



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

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Физическая кинетика

Кафедра теоретической и математической физики, физического факультета

### **Образовательная программа**

03.03.02 Физика

Профили подготовки

фундаментальная физика, медицинская физика

Уровень высшего образования

Бакалавриат

Форма обучения

очная

Статус дисциплины: базовая

Махачкала 2017

Рабочая программа дисциплины составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 - «Физика» (уровень бакалавриат) от «7» августа 2014г. № 937.

Разработчик: Мусаев Гатиз Мусаевич, заведующий кафедры теоретической и математической физики, д.ф.-м.н., профессор

**Рабочая программа дисциплины одобрена:**

на заседании кафедры теоретической и математической физики от «29» марта 2017г., протокол № 7.

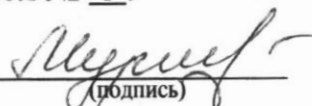
Зав. кафедрой

  
(подпись)

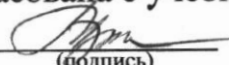
Мусаев Г.М.

на заседании Методической комиссии физического факультета от «30» марта 2017г., протокол № 8.

Председатель

  
(подпись)

Мурлиева Ж.Х.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «3» апреля 2017г.   
(подпись) Гасангаджиева А.Г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация рабочей программы дисциплины .....	4
1. Цели освоения дисциплины .....	5
2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата .....	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения).....	6
4. Объем, структура и содержание дисциплины.....	8
4.1. Объем дисциплины.....	8
4.2. Структура дисциплины. ....	8
4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам). ....	9
5. Образовательные технологии .....	10
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.....	10
7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.....	12
7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. ....	12
7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания. ....	14
7.3. Типовые контрольные задания.....	16
7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций. ....	22
8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины. ....	24
9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины. ....	25
10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	25
11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем. ....	26
12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине. ....	26

## Аннотация рабочей программы дисциплины

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

Дисциплина реализуется на физическом факультете кафедрой теоретической и математической 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:

общекультурных - ОК-7;

общепрофессиональных - ОПК-1, ОПК-3;

профессиональных - ПК-1, ПК-4;

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

Семестр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации (зачет, дифференцирован ный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всего	из них						
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
8	72	18	-	18	-	-	36	зачет

## 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 ООП бакалавриата

Дисциплина входит в базовую 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).

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОК-7	способность к самоорганизации и самообразованию.	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• необходимость самоорганизации в любой области деятельности и получать систематические знания из первоисточников, посвященных основным вопросам истории и культуры, заниматься самообразованием, используя время для самостоятельной работы.</li> </ul>
ОПК-1	способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук.	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• предмет изучения физической кинетики и объекты изучения;</li> <li>• методы исследования физической кинетики;</li> <li>• основные достижения в области исследования неравновесных систем;</li> <li>• тенденции развития физической кинетики.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать основные уравнения физической кинетики при решении практических задач;</li> <li>• оценивать возможности применения законов неравновесных систем в других областях науки.</li> </ul>
ОПК-3	способность использовать базовые знания термодинамики, как фундаментальные знания общей теоретической физики для решения профессиональных задач.	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• основные уравнения физической кинетики, как равновесных так и неравновесных систем.</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• навыками применения кинетического уравнения Больцмана для решения задач не только в физике, но и биологии и медицины.</li> </ul>

ПК-1	<p>способность использовать базовые знания термодинамики, как фундаментальные знания общей теоретической физики для решения профессиональных задач.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• из чего складывается программа теоретической физики, по которой проходит подготовка специалистов физиков;</li> <li>• основные вопросы общей физики, необходимые для успешного прохождения дисциплины «Физическая кинетика»;</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать знания молекулярной физики, необходимые для успешного прохождения курса «Термодинамика»;</li> <li>• использовать отдельные разделы теоретической физики, при прохождении дисциплины «Физическая кинетика».</li> </ul>
ПК-4	<p>способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профессиональных физических дисциплин.</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• способы и методы решения практических задач кинетики;</li> <li>• какие кинетические явления изучаются предметом «Физическая кинетика».</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• уметь решать задачи физической кинетики используя те или иные подходящие методы.</li> </ul>

