: p -адикой (семинар №19) и фракталами (семинар №20).

Авторская аннотация

Базисы вейвлетов с точки зрения комплексного анализа.

Пусть U и T являются унитарными операторами растяжения и сдвига в пространстве $L^2(\mathbf{R})$, определёнными формулой

$$(U\xi)(x) = N^{-1/2}\xi(N^{-1}x), \quad (T\xi)(x) = \xi(x-1).$$

Функции $\psi_k \in L^2(\mathbf{R})$, $1 \leq k \leq N$, называются материнскими, если семейство $W = \{U^m T^n \psi_k, m, n \in \mathbf{Z}, 1 \leq k \leq N\}$ образует ортонормированный базис пространства $L^2(\mathbf{R})$. В этом случае W называется базисом вейвлетов. В докладе показано, как можно описать все базисы вейвлетов с помощью аппарата функций $f \in L^2(\mathbf{T})$, где $\mathbf{T} = \{z \mid |z|=1\}$ есть единичная окружность в комплексной плоскости \mathbf{C} .

№ 23. 20.04.2005. Уравнение Власова в плоской геометрии и его приложения к хронографии

к.ф.-м.н. Келлин Николай Сергеевич (Институт прикладной математики им. М.В.Келдыша РАН)

Аннотация: Уравнение Власова – это одно из наиболее часто используемых кинематических уравнений статистической механики. Оно описывает очень разные объекты: плазму, электронный газ, галактики, крупномасштабную вселенную, ядерные реакторы и пр. В данном докладе об уравнении Власова рассказывается на весьма необычном примере хронографии.

№ 24. 27.04.2005. Оснащённые гильбертовы пространства и квантовая физика

к.ф.-м.н. Амосов Григорий Геннадьевич (каф.высш.мат.)

Аннотация: Ранее на межпредметном семинаре уже обсуждалась связь линейной алгебры и квантовой механики. Было показано, что волновые функции (векторы состояния) аналогичны столбцам и строкам, а операторы — матрицам. Однако пространство волновых функций (пространство состояний) в большинстве задач бесконечномерно. Это приводит к ряду существенных отличий от привычного с первого курса конечно-мерного случая. Так, многие операторы имеют непрерывный спектр, собственные функции которого не являются квадратично интегрируемыми. Но интеграл от $|\psi|^2$ — вероятность, которую надо нормировать на единицу исходя из физического смысла. А с точки зрения математики, квадратичная интегрируемость — условие попадания в пространство L_2 . Так, как же бороться с непрерывным спектром?

№ 25. 11.05.2005. Твёрдотельные квантовые компьютеры

к.ф.-м.н. Батурин Андрей Сергеевич (ФФКЭ)

Аннотация: Квантовая механика принципиально отличается от классической тем, что в ней возможно создание суперпозиции состояний: система может как бы находиться в нескольких состояниях одновременно. В квантовых ячейки памяти можно записать одновременно все возможные числа и проводить над ними одинаковые вычисления (правда, в конечном итоге из каждого квантового бита больше одного бита информации всё равно не извлечь). Квантовые компьютеры обещают в

перспективе значительное увеличение скорости расчётов для некоторых классов задач (иногда предсказывают даже смерть большого сектора современной криптографии). Пока наибольшее достижение реального, построенного "в железе", квантового компьютера – разложение числа 15 на простые множители. Как построить "настоящий" квантовый компьютер? Есть разные подходы...

Семестр № 3 (осень-2005, заседания 26-39)

№ 26(1). 14.09.2005. Вводный семинар. Линейная алгебра с точки зрения "высокой науки"

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)
к.ф.-м.н. Притыкин Дмитрий Аркадьевич (каф.теор.мех.)
Говоров Вячеслав Леонидович (каф.высш.мат.)
Капустин Михаил Анатольевич (каф.общ.физ.)
к.ф.-м.н. Орлов Юрий Николаевич (каф.высш.мат.)

Аннотация

Во вводном семинаре примет участие большое количество преподавателей. Они перечислят темы, которые они хотели бы осветить на Межпредметном семинаре, а также темы, про которые они могут что-то рассказать, если возникнут заявки. Предполагается что на основании этого будет определена программа нескольких первых межпредметных семинаров.

После окончания организационной части будет дан обзор линейной алгебры с точки зрения «высокой науки», будет показано, как методы и теоремы линейной алгебры используются в общей и теоретической физике и теоретической механике.

На вводном семинаре помимо студентов мы были бы рады видеть всех заинтересованных в Межпредметном семинаре преподавателей, особенно тех, кто уже выступал у нас. Мы были бы благодарны, если бы преподаватели проинформировали свои группы о межпредметном семинаре.

№ 27(2). 21.09.2005. Обзор современного состояния термоядерного синтеза в России и в мире и его перспективы

к.ф.-м.н. Орлов Юрий Николаевич (каф.высш.мат., ИПМ РАН)

Аннотация: Как мы знаем из истории, реактор, осуществляющий реакцию атомного распада, предшествовал созданию атомной бомбы. С ре-

акциями термоядерного синтеза ситуация была другая: бомба предшествовала реактору, причём т/я реакторы до сих пор не достигли уровня, допускающего промышленное применение. Мирный термояд задержался на десятилетия, которые ушли на решение многочисленных "технических" проблем. Что же мы имеем сегодня?

№ 28(3). 28.09.2005. Математическая теория обучения

Капустин Михаил Анатольевич (каф.общ.физ.)

Аннотация

В докладе будет представлена *математическая теория обучения*, а точнее – модель процесса изучения точных наук. Данная модель позволяет ответить на следующие вопросы:

1. Какова **стратегия оптимального обучения**: сколько учебников читать, сколько задач решать, как понять, что пора переходить к следующей теме.
2. Какой выбрать **критерий оптимальности**: сдать и забыть, помнить как можно дольше, максимизировать время владения темой, отнесенное ко времени ее изучения?
3. Можно ли достичь 100%-ного овладения тематикой? При каких условиях происходит качественный скачок владения знаниями?
4. Какова наилучшая стратегия составления учебных курсов? Можно ли **повысить эффективность обучения на порядок**?

Также будет обсуждаться, что такое «**понимание предмета**» и поддается ли оно математическому моделированию. На сайте имеются [материалы](#) к докладу.

№ 29(4). 05.10.2005. Планиметрия на плоскости Минковского и кинематика теории относительности (специальной и немного общей)

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация

В докладе рассматривается геометрия пространства-времени специальной теории относительности для одной пространственной координаты (плоскости Минковского), в сравнении со «школьной» евклидовой планиметрией. «На пальцах» объясняются **преобразования Лоренца**, как **аналог поворотов** на евклидовой плоскости.

Рассматриваются **неинерциальные системы отсчёта**, как **аналог полярных координат** на евклидовой плоскости. Неинерциальные

системы отсчёта вместе с принципом эквивалентности используются для объяснения ряда эффектов общей теории относительности.

Будет использоваться математика в пределах 1-го семестра 1-го курса. Для предварительного ознакомления рекомендуются тезисы 2-го семинара за 2004-5 учебный год.

№ 30(5). 12.10.2005. Стереометрия в пространстве Минковского и пространства постоянной кривизны

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация: В докладе «на пальцах» объясняется прецессия Томаса. Рассматривается пространство скоростей как пространство Лобачевского. Дается понятие пространства постоянной кривизны. На примере пространства постоянной кривизны иллюстрируется понятие «кривого пространства-времени» применительно к общей теории относительности. Будет сделана попытка использовать математику в пределах 1-го семестра 1-го курса. Предварительно посещение предыдущего семинара件зно, но не обязательно.

№ 31(6). 19.10.2005. Динамический хаос

д.ф.-м.н. Крайнов Владимир Павлович (каф.теор.физ.)

Аннотация: Это первый семинар в этом сезоне посвященный хаосу и фракталам. В докладе будет продемонстрировано, как под действием регулярной силы может совершаться хаотическое движение. Будет показана связь задачи с физикой конденсированного состояния (включая физику плазмы). Докладчик обещал, что от слушателей умение решать уравнения в частных производных не потребуется. По данному докладу на сайте имеется [презентация](#).

№ 32(7). 26.10.2005. Электронная и ионная микроскопия

к.ф.-м.н. Батурин Андрей Сергеевич (ФФКЭ)

Аннотация

В докладе будут рассмотрены физические принципы работы различных видов электронных и ионных микроскопов (растровый электронный, просвечивающий электронный, автоэлектронный, автоионный), а также связанные аналитические методики (ожэ-спектроскопия, рентгеновский микроанализ и др.). Будет дана краткая сравнительная

характеристика различных методов и приведены примеры использования такого оборудования в электронике, биологии, минералогии и других областях.

Автор преследует в качестве основной цели показать взаимосвязь и взаимную дополняемость различных методик при комплексном исследовании объектов.

После лекции желающие приглашаются в лабораторию посмотреть на «железки» (расторовый электронный микроскоп с рентгеновским микроанализатором и автоэлектронный проектор) своими глазами.

По данному докладу на сайте имеется [презентация](#).

Ссылки по теме:

- [1] Д. Брандон, У. Каплан. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля. М. Техносфера, 2004
[2] <http://www.microscopist.ru/>

№ 33(8). 02.11.2005. Топология, причёсывание ёжиков и другие трюки

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация: На следующем семинаре (см. ниже семинар №35(10)) будет рассказ про лист Мёбиуса, поэтому наш моральный долг подготовиться к этому, ознакомившись с топологией и некоторыми её применениями в математике и физике. Все слышали, что в топологии можно непрерывно деформировать объекты, «как будто они резиновые», и что поэтому шар=куб, а **разные бублики отличаются друг от друга только числом дырок**. Однако, топология не сводится к таким «резиновым» рассуждениям. К топологии сводятся некоторые задачи о числе особых точек функции на поверхности, о причёсывании ёжика (о возможности задания непрерывного векторного поля без особых точек) и многое другое. Например, **магнитные монополи** и **эффект Аронова-Бома**.

№ 34(9). 09.11.2005. «Параллельные миры» в фантастике и физике

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация

В научной, околонукальной и совсем ненаучной фантастике модно описывать попадание героев в «параллельные миры». Понятно, что авторы при этом не слишком заботятся о правдоподобии с точки зрения науки.

41

В докладе будет дан обзор ряда физических идей, которые допускают наличие «параллельных миров» в той или иной форме. Как ни странно, такие идеи в современной теоретической физике присутствуют, причём автор насчитал не менее четырёх различных сортов «параллельных Вселенных», которые возникают в различных моделях теоретической физики (в общей теории относительности и квантовой теории поля, в частности, путём введения дополнительных измерений).

К сожалению, материал доклада не даст вам способа путешествовать по «параллельным мирам», но возможно заставит удивиться и задуматься.

№ 35(10). 16.11.2005. Лист Мёбиуса в физике и технике

к.ф.-м.н. Арутюнов Юрий Артёмович (отдел передачи технологий)

Аннотация

Введение 1. Топология листа Мёбиуса со своими тополого-геометрическими свойствами неориентируемой (односторонней) поверхности является основой многих изобретений (см. образцы).

Введение 2. Уникальность листа Мёбиуса объясняется многими характеристиками в топологии, геометрии, математическом анализе и дифференциальных уравнениях, которые к настоящему моменту имеют строгое формальное логическое доказательство (слайд №1):

- топология (накрывающее многообразие),
- геометрия (формула для периметра и площади),
- мат.анализ (теорема Стокса для односторонних многообразий),
- дифференциальные уравнения (дополнительный «демпфирующий» член в уравнениях).

Поэтому были проведены следующие исследования:

- Проанализированы и описаны геометрические и дифференциальные свойства листа Мёбиуса,
- Показано эффективное увеличение периметра и площади полосы Мёбиуса из-за кривизны поперечного скручивания полосы.

