

Министерство образования и науки РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

ОСНОВЫ ТЕОРИИ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ
сборник учебно-методических материалов
для направления подготовки
03.03.02 - Физика

Благовещенск 2017

*Печатается по решению
редакционно-издательского совета
инженерно-физического факультета
Амурского государственного
университета*

Составитель: И.А. Голубева

Основы теории случайных процессов: сборник учебно-методических материалов для направления подготовки 03.03.02. Физика – Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017.

© Амурский государственный университет, 2017

© Кафедра физики, 2017

© И.А. Голубева, составление

ВВЕДЕНИЕ

Теория случайных процессов выделилась из теории вероятностей сравнительно недавно, поэтому выделить точные границы этой теории достаточно сложно. Однако можно определить основные задачи, рассматриваемые в теории случайных процессов.

Первой задачей теории случайных процессов является построение математической модели, допускающей строгое (или формальное) определение случайного процесса, а также исследование общих свойств этой модели.

Другой задачей является классификация случайных процессов. Очевидно, что любая классификация является произвольной, поэтому нужно исходить из определенных принципов, которые задают направление выбранной классификации. Такая классификация имеет выделенную совокупность случайных процессов некоторых классов, допускающих более или менее конструктивное описание. Каждый класс характеризуется тем свойством, что достаточно дополнить его конечным числом функциональных характеристик, что бы выделить из него отдельный случайный процесс.

В некоторых случаях рассматривают классы процессов, имеющие однообразное решение определенного набора задач.

Следующая задача заключается в отыскании аналитического аппарата, дающего возможность вычислять вероятностные характеристики случайных процессов. Для простейших вероятностных характеристик такой аппарат создан и использует, либо теорию дифференциальных уравнений, а также интегрально-дифференциальные уравнения, или теорию интегральных уравнений с симметрическими ядрами, или преобразования Фурье и теорию функций комплексного переменного.

Следует также выделить задачу, которая заключается в наилучшем определении значения некоторого функционала от процесса по значениям других функционалов от этого же процесса. Например задача о наблюдении процесса в течении определенного промежутка времени, определить значение процесса в некоторый момент времени, не принадлежащий этому промежутку.

Так же важным классом задач случайных процессов является изучение различных преобразований случайных процессов, которые служат для того чтобы более сложные процессы свести к более простым.

Основными областями применения теории случайных процессов в настоящее время являются радио- и электротехника, где применяются главным образом стационарные в широком смысле и гауссовы процессы, кибернетика (в частности теория информации), использующая стационарные в узком смысле и Марковские процессы.

1 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Краткое содержание курса лекций

Тема 1. КИНЕТИКА ПРОСТОГО ГАЗА

Вектора потоков. Динамика парного столкновения. Сечение рассеяния. Частота столкновений и длина свободного пробега. Вывод уравнения Больцмана. Принцип детального равновесия. Свойства интеграла столкновений. H-теорема Больцмана. Минимальное значение H-функции и энтропия. Уравнение Больцмана для смеси газов. Уравнения переноса. Уравнения сохранения.

Тема 2. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ БОЛЬЦМАНА

Локально-равновесное распределение и уравнения Эйлера. Метод Чепмена - Энскога. Нулевое приближение. Первое приближение. Макроскопические потоки и коэффициенты переноса. Система уравнений газодинамики в приближении Навье - Стокса. Коэффициент теплопроводности простого газа. Бинарная газовая смесь. Уравнения Фика. Моментный метод Грэда.

Тема 3. ГРАНИЧНЫЕ ЯВЛЕНИЯ.

Граничные условия к уравнению Больцмана. Коэффициенты аккомодации. Разреженный газ. Макроскопические переменные газа вблизи стенки. Функция распределения вблизи стенки. Граничные условия для моментов. Применение граничных условий для моментов. Свободный молекулярный поток. Граничные условия для уравнения диффузии.

Тема 4. РЕАЛЬНЫЙ ГАЗ

Система одинаковых частиц. Единая кинетическая теория неоднородных газов и газовых смесей. Обоснование кинетической теории. Цепочка ББГКИ. Уравнение Ван – дер - Ваальса. Вириальные коэффициенты.

Тема 5. ДИФФУЗИОННОЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ

Уравнение Ланжевена. Приближение Лоренца. Цепь Маркова. Уравнение Смолуховского. Уравнение Фоккера-Планка. Случайные величины и процессы.

