

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Физический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физическая кинетика

Кафедра Общей и теоретической физики, физического факультета

Образовательная программа

03.03.02 Физика

Профили подготовки

фундаментальная физика, медицинская физика

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Форма обучения

очная

Статус дисциплины: обязательная часть

Махачкала 2021

Рабочая программа дисциплины «Физическая кинетика» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 - «Физика» от «8» августа 2020г. № 891.

Разработчик: *кафедра общей и теоретической физики*
Алисултанов З.З., д.ф.-м.н.

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры общей и теоретической физики от «3» марта 2021 г.,
протокол №6

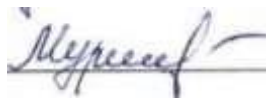
Зав. кафедрой



Муртазаев А.К.

На заседании Методической комиссии Физического факультета от «30» июня
2021г., протокол №10.

Председатель



Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно- методическим
управлением «09» июля 2021г.

Начальник УМУ



Гасангаджиева А.Г

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Физическая кинетика» входит в обязательную часть образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 - «Физика».

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой общей и теоретической физики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теорией процессов в статистически неравновесных системах. Рассматриваются кинетические свойства газов и твердых тел. Достаточное внимание уделено изучению плазменного состояния вещества.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: ОПК-1, ПК-3, ПК-7, ПК-10.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельную работу.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме контрольной работы и коллоквиума и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Семе стр	Учебные занятия								Форма промежуточн ой аттестации (зачет, дифференцир ованный зачет, экзамен
	в том числе								
	Всего	Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе экзамен	
		Всего	из них						
			Лекции	Лабораторн ые занятия	Практичес кие занятия	КСР	консульта ции		
8	72	36	26	-	26	-	-	20	Экзамен

1. Цели освоения дисциплины

Физическая кинетика - это один из разделов теоретической физики, который является основным в общей системе современной подготовки физиков – профессионалов. Задачей дисциплины является создание фундаментальной базы знаний, на основе которой в дальнейшем можно развивать более углубленное и целеустремленное изучение разделов физики в рамках теоретической физики – специализированных дисциплин.

Первая - эта мировоззренческая и методологическая направленность курса. Необходимо формировать у студентов единую, стройную, логически непротиворечивую физическую картину окружающего нас мира природы. Для этого необходимо обобщить экспериментальные данные и на их основе произвести построение моделей наблюдаемых явлений со строгим обоснованием приближений и рамок, в которых эти модели действуют. Во вторых, в рамках единого подхода классической физики необходимо рассматривать все основные явления и процессы происходящие в природе, установить связь между ними, вывести основные законы и получить их выражения в виде математических уравнений, в третьих, необходимо научить студентов самостоятельно применять полученные теоретические знания для решения конкретных задач с последующим анализом и оценкой полученных результатов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина входит в обязательную часть образовательной программы бакалавриата по направлению 03.03.02 - «Физика». Является основолагающей вместе с такими дисциплинами как: статистическая физика, термодинамика, математический анализ, аналитическая геометрия, дифференциальное и интегральное исчисление, уравнения математической физики, механика, электричество и магнетизм, оптика, теоретическая механика, высшая математика, квантовая механика.

Курс посвящен проблемам процессов в статистически неравновесных системах. Освоение дисциплины «Физическая кинетика» необходимо для специалистов в области изучения плазмы, а также при решении прикладных задач математической физики.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	Знает: - основные понятия, идеи, методы, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач физики; - новые методологические подходы к решению задач в области профессиональной деятельности. Умеет: - реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности. Владеет: - навыками реализовать и совершенствовать новые методы, идеи, подходы и алгоритмы решения теоретических и прикладных задач в области профессиональной деятельности.
ПК-3	Способен осваивать и использовать базовые научно-теоретические знания и практические умения по предмету в профессиональной деятельности	Знает: содержание, сущность, закономерности, принципы и особенности изучаемых явлений и процессов, базовые теории в предметной области; закономерности, определяющие место предмета в общей картине мира; программы и учебники по преподаваемому предмету; основы общетеоретических дисциплин в объеме, необходимом для решения педагогических, научно-методических и организационно-управленческих задач (педагогика, методика преподавания предмета.) Умеет: анализировать базовые предметные научно-теоретические представления о сущности, закономерностях, принципах и особенностях изучаемых явлений и процессов. Владеет: навыками понимания и системного анализа базовых научно-теоретических представлений для решения профессиональных задач