Проведен анализ поперечного скручивания полосы, как механизма превращения двухсторонней полосы в одностороннюю и, как следствие, появление в дифференциальных уравнениях процессов на листе Мёбиуса дополнительного члена демпфирующего характера.

42

Фотографии образцов конструкций, использующих лист Мёбиуса

Оконечность крыла:



Силовая конструкция (квадратная), мешалка (большая круглая), винты, испытывающиеся на модели судна (два маленьких круглых), трансформатор:



№ 36(11). 23.11.2005. Фракталы в физике

Лукьянчук Михаил Борисович

Аннотация

На семинаре будут рассмотрены различные примеры фракталов и фрактальных мер. Слушатели семинара научатся отвечать на вопросы: Что такое фрактальные размерности и как они считаются? Что нам дает знание фрактальной размерности? А также получают представление о мультифрактальных множествах.

План семинара:

- Изучение понятия фрактала на примере измерения длины береговой линии

43

- Примеры фрактальных множеств и вычисление их фрактальных размерностей: триадная кривая Коха, кривая Серпинского, ковер Серпинского, губка Менгера.
 - Подобие и скейлинг.
 - Мультифрактальные меры. Биномиальный мультипликативный процесс. Показатель Липшица – Гельдера.
 - Фрактальные временные ряды. Закон Херста.
 - Случайное блуждание и фракталы. Метод R/S.
 - Примеры использования фрактальной геометрии в физике.
- По данному докладу на сайте имеется [презентация](#).

№ 37(12). 30.11.2005. Фракталы и аттракторы в физике и не только

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация: Семинар продолжает фрактальную тематику. Планируется показать многочисленные красивые картинки и объяснить, как они рисуются (по каким алгоритмам и какими программами), и, как они связаны со стандартными курсами математического анализа и вычислительной математики. Будет определена (тремя разными способами) фрактальная размерность. Вычисление фрактальной размерности будет проиллюстрировано примерами. Будет введено понятие аттрактора как обобщение понятия предела. Для понимания материала посещение предыдущих семинаров не обязательно. По данному докладу на сайте имеется [презентация](#).

№ 38(13). 07.12.2005. Термодинамика с точки зрения статистической физики

Капустин Михаил Анатольевич (каф.общ.физ.)

Аннотация

Термодинамика строится аксиоматически и даёт предсказания очень высокой степени общности, которые не зависят от микроскопического устройства объекта (так существует термодинамика чёрных дыр, хотя полная и непротиворечивая квантовая теория чёрных дыр ещё не создана).

Однако получение результатов термодинамики из статистической физики и квантовой теории позволяет развить *физическую интуицию* и добиться лучшего *понимания*. Поскольку целью является понимание, объяснения будут даны без выписывания громоздких формул.

44

Аннотация

Частицы одного сорта в квантовой теории принципиально неразличимы, но при этом фермионы и бозоны неразличимы по-разному. Составленные из них Ферми- и Бозе-газы в пределе низкой плотности (высокой температуры) ведут себя практически как классический идеальный газ, однако при высоких плотностях (низких температурах) их свойства существенно отличаются.

Это не обязательно экстремальные состояния: электронный газ в металле при комнатной температуре можно считать плотным (холодным). Именно на свойствах электронного Ферми-газа строится зонная теория проводимости.

С другой стороны, со свойствами Бозе-газа (точнее Бозе-жидкости) связаны такие явления, как сверхтекучесть и сверхпроводимость (при сверхпроводимости Ферми-жидкость «маскируется» под Бозе-жидкость).

В докладе на простых примерах будет показано, что несмотря на «невообразимость» квантовых понятий о них можно думать привлекая физическую интуицию.

Семестр № 4 (весна-2006, заседания 40-52)

№ 40(15). 15.02.2006. Ускоренное расширение Вселенной и струны

д.ф.-м.н. проф. Ирина Ярославна Арефьева (МИАН)

Аннотация

Одним из наиболее загадочных явлений современной физики является обнаруженное в 1998 году с помощью астрономических наблюдений ускоренное расширение Вселенной. Это явление принято интерпретировать как проявление некоторой неизвестной формы материи с отрицательным давлением, так называемой **темной энергии**, на долю которой, по современным представлениям, приходится **73% от всей материи**.

В докладе будет дан обзор современного состояния проблемы и будет рассказано о модели темной энергии, которая получается из теории струн, описывающих распад неэкстремальных бран. В таком сценарии Вселенная рассматривается как брана, вложенная в многомерное пространство, в котором живет струна.

Примечание организатора семинара: Для того, чтобы получить из доклада представление о состоянии проблемы, не обязательно знать, что такое «струны» и «браны».

№ 41(16). 22.02.2006. Квантовая телепортация и другие чудеса

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация

Если квантовая механика не удивляет вас, то вы её не понимаете. В квантовой механике есть **чудеса** ("квантовая телепортация", "квантовый эффект Зенона" и "квантовая криптография") и **парадоксы** ("кот Шрёдингера", "мышь Эйнштейна", "друг Вигнера").

Чудеса наблюдаются **на эксперименте**. А парадоксы заставляют глубоко задуматься, что же это за теория. Многие чудеса восходят к попыткам Эйнштейна придумать парадоксы, которые обнаружили бы неполноту квантовой механики. Так, в основе многих чудес квантовой механики лежат эффекты, восходящие к статье "ЭПР" (статья Эйнштейна–Подольского–Розена).

№ 42(17). 01.03.2006. Квантовая механика без волновой функции

д.ф.-м.н. проф. Манько Владимир Иванович (кафедра теоретической физики МФТИ, ФИАН)

Аннотация

В докладе будет показано, что обычная квантовая механика может быть сформулирована так, что вместо волновой функции состояние задаётся распределениями вероятности, как в классической статистической механике. Будет проведено сравнение классической и квантовой механики.

Будут обсуждены новые для квантовой механики понятия энтропии, отличающиеся от энтропии Фон Ноймана и информации. Объясняется нарушение неравенств Белла, а также явление запутанности квантовых состояний.

Примечание организатора семинара: В весеннем семестре предполагается провести несколько заседаний Межпредметного семинара, посвящённых различным интересным аспектам квантовой теории.

Примечание 2: В классической механике нет волновых функций, поэтому переформулировка квантовой механики без волновых

функций, в терминах, более близких к классической механике, позволят более явно рассмотреть сходства и различия двух теорий.

Примечание 3: Неравенства Белла обязаны выполняться в любой классической теории (в том числе статистической) без дальнего действия. Однако на эксперименте эти неравенства могут нарушаться.

№ 43(18). 15.03.2006. Функции Вигнера и правила квантования динамических систем

к.ф.-м.н. Орлов Юрий Николаевич (кафедра высшей математики МФТИ, ИПМ РАН)

Аннотация

Будут рассмотрены квантования Вейля, Йордана, Борна и их обобщения, и то, как выбор квантования влияет на уравнения квантовой статистической механики и на свойства их решений. Будут также изложены два подхода к решению квантовомеханических задач: с использованием функции Вигнера и с помощью представления когерентных состояний.

Примечание организатора семинара: Тема данного заседания является продолжением предыдущей темы (В.И.Манько, "Квантовая механика без волновой функции"), но доклад может слушаться и независимо от предыдущего.

Примечание 2: Докладчик утверждает, что для понимания доклада надо знать разложение вектора по базису (материал 1-го курса).

№ 44(19). 22.03.2006. Представление когерентных состояний в квантовой механике

к.ф.-м.н. Орлов Юрий Николаевич (каф.высш.мат., ИПМ РАН)

Аннотация

Будет обсуждаться математический аппарат переполненных систем векторов, связь с фоковским представлением, представление операторов в нормальной форме через операторы рождения и уничтожения. Метод будет обобщен на некоторые другие правила коммутации между операторами канонически сопряженных величин. Будет показано, как правила коммутации порождают неортогональное разбиение единицы (т.е. представление единичного оператора в терминах переполненной системы векторов) и дают новое представление дельта-функции в комплексной плоскости.

Примечание организатора семинара: Докладчик утверждает, что для понимания доклада надо знать разложение вектора по базису (материал 1-го курса).

Примечание 2: Когерентные состояния входят в стандартный физтеховский курс квантовой механики.

№ 45(20). 29.03.2006. Общая теория относительности для «чайников»

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация

В докладе предполагается заменить большинство формул картинками и размахиванием руками. В результате слушатели практически ничему не научатся, но будут по крайней мере иметь представление об общей теории относительности (ОТО) без большинства традиционных заблуждений.

К сожалению ОТО не входит в тот стандартный курс теории поля, который изучают все студенты Физтеха. Однако ОТО — одна из тех теорий, которые создают в физике "большой стиль". Даже если вы никогда не будете её применять, стоит познакомиться хотя бы с идеями, лежащими в её основе, и некоторыми наиболее известными результатами теории.

№ 46(21). 05.04.2006. Калибровочные поля на примере электромагнитного поля

Капустин Михаил Анатольевич

Аннотация

Калибровочные поля являются важной составной частью стандартной модели в физике элементарных частиц. В настоящее время многие физики (возможно, их большинство) уверены, что все фундаментальные взаимодействия описываются калибровочными полями.

В докладе на примере электромагнитного поля будет показано, как из произвола в выборе фазы волновой функции «само» возникает электромагнитное поле и «объяснено» (пугать людей сверхсложной математикой не предполагается), чем электромагнитное поле отличается от других калибровочных полей.

Будет кратко рассказано про эффект Ааронова-Бома (очень загадочный эффект: поля «нет», а эффект есть), квантование магнитного

потока, вычисление величины заряда магнитного монополя (если такой обнаружится).

№ 47(22). 12.04.2006. Что могут микроспутники?
(семинар в честь Дня космонавтики)

д.ф.-м.н. Михаил Юрьевич Овчинников (каф.теор.мех., ИПМ РАН)

Аннотация

За почти полувековой период космонавтика прошла путь от микроспутников к большим космическим объектам и опять вернулась к микроспутникам. Парадигма демонстрации технологических возможностей через увеличение массы и размеров космических аппаратов сменилась приоритетами микро и нанотехнологий.

В докладе приводятся примеры реализованных и перспективных космических проектов с использованием технологии микроспутников. Рассматриваются особенности их разработки, создания и применения; анализируются преимущества и недостатки. Студенты и аспиранты МФТИ принимают участие в современных проектах микроспутников. Это позволяет построить процесс обучения так, чтобы пройти все этапы, присущие современным высокотехнологичным проектам. Это требует знаний и умений, выходящих за пределы курсов, читаемых на Физтехе. Как мы справляемся с этими и другими, возникающими на пути энтузиастов проблемами, также будет рассказано в докладе.

По данному докладу на сайте имеется [презентация](#).

№ 48(23). 19.04.2006. Математическая теория глобального демографического процесса

к.ф.-м.н. Подлазов Андрей Викторович (ИПМ РАН)

Аннотация

В докладе рассматривается динамика численности человечества на протяжении всей его истории. До недавнего времени количество людей росло ускоряющимися темпами – в режиме с обострением. Однако в последние десятилетия рост начал замедляться с тенденцией к стабилизации населения мира.

На основе представления о житейсберегающих технологиях и технологической нише дается объяснение этих процессов и строится их количественная теория.

49

№ 49(24). 26.04.2006. Физика элементарных частиц: основы теории и современное развитие

член-корр. РАН Высоцкий Михаил Иосифович (ИТЭФ)

Аннотация: В докладе рассматриваются: стандартная калибровочная $SU(3)*SU(2)*U(1)$ модель, осцилляции флейвора, перспективы обнаружения бозона Хиггса.

Примечание организатора семинара

Знание таблицы Менделеева давно не является привилегией химиков и вошло в общую культуру. Аналогично вошел в общую культуру тот факт, что атомы состоят из электронов, протонов и нейтронов. Далее, почти все что-то слышали про кварки и дробные заряды, но чем мюон отличается от электрона, а нейтрино от антинейтрино знают уже не все.