#### 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	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) / Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Трудоемкость	Лекции	Практич. занятия	Самостоят. работа	
<b>Модуль 1. Основные положения и кинетическая теория газов.</b>							
1.	Теория случайных процессов и уравнение Смолуховского.	8	4	1	1	2	опрос
2.	Общая структура кинетического уравнения для одночастичной функции распределения.		8	2	2	4	опрос
3.	Кинетическое уравнение Больцмана. H - теорема.		8	2	2	4	опрос
4.	Приближенные решения кинетического уравнения.		8	2	2	4	опрос
5.	Динамический вывод кинетического уравнения.		8	2	2	4	опрос
<b>Итого по модулю 1</b>			36	9	9	18	коллоквиум
<b>Модуль 2. Диффузионное приближение и бесстолкновительная плазма.</b>							
1.	Диффузионное приближение и уравнение Фоккезе - Планка.	8	6	2	2	2	опрос
2.	Диффузия легкого газа в тяжелом и диффузия тяжелого в легком.		8	2	2	4	опрос
3.	Самосогласованное поле. Уравнение Власова.		8	2	2	4	опрос
4.	Диэлектрическая проницаемость		7	1	2	4	опрос



	бесстолкновительной плазмы.						
5.	Столкновения в плазме.	7	2	1	4	опрос	
<b>Итого по модулю 2</b>		36	9	9	18	зачет	
<b>ИТОГО</b>		<b>72</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>		

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

#### **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.

#### **Темы и задачи практических занятий**

№ 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 $\omega$ 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.

<p>Структура кинетического уравнения одночастичной функции для</p>	<p>Рассмотреть вопросы, связанные с выводом кинетического уравнения для одночастичной функции распределения. Умение использовать данные уравнения для решения конкретных задач.</p>
<p>Кинетическое уравнение Больцмана.</p>	<p>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.).</p>
<p>Диффузионное приближение.</p>	<p>Рассмотреть вопросы диффузии легкого газа в твердом и наоборот. Анализировать уравнение Фоккера – Планка. Уметь вывести уравнение Фоккера-Планка из уравнения Смолуховского для</p>
<p>Самосогласованное поле и уравнение Власова.</p>	<p>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 <math>S</math>-частичной функции распределения. Обоснование того, что зная <math>S</math>-частичную функцию распределения (где <math>S = 1, 2, 3 \dots</math>) мы можем получить и <math>N</math>-частичную. Для системы одинаковых частиц важность наличия такой цепочки уравнений.</p>

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. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.**

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

<b>Компетенция</b>	<b>Знания, умения, навыки</b>	<b>Процедура освоения</b>
ОК-7	Знать: <ul style="list-style-type: none"> <li>• необходимость самоорганизации в любой области деятельности и получать систематические знания из первоисточников, посвященных основным вопросам истории и культуры, заниматься самообразованием, используя время для самостоятельной работы.</li> </ul>	Устный опрос,
ОПК-1	Знать: <ul style="list-style-type: none"> <li>• предмет изучения физической кинетики и объекты изучения;</li> <li>• методы исследования физической кинетики;</li> <li>• основные достижения в области исследования неравновесных систем;</li> <li>• тенденции развития физической кинетики.</li> </ul> Уметь: <ul style="list-style-type: none"> <li>• использовать основные уравнения физической кинетики при решении</li> </ul>	Устный опрос

	<p>практических задач;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>оценивать возможности применения законов неравновесных систем в других областях науки.</li> </ul>	
ОПК-3	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>основные уравнения физической кинетики, как равновесных так и неравновесных систем.</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>навыками применения кинетического уравнения Больцмана для решения задач не только в физике, но и биологии и медицины.</li> </ul>	Устный опрос
ПК-1	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>из чего складывается программа теоретической физики, по которой проходит подготовка специалистов физиков;</li> <li>основные вопросы общей физики, необходимые для успешного прохождения дисциплины «Физическая кинетика»;</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>использовать знания молекулярной физики, необходимые для успешного прохождения курса «Термодинамика»;</li> <li>использовать отдельные разделы теоретической физики, при прохождении дисциплины «Физическая кинетика».</li> </ul>	Устный опрос
ПК-4	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>способы и методы решения практических задач кинетики;</li> <li>какие кинетические явления изучаются предметом «Физическая кинетика».</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>уметь решать задачи физической кинетики используя те или иные подходящие методы.</li> </ul>	Устный опрос

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

Выделяются три показателя уровня сформированности компетенции: пороговый, базовый и продвинутый. Бакалавриат формирует пороговый и базовый уровни компетенции. Компетенции не являются непосредственными элементами содержания учебной дисциплины, поэтому оценка их формирования выполняется как экспертное представление преподавателя приблизительно по ниже представленным схемам формулировок.

