ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
	Рабочая программа дисциплины (модуля)
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан инженерно-физического факультета

_____/Аракелов А.В.

«29» августа 2019 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Б1.Б.09.04 Физическая кинетика

направление подготовки: 03.03.02 "Физика"

направленность (профиль): "Фундаментальная физика"

Факультет: Инженерно – физический

Кафедра: Теоретической физики

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры теоретической физики
протокол № 1 от «29» августа 2019 г.

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н., профессор Тлячев В.Б.

Составитель (разработчик) программы: д.ф.-м.н., профессор Тлячев В.Б.

РПД Адаптированна для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Содержание

Пояснительная записка **3**

1. Цели и задачи дисциплины (модуля) **4**

2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы **5**

3. Содержание дисциплины (модуля) **5**

4. Самостоятельная работа обучающихся **8**

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля) **9**

6. Методические рекомендации преподавателю и методические указания обучающимся по дисциплине (модулю) **10**

7. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов ..... Ошибка! Закладка не определена.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины **10**

9. Лист регистрации изменений ..... Ошибка! Закладка не определена.

Пояснительная записка

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (ФГОС 3+) по направлению подготовки 03.03.02 Физика, направленность: Фундаментальная физика.

РП представляет собой совокупность дидактических материалов, направленных на реализацию содержательных, методических и организационных условий подготовки по направлению подготовки 03.03.02 Физика, направленность: Фундаментальная физика.

Дисциплина относится к базовым дисциплинам блока 1 раздела Теоретическая физика. В соответствии с учебным планом дисциплина изучается в 7 семестре. Форма контроля – зачет.

Трудоемкость дисциплины: _2_ з.е./_72_ ч.;

контактная работа: 34,25

занятия лекционного типа – 16 ч.,

лабораторные занятия – 16 ч.,

контроль самостоятельной работы (КСР) – _2_ ч.,

ИКР – 0,25 ч.,

СР – 37,75 ч.

Ключевые слова: кинетическое уравнение, плазма, функция распределения, уравнение Больцмана, Н-теорема.

Составитель: Тлячев В.Б., д.ф.-м.н., доцент

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

ОПК-3: способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач;

ПК-1: способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин;

ПК-4: способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин.

Показателями компетенций являются:

знания - теоретические основы, основные понятия физической кинетики (в рамках программы); основные ограничения и допущения теории;

умения - рационально использовать математический аппарат при отыскании оптимального пути решения; пользоваться теоретическими данными; проводить физическую интерпретацию результатов.

навыки - владения математическим аппаратом, в частности некоторыми главами математической статистики, теоретической и экспериментальной физики.

2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Таблица 1. Объем дисциплины (модуля)
(общая трудоемкость в зачетных единицах: 2 ЗЕТ)

Виды учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах			
				IX	
Общая трудоемкость дисциплины	72			72	
Контактная работа	32			32	
Лекции (Л)	16			16	
Практические занятия (ПЗ)	16			16	
Самостоятельная работа (СРС)	38			38	
Контроль самостоятельной работы (КСР)	2			2	
Вид итогового контроля (ЗАЧЕТ)					

3. Содержание дисциплины (модуля)

Таблица 2. Распределение часов по темам и видам учебной работы

Номер раздела	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Объем в часах					
		Всего	Л	ПЗ	С	КСР	СРС
1	Задача о случайных дискретных блужданиях в одномерном случае. Распределения Бернулли, Максвелла-Больцмана. Фазовое пространство. Функция распределения.	8	2	2			4
2	Бесстолкновительное кинетическое уравнение.	8	2	2		0,5	4
3	Кинетическое уравнение Власова.	8	2	2		0,5	6
4	Кинетическое уравнение Больцмана. Феноменологический вывод. Равновесное решение уравнения Больцмана.	12	2	2		0,5	6
5	Кинетическое уравнение в приближении времени релаксации.	8	2	2			4
6	Диффузионное приближение. Уравнение Фоккера-Планка.	8	2	2			4
7	Интеграл столкновений Ландау.	8	2	2			4
8	Квантовые кинетические уравнения.	12	2	2		0,5	6
Итого		**72**	**16**	**16**		**2**	**38**

Содержание лекций

1 Элементы теории неравновесных процессов
1.1 Основные понятия физической кинетики
1.2 Неравновесные процессы в плотном газе. Уравнение Смолуховского
1.3 Медленные неравновесные процессы в плотном газе. Уравнение Фоккера–Планка
1.4 Кинетическое уравнение Больцмана