Стандартная модель в физике элементарных частиц не является «окончательной теорией», но тем не менее позволяет во многом понять тот зоопарк «элементарных» частиц, который рождается на ускорителях.

Правильное изучение стандартной модели предполагает примерно годовой курс, ориентированный на студентов уже, знающих квантовую механику и теорию поля. Поэтому за один семинар можно научиться немногому: не путать электронное нейтрино с мюонным, понять, зачем рисуются диаграммы Фейнмана (не умея их считать) и т.п.

№ 50(25). 03.05.2006. Некоторые идеи квантовой теории поля. КТП для «чайников»

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация

В докладе рассматриваются некоторые базовые идеи, лежащие в основе концепции квантованных полей. Квантовая теория поля (КТП) объясняется как квантовая механика систем с бесконечным числом степеней свободы. Демонстрируется общность методов между КТП и квантовой теорией твердого тела.

Описываются две простейшие квантовые системы, лежащие в основе КТП: гармонический осциллятор и квантовая двухуровневая система ("спин"). Объясняется идея диаграмм Фейнмана и их связь с лагранжианом (что такое лагранжиан тоже объясняется:).

В качестве примеров КТП обсуждаются (без технических подробностей) квантовая электродинамика и стандартная модель в физике элементарных частиц.

50

№ 51(26). 10.05.2006. Теория самоорганизованной критичности – наука о сложности

к.ф.-м.н. Подлазов Андрей Викторович (ИПМ РАН)

Аннотация

В докладе дается введение в теорию самоорганизованной критичности – одно из наиболее активно развивающихся направлений нелинейной динамики. Самоорганизация открытых нелинейных систем в критическое состояние объясняет такие проявления сложности, как масштабная инвариантность, фликкер-шум, распределения с тяжелыми хвостами, катастрофичность. Возникновение целостных свойств у систем локально взаимодействующих элементов также имеет самоорганизованно критическую природу.

Формулируется парадигма самоорганизованной критичности, на примере двух классических моделей поясняются основные понятия и демонстрируются методы математического исследования самоорганизованно критических систем.

Примечание организатора семинара: Тема относится к синергетике. Самоорганизованная критичность встречается в различных явлениях от землетрясений и биржевых кризисов до оползней на песчаной куче.

Портал ИПМ им. М.В.Келдыша РАН: <http://www.keldysh.ru/>.

Материалы по теме семинара: Подлазов А.В. Теория самоорганизованной критичности – наука о сложности// Будущее прикладной математики. Лекции для молодых исследователей/ Под. ред. Г.Г. Малинецкого. – М.: Эдиториал УРСС, 2005. С.404-426. (<http://theorphys.mipt.ru/mezhpr/mezhpred2/podlazov.pdf> , 0,5Мб).

№ 52(27). 17.05.2006. Вращение кометных ядер и смежные задачи физики комет

д.ф.-м.н. Сидоренко Владислав Викторович (кафедра теоретической механики МФТИ, ИПМ РАН)

Аннотация

Как беззаконная комета
в кругу расчисленного светил.
А.С.Пушкин, "Портрет"

При изучении движения тел солнечной системы самые сложные и delicate проблемы возникают, вероятно, при рассмотрении динамики комет. Во-первых, их сильноэллиптические орбиты очень

51

чувствительны к возмущениям, во-вторых, одним из возмущений являются реактивные силы и моменты, обусловленные испарением вещества с поверхности кометных ядер – до сих пор у специалистов нет полного понимания этого процесса во всех его деталях. В докладе предполагается показать как относительно частная задача – анализ вращения кометного ядра – оказывается связанной со многими серьезными направлениями в науке о кометах. Будут изложены результаты теоретического исследования вековых эффектов во вращательном движении ядра, обусловленных действием реактивных моментов. Теоретические результаты сравниваются с результатами наземных наблюдений и наблюдений с космических аппаратов.

К докладу на сайте семинара имеется [презентация](#).

Семестр № 5 (осень-2006, заседания 53-66)

№ 53(1). 13.09.2006. Вводный семинар. Обзор тематики возможных докладов. Обзор программы младших курсов.

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

к.ф.-м.н. Бодякин Владимир Ильич (кафедра информатики)

к.ф.-м.н. Арутюнов Юрий Артёмович (отдел передачи технологий)

Аннотация: После окончания организационной части и микродокладов будет дан обзор некоторых тем, изучаемых на младших курсах, с точки зрения их продолжения и использования в общей и теоретической физике и теоретической механике.

№ 54(2). 20.09.2006. Матричные экспоненты в математике и физике (в примерах)

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация

Понятие матричной экспоненты легко доступно уже студенту первого курса. При этом матричная экспонента присутствует явно или скрыто во многих разделах физики (теория относительности, механика, квантовая теория) и математики (как правило, в связи с группами и алгебрами Ли).

Понимание того, что представляют собой такие понятия, как поворот, преобразование Лоренца, уравнение Шрёдингера и др., требует понимания матричных экспонент и умения их использовать.

52

В докладе не будет дано полной теории групп и алгебр Ли, но некоторые её понятия, полезные для понимания физики, будут рассказаны и показаны на примерах (например, что такое экспонента от вектора).

№ 55(3). 27.09.2006. Математические этюды

к.ф.-м.н. Андреев Николай Николаевич (МИАН)

Аннотация

Будут показаны и объяснены математические мультфильмы, иллюстрирующие элементарно формулируемые, но нетривиальные (иногда не решённые) математические задачи.

Сайт Н.Н.Андреева «Математические этюды» (математические мультфильмы и популярные заметки): <http://etudes.ru/> (также имеется CD-диск).

Сайт МИАН: <http://www.mi-ras.ru/>

№ 56(4). 04.10.2006. О кривизне, параллельном переносе, эйлеровых характеристиках и физике

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация

В докладе продемонстрирована связь эйлеровой характеристики многогранника (число вершин – число рёбёр + число граней) с кривизной поверхности и параллельным переносом.

Понятия кривизны и параллельного переноса пояснены на примере поворотов, преобразований Лоренца и сдвигов на развёртке многогранника. Показана их связь со специальной теорией относительности, общей теорией относительности и геометрией поверхностей.

Большинство выкладок опущено, но будут даны наглядные идеи некоторых доказательств.

Продemonстрирована уникальность двумерного случая.

№ 57(5). 11.10.2006. Кватернионы и их применение

к.ф.-м.н. Ханукаев Юрий Исламович (каф.теор.мех.)

Аннотация

Кватернионы представляют собой обобщение комплексных чисел, в котором имеется 3 линейно независимых мнимых единицы. Ква-

53

тернион может быть представлен как совокупность скаляра и вектора. Умножение кватернионов некоммутативно, оно, помимо обычного умножения двух чисел, вовлекает умножение вектора на число, скалярное произведение векторов, векторное произведение векторов.

Кватернионы оказываются удобны для многих приложений, в том числе для описания поворотов, преобразований Лоренца и спина электрона.

Сайт Ю.И.Ханукаева (<http://02-07-90327.fizteh.ru/>) содержит 20 лекций по теоретической и аналитической механике, материалы по кватернионам и малым колебаниям (включая программу расчета собственных частот и собственных векторов консервативных систем).

На сайте семинара имеются материалы к докладу.

№ 58(6). 18.10.2006. Вычислимое и невычислимое. Теорема Гёделя

к.ф.-м.н. Ворожцов Артём Викторович (кафедра информатики)

Аннотация

Теорема Гёделя несомненно одна из самых интересных теорем математики. Она гласит, что любая теория, включающая арифметику, либо неполна, либо противоречива. Теорема Гёделя вселяет в нас исторический оптимизм, т.к. из неё следует, что математика — интересная наука, которую никогда не удастся загнать в компьютер полностью. Именно теореме Гёделя использует Пенроуз в своих интересных, но спорных рассуждениях, чтобы доказать, что искусственный интеллект невозможен.

Вычислимое и невычислимое. Чего не могут вычислительные машины. В докладе рассматривается класс вычислимых функций. Вводятся понятия перечислимости и разрешимости. Дается схема доказательства теоремы Гёделя о неполноте непротиворечивых теорий определенного класса.

Рассказывается про интересные современные проблемы, связанные с невычислимостью.

На сайте семинара выложены материалы к докладу.

№ 59(7). 25.10.2006. Математическая демография и прогноз социально-экономического развития России

к.ф.-м.н. Орлов Юрий Николаевич (каф.высш.мат., ИПМ РАН)

Аннотация: Будут описаны модели эволюции численности социума, состоящего из различных в репродуктивном отношении страт, и модели

54

долгосрочной ассимиляции мигрантов. Также будут представлены некоторые точные результаты математической демографии и будет кратко обсуждена теория квазистабильного населения.

Имеется видеозапись семинара (любительское качество).

№ 60(8). 01.11.2006. p -адические числа и их применение

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация: А что будет, если бесконечное число цифр не после запятой, а до? Будет много чего интересного. Например, все треугольники окажутся равнобедренными... А ещё в стандартном калькуляторе системы Windows наберите "-1" и переключитесь из десятичного режима в двоичный... Как ни странно, такие числа находят применения в математической физике, например p -адическая диффузия рассматривается как модель динамики белка.

Имеется видеозапись семинара (любительское качество).

№ 61(9). 08.11.2006. Новые модели сухого трения

Фомичёв Александр Владимирович (каф.теор.мех.)

Аннотация

Тема не столь скучна, как может показаться. Всё вроде бы просто до тех пор, пока движение поступательное, а если, например, шайба скользит по льду вращаясь вокруг вертикальной оси, то силы трения на разных участках поверхности контакта направлены по разному, и суммарная сила ведёт себя намного интересней, становясь похожей на вязкое трение...

Во многих задачах динамики твёрдого тела приходится иметь дело с сухим трением. Для скольжения твёрдого тела по плоскости без вращения хорошей моделью является закон сухого трения Кулона. Однако при наличии сколь угодно малой угловой скорости вращения закон сухого трения становится существенно сложнее, а закон Кулона остаётся верным лишь в дифференциальной форме. Его применение ко всему телу оказывается некорректным.

Впервые на этот факт обратил внимание Контенсу в работе 1963 года. Дальнейшие результаты в этой области принадлежат В.Ф. Журавлёву. В работах В.Ф. Журавлёва были получены всюду сходящиеся Паде-аппроксимации реального закона сухого трения. Было установлено, что решение ряда классических задач о движении твёрдых тел по плоскости со скольжением при использовании закона Кулона даже

55

качественно не соответствует действительности. Несостоятельными оказываются и неголономные постановки таких задач.

В докладе будет сформулирован подход к решению задач с сухим трением и описаны качественные эффекты, наблюдаемые при использовании Паде-аппроксимаций реального закона сухого трения.

№ 62(10). 15.11.2006. Квантовые состояния, суперпозиции и измерения

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация

На основе материала линейной алгебры (1-й курс) будут объяснены основные понятия и элементы математического аппарата квантовой механики.

В качестве примеров будут рассмотрены квантовые парадоксы: кот Шрёдингера, мышшь Эйнштейна, друг Вигнера, квантовый парадокс Зенона и пр. Цель семинара – подготовить слушателей к семинару по квантовой информации 22 ноября 2006 г.