ПК-7	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области физики смежных с физикой науках	Знает: теоретические и экспериментальные основы современных методов исследований изучаемых процессов и явлений. Умеет: самостоятельно ставить задачу и решать ее; использовать достижения современных информационно-коммуникационных технологий для выполнения экспериментальных и теоретических исследований; анализировать и интерпретировать результаты эксперимента на основе современных теоретических моделей; правильно организовать и планировать эксперимент; правильно применять различные теоретические модели для анализа результатов эксперимента. Владеет: основами современных методов экспериментальных исследований в данной области науки; основами теоретических разработок в своей области исследований
ПК-10	Владеет методами теоретической физики в применении к профессиональным задачам.	Знает: основные физические явления и основные принципы квантовой теории, границы их применения и применение принципов в важнейших практических приложениях; основные физические величины и константы теоретической физики, их определения, смысл, способы и единицы измерения; фундаментальные физические эксперименты в области исследования частиц и волн, и их роль в развитии науки. Умеет: объяснить основные наблюдаемые природные и техногенные явления, эффекты и точки зрения фундаментальных физических взаимодействий; указать какие законы описывают то или иное явление (эффект); интерпретировать смысл физических величин и понятий; использовать методы адекватного физического и математического моделирования и методы теоретического анализа к решению конкретных проблем. Владеет: навыками использования основных физических законов и принципов в практических приложениях; навыками применения основных методов теоретического анализа для решения естественнонаучных задач; анализом полученных экспериментальных результатов в исследовании процессов, происходящих в микромире, адекватное соответствие результатов той или иной теоретической модели

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы - 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
	Модуль 1. Основные положения и кинетическая теория газов.								
1.	Теория случайных процессов и уравнение Смолуховского.	8		2	2	-	-	2	опрос
2.	Общая структура кинетического уравнения для одночастичной функции распределения.			4	4	-	-	2	опрос
3.	Кинетическое уравнение Больцмана. Н - теорема.			2	2	-	-	2	опрос
4.	Приближенные решения кинетического уравнения.			2	2	-	-	4	опрос
5.	Динамический вывод кинетического уравнения.			2	2	-	-	2	опрос
Итого по модулю 1				12	12	-	-	12	коллоквиум
	Модуль 2. Диффузионное приближение и бесстолкновительная плазма.								
1.	Диффузионное приближение и уравнение Фоккезе - Планка.	8		2	2	-	-	2	опрос
2.	Диффузия легкого газа в тяжелом и диффузия тяжелого в легком.			2	4	-	-	2	опрос
3.	Самосогласованное поле. Уравнение Власова.			4	2	-	-	2	опрос
4.	Диэлектрическая проницаемость бесстолкновительной плазмы.			4	2	-	-	2	опрос
5.	Столкновения в плазме.			2	4	-	-		опрос
Итого по модулю 2				14	14	-	-	8	зачет
ИТОГО				18	18	-	-	20	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине.

Модуль 1. Основные положения и кинетическая теория газов.

Теория случайных процессов. Броуновское движение. Уравнение Смолуковского. Общая структура кинетического уравнения для одночастичной функции распределения. Принцип детального равновесия. Кинетическое уравнение и Н – теорема Больцмана. Приближенное решение кинетического уравнения. Цепочка уравнений Боголюбова. Динамический ввод кинетического уравнения.

Модуль 2. Условия равновесия систем и фазовые переходы.

Диффузионное приближение и уравнение Фоккера - Планка. Диффузия легкого газа в тяжелом. Диффузия тяжелого газа в легком. Приближение самосогласованного поля уравнение Власова. Плазменные колебания и затухания Ландау. Диэлектрическая проницаемость бесстолкновительной плазмы. Столкновения в плазме, интегралы столкновений. Локальное распределение Максвелла. Уравнение кинетического баланса.

4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.

№ п/п	Наименование темы	Задачи	
		Аудиторные занятия	Внеаудиторные занятия
1	Теория случайных процессов.	[4] 16.3, 16.5	[5], 11.2
2	Уравнение Фоккера-Планка.	[5] 11.4, 11.5	[5] 11.6
3	Характер движения броуновской частицы.	[5] 11.18, 11.1	[5] 11.18, 11.20
4	Кинетическое уравнение Больцмана.	[5] 12.1, 12.2	[5] 12.3, 12.4
5	Общая структура кинетического уравнения.	[3] чл.v параг 2	[3] чл. v задача 27
6	Кинетическое уравнение Больцмана.	[5] 12.5, 12.6	[5] 12.7
7	Кинетическое уравнение Власова.	[5] 12.9, 12.10	[5] 12.11, 12.12
8	Кинетическое уравнение Власова.	[5] 12.13, 12.14	[4] 16.9

5. Образовательные технологии

В течение семестра студенты посещают лекции, решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару. В семестре проводятся контрольные работы (на семинарах). Зачет выставляется после решения всех задач контрольных работ, выполнения домашних и самостоятельных работ.