2. Кинетическое уравнение Больцмана
2.1 Интеграл столкновений
2.2 Н - теорема Больцмана
2.3 Решение уравнения Больцмана для равновесного идеального газа
2.4 Интеграл столкновений в приближении времени релаксации
2.5 Функция распределения при малом времени релаксации
2.6 Функция распределения в диффузионном приближении
2.7 Плазменное состояние вещества. Уравнения Власова
3. Макроскопические квантовые явления
4 Броуновское движение

Практические занятия

Содержание и объем некоторых практических занятий

Номер ПЗ	Номер раздела и темы	Наименование и краткое содержание ПЗ	Объем в часах
1.	Функция распределения.	Ответить на вопросы о функциях распределения Больцмана и др. Задачи. Уравнение Ланжевена для полимерной цепи. Найти корреляционную функцию расстояния между концами цепи. Найти функцию распределения по размерам полимера, помещенного в случайный поток. Теория чайника. Найти изменение температуры перегретой жидкости в невесомости. Найти стационарную функцию распределения пузырьков по размеру в перегретой жидкости в поле тяжести. Нелинейные волны на поверхности воды. Найти гамильтониан трехволнового взаимодействия капиллярных волн на «глубокой» и «мелкой» воде. Узкий пучок быстрых заряженных частиц распространяется в аморфной среде. Найти функцию распределения $f(z, r_x, r_y, n_x, n_y)$ по поперечным размерам пучка $r_{x,y}$ и углам разлета $n_{x,y} = v_{x,y}/\|v\|$, а также $< r^2 >$, $< r_i, n_j >$, $< n^2 >$ в зависимости от пройденного в среде расстояния z. Считать основным процесс упругого рассеяния на малые углы в кулоновском поле ядер атомов среды ($\|n\| << 1$).	4
2	Бесстолкновительное кинетическое уравнение.		4
3	Двухуровневые системы, взаимодействующие с термостатом.	Двухуровневая квантовая система с матричными элементами гамильтониана $H_{11} = -\square/2; H_{12} = H_{21} = 0; H_{22} = \square/2$ взаимодействует с термостатом с температурой $T >> \square$. В начальный момент времени ситема находится в состоянии $\square(0) = 1/(2)^{1/2}\ \tilde{\square}\square + 1/(2)^{1/2}\ \|1>$, где $\tilde{\square}\square$, $\|1>$- основное и возбужденное со-	4

		стояния системы. Найти матрицу плотности двухуровневой системы в момент времени t. Время релаксации диагональных компонент матрицы плотности T_1, недиагональных - T_2. Двухуровневая квантовая система с матричными элементами гамильтониана $H_{11} = H_{12} = H_{21} = 0$; $H_{22} = \square$ взаимодействует с термостатом с температурой $T >> \square$. В начальный момент времени ситема находится в состоянии $\square(0) = (3)^{1/2}/2\ \tilde{\square}\square + 1/2\ \|1\rangle$, где $\tilde{\square}\square$, $\|1\rangle$- основное и возбужденное состояния системы. Найти матрицу плотности двухуровневой системы в момент времени t. Время релаксации диагональных компонент матрицы плотности T1, недиагональных - T2.	
4	Кинетическое уравнение.	В начальный момент времени было n_0 радиоактивных ядер, распадающихся с постоянной $\square$ (вероятность распада одного ядра в единицу времени). Написать кинетическое уравнение для вероятности $P(n, t)$ найти n радиоактивных ядер в момент времени t. Найти $< \square\ n^2 > = < (n^2(t) - <n(t)>^2) >$.	6
5	Диффузионное приближение. Уравнение Фоккера-Планка.	Получить уравнение Фоккера-Планка и найти стационарное решение для задачи о диффузии скорости иона в плазме. Соответствующее уравнение Ланжевена имеет вид $d\,v/dt = -\square(v)\ v + f(t)$, где $\square(v)$ - динамическая сила трения и f - случайная сила с гауссовой статистикой: $<f(t)>=0$, $<f(t)\ f(t')> = D(v)\ \square\ (t-t')$. Какое соотношение должно быть между $\square(v)$ и D(v) в термодинамическом равновесии?	4
6	Интеграл столкновений Ландау.	Получить выражение для интеграла столкновений для газа с кулоновским взаимодействием. В §34 (Курс физкинетики Ландау) показано, что после того, как возмущения электронной плотности с волновым вектором **k** затухнут из-за затухания Ландау, возмущения функция распределения продолжают осциллировать по закону exp(-i**kv**t). Найти закон затухания этих осцилляций из-за кулоновских столкновений при временах во много раз меньших чем <kv>.	4
7	Квантовые кинетические уравнения.	Показать, что уравнение Паули $d\,p_n/dt = \square_m W_{mn}\, p_m - p_n\, \square_m W_{nm}$ приводит к возрастанию энтропии $S = -\ \square_m$	6