### ОК-7

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность к самоорганизации и самообразованию».

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о самообразовании и самоорганизации и его роли для становления человека как личности.	Ознакомлен с понятиями самоорганизации и самообразования и его роли в становлении человека как личности.	Знает методы организации самостоятельной работы для самоорганизации и самообразования.	Умеет использовать на практике различные методы самоорганизации и самообразования.

### ОПК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук»

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично

<b>Пороговый</b>	Представление о базовых знаниях таких наук как фундаментальная физика, химия, биология, экология и их основные законы.	Ознакомлен с наиболее важными вопросами современных естественных наук.	Знает основные методы исследования, достижения в естественных науках. Хорошо представляет концепции и принципы теоретической физики.	Владеет методами исследования различных параметров физических систем используемых в физической кинетике. Хорошо представляет достижения и ограничения таких наук как наука о Земле, космосе и т.д.
------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### ОПК-3

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность использовать базовые знания термодинамики, как фундаментальные знания общей теоретической физики для решения профессиональных задач»

<b>Уровень</b>	<b>Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)</b>	<b>Оценочная шкала</b>		
		<b>Удовлетворительно</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Отлично</b>
<b>Пороговый</b>	Представление о базовых знаниях, необходимых для решения профессиональных задач.	Ознакомлен с базовыми теоретическими знаниями фундаментальных разделов теоретической физики для освоения профильных дисциплин.	Знает те вопросы теоретической физики, которые используются при решении конкретных задач физической кинетики.	Может использовать знания фундаментальных разделов термодинамики, статистической физики и квантовой механики для решения задач по физической кинетике.

### ПК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин».

<b>Уровень</b>	<b>Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)</b>	<b>Оценочная шкала</b>		
		<b>Удовлетворительно</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Отлично</b>

Пороговый	Представление о специализированных знаниях в области физики для освоения профильных физических дисциплин.	Ознакомлен с общей программой теорией и методами исследования физической кинетики, которые необходимы для практической деятельности физика-теоретика.	Знает как использовать на практике теоретические знания дисциплины «Физическая кинетика» для решения конкретных задач.	Умеет использовать профессиональные знания, полученные при прохождении курсов теоретической физики при решении практических задач.
-----------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

#### ПК-4

Схема оценки уровня формирования компетенции «способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профессиональных физических дисциплин»

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Представление о профессиональных знаниях теории и методах физических исследований, полученных при освоении профильных физических дисциплин.	Ознакомлен с теорией и методами исследования физической кинетики, которые необходимы для практической деятельности физика-теоретика.	Знает как использовать на практике теоретические знания дисциплины «Физическая кинетика» для решения конкретных задач.	Умеет использовать профессиональные знания полученные при прохождении курсов теоретической физики при решении практических задач.

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

### 7.3. Типовые контрольные задания.

#### 7.3.1. 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  $\omega$  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?

### **7.3.2. 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  $\omega$  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.

### **7.3.3. 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

$$1) P = P_0 e^{-\Gamma t}, \quad 2) P = P_0 \int_0^t e^{-\Gamma(t-t_1)} dt, \quad 3) P = P_0 e^{-\Gamma t} \int_0^t e^{-\Gamma(t-t_1)} dt,$$

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

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

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

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

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

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:

$$1) H = \sum_i \frac{p}{m}$$

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:

$$1) \left( \frac{\vec{P}_1}{m} \frac{\partial}{\partial r_1} - \frac{\vec{P}_2}{m} \frac{\partial}{\partial r_2} - \theta_{12} \right) F_2 + n \int dx_3 (\theta_{12} + \theta_{13}) F_3(x_1, x_2, x_3; t).$$

$$2) - \left( \frac{\vec{P}_1}{m} \frac{\partial}{\partial r_1} - \frac{\vec{P}_2}{m} \frac{\partial}{\partial r_2} \right) F_2 + n \int dx_3 (\theta_{13} + \theta_{23}) F_3,$$

$$3) -\left(\frac{\bar{P}_1}{m} \frac{\partial}{\partial r_1} - \frac{\bar{P}_2}{m} \frac{\partial}{\partial \bar{r}_2}\right) F_2 - n \int dx_3 (\theta_{13} + \theta_{23}) F_3,$$