№ 63(11). 22.11.2006. Квантовая нелокальность и квантовая информатика

д.ф.-м.н. Менский Михаил Борисович (ФИАН)

Аннотация

Квантовая физика настолько радикально отличается от классической, что это приводит к существованию концептуальных проблем (парадоксов), не решённых до сих пор. Одна из особенностей квантовой механики часто формулируется как квантовая нелокальность. Наиболее очевидным образом она иллюстрируется мысленным экспериментом Эйнштейна–Подольского–Розена (ЭПР), который показывает, что в квантовой механике реальность следует понимать не так, как в классической, вследствие чего выводы квантовой механики часто бывают контринтуитивны. Более современная формулировка этого круга проблем дается неравенствами Белла и теоремой Белла. В опытах Аспека было доказано нарушение неравенств Белла, и тем самым экспериментально подтверждено, что классическое понимание реальности в ситуации ЭПР неприменимо. Те особенности квантовой механики, которые проявляются в экспериментах типа ЭПР, лежат в основе новой области приложений квантовой механики, которая носит название квантовой инфор-

56

матики и включает квантовые компьютеры, квантовую криптографию и квантовую телепортацию.

Примечание организатора: Квантовая информация имеет дело с такими эффектами, как *квантовая телепортация, квантовая нелокальность, ЭПР-состояния, квантовые компьютеры, квантовая криптография* и пр.

Помимо научных статей, обзоров и монографий, М.Б.Менский является автором популярной книги по квантовой механике и её интерпретации: «Человек и квантовый мир». На сайте имеется [презентация](#) к докладу.

№ 64(12). 29.11.2006. Доказательство теорем математического анализа с помощью компьютера

д.ф.-м.н. Иванов Григорий Евгеньевич (каф.высш.мат.)

Аннотация

В докладе будет рассмотрена компьютерная программа Теормат. Программа Теормат является средством для активного и глубокого изучения теоретических основ математического анализа. В отличие от любого традиционного учебника, который предполагает чтение (пассивное изучение), программа Теормат предполагает самостоятельное доказательство теорем и самостоятельное решение теоретических задач (активное изучение). Для этого программа создаёт среду, удобную для доказательства теорем и следит за корректностью доказательства.

Будет дан краткий обзор различных систем автоматического доказательства.

На сайте семинара имеется [презентация](#). Сайт программы «Теормат»: http://math.mipt.ru/teormat/about_teormat.html.

№ 65(13). 06.12.2006. Молекулярное моделирование в науках о живом: на стыке естественных наук

к.х.н. Чиллов Гермес Григорьевич (Институт физико-химической биологии им. А.Н. Белозерского, МГУ)

Аннотация

- В моделировании биологических объектов можно выделить три буквы «М», которые соответствуют масштабам рассмотрения системы и теоретическим подходам ее описания – это Макро, Мезо и Микро.

57

- На макроскопическом уровне мы имеем классические механические объекты с небольшим числом степеней свободы, такие объекты можно исследовать не только численно, но и аналитически.
- На мезо уровне объекты живого могут описываться как совокупность взаимодействующих непрерывных сред, имеющих определенную структурную организацию и свойства.
- Но самое интересное происходит на микроскопическом уровне, когда главным действующим лицом становятся отдельные атомы и состоящие из них молекулы.
- Способы описания объектов в молекулярном моделировании – на микроскопическом уровне – могут, тем не менее, быть не только квантовыми, но и классическими. Возможность классического описания молекулярных систем обусловлена тем, что многие из молекулярных процессов основаны на нековалентных взаимодействиях и практически не затрагивают электронной структуры молекул. Вместе с тем нековалентные взаимодействия обуславливают специфичность взаимодействия биологических макромолекул (белков, ДНК, РНК, липидов и т.д.), которые лежат в основе функционирования всех жизненно важных биологических процессов.
- С точки зрения вычислительных методов моделирование биомолекулярных систем даже на классическом уровне представляет собой сложную задачу: характерные системы имеют десятки и сотни тысяч, а даже миллионы степеней свободы. Расчет таких систем даже на небольших по биологическим понятиям временах жизни (микросекундах) может занимать месяцы на мощных современных вычислительных ресурсах.
- С точки зрения физики есть много важных задач, связанных с максимально точным описанием межмолекулярных взаимодействий в рамках классических потенциалов. В частности, интересными представляются расчеты, в которых свойства окружающей среды (воды, биологических мембран) передаются без явного учета молекул этой среды (например, как в макроскопическом описании диэлектриков).
- Математика находит применение в новых алгоритмах поиска минимумов крайне сложно устроенных функций огромного числа переменных. Такие задачи возникают при поиске геометрии оптимального (по энергии) комплекса двух (или более) мо-

58

лекул, каждая из которых имеет большое число степеней свободы.

- Молекулярное моделирование уже сегодня решает многие задачи в науках о живом, но самые большие успехи этих подходов, бесспорно, еще впереди.

№ 66(14). 13.12.2006. Прочитать геном – не значит его понять

д.б.н., к.ф.-м.н., профессор Миронов Андрей Александрович (Факультет биоинженерии и биоинформатики, МГУ)

Аннотация

Расшифрован геном человека и еще геномы многих организмов. Однако это не совсем так. Правильнее сказать, что он прочитан. В докладе будет дано представление (весьма поверхностное) о том, чем занимается биоинформатика и как она помогает понять значение и смысл геномных текстов. Будут приведены примеры биологических открытий, сделанных с помощью биоинформатики.

Некоторые заголовки:

- Как читают геномы.
- Как находят гены
- Как предсказывают функции генов
- Что можно сказать об эволюции
- Какая еще бывает информация

Семестр № 6 (весна-2007, заседания 67-78)

№ 67(15). 14.02.2007. p -Адический анализ и приложения в физике и биологии

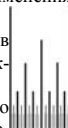
д.ф.-м.н. Козырев Сергей Владимирович (МИАН)

Аннотация

В докладе будут обсуждаться некоторые методы и применения p -адического математического анализа.

Будет обсуждаться конструкция p -адических всплесков (вейвлетов) и их связь с вещественными всплесками и спектральным анализом.

Будет обсуждаться несколько применений p -адического анализа к теории сложных систем. Общая идея таких применений – изменение геометрии – специальная параметризация пространства состояний системы p -адическими координатами. Такой выбор координат,



59

нат, разумеется, должен быть согласован со свойствами системы, и подбор таких координат является весьма нетривиальной задачей.

Будут рассмотрены следующие примеры, в которых удалось провести p -адическую параметризацию:

- Пример из физики – применение к теории спиновых стёкол. p -Адическая параметризация матрицы Паризи (параметра порядка в методе реплик).
- Пример из химической физики – применение к описанию динамики макромолекул (приближение межбазисной кинетики для динамики на сложных энергетических ландшафтах). Сравнение с данными спектроскопических экспериментов для динамики белков.
- Пример из биологии – применение к описанию свойств генетического кода.

Страничка докладчика: <http://www.mi.ras.ru/~kozyrev/>

Примечание организатора: тема не столь страшна, как может показаться. Причём эта тема уже неоднократно поднималась на Межпредметном семинаре: " p -адические числа и их применение" (01.11.2006, М.Г. Иванов), " p -Адическая мат. физика: всплески, псевдодифференциальные операторы, приложения" (23.03.2005, С.В. Козырев).

№ 68(16). 21.02.2007. Как превратить частицу в античастицу?

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация

Как знают все студенты, изучающие физику, для некоторых частиц существуют очень похожие на них античастицы. Античастицы настолько похожи на обычные, что не ясно, почему в нашем мире электронов и протонов намного больше, чем позитронов и антипротонов. Такое нарушение симметрии оскверняет эстетические чувства физиков и пока не поддаётся объяснению.

Возможно ли превращение частиц в античастицы? Законы сохранения запрещают такие процессы, однако, возможно придумать такую физику, в которой законы сохранения будут выполняться локально, но нарушаться глобально благодаря топологическим эффектам. В такой физике мы можем превратить электрон в позитрон, заставив его совершить кругосветное путешествие.

60



Рисунки Т.Б. Бонч-Осмоловской (кафедра культурологии МФТИ) из серии «Пиг-мерные шахматы»:
«Страшный сон шахматного компьютера - 2»:
<http://math.child.ru/otdohni/museum/chess/night2.jpg>,
«Односторонние шахматы»: <http://math.child.ru/otdohni/museum/chess/Lentam.jpg>.
Рисунки воспроизводятся с разрешения автора.

№ 69(17). 28.02.2007. Метод перевала в физике

д.ф.-м.н., профессор Крайнов Владимир Павлович (каф.теор.физ.)

Аннотация

Очень немногие физические задачи могут быть решены аналитически с начала и до конца. Впрочем, и в этих задачах, при внимательном рассмотрении, обнаруживаются те или иные допущения. Как правило, нам приходится делать различные приближения, или использовать численные методы.

Преждевременное применение численных методов, в попытке свалить всю работу на компьютер, обычно контрпродуктивно: без понимания задачи мы напишем далеко не самую лучшую программу. А для сколько-нибудь сложной задачи типа прогноза погоды, расчёта биржевых котировок, или молекулярных спектров лобовой счёт, без предварительных упрощений, просто неосуществим. Так что, даже если проблема будет решаться численно, понять её и сделать разумные приближения всё равно очень полезно.

Одно из наиболее часто встречающихся в физике приближений — метод перевала. Он, например, используется при переходе от волновой оптики к геометрической и от квантовой механики к классической, с помощью метода перевала выводится формула Стирлинга для гамма-функции (факториала). Во многих случаях этот метод даёт неожиданно высокую точность (для той же формулы Стирлинга).

№ 70(18). 07.03.2007. Какого цвета чёрное тело? или Бывают ли зелёные звёзды?

Копылова Анна Геннадьевна (каф.общ.физ.)

Аннотация

Как известно, товарищей невозможно найти как на вкус, так и на цвет, но о первом обычно не спорят. Посмотрим же (sic!) на второе — на цвета и попробуем разобраться, как с ними и что.

Как наши глаза воспринимают цвета? Почему мы их вообще различаем или не различаем? Можно ли обмануть глаз, заставив его воспринимать цвета иначе?

Что мы обычно видим? Как устроен (спектрально) тот свет, что обычно попадает в наши глаза — от Солнца, звёзд, лампочек и других источников света? И каким он нам видится?

Так будем же о вкусе устриц говорить с теми, кто их ел, а о цвете звёзд — с теми, кто их видел!

№ 71(19). 14.03.2007. Теория категорий

Алексеев Вадим Юрьевич (студент Georgia Augusta Universität, Göttingen)

Аннотация

Если Вы спросите математика, чем он занимается, он как правило с удовольствием назовет Вам свою любимую область математики, а особо увлечённый ещё и засыплет вас парой десятков определений отсюда. Сразу воспринять это бывает нелегко, даже если Вы сам — математик.

К счастью, почти всем областям математики присуще нечто общее, и его не так мало. Более того, оказывается, что это общее — то, что встречается при обращении к любой области математики, — можно представить как новую математическую теорию, получившую название *теория категорий*. Она фактически стала языком современной математики. Имея представление о ней, достаточно задать математику вопрос "С какими категориями Вы работаете?", чтобы по ответу сразу понять, чем он, собственно, занимается.

Как и любая интересная отрасль математики, теория категорий развилась настолько, что изложение всех интересных её результатов потребовало бы, наверное, отдельного спецкурса. Поэтому на семинаре

будут освещены только самые её начала — в некотором смысле краевые камни математики.

Теория категорий — язык описания математических теорий и соответствий между ними. На языке теории категорий удобно исследовать общее в различных разделах математики, в частности, соответствие между классической и квантовой механикой.

№ 72(20). 21.03.2007. Как открыли тёмную энергию и тёмную материю в нашей Вселенной

д.ф.-м.н., вед.н.с. ИТЭФ Блинные Сергей Иванович (ИТЭФ)

Аннотация

Еще в 1930-е годы астроном Фриц Цвикки понял, что светящегося вещества в скоплении галактик Сомы (оно находится в направлении созвездия Волосы Вероники) в десятки раз меньше, чем нужно, чтобы сила тяготения смогла удерживать галактики вместе. Для объяснения парадокса он предположил, что существует невидимое гравитирующее вещество, которое называют теперь тёмной материей ("Dark Matter", DM).