Тема 6. КИНЕТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МЕТАЛЛАХ

Элетро- и теплопроводность в металлах. Закон Видемана – Франца. Кинетическая теория термоэлектрических явлений. Контактная разность потенциалов. Эффект Зеебека. Эффект Пельтье. Эффект Томсона.

Тема 7. КИНЕТИКА ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ

Образование зародышей при конденсации.

1.2 Содержание практических занятий

Основная цель практических занятий заключается в организации студентов на осмысление, углубление и закрепление теоретических знаний, полученных на лекции и при самостоятельной подготовке, в приобретении опыта и необходимых навыков при составлении вероятностного описания различных физических процессов, в решении конкретных статистических задач. Для достижения указанной цели применяются различные формы в организации и проведении занятий. При этом можно выделить следующие основные структурные элементы в организации занятий.

- Проверка теоретических знаний и обсуждение основных вопросов по теме, которая выносится на практическое занятие. Опрос студентов обычно проводится в форме дискуссии с активным привлечением аудитории.
- Решение типовых задач по разбираемой теме занятия у доски. При этом обсуждается смысл задачи, план ее решения и само решение с разбором возникающих вопросов.
- Самостоятельная работа студентов на практических занятиях с последующим анализом полученных решений задач.
- Выдача домашних заданий по теме занятий с дальнейшей проверкой их выполнения
- Проведение контрольных работ для текущего и рубежного контроля знаний.

По согласованию со студентами отдельные занятия по наиболее сложным темам курса могут проводиться в форме коллоквиума.

1. Задача расчета электронной статистической суммы и возможность выражения при не очень высоких температурах электронной статистической суммы основного состояния.

2. Неидеальные газы. Вывод уравнения Ван-дер-Ваальса. Формула Леннарда-Джонса.
3. Расчет конфигурационного интеграла в первом приближении метода Майера, групповые интегралы.
4. Примеры применения распределения Больцмана: статистическая совокупность линейных гармонических осцилляторов, электрическое поле около примесного иона в полупроводнике.
5. Ферми-газ элементарных частиц. Металлы и полупроводники. Вырожденный электронный газ.
6. Бозе-газ элементарных частиц. Черное излучение.
7. Статистика твердого состояния. Теория теплоемкости Дебая.
8. Энергетический спектр. Сверхтекучий ферми-газ. Термодинамические величины.
9. Флуктуации основных термодинамических величин. Броуновское движение. Распределение Гаусса для одного или нескольких величин.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

2.1 Общие рекомендации по организации работы на лекции

Очень важным является умение правильно конспектировать лекционный материал и работать с ним. Ниже приведены *рекомендации студенту по конспектированию лекций и дальнейшей работе с записями*.

1. Конспект лекций должен быть в отдельной тетради. Ее нужно сделать удобной, практичной и полезной, ведь именно она является основным информативным источником при подготовке к практическим (семинарским) занятиям и экзаменам.

2. Конспект должен легко восприниматься зрительно (чтобы максимально использовать «зрительную» память), поэтому он должен быть аккуратным. Выделяйте заголовки, отделите один вопрос от другого, соблюдайте абзацы, подчеркните термины.

3. При прослушивании лекции обращайте внимание на интонацию лектора и вводные слова, которыми он акцентирует наиболее важные моменты.

4. Конспектируйте только самое важное в рассматриваемом параграфе: формулировки определений и законов, выводы основных уравнений и формул, то, что старается выделить лектор, на чем акцентирует внимание студентов. Старайтесь отфильтровывать и сжимать подаваемый материал.

5. Конспектируя лекцию, надо оставлять поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места.

6. После прослушивания лекции необходимо проработать и осмыслить полученный материал. В процессе изучения лекционного материала рекомендуется использовать опорные конспекты, учебники и учебные пособия.

2.2 Общие рекомендации по подготовке к практическим занятиям

Практическое занятие – вид учебных занятий, направленное на приобретение первоначальных практических навыков в решении различного вида задач в рамках изучаемой темы.

При подготовке к практическому занятию студент должен проработать теоретический материал, относящийся к теме занятия. Следует изучить конспект лекции, а также конспект материала самостоятельного изучения темы или дополнительные рекомендованные преподавателем материалы.