При проведении занятий используются компьютерные классы, оснащенные современной компьютерной техникой. При изложении теоретического материала используется лекционный зал, оснащенный мультимедиа проекционным оборудованием и интерактивной доской.

Обучающие и контролирующие модули внедрены в учебный процесс и размещены на Образовательном сервере Даггосуниверситета (<http://edu.icc.dgu.ru>), к которым студенты имеют свободный доступ.

Для подготовки к занятиям также подготовлен электронный курс лекций, который в скором времени разместят на сайте ДГУ. Данный электронный курс лекция будет способствовать подготовке к сдаче зачета.

В рамках учебного процесса предусмотрено приглашение для чтения лекций ведущих ученых из центральных вузов и академических институтов России.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- решение некоторых задач с применением компьютера.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Основные представления физической кинетики. Случайные процессы.	Случайные процессы и их характеристика. Вычисление вероятностей ω и P . Броуновское движение как пример случайных процессов. Функция распределения и принцип детального равновесия. Уметь вывести уравнение Смолуховского. Рассмотреть характер броуновской частицы и вывести уравнение для функции распределения $\rho(t_0, x_0, z, x)$ в одномерном случае.
Структура кинетического уравнения для одночастичной функции	Рассмотреть вопросы, связанные с выводом кинетического уравнения для одночастичной функции распределения. Умение использовать данные уравнения для решения конкретных задач.

Кинетическое уравнение Больцмана.	Используя уравнение Лиувилля, получить кинетическое уравнение Больцмана и обосновать то, что в правой части уравнения должен быть, так называемый, интеграл столкновений. Получить выражение для интеграла столкновений и знать какой физический смысл имеет он. Рассмотреть возможности применения уравнения Больцмана. Основные положения вывода кинетического уравнения Больцмана. Представления об интеграле столкновений. Понять смысл H – теоремы. Отметить, что уравнение (кинетическое) Больцмана, даже при простых предположениях о характере взаимодействия между частицами, не может быть решено точно аналитически. Рассмотреть идею одного из приближенных методов решения кинетического уравнения Чапмена (1916г.).
Диффузионное приближение.	Рассмотреть вопросы диффузии легкого газа в твердом и наоборот. Анализировать уравнение Фоккера – Планка. Уметь вывести уравнение Фоккера-Планка из уравнения Смолуховского для трехмерного случая.
Самосогласованное поле и уравнение Власова.	Понять смысл самосогласованного поля и почему нужно им пользоваться. Что означает самосогласованное поле. Уметь записывать уравнение Власова для электронов и ионов. Получить уравнение Власова. Рассмотреть проблему собственных частот в линеаризованном уравнении Власова. Построение S-частичной функции распределения. Обоснование того, что зная S-частичную функцию распределения (где $S = 1, 2, 3, \dots$) мы можем получить и N-частичную. Для системы одинаковых частиц важность наличия такой цепочки уравнений.
Затухания в бесстолкновительной плазме.	Знать о том, что и в бесстолкновительной плазме могут быть затухания. Уметь получать выражение для диэлектрической проницаемости плазмы.

Столкновения в плазме.	Интеграл столкновения Ландау. Флуктуации в плазме. Рассмотреть диэлектрическую проницаемость плазмы и показать возникновение диссипации энергии уже бесстолкновительной плазме. Затухание Ландау в магнитном поле.
------------------------	--

Результаты самостоятельной работы учитываются при аттестации бакалавра (зачет). При этом проводятся: тестирование, опрос на практических занятиях, заслушиваются доклады, проверка контрольных работ и т.д.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Типовые контрольные задания.

7.1.1. Перечень примерных контрольных вопросов и заданий для самостоятельной работы.

1. Что изучает предмет «физическая кинетика».
2. Каков характер броуновского движения?
3. Вид уравнения движения броуновской частицы.
4. Как записывается решение уравнения движения броуновской частицы?
5. Получить выражение для дисперсии смещения броуновской частицы.
6. Получить уравнение Смолуховского.
7. Что означает «диффузионное приближение».
8. Является ли уравнение Фоккера - Планка кинетическим уравнением и какой у него вид?
9. Что означает вероятности ω и $\bar{P}$ для случайных процессов?
10. Как надо понимать случайный Марковский стационарный процесс.
11. Что такое корреляционная функция?
12. Для чего нужны кинетические уравнения?
13. Как можно определить эволюцию микроскопического состояния?
14. Какой вид имеет кинетическое уравнение с релаксационным членом вместо интеграла столкновения?
15. Что из себя представляет релаксационный член и зачем он нужен в кинетической теории?
16. Для чего введены частичные функции распределения?
17. Какова связь между одностичной и двучастичной функциями распределения в теории Боголюбова?

