



Правительство Российской Федерации

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"**

Факультет Математики

**Программа дисциплины
НИС «Процессы в ранней Вселенной»**

для направления 01.03.01 «Математика» подготовки бакалавра
и направления 01.04.01 «Математика» подготовки магистра

Авторы программы: Апенко С.М., д.ф.-м.н., apenko@lpi.ru

Зыбин К.П. д.ф.-м.н., zybin@td.lpi.ru

Поволоцкий А.М., к.ф.-м.н., alexander.povolotsky@gmail.com

Рекомендована секцией УМС по математике «__»_____ 2017 г.
Председатель С.М. Хорошкин

Утверждена УС факультета математики «__»_____ 2017 г.
Ученый секретарь Ю.М. Бурман _____

Москва, 2017

Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения кафедры-разработчика программы.



1 Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и студентов направления 01.03.01 «Математика» подготовки бакалавра, направления 01.04.01 «Математика» подготовки магистра.

Программа разработана в соответствии с:

- ОС НИУ ВШЭ;
- Рабочими учебными планами университета: по направлению 01.03.01 «Математика» подготовки бакалавра и по направлению 01.04.01 «Математика» подготовки магистра, специализации Математика, утвержденными в 2017 г.

2 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Процессы в ранней Вселенной» являются:

- Получение сведений о современном состоянии исследований процессов в ранней вселенной ;
- Изучение математических методов, лежащих в основе изучения процессов в ранней вселенной .
- Выработка навыков научного общения, представления глубоких математических и физических результатов перед широкой физико-математической аудиторией.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен научиться использовать при решении конкретных задач

- Свободно владеть современным математическим аппаратом теории возникновения и развития первичных флуктуаций плотности вещества, в том числе представление о темной материи.
- Владеть навыками вероятностного описания многокомпонентных систем взаимодействующих частиц.
- Владеть основами асимптотического анализа возникающих вероятностных распределений, такими как метод перевала, стационарной фазы, метод детерминанта Фредгольма.
- Иметь навыки научных дискуссий о применимости математических моделей, обоснованности модельных гипотез, оценке степени математической строгости и формализуемости тех или иных неформальных рассуждений физического характера.

В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

Компетенция	Код по ФГОС/ НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
-------------	------------------	---	---



Компетенция	Код по ФГОС/ НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
умение воспринимать математические тексты в форме устных сообщений	ПК-5 ИК-М2.1 (МА)	Способен воспринимать и интерпретировать математические тексты в форме устных сообщений разного уровня строгости и детализованности, в т.ч. содержащие легко устранимые ошибки	Формируется при работе на семинаре в ходе восприятия докладов других студентов и последующего обсуждения этих докладов
умение выступать с устными сообщениями на тему собственных и чужих исследований	ПК-6 ИК-М2.2/ 3.1/3.2(МА)	Способен выступить с докладом (устным сообщением) с изложением задач и результатов из области специализации студента (в т.ч. собственных)	Формируется в ходе подготовки доклада, выступления на семинаре и последующего обсуждения
освоение специальной предметной терминологии на русском и английском языках	ПК-8 ИК-М2.4.1/ 2.4.2 (МА)	Способен освоить специальную предметную терминологию на русском и английском языках для целей профессионального и научного общения	Формируется в ходе всей работы по дисциплине — прослушивания и обсуждения (на английском языке) докладов других студентов, подготовки и выступления (на английском языке) с докладом на семинаре
умение публично описать собственные научные результаты и результаты других учёных	ПК-9 ИК-М2.5.1/ 2.5.2 (МА)	Способен публично описать собственные научные результаты и результаты других учёных из области специализации студента	Формируется в ходе подготовки доклада, выступления на семинаре и последующего обсуждения
умение найти научную информацию и адаптировать её для устного изложения в докладе	ПК-10 ИК-М4.1/ 4.2/4.6 (МА)	Способен находить необходимую научную информацию (в т.ч. с использованием электронных библиотечных ресурсов и баз данных) и адаптировать её для устного изложения в докладе на семинаре	Формируется в ходе подготовки доклада на семинаре

4 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к циклу математических и естественно научных дисциплин и блоку дисциплин, обеспечивающих подготовку бакалавра и магистра направления подготовки «Математика»