Если предполагается представление теоретического материала на практическом (семинарском) занятии и обсуждение данного вопроса, то лучше использовать презентации в программе Power Point.

2.3 Общие рекомендации по организации внеаудиторной самостоятельной работы

В высшей школе студент должен, прежде всего, сформировать потребность в знаниях и научиться приобретать навыки самостоятельной работы, необходимые для непрерывного самосовершенствования, развития профессиональных и интеллектуальных способностей. Самостоятельная работа – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых для него знаний и умений без непосредственного участия преподавателей.

Ниже представлены рекомендации по организации работы по основным видам самостоятельной внеаудиторной деятельности студентов по дисциплине.

2.3.1 Работа с учебно-методическим и информационным обеспечением

Умение работать с литературой означает научиться осмысленно пользоваться учебно-методическим и другим информационным обеспечением дисциплины. Прежде чем приступить к чтению, необходимо запомнить или записать выходные данные издания: автор, название, издательство, год издания, название интересующих глав.

Содержание (оглавление) дает представление о системе изложения ключевых положений всей публикации и помогает найти нужные сведения.

Предисловие или введение книги поможет установить, на кого рассчитана данная публикация, какие задачи ставил перед собой автор, содержится краткая информация о содержании глав работы. Иногда полезно после этого посмотреть послесловие или заключение. Это помогает составить представление о степени достоверности или научности данной книги.

Изучение научной учебной и иной литературы требует ведения рабочих записей. Форма записей может быть весьма разнообразной: простой или развернутый план, тезисы, цитаты, конспект. Такие записи удлиняют процесс проработки, изучения книги, но способствуют ее лучшему осмыслению и усвоению, выработке навыков кратко и точно излагать материал. При изучении литературы особое внимание следует обращать на новые термины и понятия. Записи позволяют восстановить в памяти ранее прочитанное без дополнительного обращения к самой книге.

Процесс изучения дисциплины предполагает также активное использование информационных технологий при организации своей познавательной деятельности.

Наличие огромного количества материалов в Сети делает Интернет незаменимым средством при поиске информации в процессе обучения. Однако при использовании Интернет-ресурсов следует учитывать следующие рекомендации: необходимо критически относиться к информации; следует научиться обрабатывать большие объемы информации, представленные в источниках, уметь видеть сильные и слабые стороны, выделять из представленного материала наиболее существенную часть; необходимо избегать плагиата, поэтому, если текст источника остается без изменения, необходимо сделать ссылки на автора работы.

2.3.2 Самостоятельное изучение и конспектирование отдельных тем

Для подготовки конспекта рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу.

При написании конспекта придерживайтесь следующих рекомендаций.

1. Прежде чем приступить к чтению, необходимо записать выходные данные издания: автор, название, издательство, год издания.
2. Внимательно прочитайте текст.
3. Уточните в справочной литературе непонятные слова. При записи не забудьте вынести справочные данные на поля конспекта.
4. Выделите главное, составьте план.

5. Кратко сформулируйте основные положения текста, отметьте аргументацию автора.

6. Законспектируйте материал, четко следуя пунктам плана.

При конспектировании старайтесь выразить мысль своими словами. Записи следует вести четко, ясно. Грамотно записывайте цитаты, учитывайте лаконичность, значимость мысли. В тексте конспекта желательно приводить не только тезисные положения, но и их доказательства. При оформлении конспекта необходимо стремиться к емкости каждого предложения.

2.3.3 Подготовка к текущему и промежуточному контролю

Подготовка к коллоквиуму. Коллоквиум – одна из форм контроля полученных теоретических знаний. Коллоквиум это вид занятия, на котором обсуждаются отдельные части, разделы, темы, вопросы изучаемого курса.

При подготовке к коллоквиуму следует, прежде всего, просмотреть конспект лекций и отметить в нем имеющиеся вопросы коллоквиума. Если какие-то вопросы вынесены преподавателем на самостоятельное изучение, следует обратиться к учебной литературе, рекомендованной преподавателем.

Для лучшего усвоения основных физических законов рекомендуется прописывать формулировки и их математические интерпретации (формулы) несколько раз на отдельном листе, а затем воспроизводить в контексте ответа на вопрос.

Для самопроверки рекомендуется провести следующий опыт: при закрытой тетради и т.п., положив перед собой список вопросов для подготовки к коллоквиуму, попытаться ответить на любые вопросы из этого списка.