Про это открытие почти забыли лет на 30, пока не стали видеть нехватку видимой материи в слишком быстром вращении галактик, в слишком высокой температуре межгалактического газа в скоплениях галактик, в слишком сильном эффекте гравитационной линзы от скоплений, и главное в том, что ничтожные возмущения плотности, которые мы видим на момент рекомбинации горячей плазмы после Большого Взрыва, успели дорасти до образования галактик, звёзд и нас с вами. Всё это можно объяснить, если гравитация галактик и их скоплений определяется в основном не обычными барионами, а некими слабо взаимодействующими (т.е. почти невидимыми) частицами.

Хотя тёмной материи должно быть намного больше, чем обычного вещества, его природа до сих пор остаётся неясной. Поиски частиц тёмной материи ведутся и на Земле, и в космосе. В последние годы выяснилось, что помимо холодной тёмной материи Вселенная должна быть заполнена и необычайно упругой субстанцией — "тёмной энергией", которая заставляет весь мир расширяться с ускорением.

Будет рассказано, откуда мы всё это знаем, и знаем ли вообще. Ведь в принципе возможно, что никаких неведомых частиц и субстанций нет - существует целая школа, утверждающая, что дело не в тёмной материи и энергии, а в модификации гравитации Ньютона-Эйнштейна. Попробуем разобраться в аргументах обеих школ. На на-

ших глазах разворачивается новая драма идей в науке, и у кого-то из участников семинара есть реальные шансы стать активными действующими лицами этой драмы.

Примечание организатора: докладчик обещал астрономические мультфильмы. На сайте имеется презентация (4Мб, pdf). Презентация содержит ссылки на мультфильмы, но не сами мультфильмы. Однако все используемые мультфильмы могут быть скачаны в интернете (или списаны у докладчика, или у организатора семинара).

№ 73(21). 28.03.2007. Бозе-эйнштейновская конденсация и нелинейное уравнение Шрёдингера

д.ф.-м.н. Толстихин Олег Исакович (каф.теор.физ., РНЦ "КИ")

Аннотация

Явление бозе-эйнштейновской конденсации (БЭК) атомарных газов, теоретически предсказанное в 1924 году, было экспериментально обнаружено лишь недавно, в 1995 году. В 2001 году это открытие было отмечено Нобелевской премией по физике. Оно повлекло за собой множество исследований и новых интересных открытий, число которых продолжает лавинообразно расти по сей день. Современная теория БЭК основана на приближении среднего поля, что приводит к эффективному одночастичному, но нелинейному (!) уравнению Шрёдингера, так называемому уравнению Гросс-Питаевского. Элементы теории БЭК и некоторые из большого числа удивительных экспериментальных результатов в этой области будут представлены в докладе.

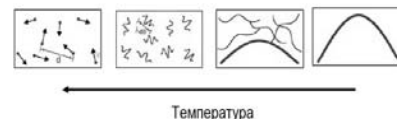


Рисунок показывает, что волновые свойства частиц проявляются с ростом температуры. Кривые линии условно изображают волны де Бройля.

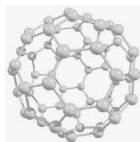
№ 74(22). 04.04.2007. Симметрия в мире молекул

к.ф.-м.н. Суханов Леонид Павлович (каф.теор.физ., РНЦ "КИ")

Аннотация

«Симметрия — соразмерность, пропорциональность в расположении частей чего-нибудь по обе стороны от середины, центра». Такое

определение симметрии вы найдёте в словаре русского языка С.И. Ожегова. Интуитивно примерно так на бытовальском уровне каждый представляет, что такое симметрия. Однако для специалистов в области строения молекул их симметрия определяется прежде всего совокупностью воображаемых операций, в результате которых молекула совмещается сама с собой.



Эта совокупность операций (элементов) симметрии молекулы образует математически строгое понятие **точечной группы симметрии**.

Вооружённые теоретико-групповыми методами специалисты по квантовой механике молекул давно используют симметричные аспекты не ради абстрактных забав, а для эффективного изучения строения молекул и их реакционной способности. В докладе будет показано, как с помощью аппарата математической теории групп (**представления групп и их характеры**) классифицируются электронные состояния молекул и частоты нормальных молекулярных колебаний. С точки зрения необходимости проведения крупномасштабных компьютерных расчётов электронной структуры молекул будет доказана возможность существенного сокращения объёма вычислений благодаря привлечению понятий из теории групп симметрии. Наконец, в рамках правила сохранения орбитальной симметрии Вудворда–Гоффмана (Нобелевская премия по химии за 1981г.) мы получим ответ на основной вопрос, во все времена волнующий химиков: когда идёт и когда не идёт химическая реакция в заданном направлении.

Основные положения доклада планируется проиллюстрировать с помощью графической компьютерной программы визуализации молекул.

№ 75(23). 11.04.2007. МКС, Клипер и РКК "Энергия"

Семинар в честь Дня космонавтики.

Журин Сергей Викторович, Скороход Сергей Анатольевич (РКК "Энергия")

Аннотация

Первый модуль Международной Космической Станции (МКС) был выведен на орбиту 28 ноября 1998 года. С тех пор прошло 8 лет, станция имеет более десятка модулей и конструкций, а суммарный вес приближается к 200 тоннам. Но это ещё не конец и впереди ещё не один проект, который должен быть реализован для полного развёртывания станции. В первой части доклада будет рассказано о том, что уже сдела-

но, что ещё будет сделано, как этот процесс выглядит из Москвы и Хьюстона.

Во второй же части доклада будет рассказано о Клипере. Последние несколько лет это название часто мелькает в средствах массовой информации, но до сих пор внятное представление о нём имеют совсем немногие. Клипер — пилотируемый космический аппарат нового поколения, разрабатываемый совместно РКК Энергия и ОКБ Сухого. В начале проектирования анализировались две принципиально различные аэродинамические схемы аппарата — крылатая и бескрылая. У каждой есть свои плюсы и минусы. После нескольких лет опытно-конструкторских работ, для дальнейшей работы была выбрана компоновка с крыльями. Клипер примерно в четыре раза меньше своих старших братьев, Space Shuttle и Бурана. Из-за относительно небольших размеров возникли серьёзные проблемы с тепловым режимом аппарата при спуске с орбиты Земли. Эта задача была решена новым подходом к формированию нижней наветренной части аппарата.



Рисунки Клипера и МКС, фотографии пластилинового макета одного из проектов Клипера (вид сверху и снизу).

На сайте семинара имеются [презентации](#) к докладам.

№ 76(24). 18.04.2007. Как открыли тёмную энергию и тёмную материю в нашей Вселенной (продолжение: тёмная материя, чёрные дыры, квазары)

д.ф.-м.н., вед.н.с. ИТЭФ Блинные Сергей Иванович (ИТЭФ)

Примечание организатора семинара: В прошлый раз (на семинаре № 72(20)) докладчик не успел всё показать и рассказать, так что слушаем и смотрим продолжение. Докладчик обещает, что понять его смогут не только те, кто был на первой части доклада 21.03.2007. В этот раз будет также рассказано о роли тёмной материи в столкновении галактик и формировании чёрных дыр в ранней Вселенной.

№ 77(25). 25.04.2007. Мини ДПЛА. Предпосылки возникновения, состав и структура, возможности

к.т.н. Чистяков Николай Валерьевич (НПКЦ "Новик-XXI век")

Аннотация

Предметом доклада являются комплексы минимальных ДПЛА (миниДПЛА). Дистанционно пилотируемые летательными аппаратами (ДПЛА) в отечественной терминологии называют интерактивные автоматические беспилотные летательные аппараты, действующие в составе комплекса ДПЛА. МиниДПЛА мы называем ДПЛА, созданные с использованием минимальных средств, обеспечивающих решение задачи комплекса.

В докладе содержится краткий экскурс в историю беспилотной авиации, прежде всего ДПЛАстроения, с акцентом на отечественные разработки. Рассматриваются состав и структура комплексов ДПЛА. Раскрываются предпосылки возникновения класса "новых" или мини-мальных ДПЛА. В качестве примера приводятся комплексы миниДПЛА Грант и БРАТ и обосновывается их архитектура.

В докладе даётся представление о возможностях современных ДПЛА, которые зачастую преувеличиваются массовым сознанием. Основной проблемой разведывательных ДПЛА (основное применение ДПЛА) является противоречие между размерами разведываемой площади и разведываемой цели. Разрешение этого противоречия возможно только через автоматизацию разведки, успехи в которой весьма скромны.

Примечание организатора: докладчик обещал привезти и показать изделие.

Справка по НПКЦ "Новик-XXI век"
(<http://dpla.ru/>)

Научно-производственный конструкторский центр "Новик-XXI век".

Предприятие частное, образовано в 1991 году выходцами из НИИ "Кулон" Минрадиопрома.

Главный конструктор: Чистяков Николай Валерьевич, канд.техн.наук.

Генеральный директор: Силкин Артём Анатольевич, канд.техн.наук.

Основатели предприятия:



Н.В.Чистяков, Главный конструктор комплекса "Строй-П" с ДПЛА "Пчела";

Э.П.Лукашёва, ведущий инженер по испытаниям комплекса "Строй-П". Комплекс "Строй-П" известен своим участием в обеих чеченских кампаниях.

С самого начала своей деятельности предприятие занимается исключительно разработкой, испытаниями и производством миниДПЛА. Наиболее известные разработки: комплекс ДПЛА Грант (масса ДПЛА 20 кг), ДПЛА БРАТ (масса ДПЛА 2 кг) и ДПЛА "Отшельник" (масса ДПЛА 60 кг).

С разрешения Н.В.Чистякова на сайте семинара выложены материалы к семинару:

- Презентация (ppt, 300kb, использовалась на семинаре)
- Видеоролик о ДПЛА Грант вариант 1 (avi, 3Mb, 3 мин. 29 сек., файл также доступен по адресу http://dpla.ru/Video/GrANT_3MB.avi)
- Видеоролик о ДПЛА Грант вариант 2 (avi, 9Mb, 3 мин. 41 сек., файл также доступен по адресу http://dpla.ru/Video/GrANT_3MB_Sergey.avi)

Данные видеоролики не использовались во время семинара 25 апреля 2007г., поскольку на тот момент они ещё не были сняты. Вы также можете найти материалы по ДПЛА (фотографии, описания и пр.) на сайте <http://dpla.ru/>.

№ 78(26). 02.05.2007. Теории поля в моделях с дополнительными измерениями. Какова размерность нашего пространства?

Коротеев Пётр Александрович (студент 281 гр.; ИТЭФ)

Аннотация

Сколько измерений у пространства, в котором мы живём?

На этот вопрос обычно отвечают 3 или, если говорить про пространство-время в теории относительности, то $4 = 3 + 1$, выделяя временную координату. Опровергнуть это факт трудно, тем более, если говорить про небольшие энергии и сравнительно большие расстояния. Однако, не исключен тот факт, что наша 4-мерная Вселенная может быть вложена в пространство большей размерности, которое может быть устроено достаточно сложно. При этом, находясь в нашей Вселенной, мы "не видим" дополнительные измерения при низких энергиях. Обсуждению вопросов существования дополнительных измерений и будет посвящен семинар.

План семинара

0. Какие бывают дополнительные измерения. ("маленькие" и "большие")
1. Модель Калуцы и Клейна или компактификация на торы ("маленькие" доп. измерения)
2. Модель Рандаля и Сандрама ("большие" доп. измерения)
4. К чему приводит введение в теорию дополнительных измерений?