18. Каков вид цепочки уравнений Боголюбова для неравновесных функций распределения?
19. В чем заключается смысл: «самосогласованное поле».
20. Получить уравнение Власова для одной из компонент плазмы.
21. Что значит линеаризовать уравнение Власова?
22. В чем заключается проблема собственных частот в плазме?
23. Что такое бесстолкновительная плазма и почему там возникает затухание Ландау?
24. В чем заключается принцип детального равновесия?
25. Какой вид имеет интеграл столкновения?
26. Какие основные соображения приводят к уравнению Больцмана?
27. Получить кинетическое уравнение Больцмана.
28. Линеаризованное уравнение Больцмана и его вид.
29. Какие допущения нужно сделать при рассмотрении кинетике легкого газа в среде из тяжелых частиц?
30. Какие явления переноса можно рассмотреть в электронном газе?
31. Какова Лоренцова форма интеграла столкновений?
32. В чем выражается H –теорема Больцмана?
33. Для чего введено кинетическое уравнение Паули и какое оно имеет вид?
34. К каким задачам можно применить кинетическое уравнение Больцмана.
35. Можно ли точно решить кинетическое уравнение Больцмана и если нет, почему?
36. Каким образом решается приближенное уравнение Больцмана?

7.1.2. Перечень вопросов к зачету.

1. Предмет физической кинетики и его роль в системе общеобразовательных профессиональных дисциплин.
2. Характер движения броуновской частицы
3. Определение дисперсии смещения.
4. матрица плотности.
5. Классическое и квантовое уравнения Лиувилля.
6. Уравнения Смолуховского.
7. Диффузионное приближение и уравнение Фоккера - Планка
8. Определение вероятностей ω и p для случайных процессов.
9. Стационарный Марковский случайный процесс
10. Уравнения Боголюбова для неравновесной функции распределения.
11. Иерархия масштабов времени и принцип сокращенного описания в теории Боголюбова.
12. Управляющие уравнения.

13. Линеаризованное уравнение Власова.
14. Общая структура кинетического уравнения.
15. Кинетическое уравнение с релаксационным членом вместо интеграла столкновений.
16. Принцип детального равновесия.
17. Интеграл столкновений и его выражение.
18. Кинетическое уравнение Больцмана.
19. H- теорема Больцмана.
20. Лоренцева форма интеграла столкновений.
21. Кинетическое уравнение для легкой компоненты в тяжелом.
22. Плазменное состояние вещества. Уравнение Власова.
23. Понятие о самосогласованном поле.
24. Диэлектрическая проницаемость плазмы.
25. Плазменные колебания и затухание Ландау.
26. Кинетическое уравнение для слабо неоднородной системы.
27. Кинетическое уравнение Паули.
28. Приближенные решение кинетического уравнения.

7.1.3. Примерные контрольные тесты для текущего и итогового контроля подготовленности студентов по курсу.

1. Уравнение движения броуновской частицы имеет вид:

$$P' + \Gamma P = F(t); \quad P(0) = P_0$$

найти решение этого уравнения

- 1) $P = P_0 e^{-\Gamma t},$ 2) $P = P_0 \int_0^t e^{-\Gamma(t-t_1)} dt,$ 3) $P = P_0 e^{-\Gamma t} \int_0^t e^{-\Gamma(t-t_1)} dt,$
- 4) $P = P_0 e^{-\Gamma t} \int_0^t e^{-\Gamma(t-t_1)} F(t_1) dt_1,$ 5) $P = P_0 e^{-\Gamma t} F(t_1).$

2. Дисперсия смещения $(x - \bar{x})^2$ броуновской частицы определяется выражением:

- 1) $\int_0^t dt_1 \int_0^t dt_2 \frac{1 - e^{-\Gamma t_1}}{\Gamma} \frac{1 - e^{-\Gamma t_2}}{\Gamma} \frac{1}{m^2} \varphi(t_1 - t_2),$ 2) $\int_0^t dt_1 \int_0^t dt_2 \frac{1 - e^{-\Gamma t_1}}{\Gamma},$
- 3) $\int_0^t dt_2 \int_0^t dt_1 \frac{1 - e^{-\Gamma t_1}}{\Gamma} \frac{1}{m^2} \varphi(t_1 - t_2),$ 4) $\int_0^t dt_1 \int_0^t dt_2 \frac{1 - e^{-\Gamma t}}{\Gamma^2} \frac{1}{m^2} \varphi(t_1 - t_2),$
- 5) $\int_0^t dt_1 \int_0^t dt_2 \frac{1 - e^{-\Gamma t_1}}{\Gamma^2} \varphi(t_2 - t_1) \frac{1}{m^2}.$