		$p_m \ln(p_m)$. Решить уравнение Паули $d\, p_n/dt = \square_m W_{mn}\, p_m - p_n\, \square_m W_{nm}$ для двухуровневой системы с начальными условиями $p_0(t = 0) = 1$, $p_1(t = 0) = 0$. Пусть имеется источник «холодных» фотонов с энергией ω_s, которые нагреваются за счет рассеяния на электронном газе с температурой T ($\omega_s << T << m_e c^2$). Найти стационарное распределение фотонов по энергиям, если электронный газ занимает конечный объем с характерным размером L.	
8	Броуновское движение.	Найти корреляционную функцию < ri(t1) pj(t2)> броуновской частицы. Уравнение движения имеет вид d **p**/dt = - □ **p** +**f** (t), где **f** - случайная сила с гауссовой статистикой: <fi(t) >=0, <fi(t) fj(t')> = □ij □ (t-t') . Начальные условия: **p**(t=0)=0, **r**(t=0)=0.	6
Итого			38

4. Самостоятельная работа обучающихся

Таблица 3. Содержание самостоятельной работы студентов

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Разделы или темы рабочей программы	Форма отчетности
	Решение задач (прилагаются)	Темы лекций	Отчет о решении в тетради

Задача 1. Частица совершает броуновское движение в правой полуплоскости (коэффициент диффузии D), приче прямая $x = 0$ для неё непроницаема. Найти вероятность обнаружить частицу в слое малой толщины вблизи это прямой на достаточно больших временах t, если при $t = 0$ частица находилась в точке $(R; 0)$.

Задача 2. В шаре радиуса R в очень вязкой жидкости находятся N броуновских частиц. Стенки шара являют для частиц поглощающими (частица, попавшая на стенку, обратно в объем не возвращается). Найти асимптотически закон зависимости числа броуновских частиц от времени и распределение их плотности на больших временах, есл коэффициент диффузии этих частиц равен D.

Задача 3. На частицу действуют случайная сила, а также сила трения. В начальный момент времени части находилась в определенной точке и имела равную нулю скорость. Найти распределение частицы по импульсу и коо динате в произвольный момент времени воспользовавшись Гауссовым видом этого распределения и вычисляя средн значения квадратов координаты, импульса и произведения координаты и импульса.

Рассмотрите отдельно движение частицы в пределах малого и большого трения.

Найдите условия, при которых можно считать, что частица движется в условия малого/большого трения.

Задача 4. **Поглощающая сфера в трёхмерном пространстве**

Броуновская частица совершает случайное движение в трёх-мерном пространстве. В начальный момент времени она находилась на расстоянии l поверхности поглощающей сферы, радиус которой a. Найти вероятность того, что частица никогда не будет поглощена этой поглощающей сферой. Как зависит вероятностью того, что частица будет поглощена сферой на больших временах? Коэффициент диффузии частицы равен D.

Сравнить результаты с результатами для одномерной задачи: когда броуновская частица в начальный момент времени находилась на расстоянии l от поглощающей стенки.

4.1. Темы курсовых работ (проектов)

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

Современные профессиональные базы и информационные справочные системы:
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru;
- ЭБС АГУ на платформе аппаратно-программного комплекса ООО КДУ http://adygnet.bibliotech.ru;
- ФГБУ «Российская государственная библиотека» http://dvs.rsl.ru;
Российская государственная библиотека (РГБ), г. Москва;
- Библиотека Российской академии наук (РАН), г. Москва;
- Библиотека по естественным наукам РАН (БЕН РАН), г. Москва.

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

Таблица 4. Основная литература

№ п/п	Наименование, библиографическое описание
1	Ландау, Л.Д. Теоретическая физика : учебное пособие : в 10-х т. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - 2-е изд., испр. - М. : Физматлит, 2007. - Т. 10. Физическая кинетика. - 536 с. [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82964
2	Кондратьев, А.С. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории / А.С. Кондратьев, П.А. Райгородский. – Москва : Физматлит, 2007. – 254 с. – Режим доступа: URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68400
3	Левич, В.Г. Курс теоретической физики / В.Г. Левич, Ю.А. Вдовин, В.А. Мямлин ; под ред. В.Г. Левич. – Изд. 2-е, перераб. – Москва : Наука, 1971. – Т. 2. Квантовая механика. Квантовая статистика и физическая кинетика. – 936 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=494683
4	Гуревич, Л.Э. Основы физической кинетики / Л.Э. Гуревич. - Ленинград ; Москва : Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1940. - 242 с. [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=130312