Семестр № 7 (осень-2007, заседания 79-91)

№ 79(1). 12.09.2007. Вводный семинар. Обзор тематики возможных докладов. Программа младших курсов с точки зрения одного уравнения

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация: После обзора тематики возможных докладов и планов на нескольких ближайших семинаров был дан обзор программы младших курсов по всем основным предметам с точки зрения одного уравнения $Ax = b$, понимаемого в разных смыслах для различных объектов.

№ 80(2). 19.09.2007. Чем специальная теория относительности отличается от евклидовой геометрии?

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

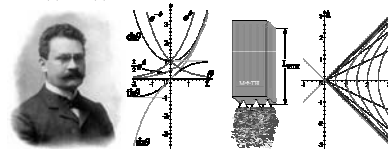
Аннотация

Герман Минковский (1864, Алексоты, Минская губерния -- 1909, Гёттинген) — немецкий математик немецкого, польского и еврейского происхождения. Минковский преподавал в университетах Бонна, Гёттингена, Кёнигсберга (ныне Калининград) и Цюриха. В Цюрихе он был одним из учителей Эйнштейна. В 1907 году Минковский предположил, что специальная теория относительности, сформулированная Пуанкаре и Эйнштейном, лучше всего может быть описана в четырёхмерном пространстве (известном сейчас как пространство Минковского), в котором время и пространство представляют собой не различные сущности, а являются измерениями пространства-времени. Это предположение помогло Гильберту и Эйнштейну в формулировании общей теории относительности. (По материалам Википедии.)

В созданной Минковским геометрии синусы и косинусы иногда оказываются гиперболическими. Почему это так, чем специальная теория относительности отличается от евклидовой геометрии и общей тео-

69

рии относительности, и как с их помощью подсчитать, насколько медленнее идут часы на крыше КПП, чем на его первом этаже, будет рассказано в данном докладе.

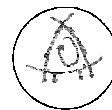


№ 81(3). 26.09.2007. Как по-разному умножать и дифференцировать векторы

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация

В докладе будет дан обзор нескольких физически и математически осмысленных способов умножения и дифференцирования векторов: скалярное произведение, векторное произведение, внешнее умножение, ковариантная производная, производная Ли, внешняя производная, дивергенция, ротор и пр. Будет обсуждено, как эти понятия модифицируются в пространствах различных размерностей и как они применяются в физике: в теории поля, в механике, в теории относительности (специальной и общей). Будут приведены примеры того, как из геометрических свойств возникают физические эффекты: прецессия Томаса, фаза Берри, законы сохранения и пр.



№ 82(4). 03.10.2007. Ракетные двигатели — основа космических полетов

Семинар в честь 50-летия 1-го искусственного спутника Земли.

д.т.н. Борисов Дмитрий Марианович (Исследовательский Центр имени М.В. Келдыша)

Аннотация

Исследовательский центр имени М.В. Келдыша (<http://www.kerc.msk.ru/>, основан в 1933 году как РНИИ — реактивный научно-исследовательский институт; здесь начинали почти все основоположники практической космонавтики С.П. Королев, М.В. Келдыш,

70

В.П. Глушко, Б.В. Раушенбах и т.д.). Докладчик — заместитель заведующего базовой кафедрой Тепловых процессов ФАКИ.

4 октября 2007 года — 50 лет со дня запуска в СССР первого в мире искусственного спутника. Единственным практически реализованным средством доставки космических кораблей, космонавтов и грузов на орбиту Земли, межорбитальных маневров и полетов к другим планетам, являются ракетные двигатели. В ракетно-космической технике используются двигатели различных типов и даже физических принципов: на жидком и твердом топливе, воздушно-реактивные: сверхзвуковые и гиперзвуковые, электрореактивные и даже ядерные. Расчеты, проектирование и испытания ракетных двигателей — длительный и сложный процесс, требующий обширных физических, математических и технических знаний.

Per aspera ad astra — через тернии к звездам.

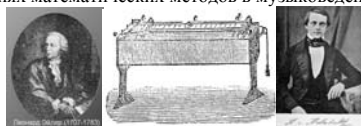


№ 83(5). 10.10.2007. Музыка как раздел математики

к.ф.-м.н. Амосов Григорий Геннадьевич (каф.высш.мат.)

Аннотация

Если в XVIII-XIX веках математики пытались построить теорию музыки ("Теория музыки" Эйлера, "Учение о звуковых ощущениях" Гельмгольца), принимаемые большинством композиторов в штыки, то в XX-XXI веках уже композиторы всерьез используют различные математические методы. Это не только формальное использование числовых рядов (Числа Фибоначчи у С. Губайдулиной), но также привлечение стохастических методов (Я. Ксенакис) и модулярной арифметики (М. Эзббит). В докладе предполагается кратко остановиться на различных проявлениях математических методов в музыковедении.



71

№ 84(6). 17.10.2007. История развития и современные методы нанотехнологий

Заблоцкий Алексей Васильевич (аспирант ФФКЭ)

Аннотация

"Нанотехнология — это производство с размерами и точностями в области 0.1-100 нм." (Альберт Франк, 1987г).

В представляемом вашему вниманию докладе будет кратко рассказано об основных этапах развития нанотехнологии и дан обзор части современных методов нанотехнологии на примере конкретного технологического процесса изготовления электромеханического запоминающего устройства. Будут рассмотрены два системных подхода к нанопроизводству — bottom-up и top-down, приведен краткий обзор современных технологических локальных средств контроля и групповых методов обработки.

На сайте семинара имеется презентация к докладу.

№ 85(7). 24.10.2007. Образование горящего шара в атмосфере и его свойства

д.ф.-м.н. Аланакян Юрий Робертович (каф.общ.физ.)

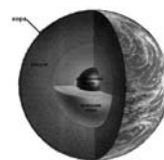
Аннотация: Рассмотрен механизм образования водородного шара при разряде линейной молнии. Показано, что физические свойства такого шара адекватны свойствам шаровой молнии.

№ 86(8). 31.10.2007. Твёрдая Земля как объект физики

академик Голицын Георгий Сергеевич (директор Института физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН)

Аннотация

Планета, на которой мы живём, является физическим телом, подчиняясь общим законам физики. Ввиду многообразия сил и процессов, действующих в природе, представления о Земле как физическом объекте, выявление количественных, в основном статистических закономерностей, формирующих лик планеты, видимых и ощущаемых нами в повседневной жизни, начало



72

формироваться только во второй половине прошлого XX века, а во многом и в течение последней его четверти. Тектоника плит, конвекция в мантии и в жидком ядре Земли, твёрдое ядро, которое было открыто лишь в 1930-х годах, статистика землетрясений и вулканических извержений, свойства рельефа поверхности – всё это может быть объяснено количественно и даже количественно с привлечением законов физики и, конечно, огромного объёма наблюдательного материала, накопленного геологами, географами, геофизиками в течение веков.

В докладе будут рассмотрены следующие разделы геофизики: рельеф поверхности, включая его статистические характеристики, в том числе озёра и реки, концепция литосферных плит, лежащая в её основе конвекция в мантии Земли, статистика землетрясений, цунами и вулканических извержений, энергетический цикл геодинамики, главной движущей силой которой является геотермический поток и последующие его превращения в другие формы энергии. Вкратце будет затронута конвекция в жидком ядре как основа для генерации геомагнитного поля. Новым моментом является изложение представлений о природе трансформных разломов дна океана, которые начали оформляться лишь в последние несколько лет. И, наконец, будет дан обзор работ по численному моделированию истории внешних оболочек нашей планеты.

Исходным моментом для всего рассмотрения служит предположение о малости времени корреляции случайных воздействий на систему по сравнению с временем её реакции на эти воздействия. В отдельных случаях привлекаются соображения подобия и размерности, которые могут использоваться и самостоятельно. Тогда несложная математика, изложенная в Приложении, вместе с анализом размерностей может служить модельным оправданием подхода к анализу явлений, как в случае непрерывных процессов – конвекции, так и для статистики событий. Формулы, изложенные там, имеют весьма общее применение.

На сайте семинара имеется [презентация](#) к докладу. Во время семинара велась [видеосъёмка](#) (запись пока недоступна).

№ 87(9). 07.11.2007. Сжимаемая и несжимаемая электронная жидкость – реализация и исследования

к.ф.-м.н. Девятков Эдуард Валентинович (с.н.с. Институт физики твёрдого тела РАН, Черноголовка; доцент кафедры физики твёрдого тела ФОПФ)

Аннотация

Все мы помним со школы, что обычная жидкость практически несжимаема. Точнее, оказывается, что она несжимаема по сравнению с газом и вполне сжимаема по сравнению с твёрдым телом. А как быть с электронной жидкостью? Можно ли ввести для неё сжимаемость и что эта величина будет означать? И вообще, как создать электронную жидкость в лабораторных условиях?

В предлагаемом докладе будет рассказано, как сжимаемость электронной жидкости связана с её фундаментальными свойствами, как она проявляется в макроскопических квантовых эффектах, и какие удивительные эффекты возникают в ограниченной электронной жидкости.

На сайте имеется [презентация](#) к докладу.

№ 88(10). 14.11.2007. Топология и кривизна пространства-времени в ОТО

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация: В докладе пойдёт речь о том, в каком смысле пространство-время в общей теории относительности является искривлённым, а также о том, что мы можем сказать о его топологии (в частности о том, что в научной и не очень научной фантастике могло бы сойти за "порталы в иные миры").

№ 89(11). 21.11.2007. Чёрные дыры, кротовые норы, машина времени. Часть I

д.ф.-м.н. Меньшиков Леонид Иеронимович (РНИЦ «Курчатовский институт»; каф.теор.физ.)

Аннотация: Все знают, что чёрная дыра — это такое место, куда можно упасть, но откуда нельзя вылететь. Тем не менее это может быть не совсем так. Можно ли упав в одну чёрную дыру вылететь из другой? Т.е. возможны ли кротовые норы? Или можно ли, упав в чёрную дыру, вы-

лететь в другое время? Т.е. можно ли сделать такую чёрную дыру, которая работала бы машиной времени? Или, хотя бы, можно ли записать такие решения уравнений общей теории относительности, которые описывают такую экзотику?

На сайте семинара имеется [презентация](#) к докладу.

Сайт РНИЦ «Курчатовский институт»: <http://www.kiae.ru/>

№ 90(12). 28.11.2007. Чёрные дыры, кротовые норы, машина времени. Часть 2

д.ф.-м.н. Меньшиков Леонид Иеронимович (РНИЦ «Курчатовский институт»; кафедра теоретической физики)

№ 91(13). 05.12.2007. Тождества и аналогии

кандидат искусствоведения Софронов Фёдор Михайлович (Московская государственная консерватория им. П.И. Чайковского)

Аннотация: XX век вновь актуализует использование математических моделей на предкомпозиционной стадии создания музыкального произведения. Однако композитор не может придерживаться этой модели со всей строгостью. Созданный им текст не может быть тождественен модели, но функционирует аналогично ей. Различение аналогии и тождества, идеального соотношения параметров и такого, которое диктует художественная необходимость, является актуальнейшим вопросом философии искусства. По мере его разрешения корректируются способы как исследования, так и исполнения музыкальных произведений. Доклад иллюстрируется звучащими примерами.

Примечание: Данный доклад продолжает тему начатую докладом 10.10.2007 "Музыка как раздел математики", Г.Г.Амосов (каф.высш.мат.).

Семестр № 8 (весна-2008, заседания 92-103)

№ 92(14). 20.02.2008. Симметрии и законы сохранения в квантовой механике

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация

Идея симметрии является одной из ключевых идей квантовой механики. Уже в классической механике непрерывным симметриям

соответствуют законы сохранения, но квантовая механика пошла существенно дальше: в квантовой механике любая симметрия является непрерывной (включая зеркальное отражение) и порождает закон сохранения. Из соображений симметрии может быть выведено уравнение Шрёдингера.