3. Уравнение Смолуховского имеет вид:

$$1) \rho(t_0, x_0 / t, x) = \int \rho(t_0, x_0 / t, x') dx' \rho(t, x' / t + \Delta t, x) dx$$

$$2) \rho(t_0, x_0 / t + \Delta t, x) = \int \rho(t_0, x_0 / t, x') dx' \rho(t, x' / t + \Delta t, x) dx$$

$$3) \rho(t_0, x_0 / t + \Delta t, x) = \int \rho(t_0, x_0 / t, x) dx' \rho(t, x' / t, x) dx$$

$$4) \rho(t, x) = \int \rho(t_0, x / t_0, x') dx'$$

$$5) \rho(t, x / t + \Delta t, x') = \int \rho(t_0, x_0 / t, x) \rho(t, x' / t + \Delta t, x) dx' dx$$

4. Физическая кинетика-это:

1) макроскопическая теория процессов, происходящих в неравновесных средах.

2) микроскопическая теория процессов, происходящих в неравновесных средах.

3) микроскопическая теория процессов, происходящих в равновесных средах.

4) теория, рассматривающая динамику свойств системы

5) теория, которая рассматривает молекулярное строение вещества.

5. Классическое уравнение Лиувилля имеет вид:

$$1) \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0, \quad 2) \frac{\partial \rho}{\partial t} + \{H, \rho(t)\} = 0, \quad 3) \frac{d\rho}{dt} + \{H, \rho(t)\} = 0,$$

$$4) \frac{d\rho}{dt} - \{\rho(t), H\} = 0, \quad 5) \frac{\partial \rho}{\partial t} - \{H, \rho(t)\} = 0.$$

6. Квантовое уравнение Лиувилля записывается в виде:

1)

7. Матрица плотности определяет:

1) состояние системы, 2) описывает состояние смешанной системы,

3) состояние чистого ансамбля, 4) квантово-механическое описание системы, основанное на полном наборе данных о ней,

5) квантово-механическое описание системы, основанное на неполном наборе данных о системе,

8. Гамильтониан системы с парным взаимодействием между частицами имеет вид:

$$1) H = \sum_i p$$

9. Кинетическое уравнение для одночастичной функции распределения $F(t, \vec{r}, \vec{P})$ есть

$$1) \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\vec{P}}{m} \frac{\partial F}{\partial \vec{r}} = 0, \quad 2) \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\partial U}{\partial \vec{r}} \frac{\partial F}{\partial \vec{P}} = \left(\frac{\partial F}{\partial t} \right)_{cm}, \quad 3) \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\vec{P}}{m} \frac{\partial F}{\partial \vec{r}} + \frac{\partial U}{\partial \vec{r}} \frac{\partial F}{\partial \vec{P}} = \left(\frac{\partial F}{\partial t} \right)_{cm},$$

$$4) \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\vec{P}}{m} \frac{\partial F}{\partial \vec{r}} - \frac{\partial U}{\partial \vec{r}} \frac{\partial F}{\partial \vec{P}} = \left(\frac{\partial F}{\partial t} \right)_{cm}, \quad 5) \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\vec{P}}{m} \frac{\partial F}{\partial \vec{r}} - \frac{\partial U}{\partial \vec{r}} \frac{\partial F}{\partial \vec{P}} = 0.$$

10. Кинетическое уравнение с релаксационным членом вместо интеграла столкновения имеет вид:

$$1) \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\vec{P}}{m} \Delta F = \frac{F - F_0}{\tau}, \quad 2) \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\vec{P}}{m} \Delta F - \frac{\partial U}{\partial \vec{r}} \frac{\partial F}{\partial \vec{P}} = \frac{F - F_0}{\tau},$$

$$3) \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\vec{P}}{m} \Delta F = -\frac{F - F_0}{\tau}, \quad 4) \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\vec{P}}{m} \Delta F - \frac{\partial U}{\partial \vec{r}} \frac{\partial F}{\partial \vec{P}} = -\frac{F - F_0}{\tau},$$

$$5) \frac{\partial F}{\partial t} = \frac{\vec{P}}{m} \frac{\partial F}{\partial \vec{r}} + \frac{\partial U}{\partial \vec{r}} \frac{\partial F}{\partial \vec{P}} + \frac{F - F_0}{\tau}.$$