Таблица 5. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование, библиографическое описание
1	Расовский, М.Р. Физическая кинетика: курс лекций / М.Р. Расовский, А.П. Русинов, – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006.–114 с. http://elib.osu.ru/bitstream/123456789/6099/1/997_20110802.pdf
2	Валл А.Н., Наумов В.А., Растегин А.Э. Физическая кинетика. Учебное пособие, Иркутск, изд. ИГУ, 2001, 54 с. http://theor.jinr.ru/~vnaumov/Rus/Kinetics/Physical_Kinetics.htm
3	Веденяпин В.В. Кинетические уравнения Больцмана и Власова. М.: Физматлит, 2001 – 112 с. https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_185
4	Гинзбург И.Ф. Введение в физику твердого тела. Основы квантовой механики и статистической физики с отдельными задачами физики твердого тела: учеб. пособие / И. Ф. Гинзбург. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2007. - 544 с.
5	Журнал Физика плазмы http://www.maik.ru/cgi-bin/list.pl?page=fizplaz
6	Журнал Успехи физических наук http://ufn.ru

Таблица 6. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

№ п/п	Название (адрес) ресурса
1	www.windows.edu Единый каталог образовательных ресурсов
2	http://ufn.ru Журнал Успехи физических наук (УФН)
3	www.jetp.ac.ru Журнал Экспериментальной и Теоретической Физики
4	http://journals.ioffe.ru/journals/3 Журнал технической физики
5	Журнал Физика плазмы http://www.maik.ru/cgi-bin/list.pl?page=fizplaz

6. Методические рекомендации преподавателю и методические указания обучающимся по дисциплине (модулю)

Методические рекомендации преподавателю

Курс является теоретическим и поэтому от преподавателя требуется четко формулировать постановку задач и их решение.

Методические указания студентам

При самостоятельной работе допускается использование любой литературы и Интернет-ресурсов: материалов сайтов рекомендованных преподавателем и результатов поиска в различных системах. Одобряется обращение к преподавателю за консультациями. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из основных и дополнительных литературных источников, а также из сети Интернет.

От студентов требуется основное внимание уделять изучению тем лекций и решению задач.

Требования к уровню освоения дисциплины (модуля), оценка качества знаний

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос.

Аттестация по дисциплине – зачет.

Оценка за освоение дисциплины определяется по итогам коллоквиума, состоящего из теоретических вопросов и задач. При этом учитывается работа студента на лекциях и практических занятиях, посещение лекций. Проработка студентом в той или иной форме материала всех разделов курса - условие получения оценки «зачтено».

Примеры вопросов и заданий к зачету

1. Уравнения Ланжевена и Фоккера-Планка.
2. Н-теорема.
3. Задача. В газе частиц массой m находится небольшая примесь газа частиц массой $M \gg m$. Газы находятся в равновесии при температуре T, длина свободного пробега тяжелых частиц l. Найти (по порядку величины) связь коэффициентов диффузии в координатном и импульсном пространствах тяжелых частиц.

7. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

• для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
- экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

• для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

• для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

• для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

• для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекции сопровождаются презентациями, представляемыми через медиапроектор и интерактивную доску.

Лекционные занятия проводятся как в традиционной форме, так и в форме лекций-семинаров. В часы традиционных лекций разбирается сложный теоретический материал, дается вывод базовых соотношений, раскрывается смысл полученных результатов. Часть лекционного материала выносится в качестве домашнего задания для самостоятельной проработки с целью последующего совместного обсуждения на лекции-семинаре. В ходе лекции-семинара студенты отвечают на вопросы преподавателя, выступают у доски, поясняя обсуждаемый материал.

Для аналитического и численного решения задач могут быть использованы компьютерные программы Maple, Scilab, Matlab, Mathematica.

Используется программное обеспечение:

- Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN… (Microsoft Open License 47818824);
- Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN… (Microsoft Open License 47818824);
- Acrobat Professional 11.0 MLP AOO License RU (65195558) (Software License Certificate 10981633).

ФГБОУ ВО «АГУ»	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Адыгейский государственный университет»
	Рабочая программа дисциплины (модуля)
	СМК. ОП-2/РК-7.3.3

9. Лист регистрации изменений

Номер изменения	Номера листов			Основание для внесения изменения	Подпись	Расшифровка подписи	Дата	Дата введения изменения
	заменённых	новых	аннулированных					
1.				Приведение в соответствие ФГОС		Тлячев В.Б. Тлячев В.Б.	16.03.21	16.03.21