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

- базовые курсы анализа, дискретной математики теории вероятности, теории функции комплексного переменного (1-2 годы бакалавриата);



Желательно, но не необходимо также знакомство с некоторыми основными понятиями и результатами из курсов:

- теории случайных процессов (III-IV модули, 3, 4 год бакалавриата);
- функциональный анализ (I-IV модули, 3, 4 год бакалавриата);

Для освоения учебной дисциплины, студенты должны владеть следующими знаниями и компетенциями:

- свободное владение основными понятиями анализа и комбинаторики
- дифференцирование и интегрирование функций нескольких переменных

Основные положения дисциплины могут быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин:

- Теория представлений
- Квантовая механика
- Квантовая теория поля

5 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы			Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары	Практические занятия	
1	Общие представления о структуре Вселенной: современный статус данных о температуре различных компонент, флуктуаций температуры и плотности барионов и темной материи.	11		5		6
2	Уравнение эволюции однородной и изотропной модели Вселенной, проблемы начальной сингулярности. Горячая Вселенная. Малые начальные возмущения плотности вещества.	11		5		6
3	Эволюция спектра первичных возмущений. Затухание мелкомасштабных флуктуаций, выход флуктуаций плотности темной материи из равновесия с излучением.	11		5		6
4	Линейная теория эволюции начальных возмущений во однородной и изотропной модели Вселенной. Растущая мода.	11		5		6
5	Элементы нелинейной теории эволюции флуктуаций плотности. Гало темной материи.	11		5		6
6	Адиабатическая теория формирования барионных структур в потенциале гало темной материи.	11		5		6



7	Инфляционная теория	11		5		6
8	Модель возникновения флуктуаций плотности из квантовых флуктуаций на инфляционном этапе эволюции Вселенной.	13		7		6
	Итого:	90		42		48

6 Формы контроля знаний студентов

6.1 Критерии оценки знаний, навыков

Основная форма текущего контроля – решение задач из домашних заданий (7-10 задач по каждой теме). Задачи подбираются так, чтобы их решение потребовало от студента свободного владения основными понятиями и умения пользоваться техническими (вычислительными) приемами, которые изучаются в соответствующем разделе курса. Часть задач повышенной сложности отмечается звёздочками. Решение таких задач не является необходимым условием для получения отличной оценки, но существенно способствует получению таковой. Оценивается решение задач в процентной доле общего числа решённых в течение семестра задач (включая сюда и задачи со звёздочкой) от общего количества выданных в течение семестра задач без звёздочек. Таким образом, результат текущего контроля может быть выше 100%

Экзамен и зачёт представляют собою письменные работы продолжительностью 4 часа каждая. В каждой работе студентам предлагается 8 задач. Для получения 100% результата достаточно правильно решить 6 задач. При решении большего числа задач оценка увеличивается. За полное решение каждой задачи студент получает 10 баллов, окончательный результат экзамена оценивается в процентной доле набранного количества баллов по отношению к 60.

6.2 Порядок формирования оценок по дисциплине

Промежуточная оценка за первый модуль вычисляется по формуле

$$\text{Max}(150, E+N)/15$$

где E - общее количество набранных в зачётной работе баллов в процентах от 60, а N – общее количество решённых домашних задач (включая задачи со звёздочками) в процентах от общего количества выданных в первом модуле задач без звёздочек. Таким образом, для получения максимальной оценки 10 достаточно решить 75% домашних заданий и 5 задач из зачётной работы.

Итоговая оценка за второй модуль вычисляется по аналогичной формуле

$$\text{Max}(150, E+N)/15$$

где E - общее количество набранных в экзаменационной работе баллов в процентах от 60, а N – общее количество решённых домашних задач (включая задачи со звёздочками) в процентах от общего количества выданных в течение двух модулей задач без звёздочек. Таким образом, для получения максимальной оценки 10 достаточно решить 75% домашних заданий и 5 экзаменационных задач.

В диплом ставится результирующая итоговая оценка по учебной дисциплине.