11. Цепочка уравнений Боголюбова записывается в виде:

$$1) \frac{\partial \rho_s}{\partial t} + \hat{L}_s \rho_s = \int dx_{s+1} \theta_{j,s} \rho_{s+1}, \quad 2) \frac{\partial \rho_s}{\partial t} + i \hat{L}_s \rho_s = \int dx_1 \dots dx_s \theta_{j,s} \rho_{s+1},$$

$$3) \frac{\partial \rho_s}{\partial t} + i \hat{L}_s \rho_s = \int \sum_{j=1}^N \theta_{j,s+1} F_{s+1} dx_{s+1}, \quad 4) \frac{\partial \rho_s}{\partial t} = \int \sum_{j=1}^s \theta_{j,s+1} F_{s+1} dx_{s+1},$$

$$5) \frac{\partial \rho_s}{\partial t} + i \hat{L}_s \rho_s = \int \sum_{j=1}^s \theta_{j,s+1} F_{s+1} dx_{s+1}.$$

12. Показать, что если $\frac{\partial F_1}{\partial t} + \frac{\vec{P}_1}{m} \frac{\partial F_1}{\partial \vec{r}_1} = n \int dx_2 \theta_{12} F_2(x_1, x_2, t)$, то $\frac{\partial F_2}{\partial t}$ равняется:

$$1) \left(\frac{\vec{P}_1}{m} \frac{\partial}{\partial \vec{r}_1} - \frac{\vec{P}_2}{m} \frac{\partial}{\partial \vec{r}_2} - \theta_{12} \right) F_2 + n \int dx_3 (\theta_{12} + \theta_{13}) F_3(x_1, x_2, x_3; t).$$

$$2) - \left(\frac{\vec{P}_1}{m} \frac{\partial}{\partial \vec{r}_1} - \frac{\vec{P}_2}{m} \frac{\partial}{\partial \vec{r}_2} \right) F_2 + n \int dx_3 (\theta_{13} + \theta_{23}) F_3,$$

$$3) - \left(\frac{\vec{P}_1}{m} \frac{\partial}{\partial \vec{r}_1} - \frac{\vec{P}_2}{m} \frac{\partial}{\partial \vec{r}_2} \right) F_2 - n \int dx_3 (\theta_{13} + \theta_{23}) F_3,$$

$$4) - \left(\frac{\vec{P}_1}{m} \frac{\partial}{\partial \vec{r}_1} - \frac{\vec{P}_2}{m} \frac{\partial}{\partial \vec{r}_2} \right) F_2 + \theta_{12} F_2 - n \int dx_3 (\theta_{13} + \theta_{23}) F_3,$$

$$5) \left(\frac{\vec{P}_1}{m} \frac{\partial}{\partial \vec{r}_1} + \frac{\vec{P}_2}{m} \frac{\partial}{\partial \vec{r}_2} + \theta_{12} \right) F_2 + n \int dx_3 (\theta_{13} + \theta_{23}) F_3.$$

13. Кинетическое уравнение Власова записывается в виде:

$$1) \frac{\partial \rho}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial P_\alpha} \left\{ \tilde{A}_\alpha \rho + \frac{\partial}{\partial P_\beta} (\beta_{\alpha\beta} \rho) \right\}, \quad 2) \frac{\partial \rho}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial P_\beta} \left\{ \tilde{A}_\beta \rho + \frac{\partial}{\partial P_\alpha} (\beta_{\alpha\beta} \rho) \right\},$$

$$3) \frac{\partial \rho}{\partial t} = A \rho, \quad 4) \frac{\partial \rho}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial P_\alpha} (\tilde{A}_\alpha \rho), \quad 5) \frac{\partial}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial P_\alpha} \left(\frac{\partial}{\partial P_\beta} (\beta_{\alpha\beta} \rho) \right).$$

14. Для одноатомного газа $d\Gamma$ может быть представлено как:

$$1) 2\pi d^3 P M dM, \quad 2) 2\pi dP M^2 dM d\theta_M, \quad 3) 2\pi d^3 P M dM d\theta_M, \quad 4) 4\pi d^3 P M dM d\theta_M,$$

5) $2\pi^2 d^3 PM dM d\theta_M$, где $d\theta_M$ -элемент телесных углов для направления вектора $\vec{M}$.