Подготовка к промежуточной аттестации. Формами промежуточной аттестации (контроля) являются экзамен или зачет. Экзамен (зачет) может проводиться в виде письменного опроса с последующим собеседованием или с применением тестирования.

Основная цель подготовки к экзамену (зачету) – достичь понимания законов и явлений, а не только механически заучить материал. Рекомендации по подготовке к экзаменационному (зачетному) тесту представлены выше.

Подготовка к устной сдаче экзамена (зачета) включает в себя несколько основных этапов:

- просмотр программы учебного курса;
- определение необходимых для подготовки источников (учебников, дополнительной литературы и т.д.) и их изучение;
- использование конспектов лекций, материалов практических занятий;
- консультирование у преподавателя.

Для успешной сдачи экзамена (зачета) рекомендуется соблюдать несколько правил.

1. Подготовка к экзамену (зачету) начинается с первого занятия по дисциплине, на котором аспиранты получают общую установку преподавателя и перечень основных требований к текущей и промежуточной аттестации. При этом важно с самого начала планомерно осваивать материал, руководствуясь, прежде всего перечнем вопросов к экзамену, конспектировать важные для решения учебных задач источники.

2. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до экзамена (зачета). В течение этого времени нужно успеть повторить и систематизировать изученный материал.

3. За несколько дней перед экзаменом (зачетом) распределите вопросы равномерно на все дни подготовки, возможно, выделив последний день на краткий повтор всего курса.

4. Каждый вопрос следует проработать по конспекту лекций, по учебнику или учебному пособию. В процессе подготовки к экзамену (зачету) при изучении того или иного физического закона, кроме формулировки и математической записи закона, следует обратить внимание на опыты, которые обнаруживают этот закон и подтверждают его справедливость, границы и условия его применимости.

Для лучшего запоминания материала целесообразно работать с карандашом в руках, записывая выводимые формулы, изображая рисунки, схемы и диаграммы в отдельной тетради или на листах бумаги.

5. После повтора каждого вопроса нужно, закрыв конспект и учебники, самостоятельно вывести формулы, воспроизвести иллюстративный материал с последующей самопроверкой.

6. Все трудные и не полностью понятые вопросы следует выписывать на отдельный лист бумаги, с последующим уточнением ответов на них у преподавателя на консультации.

7. При ответе на вопросы билета студент должен продемонстрировать знание теоретического материала и умение применить при анализе качественных и количественных задач. Изложение материала должно быть четким, кратким и аргументированным.

2.3.4 Подготовка к другим видам работ

Подготовка реферата. Цель реферата – раскрыть предложенную тему путем приведения каких-либо аргументов. Реферат не может содержать много идей. Он отражает только один вариант размышлений и развивает его. При написании реферата старайтесь четко отвечать на поставленный вопрос и не отклоняйтесь от темы.

Написание реферата предполагает изложение самостоятельных рассуждений по теме, выбранной студентом и связанной с тематикой курса.

Прежде чем приступить к написанию реферата, проанализируйте имеющуюся у вас информацию, а затем составьте тезисный план. Рекомендуется придерживаться следующей структуры реферата: введение, основная часть (развитие темы), заключение, библиографический список.

Введение должно включать краткое изложение вашего понимания и подход к теме реферата.

Основная часть предполагает развитие структурированной аргументации и анализа по теме, а также их логическое обоснование исходя из имеющихся данных, других аргументов и позиций по этому вопросу. Следует избегать повторов.

Необходимо писать коротко, четко и ясно, придерживаясь следующих требований:

- структурно выделять разделы и подразделы работы;
- логично излагать материал;
- обосновывать выводы;
- приветствуется оригинальность выводов;
- отсутствие лишнего материала, не имеющего отношение к работе;
- способность построить и доказать вашу позицию по определенным проблемам на основе приобретенных вами знаний;
- аргументированное раскрытие темы на основе собранного материала.

Заключение. В этом разделе должна содержаться информация о том, насколько удалось достичь поставленной цели. Эта часть реферата может представлять собой основные выводы по каждому разделу основной части реферата, в ней отмечается значимость выполненной работы, предложения по возможному практическому использованию результатов работы и целесообразность ее продолжения.