Перечислим некоторые квантово-механические симметрии, которые будут обсуждаться на семинаре:

- зеркальная симметрия
- симметрия относительно обращения времени
- симметрия относительно изменения знаков всех зарядов
- симметрия относительно преобразования Фурье
- симметрии относительно сдвига по пространственной или временной координате

Примечание: Семинар на близкую тему "Симметрии в квантовой механике" уже был 16.02.2005. К этому семинару был составлен список задач достаточно простых, но могущих испугать людей слабо знакомых с предметом (надеюсь, что семинар будет более простым и понятным).

№ 93(15). 27.03.2008. Цветные шумы и другие вопросы акустики и не только

к.ф.-м.н. Иванов Михаил Геннадьевич (каф.теор.физ.)

Аннотация

Будут обсуждены цветные шумы, соотношение неопределённости в акустике, и его роль в музыке и человеческой речи. Также будет обсуждаться ультразвуковая томография и доплерография и иные вопросы акустики и не только.

Доклад А.А. Коблякова "Знак и символ в музыке" переносится по просьбе докладчика.

№ 94(16). 05.03.2008. Аналитические возможности сверхвысоковакуумного сканирующего туннельного микроскопа

к.ф.-м.н. Ельцов Константин Николаевич (зав. лаб. поверхностных явлений ЦЕНИ ИОФРАН)

Перед началом доклада (в ожидании задерживающегося докладчика) обзор истории сканирующих микроскопов сделал

к.ф.-м.н. Батурин Андрей Сергеевич (ФФКЭ)

Аннотация

В докладе будут показаны современные возможности сверхвысоковакуумной сканирующей туннельной микроскопии для решения физических задач.

Содержание:

1. Сканирующие зондовые микроскопы и место сверхвысоковакуумного сканирующего туннельного микроскопа (СВВ СТМ)
2. Аналитические возможности СВВ СТМ

- Микроскопия поверхности на атомном уровне
- Упругое туннелирование. Спектроскопия электронных состояний с атомным разрешением
- Спин-поляризованный сканирующий туннельный микроскоп.

Магнитные свойства поверхности с атомным разрешением

- Неупругое туннелирование. Спектроскопия колебательных состояний отдельной молекулы
- Сканирующая туннельная люминесценция с субмолекулярным разрешением
- Сверхпроводящий туннельный микроскоп

3. Состояние исследований в данной области в России.

Имеется презентация к докладу, которая не была выложена на сайт семинара по причине большого объема.

№ 95(17). 12.03.2008. Программы, которые модифицируют сами себя

к.ф.-м.н. Ворожцов Артём Викторович (кафедра информатики)

Аннотация

На семинаре будет рассказано о том, что такое *метапрограммирование*, как, где и зачем его используют. Речь пойдет об *интроспекции* и методах, выполнение которых приводит к модификации существующих методов/классов и созданию новых.

77

Будут приведены основные паттерны метапрограммирования на языке Ruby. Почему Ruby? Потому что язык Ruby стал тем языком, в котором метапрограммирование стало общепотребительным и полезным подходом к разработке программ, позволяющим достичь более высоких показателей модульности (code reuse & code reduce).

Примечание организатора: Как говорит докладчик, правильно говорить не о «программах, которые модифицируют сами себя», а о «метапрограммировании». Однако докладчика удалось убедить, что такие слова нельзя употреблять в названии доклада на Междисциплинарном семинаре. Докладчик настоял на том, что тема будет разбираться на примере языка Руби, а не Лиспа.

№ 96(18). 19.03.2008. Определения производной

к.ф.-м.н. Балашов Максим Викторович (каф.высш.мат.)

Аннотация: Хорошо известное определение производной оказывается недостаточным во многих задачах естествознания, поскольку в некоторых из этих задач не дифференцируемые объекты возникают по существу. С активным развитием анализа, а также оптимизации возникла потребность обобщения понятия производной функции. При формулировке нового определения хочется, чтобы оно в какой-то степени наследовало хорошие свойства классического определения. В докладе будут обсуждаться такие определения и обобщения понятия производной, возникшие в XX веке и бурно развивающиеся в настоящее время.

№ 97(19). 26.03.2008. Молекулярное моделирование в инженерных науках, физике, химии и биологии

д.ф.-м.н. Норман Генри Эдгарович (Заведующий отделом ОИВТ РАН, профессор МФТИ)

Аннотация: Излагаются базовые понятия основных методов молекулярного моделирования: молекулярной динамики и Монте-Карло, отмечена важная роль квантовой физики и химии. Представлены некоторые примеры: фазовые равновесия, границы устойчивости (спинодаль) метастабильных кристаллов и жидкостей, флуктуации, механизмы пластической деформации и разрушения кристаллических и нанокристаллических металлов при высокоскоростном растяжении, гомогенная нуклеация, динамика дислокаций, ограничение возбужденных состояний атомов в неидеальной плазме, динамика биомолекул, химических и биохимических реакций. Рассматривается, какое место занимает метод моле-

78

кулярной динамики в системе основных понятий статистической физики и физической кинетики, изложенных, например, в курсе Ландау и Лифшица, и где он дополняет этот курс, а где даже исправляет некоторые исходные положения. Кратко обсуждаются многоуровневые подходы, которые позволяют, опираясь на данные молекулярного моделирования, выйти за рамки пространственных и временных масштабов, доступных методам молекулярной динамики и Монте-Карло, вплоть до макромасштабов. Рассмотрены возникающие проблемы Computer Science: требуемые вычислительные средства, методы параллельных вычислений и Grid-технологий. Сделан вывод, что молекулярное моделирование – одно из важнейших прорывных направлений в естественных и инженерных науках и Computer Science. Ради него создаются лучшие суперкомпьютеры в мире. Приводится перечень кафедр МФТИ, в которых развивается это направление; сообщается о курсах лекций.

Имеется презентация к докладу, которая не была выложена на сайт семинара по причине большого объема.

№ 98(20). 02.04.2008. Компьютер для композитора. Основные направления электроакустической музыки сегодня

Докладчик запланированный (не смог приехать по чрезвычайным обстоятельствам):

Кефалиди Игорь Леонидович (Заведующий Центром электроакустической музыки Московской государственной консерватории им. П.И. Чайковского)

Докладчик фактический:

Комиссаренко Анжелика Викторовна (Московская государственная консерватория им. П.И. Чайковского)

Аннотация

Сегодня компьютер используется во всем спектре применений: от создания нотного текста в традиционном понимании (компьютер как специализированная "пишущая машинка") до создания собственно звучащей материи в любых жанрах и стилях, от общедоступных до "элитарных", называемых сегодня в целом "электронной музыкой".

Электронная музыка несет в себе не только тембр, но и совершенно новое ощущение музыкальной материи, новые возможности развития этой материи. Электронная композиция предполагает совершенно новое отношение к музыкальному материалу, акустике зала, направле-



ности звуковых потоков, участию или неучастию обычного инструментария, разные сочетания внутри себя, а также синхронизацию с изображением, светом, цветом и другими выразительными средствами...

В ходе доклада будут воспроизведены примеры электронных композиций.

№ 99(21). 09.04.2008. Моделирование элементарных частиц на суперкомпьютерах (за что три аспиранта МФТИ получили премию Правительства РФ за 2007г.)

д.ф.-м.н. Поликарпов Михаил Игоревич (ИТЭФ)

Аннотация

В теории сильных взаимодействий элементарных частиц сложилась парадоксальная ситуация. С одной стороны, есть уверенность, что известны основные законы и уравнения, описывающие взаимодействия кварков и глюонов – частиц, из которых построены сильно взаимодействующие частицы – адроны (скажем протоны и нейтроны). С другой стороны, неизвестно, как получить объяснение основного физического эффекта – невыедания цвета (отсутствия свободных кварков и глюонов). С третьей стороны, современный персональный компьютер может численно "доказать" невыедание за два часа работы, в то время как исследователи сорок лет не могут это сделать аналитически, причем не будет преувеличением сказать, что задачей занимались одни из лучших физиков нашего времени. Обычно компьютер обгоняет человека, если нужно провести много численных вычислений, в случае же с невыеданием цвета нам нужно объяснить качественную картину, найти механизм явления, с такими задачами человек всегда справлялся лучше компьютера. В этом состоит как вызов теоретикам, так, возможно, и новая идеология фундаментальных исследований – использование численного моделирования для создания физических моделей, получения новых идей. Следует отметить, что объяснение невыедания цвета относится к ряду наиболее важных задач нашего времени – к "задачам тысячелетия" (<http://www.claymath.org/millennium/>).

Моделирование сильных взаимодействий на компьютерах позволяет не только показать невыедание кварков и глюонов, но и предсказать много параметров теории сильных взаимодействий, которые совпадают с экспериментально известными числами. Более того, оказывается возможным предсказывать новые явления, которые не обнаружены пока на эксперименте. Для этого используются крупнейшие супер-

79

80

компьютеры, а сложность вычислений такова, что время счета некоторых величин измеряется годами.

№ 100(22). 16.04.2008. Межпредметный семинар номер 100. Также Семинар в честь Дня космонавтики.

Доклад 1 (начало в 17:05):

Путешествия во времени и физика высоких энергий

член-корр. РАН Волович Игорь Васильевич (МИАН)

Аннотация

Теоретическая возможность путешествий во времени рассматривалась в многочисленных работах по изучению решений уравнений общей теории относительности (решения Геделя, Керра, Готта, Торна и др.), в частности, в связи с решениями типа кротовых нор (wormholes) с нетривиальной топологией.

В последнее время активно обсуждалась возможность рождения мини черных дыр при столкновении протонов на строящемся Большом адронном коллайдере в Женеве.

В докладе будет рассказано о предсказании рождения на этом коллайдере кротовых нор, т.е. микроскопических машин времени.

Литература:

I.Ya. Aref'eva, I.V. Volovich, "Time Machine at the LHC",
http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/0710/0710.2696v2.pdf

Доклад 2 (начало в 18:30):

Современные направления разработки систем управления движением КА на РКК "Энергия" им. С.П. Королёва

Богачёв Алексей Викторович (РКК «Энергия», начальник сектора)

№ 101(23). 23.04.2008. Знак и символ в музыке

профессор Кобляков Александр Александрович (декан композиторского факультета Московской государственной консерватории им. П.И. Чайковского)

к.ф.-м.н. Амосов Григорий Геннадьевич (каф.высш.мат.)

Аннотация: Предлагается модель решения традиционно трудных в искусствоведении вопросов о взаимоотношении знака и символа. В основе модели лежат отношения нового типа – трансмерные отношения. В контексте темы демонстрируется отличие текста произведения от самого произведения.

№ 102(24). 30.04.2008. Чёрные дыры (предварительно)

д.ф.м.н. Лукаш Владимир Николаевич (зав. теоретическим отделом Астрофизического центра ФИАН)

№ 103(25). 07.05.2008. Ориентация спутников по звёздам (предварительно)

Горбач Сергей Николаевич (студент 572 гр.)

Статья в газете «За науку» 28 марта 2005 года

Межпредметный семинар. Что это такое?

Если смотреть на студентов младших курсов с «теорфизической колокольни», то хочется им посочувствовать. Так, например, на первом курсе типичный студент тщетно пытается выяснить, зачем ему могут понадобиться эрмитовы и унитарные матрицы, а на третьем мы (в рамках курса квантовой механики) срочно заставляем его вспомнить, что это такое. Ясно, что давать «кванты» на первом курсе параллельно с «аналитом» невозможно, но что-то надо делать...