15. Принцип детального равновесия показывает, что:

- 1) $\int \omega(\Gamma', \Gamma'_1, \Gamma, \Gamma_1) d\Gamma' d\Gamma'_1 = \int \omega(\Gamma, \Gamma_1, \Gamma', \Gamma'_1) d\Gamma d\Gamma_1$
- 2) $\int \omega(\Gamma, \Gamma_1, \Gamma', \Gamma'_1) d\Gamma' d\Gamma'_1 = \int \omega(\Gamma', \Gamma'_1, \Gamma, \Gamma_1) d\Gamma d\Gamma_1$
- 3) $\int \omega(\Gamma', \Gamma'_1, \Gamma, \Gamma_1) d\Gamma' d\Gamma'_1 = \int \omega(\Gamma, \Gamma_1, \Gamma', \Gamma'_1) d\Gamma' d\Gamma'_1$
- 4) $\int \omega(\Gamma, \Gamma'; \Gamma_1, \Gamma'_1) d\Gamma d\Gamma_1 = \int \omega(\Gamma, \Gamma_1; \Gamma', \Gamma'_1) d\Gamma' d\Gamma'_1$
- 5) $\int \omega(\Gamma, \Gamma'; \Gamma_1, \Gamma'_1) d\Gamma' d\Gamma'_1 = \int \omega(\Gamma', \Gamma'_1; \Gamma, \Gamma_1) d\Gamma' d\Gamma'_1$.

16. Интеграл столкновений $S + \rho$ имеет вид:

- 1) $\int \omega'(\rho'\rho'_1 - \rho\rho_1) d\Gamma_1 d\Gamma' d\Gamma'_1$, 2) $\int \omega'(\rho\rho'_1 - \rho'\rho'_1) d\Gamma_1 d\Gamma' d\Gamma'_1$,
- 3) $\int \omega'(\rho'\rho'_1 - \rho\rho_1) d\Gamma d\Gamma' d\Gamma'_1 d\Gamma'_1$, 4) $\int \omega'(\rho\rho_1 - \rho'\rho'_1) d\Gamma d\Gamma_1 d\Gamma' d\Gamma'_1$,
- 5) $\int \omega'(\rho'\rho'_1 + \rho\rho_1) d\Gamma_1 d\Gamma' d\Gamma'_1$.

17. Написать кинетическое уравнение Больцмана.

- 1) $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{g} \nabla \rho = \int \omega'(\rho'\rho'_1 - \rho\rho_1) d\Gamma_1 d\Gamma' d\Gamma'_1$,
- 2) $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{g} \nabla \rho = \int \omega'(\rho\rho_1 - \rho'\rho'_1) d\Gamma_1 d\Gamma' d\Gamma'_1$,
- 3) $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{g} \frac{\partial \rho}{\partial \vec{r}} = \int \omega'(\rho\rho_1 + \rho'\rho'_1) d\Gamma' d\Gamma_1 d\Gamma'_1$,
- 4) $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{g} \nabla \rho = \int \omega'(\rho'\rho'_1 + \rho\rho_1) d\Gamma' d\Gamma d\Gamma'_1$,
- 5) $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{g} \nabla \rho = \int \omega'(\rho'\rho'_1 + \rho\rho_1) d\Gamma d\Gamma' d\Gamma'_1$.

18. H - теорема Больцмана гласит о том, что энтропия системы с течением времени

- 1) не изменяется
- 2) изменяется
- 3) изменяется монотонно
- 4) увеличивается

5) увеличивается, но достигает своего максимального значения в неравновесном состоянии.

19. Самосогласованное поле - это:

- 1) поле, которое действует на систему частиц,
- 2) поле, которое определяется взаимодействием частицы с остальными частицами системы.

3) усредненное поле, определяемое определенным образом взаимодействия частиц между собой,

- 4) поле, действующее на систему частиц со стороны выбранной частицы.

5) поле, которое меньше, чем поле взаимодействия между частицами системы.

20. Уравнение Власова для электронов в плазме можно написать в виде

$$1) \frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{g} \frac{\partial \rho}{\partial \vec{r}} = e(\vec{E} + \frac{1}{c} [\vec{g} \vec{B}]),$$

$$2) \frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{g} \frac{\partial \rho}{\partial \vec{r}} = e(E + \frac{1}{c} [\vec{g} \vec{B}]) \frac{\partial \rho}{\partial \vec{P}},$$

$$3) \frac{\partial \rho}{\partial t} - e(\vec{E} + \frac{1}{c} [\vec{g} \vec{B}]) \frac{\partial \rho}{\partial \vec{P}} = 0,$$

$$4) \frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{g} \frac{\partial \rho}{\partial \vec{r}} + e(E + \frac{1}{c} [\vec{g} \vec{B}]) \frac{\partial \rho}{\partial \vec{P}} = 0.$$