Библиографический список должен содержать только те источники информации, которые имеют прямое отношение к работе и использованы в ней. Библиографический список должен быть составлен в соответствии со стандартом организации по оформлению учебных работ (СТО СМК) АмГУ.

Подготовка презентации и доклада. Доклад – сообщение по выбранной теме. Любое устное выступление должно удовлетворять *трем основным критериям*, которые в конечном итоге и приводят к успеху:

это критерий правильности, т.е. соответствия языковым нормам;

критерий смысловой адекватности, т.е. соответствия содержания выступления реальности;

критерий эффективности, т.е. соответствия достигнутых результатов поставленной цели.

Докладчик должен знать и уметь: сообщать новую информацию, использовать технические средства, хорошо ориентироваться в теме, отвечать на заданные вопросы, четко выполнять установленный регламент.

Работа по подготовке устного выступления начинается с формулировки темы. Само выступление должно состоять из трех частей – вступления (10-15% общего времени), основной части (60-70%) и заключения (20-25%).

Вступление включает в себя представление авторов, название доклада, цель, задачи, актуальность темы, четкое определение стержневой идеи.

Основная часть. Раскрывается суть затронутой темы – строится по принципу отчета. Задача основной части – представить достаточно материала для раскрытия темы. План развития основной части должен быть ясным. Должно быть отобрано оптимальное количество фактов и необходимых примеров. Логическая структура строится с помощью наглядных пособий, визуальных материалов (презентаций).

Заключение – ясное, четкое обобщение и краткие выводы.

Презентация как документ представляет собой последовательность сменяющих друг друга слайдов. Для подготовки презентации рекомендуется использовать: PowerPoint, MSWord, AcrobatReader, LaTeX-овский пакет beamer. Компьютерную презентацию, сопровождающую выступление докладчика, удобнее всего подготовить в программе MS PowerPoint.

Для подготовки презентации необходимо собрать и обработать начальную информацию. Рекомендуется придерживаться следующей последовательности подготовки презентации.

1. Четко сформулировать цель, задачи и актуальность выбранной темы.
2. Определить формат презентации.
3. Отобрать всю содержательную часть для презентации и выстроить логическую цепочку подачи информации. Обязательная информация для презентации: тема, фамилия и инициалы выступающего (на первом слайде), краткие выводы по теме доклада (на завершающем слайде).
4. Определить ключевые моменты и содержание текста и выделить их.
5. Определить виды визуализации (иллюстрации, таблицы, графики, диаграммы и т.д.) для отображения их на слайдах в соответствии с логикой, целью и спецификой информации.

6. Подобрать дизайн и форматировать слайды (количество картинок и текста, их расположение, цвет и размер). Особо тщательно необходимо отнестись к оформлению презентации, она должна содержать минимум текста, максимум изображений, несущих смысловую нагрузку, выглядеть наглядно и просто. Для всех слайдов презентации по возможности необходимо использовать один и тот же шаблон оформления, кегль – для заголовков - не меньше 24, для информации - для информации не менее 18. Яркие краски, сложные цветные построения, излишняя анимация, выпрыгивающий текст или иллюстрация — не самое лучшее дополнение к научному докладу. Таблицы и диаграммы размещаются на светлом или белом фоне. Также нежелательны звуковые эффекты в ходе демонстрации презентации. Для лучшей ориентации в презентации по ходу выступления лучше пронумеровать слайды. Рекомендуемое общее число слайдов в презентации от 17 до 22.

7. Проверить визуальное восприятие презентации.

8. После подготовки презентации необходима репетиция выступления для согласования текста доклада и предоставляемой в презентации визуальной информации.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Содержание дисциплины	5
1.1 Краткое содержание курса лекций	5
1.2 Содержание практических занятий	6
2. Организация занятий по дисциплине	8
2.1 Общие рекомендации по организации работы на лекции	8
2.2 Общие рекомендации по подготовке к практическим занятиям	9
2.3 Общие рекомендации по организации внеаудиторной самостоятельной работы	9
2.3.1 Работа с учебно-методическим и информационным обеспечением	9
2.3.2 Самостоятельное изучение и конспектирование отдельных тем	10
2.3.3 Подготовка к текущему и промежуточному контролю	11
2.3.4 Подготовка к другим видам работ	13

Ирина Анатольевна Голубева,

доцент кафедры физики АмГУ, канд. физ.-мат. наук