«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. декана инженерно-физического факультета

_____/Алиева М.Ф.

« 16 » марта 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

Б1.О.09.03 Термодинамика, статистическая физика и физическая кинетика

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Направленность: Фундаментальная физика

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Майкоп, 2021

Факультет: Инженерно-физический

Кафедра: Теоретической физики

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

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры теоретической физики, протокол № 8 от «16» марта 2021 г.

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

Согласовано:
Председатель УМК факультета: ст. преподаватель Плисенко О.А.

Содержание

Пояснительная записка 4

1. Цели и задачи дисциплины (модуля). 4

2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы 7

3. Содержание дисциплины (модуля) 7

4. Самостоятельная работа обучающихся 8

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля) 13

6. Образовательные технологии 15

7. Методические рекомендации по дисциплине (модулю) 16

8. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов 20

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) 21

10. Лист регистрации изменений 22

Пояснительная записка

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

Дисциплина (модуль) «Термодинамика, статистическая физика и физическая кинетика» относится к обязательной части Блока 1 дисциплин учебного плана.

Для освоения дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и владения, сформированные в ходе изучения следующих дисциплин и прохождения практик: молекулярная физика, электромагнетизм, теория вероятностей и математическая статистика, ознакомительная практика 2.

Трудоемкость дисциплины: 5 з.е./ 180 ч.;
контактная работа:
занятия лекционного типа – 36 ч.,
занятия семинарского типа (семинары) – 50 ч.,
контроль самостоятельной работы – 2 ч.,
иная контактная работа – 0,3 ч.,
контролируемая письменная работа – 0 ч.,
СР – 65 ч.,
контроль – 26,7 ч.

Ключевые слова: термодинамические потенциалы, термодинамическое равновесие, фазовый переход, необратимый процесс, принцип Ле-Шателье, фазовое пространство, теорема Лиувилля, квантовая статистика, каноническое распределение, распределение (Больцмана, Бозе, Ферми), флуктуация, кинетическое уравнение, уравнение Больцмана, Н-теорема.

1. Цели и задачи дисциплины (модуля).

Цель дисциплины (модуля) состоит в формировании следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

– способность применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности (ОПК-1),

– способность проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные (ОПК-2).

Задачи дисциплины *(модуля)*:

- ознакомление обучающихся с фундаментальными законами и методами в области термодинамики, статистической физики и физической кинетики, современными проблемами наук;
- формирование умений и практических навыков для решения прикладных задач.

Таблица 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция (код и наименование)	**Индикаторы достижения компетенций** (код и наименование)	**Результаты обучения**
ОПК 1	ОПК-1.1. Анализирует проблемы, процессы и явления в области физики,	*Знает:* главные законы термодинамики, статистической физики и физической кинетики, на основе которых

	использует на практике базовые знания и методы физических исследований.	анализируются проблемы, процессы и явления. *Умеет:* анализировать проблемы, процессы и явления в физических системах с произвольным числом степеней свободы, а также процессы переноса энергии, импульса, заряда и вещества. *Владеет:* навыками практического применения общих методов термодинамики, статистической физики и физической кинетики к решению конкретных задач.
	ОПК-1.4. Использует математический аппарат для описания, анализа теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности.	*Знает:* основные математические методы (исчисление дифференциальных форм, дифференциального и интегрального исчисления) , применяемых для теоретического исследования и моделирования явлений и процессов термодинамических систем, использования их в обучении и профессиональной деятельности. *Умеет:* применять основные математические методы термодинамики, статистической физики и физической кинетики при теоретическом описании и исследовании физических систем. *Владеет:* математическим аппаратом термодинамики, статистической физики и физической кинетики для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования физических макросистем.
ОПК 2	ОПК-2.1. Разрабатывает математические модели физических объектов, систем и процессов. Осваивает современное физическое оборудование различного назначения, работает на нем.	*Знает:* математические модели явлений и процессов термодинамических систем. *Умеет:* разрабатывать математические модели явлений и процессов термодинамических систем. *Владеет:* навыком разработки простых математических моделей термодинамических систем.
	ОПК-2.3. Решает стандартные задачи профессиональной деятельности.	*Знает:* знает постановку и методы решения стандартных задач термодинамики, статистической физики и физической кинетики. *Умеет:* решать стандартные задачи термодинамики, статистической физики и физической кинетики. *Владеет:* навыком решения стандартных задач термодинамики, статистической физики и физической

		кинетики.

2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Таблица 2. Объем дисциплины (модуля) общая трудоемкость: _5_ з.е. / _180_ ч.

Форма обучения _очная

Виды учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах			
		VIII			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180			
Контактная работа:					
занятия лекционного типа	36	36			
занятия семинарского типа (семинары)	50	50			
контроль самостоятельной работы	2	2			
иная контактная работа	0,3	0,3			
контролируемая письменная работа					
контроль	26,7	26,7			
Самостоятельная работа (СР)	65	65			
Курсовая работа (проект)	**диф. зачет**				
Вид промежуточного контроля	**зачет**				

3. Содержание дисциплины (модуля)

Таблица 3. Распределение часов по темам и видам учебной работы

Форма обучения *очная*

Семестр _VIII_

Номер раздела	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Объем в часах					
		Всего	Л	ПЗ	Контроль	КСР	СР и иная работа
1.	Модуль 1. Термодинамика Основные понятия и методы термодинамики. Начала термодинамики. Термодинамические потенциалы, уравнения, неравенства. Условия термодинамического равновесия и устойчивости однородной системы. Фазовые переходы. Принцип Ле-Шателье. Математические аспекты термодинамики.	62,85	12	20	10,35	0,5	20
2.	Модуль 2. Статистическая физика. Основные положения статистической механики равновесных систем. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля. Статистическая независимость. Общие методы	63,15	12	20	10,35	0,5	20,3