21. Найти стационарное распределение броуновской частицы в сосуде за время t , используя уравнение Фоккера-Планка $\frac{\partial}{\partial x} (-A\rho + D \frac{\partial \rho}{\partial x}) = 0$

$$1) \rho(x) = \text{conste}^{\frac{-mgx}{\gamma D}}, \quad 2) \rho = ce^{\frac{-KT}{\gamma 6\pi\eta a}}, \quad 3) \rho(x) = \text{conste}^{\frac{mgx}{D}}, \quad 4) \rho(x) = ce^{\frac{mgx}{\gamma D}},$$

$$5) \rho(x) = ce^{\frac{mgx}{\gamma}}.$$

7.2. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

Лекции

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на лекциях – 15 баллов,
- устный опрос, тестирование, коллоквиум – 60 баллов,
- и др. (доклады, рефераты) – 15 баллов.

Практические занятия

- посещение занятий – 10 баллов,
- активное участие на практических занятиях – 15 баллов,
- выполнение домашних работ – 15 баллов,
- выполнение самостоятельных работ – 20 баллов,
- выполнение контрольных работ – 40 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос – 60 баллов,
- письменная контрольная работа – 30 баллов,
- тестирование – 10 баллов.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) основная литература:

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е. М. , Питаевский Физическая кинетика / М.: Наука, 1978;
2. Куни Ф.М. Статистическая физика и термодинамика / М.: Наука, 1981;
3. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Теория неравновесных систем / М.: изд. МГУ, 1987.

б) дополнительная литература:

1. Румер Ю.Б, Рывкин М.С. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. Учебное пособие. М.: Наука, 1977;
2. Боголюбов Н.Н. Проблемы динамической теории в статистической физике / Избранные труды. Киев: Наука, 1970;
3. Де Гротт, Мазур П. Неравновесная термодинамика / М.: Мир, 1965;
4. Гречко Л.Г., Сугаков В.И., Томасевич Д.Ф., Федорченко А.М. Задачи по теоретической физике / Изд. «Высшая школа», 1984;
5. Базаров И.П., Геворкян Э.В., Николаев П.Н. Задачи по термодинамике и стат. физике / М.: изд. « Высшая школа», 1997.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

1. Международная база данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier <http://www.sciencedirect.com/>
3. Ресурсы Российской электронной библиотеки www.elibrary.ru, включая научные обзоры журнала Успехи физических наук www.ufn.ru
4. Региональный ресурсный Центр образовательных ресурсов <http://rrc.dgu.ru/>
5. Электронные ресурсы Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>
6. <http://physweb.ru/db/section/e190500000>
7. Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ <http://lib.mexmat.ru/>
8. Научно-образовательный центр при МИАН <http://www.mi.ras.ru/>

9. Книги по электродинамике <http://www.sciteclibrary.ru/cgi-bin/yabb2/YaBB.pl?num=1170686788>

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

Оптимальным путем освоения дисциплины является посещение всех лекций и семинаров, выполнение предлагаемых заданий в виде задач, тестов и устных вопросов.

На лекциях рекомендуется деятельность студента в форме активного слушания, т.е. предполагается возможность задавать вопросы на уточнение понимания темы и рекомендуется конспектирование лекции. На семинарских занятиях деятельность студента заключается в активном обсуждении задач, решенных другими студентами, решении задач самостоятельно, выполнении контрольных заданий. В случае, если студентом пропущено лекционное или семинарское занятие, он может освоить пропущенную тему самостоятельно с опорой на план занятия, рекомендуемую литературу и консультативные рекомендации преподавателя.

В целом рекомендуется регулярно посещать занятия и выполнять текущие задания, что обеспечит достаточный уровень готовности к сдаче зачета.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

- Программное обеспечение для лекций: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, табличный процессор.
- Программное обеспечение в компьютерный класс: MS PowerPoint (MS PowerPoint Viewer), Adobe Acrobat Reader, средство просмотра изображений, Интернет, E-mail.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Лекционные и практические занятия проводятся в аудиториях факультета.

Технические средства обучения, используемые в учебном процессе для освоения дисциплины:

1. компьютерное оборудование, которое используется в ходе изложения лекционного материала;
2. пакет плакатов и графиков, используемых в ходе текущей работы, а также для промежуточного и итогового контроля;
3. электронная библиотека курса и Интернет-ресурсы – для самостоятельной работы.