7 Содержание дисциплины

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы			Самостоятельная работа
			Лекции	Семинары	Практические занятия	
1	Общие представления о структуре Вселенной: современный статус данных о температуре различных компонент, флуктуаций температуры и плотности барионов и темной материи.	11		5		6
2	Уравнение эволюции однородной и изотропной модели Вселенной, проблемы начальной сингулярности. Горячая Вселенная. Малые начальные возмущения плотности вещества.	11		5		6
3	Эволюция спектра первичных возмущений. Затухание мелкомасштабных флуктуаций, выход флуктуаций плотности темной материи из равновесия с излучением.	11		5		6
4	Линейная теория эволюции начальных возмущений во однородной и изотропной модели Вселенной. Растущая мода.	11		5		6
5	Элементы нелинейной теории эволюции флуктуаций плотности. Гало темной материи.	11		5		6
6	Адиабатическая теория формирования барионных структур в потенциале гало темной материи.	11		5		6
7	Инфляционная теория	11		5		6
8	Модель возникновения флуктуаций плотности из квантовых флуктуаций на инфляционном этапе эволюции Вселенной.	13		7		6
Итого:		90		42		48

8 Образовательные технологии

Студентам на дом даются задачи для самостоятельного решения, содержащие как рутинные упражнения для усвоения пройденного теоретического материала, так и исследовательские задачи, позволяющие проверить уровень понимания предмета в целом и требующие изучения дополнительного материала, а также известной исследовательской самостоятельности. Решения записываются и потом индивидуально обсуждаются с преподавателем и его ассистентами. Допускается предварительная присылка решений по электронной почте. По наиболее трудным и глубоким сюжетам заранее назначаются докладчики.



9 Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

9.1 Тематика заданий текущего контроля

Примерные вопросы/задания для домашнего задания или для самостоятельного разбора

1. Вывести уравнения, описывающие динамику малых флуктуаций мной материи.
2. Получить эволюцию во времени спектра флуктуаций не взаимодействующих частиц.
3. Исследовать асимптотическое во времени изменение сферически-симметричного распределения темной материи при медленном росте черной дыры в центре распределения.

9.2 Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

Примерный перечень вопросов к зачету (экзамену) по курсу.

- 1 . Разложить начальные возмущения на растущую и затухающую моду, получить закон роста и закон затухания.
- 2 . На примере скалярного поля с квадратичным потенциалом получить показатель экспоненты роста масштабного фактора.
- 3 . В одномерной модели получить закон роста плотности параболического начального распределения плотности.
- 4 . Для аннигилирующих для которых известно сечение аннигиляции рассчитать их асимптотическую по времени плотность

10 Порядок формирования оценок по дисциплине

Оценка текущего контроля равна процентной доле общего числа решённых в течение семестра задач (включая сюда и задачи со звёздочкой) от общего количества выданных в течение семестра задач без звёздочек. Таким образом, результат текущего контроля может быть выше 100%. Итоговый зачёт представляют собою письменную работу продолжительностью 4 часа, на которой студентам предлагается 8 задач. Для получения 100% результата достаточно правильно решить 6 задач. При решении большего числа задач оценка увеличивается. За полное решение каждой задачи студент получает 10 баллов, окончательный результат экзамена оценивается в процентной доле набранного количества баллов по отношению к 60.

Итоговая оценка по дисциплине ставится по 10-балльной системе и вычисляется по формуле

$$\text{Max}(150, E+N)/15$$

где E - общее количество набранных в зачётной работе баллов в процентах от 60, а N – общее количество решённых домашних задач (включая задачи со звёздочками) в процентах от общего количества выданных в первом модуле задач без звёздочек. Таким образом, для получения максимальной оценки 10 достаточно решить 75% домашних заданий и 5 задач из зачётной работы.

В диплом ставится оценка за итоговая оценка, которая является результирующей оценкой по учебной дисциплине.



11 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

11.1 Базовые учебники

1. Стивен Вайнберг, Космология (перевод) М.: УРСС Книжный дом «ЛИБРОКОМ» 2013
2. Д.С.Горбунов, В.А.Рубаков .Введение в теорию ранней Вселенной: Теория горячего Большого взрыва . 2008г.

11.2 Дополнительные учебники

1. Д.С.Горбунов, В.А.Рубаков . Т.2 Введение в теорию ранней Вселенной: Космологические возмущения. Инфляционная теория 2010г