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

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

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:

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

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

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:

$$1) \int \omega'(\rho' \rho'_1 - \rho \rho_1) d\Gamma_1 d\Gamma' d\Gamma'_1, \quad 2) \int \omega'(\rho \rho_1 - \rho' \rho'_1) d\Gamma_1 d\Gamma' d\Gamma'_1,$$

$$3) \int \omega'(\rho' \rho'_1 - \rho \rho_1) d\Gamma d\Gamma' d\Gamma'_1 d\Gamma'_1, \quad 4) \int \omega'(\rho \rho_1 - \rho' \rho'_1) d\Gamma d\Gamma_1 d\Gamma' d\Gamma'_1,$$

$$5) \int \omega'(\rho' \rho'_1 + \rho \rho_1) d\Gamma_1 d\Gamma' d\Gamma'_1.$$

17. Написать кинетическое уравнение Больцмана.

$$1) \frac{\partial \rho}{\partial t} + \bar{g} \nabla \rho = \int \omega'(\rho' \rho'_1 - \rho \rho_1) d\Gamma_1 d\Gamma' d\Gamma'_1,$$

$$2) \frac{\partial \rho}{\partial t} + \bar{g} \nabla \rho = \int \omega'(\rho \rho_1 - \rho' \rho'_1) d\Gamma_1 d\Gamma' d\Gamma'_1,$$

$$3) \frac{\partial \rho}{\partial t} + \bar{g} \frac{\partial \rho}{\partial \bar{r}} = \int \omega'(\rho \rho_1 + \rho' \rho'_1) d\Gamma' d\Gamma_1 d\Gamma'_1,$$

$$4) \frac{\partial \rho}{\partial t} + \bar{g} \nabla \rho = \int \omega'(\rho' \rho'_1 + \rho \rho_1) d\Gamma' d\Gamma d\Gamma'_1,$$

$$5) \frac{\partial \rho}{\partial t} + \bar{g} \nabla \rho = \int \omega'(\rho' \rho'_1 + \rho \rho_1) d\Gamma d\Gamma' d\Gamma'_1.$$

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

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)  $\rho(x) = \text{conste}^{-\frac{mgx}{\gamma D}}$ ,    2)  $\rho = ce^{\frac{-KT}{\gamma b \eta a}}$ ,    3)  $\rho(x) = \text{conste}^{-\frac{mgx}{D}}$ ,    4)  $\rho(x) = ce^{\frac{mgx}{\gamma D}}$ ,
- 5)  $\rho(x) = ce^{\frac{mgx}{\gamma}}$ .

#### 7.4. 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.

### Критерии оценок на экзаменах

В экзаменационный билет рекомендуется включать не менее 3 вопросов, охватывающих весь пройденный материал, также в билетах могут быть задачи и примеры. Ответы на все вопросы оцениваются максимум **100 баллами**.

**Критерии оценок** следующие:

- **100 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности.
- **90 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает отдельные неточности.
- **80 баллов** - студент глубоко понимает пройденный материал, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновывать выводы и разъяснять их в логической последовательности, но допускает некоторые ошибки общего характера.
- **70 баллов** - студент хорошо понимает пройденный материал, но не может теоретически обосновывать некоторые выводы.
- **60 баллов** - студент отвечает в основном правильно, но чувствуется механическое заучивание материала.

- **50 баллов** - в ответе студента имеются существенные недостатки, материал охвачен «половинчато», в рассуждениях допускаются ошибки.
- **40 баллов** - ответ студента правилен лишь частично, при разъяснении материала допускаются серьезные ошибки.
- **20-30 баллов** - студент имеет общее представление о теме, но не умеет логически обосновать свои мысли.
- **10 баллов** - студент имеет лишь частичное представление о теме.
- **0 баллов** – нет ответа.

Эти критерии носят в основном ориентировочный характер. Если в билете имеются задачи, они могут быть более четкими.

**Шкала диапазона для перевода рейтингового балла в «5»-бальную систему:**

- «0 – 50» баллов – неудовлетворительно
- «51 – 65» баллов – удовлетворительно
- «66 - 85» баллов – хорошо
- «86 - 100» баллов – отлично
- «51 и выше» баллов – зачет

## **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](http://www.elibrary.ru), включая научные обзоры журнала Успехи физических наук [www.ufn.ru](http://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.