Начиная с прошлого семестра, на Физтехе действует новый семинар, организованный кафедрой теоретической физики – «Межпредметный семинар для студентов 1–4 курсов». Первое заседание состоялось 15 сентября 2004 года и было по-своему необычно: на 18 студентов приходилось 6 преподавателей с 4 общеинститутских кафедр (кафедры теоретической физики, теоретической механики, высшей математики, общей физики). Чтобы объяснить идеологию семинара, проще всего воспроизвести тот фрагмент конспекта первого семинара (полностью конспект его можно найти по адресу: <http://www.theorphys.fizteh.ru/mezhpr/mezhpr1.html>), в котором излагалось:

«При изучении любого достаточно обширного предмета нам неизбежно приходится неоднократно возвращаться к уже как будто «пройденным» темам. Это вызвано тем, что разные темы связаны друг с другом, и потому знакомство с новой темой часто позволяет по-новому взглянуть на казалось бы уже пройденную. Понятно, что знание таких связей полезно как для понимания, так и для практических применений. В принципе всё, что изучается на Физтехе – это разделы одной большой физико-математической науки, и такие связи сшивают между собой «параллельные места» из всех предметов. Часть «параллельных мест» удаётся проходить действительно параллельно. При этом связанные между собой темы взаимно обогащают друг друга примерами, что позволяет освоить их быстрее и прочнее. К сожалению, это возможно далеко не всегда, поэтому приходится прибегать и к другим методам. По крайней мере один из таких методов был известен ещё средневековым переводчикам и толкователям Библии – это ссылки на параллельные места, т.е. на места, где описываются те же события, или события как-то связанные с описываемыми. Кстати, как раз аппарат параллельных мест позволил некоторым энтузиастам объявить Библию «первым гипертекстом», что в общем-то справедливо. Однако, простого указания на связь между разными темами часто бывает недостаточно.

Такого рода ссылки могут просто «утопить» студента в новой информации, если он решит всерьёз все их проследить. Спасти студента от подобного «утопления», помочь ему выстроить из материала разных предметов что-то согласованное и призван наш семинар. Надеюсь, что он будет не усложнять, а упрощать обучение. Поскольку наша задача – связать и согласовать материал разных курсов, читаемых разными кафедрами, то и вести наш семинар будут преподаватели разных кафедр, иногда поочередно, а иногда и совместно.»

Сейчас, когда прошло уже 19 заседаний семинара, можно сделать некоторые предварительные наблюдения и выводы:

1. Семинар работает, а значит, он действительно нужен.
2. Образовалось стабильное ядро студентов, которые посещают большую часть семинаров, кроме того, есть темы, которые привлекают и студентов «со стороны» (положительный результат того, что любое заседание семинара можно посещать независимо от остальных).
3. Даже студенты из числа «постоянных посетителей» могут не прийти, если тема покажется им неинтересной.
4. Студенты сами вызвались печатать и развешивать объявления об очередных заседаниях семинара.
5. Студенты сами предлагали некоторые темы для семинара.
6. Студенты помогали находить преподавателей, готовых рассказать на семинаре что-то интересное по предложенной студентами теме.
7. Многие преподаватели МФТИ готовы принять участие в семинаре.

Более подробную информацию можно найти на страничке семинара по адресу <http://www.theorphys.fizteh.ru/mezhpr/>.

Кроме того, по этому адресу вы можете прочитать, как подписаться на список рассылки семинара, чтобы еженедельно получать по электронной почте сообщения о планируемых темах. Помимо этого, на форуме кафедры теоретической физики открыта тема, предназначенная для обсуждения работы семинара, в том числе для предложения и обсуждения тематики заседаний. Семинар проходит по средам в 18:30 в аудитории 110 КИМ.

В ближайшее время (в конце марта – начале апреля) мы планируем посвятить один или несколько семинаров фракталам, рассказав о них с точки зрения математики и физики, а также показав связь с темами стандартных курсов, читаемых общеинститутскими кафедрами.

Телефон кафедры: 4087590.

**М.ИВАНОВ, ст.преподаватель кафедры теоретической физики
Статья в газете «За науку» 1 сентября 2006 года**

Я выбираю семинар

Межпредметный семинар действует на Физтехе с сентября 2004 года. Он образован при поддержке преподавателей кафедр теоретической физики, общей физики, теоретической механики и высшей математики.

В чем отличие данного семинара?

1. Тематика. Здесь вы можете прослушать доклады на абсолютно разные, но всегда интересные и актуальные темы — от квантовой механики до теории популяций. Кстати, слушатели сами выбирают тему и даже сами могут найти докладчика.

2. Форма изложения. Доклады рассчитаны на широкую аудиторию. Они покажутся интересными как студентам первокурсникам, так и обладателям хорошего багажа знаний старших курсов.

3. Информационная поддержка. По электронной почте еженедельно сообщается о планируемых темах семинара. Подписаться на электронную рассылку можно по адресу:

www.theorphys.fizteh.ru/mezhpr/

Помимо этого, на форуме кафедры теоретической физики открыта тема, предназначенная для обсуждения работы семинара, в том числе для предложения и обсуждения тематики заседаний.

Я узнал о семинаре в прошлом году при поступлении в МФТИ. И в начале учебного года решил сходить на него. Тема была абсолютно нова для меня, но, несмотря на это, после семинара я имел обзорное полумпирическое представление о проблеме. Во многом именно эти семинары помогли мне определиться со сферой деятельности, которой я хотел бы заниматься.

Семинар проходит по средам в 18:30 в аудитории 115 КИПМ.

Телефон кафедры теоретической физики: 4087590.

Первое заседание семинара в учебном году планируется 13 сентября.

Евгений ЛИЗНЁВ, студент 2-го курса

Список докладчиков

- т.физ. (каф. теор. физ.) – кафедра теоретической физики
- о.физ. (каф. общ. физ.) – кафедра общей физики
- в.мат. (каф. высш. мат.) – кафедра высшей математики
- информ. – кафедра информатики
- о.п.т. – отдел передачи технологий
- Везде, где указана кафедра/факультет без указания института подразумевается МФТИ.
- ФИАН – Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН (<http://www.lebedev.ru/>)
- ИОФРАН (ИОФАН) – Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН (<http://www.gpi.ru/>)
- МИАН – Математический институт им. В.А. Стеклова РАН (<http://www.mi.ras.ru/>)
- ИПМ РАН – Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН (<http://www.keldysh.ru/>)
- ИТЭФ – Институт теоретической и экспериментальной физики им. А.И. Алиханова (<http://www.itep.ru/>)
- РНЦ «КИ» – Российский научный центр «Курчатовский институт» (<http://www.kiae.ru/>)
- ИТЭС ОИВТ РАН – Институт теплофизики экстремальных состояний Объединённого института высоких температур РАН (<http://www.ihev.ras.ru/>)
- ИФВЭ – Институт физики высоких энергий, Протвино (<http://www.ihep.ru/>)
- РКК «Энергия» – Ракетно-космическая корпорация им. С.П. Королёва «Энергия» (<http://www.energia.ru/>)
- Мос. Гос. Консерватория – Московская государственная консерватория им. П.И. Чайковского (<http://www.mosconsrv.ru/>)

Список упорядочен по времени первого выступления данного докладчика на семинаре.

год 1-го доклада/ФИО		Места работы	№ доклада
2004-5			
1	кфмн Иванов Михаил Геннадьевич	т.физ.	
2	Капустин Михаил Анатольевич	о.физ.	3,21,28,38,39,46
3	Арсеньев Андрей Романович	о.физ.	4,11
4	кфмн Константинов Роман Викторович	в.мат.	7,8
5	кфмн Ханукаев Юрий Исламович	т.мех.	12,57
6	кфмн Притыкин Дмитрий Аркадьевич	т.мех.	14
7	кфмн Батурин Андрей Сергеевич	ФФКЭ	16,25,32
8	кфмн Ежела Владимир Владимирович	ИФВЭ	17
9	дфмн Козырев Сергей Владимирович	МИАН	19,67
10	кфмн Амосов Григорий Геннадьевич	в.мат.	22,24,83
11	кфмн Келлин Николай Сергеевич	ИПМ РАН	23
2005-6			
12	дфмн Орлов Юрий Николаевич	в.мат.	ИПМ РАН 27,43,44,59
13	дфмн Крайнов Владимир Павлович	т.физ.	31,69
14	кфмн Арутюнов Юрий Артёмович	о.п.т.	35
15	Лукьянчук Михаил Борисович		36
16	дфмн Арефьева Ирина Ярославна	МИАН	40
17	дфмн Манько Владимир Иванович	т.физ.	ФИАН 42

18	дфмн Овчинников Михаил Юрьевич	т.мех.	ИПМ РАН	47
19	кфмн Подлазов Андрей Викторович		ИПМ РАН	48,51
20	чл.корр Высоцкий Михаил Иосифович		ИТЭФ	49
21	дфмн Сидоренко Владислав Викторович	т.мех.	ИПМ РАН	52
2006-7				
22	кфмн Андреев Николай Николаевич		МИАН	55
23	кфмн Ворожцов Артём Викторович	информ.		58,95
24	асп. Фомичёв Александр Владимирович	т.мех.		61
25	дфмн Менский Михаил Борисович		ФИАН	63
26	дфмн Иванов Григорий Евгеньевич	в.мат.		64
27	юн Чиров Гермес Григорьевич	МГУ ФБиБ	ИФХБ МГУ	65
28	дбн,кфмн Мионов Андрей Александрович	МГУ ФБиБ	ИФХБ МГУ	66
29	Копылова Анна Геннадьевна	о.физ.		70
30	студент Алексеев Вадим Юрьевич	Georgia Augusta Un. Göttingen		71
31	дфмн Блинников Сергей Иванович		ИТЭФ	72,76
32	дфмн Толстухин Олег Исакович	т.физ.	РНЦ "КИ"	73
33	кфмн Суханов Леонид Павлович	т.физ.	РНЦ "КИ"	74
34	асп. Журин Сергей Викторович	асп. ФАКИ	РКК Энергия	75
35	асп. Скорород Сергей Анатольевич	асп. ФАКИ	РКК Энергия	75
36	ктн Чистяков Николай Валерьевич		Новик-21 век	77
37	студент Коротеев Пётр Александрович	281 гр.	ИТЭФ	78
2007-8				
38	дтн Борисов Дмитрий Марианович	б.к.тепл.проц.	ИЦ им.Келдыша	82
39	асп. Заблочкий Алексей Васильевич	асп. ФФКЭ		84
40	дфмн Аланакян Юрий Робертович	о.физ.		85
41	ак. Голицын Георгий Сергеевич		ИФРАН	86
42	кфмн Девятов Эдуард Валентинович	б.кффт ФОПФ	ИФТТ	87
43	дфмн Меньшиков Леонид Иеронимович	т.физ.	РНЦ "КИ"	89,90
44	ки Софронов Фёдор Михайлович		Мос.Гос.Консерватория	91
45	кфмн Ельцов Константин Николаевич		ИОФ РАН	94
46	кфмн Балашов Максим Викторович	в.мат.		96
47	дфмн Норман Генри Эдгарович	ФМБФ	ИТЭС ОИВТ РАН	97
48	Комиссаренко Анжелика Викторовна		Мос.Гос.Консерватория	98
49	дфмн Поликарпов Михаил Игоревич		ИТЭФ	99
50	чл.корр Волович Игорь Васильевич		МИАН	100
51	зав.сек. Богачёв Алексей Викторович		РКК Энергия	100
52	проф.дек. Кобляков Александр Александрович		Мос.Гос.Консерватория	101
53	дфмн Лукаш Владимир Николаевич		ФИАН	102
54	студент Горбач Сергей Николаевич	572 гр.		103

МЕЖПРЕДМЕТНЫЙ СЕМИНАР

Заседания 1–100

15.09.2004 – 16.04.2008

Сборник материалов

Составитель *Михаил Геннадьевич Иванов*

Подписано в печать 08.04.2008. Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 5,5. Тираж 200 экз. Заказ № ф-053.

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский физико-технический институт (государственный университет) Отдел автоматизированных издательских систем «ФИЗТЕХ-ПОЛИГРАФ»

141700, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер., 9