	равновесной статистической механики. Микроскопическое описание в классической и квантовой статистиках. Канонические распределения. Теория идеальных систем. Распределение Больцмана в классической статистике. Квантовые распределения Бозе и Ферми.						
3.	Модуль 3. Основы физической кинетики. Задача о случайных дискретных блужданиях в одномерном случае. Распределения Бернулли, Максвелла-Больцмана. Функция распределения. Бесстолкновительное кинетическое уравнение. Кинетическое уравнение Власова. Кинетическое уравнение Больцмана. Кинетическое уравнение в приближении времени релаксации. Диффузионное приближение. Уравнение Фоккера-Планка. Интеграл столкновений Ландау. Квантовые кинетические уравнения.	54	12	10	6	1	25
Итого:		180	36	50	26,7	2	65,3

Содержание лекций (Модуль 3).

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

4. Самостоятельная работа обучающихся

Цели самостоятельной работы – освоить те разделы дисциплины, которые не были затронуты в процессе аудиторных занятий, но предусмотрены рабочей программой, а также расширить границы получаемых знаний, умений и навыков (владений) в процессе дополнительного изучения отдельных тем, решении практических задач, исследования отдельных вопросов дисциплины с помощью учебно-методической литературы; подготовиться к занятиям лекционного и семинарского типа.

Виды самостоятельной работы:

- выполнение домашних заданий;
- подготовка рефератов;
- изучение отдельных тем, вопросов, их конспектирование;
- подготовка докладов по отдельным вопросам тем;
- подготовка презентаций по отдельным вопросам тем;
- выполнение домашних контрольных заданий;
- подготовка к занятиям лекционного и семинарского типа;
- подготовка к текущим контрольным мероприятиям;
- другие виды самостоятельной работы обучающихся.

Таблица 4. Содержание самостоятельной работы обучающихся

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Разделы или темы рабочей программы	Форма отчетности
8 семестр			
1	Изучение теоретического материала по конспектам лекций, конспектирование по учебной литературе вопросов, оговоренных на лекции	**Модуль 1**	Опрос по карточкам на лекции; коллоквиум; Проверка конспекта преподавателем.
2	Подготовка к практическому занятию. Решение домашних заданий.	**Модуль 1**	Проверка правильности решения заданий, опрос по карточкам и у доски. Отчет по домашним заданиям (по индивидуальному графику).
3	Коллоквиум (КСР)	**Модуль 1**	Письменный и затем устный опрос. Тестирование.
4	Изучение теор. материала по конспектам лекций. Конспектирование по учебной литературе вопросов, оговоренных на лекции, доведение до конца выводов, начатых на лекции.	**Модуль 2**	Опрос по карточкам на лекции; проверка конспекта преподавателем, опрос по карточкам на лекции.
5	Подготовка к практическим занятиям. Решение домашних заданий.	**Модуль 2**	Проверка правильности решения заданий, опрос по карточкам и у доски. Отчет по домашним заданиям (по индивидуальному графику).
6	Коллоквиум (КСР)	**Модуль 2**	Собеседование по реферату. Коллоквиум (письменный опрос).

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Разделы или темы рабочей программы	Форма отчетности
4	Изучение теор. материала по конспектам лекций. Конспектирование по учебной литературе вопросов, оговоренных на лекции, доведение до конца выводов, начатых на лекции.	**Модуль 3**	Опрос по карточкам на лекции; проверка конспекта преподавателем, опрос по карточкам на лекции. Текст реферата, выступление, презентация.
5	Подготовка к практическим занятиям. Решение домашних заданий.	**Модуль 3**	Проверка правильности решения заданий, опрос по карточкам и у доски. Отчет по домашним заданиям (по индивидуальному графику).
6	Коллоквиум (КСР)	**Модуль 3**	Собеседование по реферату. Коллоквиум (письменный опрос).

4.1. Темы курсовых работ

1. Фазы Берри, их построение и анализ.
2. Компьютерное моделирование статистических распределений.
3. Вопросы излучения в термодинамике и статистической физике.
4. Метод ускоренной сходимости в статистической физике: преимущества и недостатки.
5. Метод корреляционных функций Боголюбова и его использование в расчетах термодинамических характеристик.
6. Коллективные эффекты в теории многих тел.
7. Квазичастицы в кристаллах.
8. Влияние колебаний атомов на термодинамику газов.

4.2. Типы семестровых заданий:

1. Подготовка реферата и презентации на тему «Некоторые парадоксы статистической физики: парадокс возвращаемости (циклы Пуанкаре), парадокс обратимости Лошмидта».
2. Подготовка реферата и презентации на тему «Связь статистической и термодинамической энтропии».
3. Подготовка реферата – «Решёточные модели статистической физики: одномерные модели Изинга и Гейзенберга, модель системы с бесконечным радиусом взаимодействия».
4. Подготовка выступления с презентацией – «Интеграл по замкнутому контуру и цикл Карно».
5. Подготовка реферата на тему «Термодинамические системы во внешних электрическом и магнитном полях».
6. Подготовка реферата на тему «Теория Дебая-Хюккеля для равновесной разреженной плазмы».
7. Подготовка реферата на тему «Два начала термодинамики на языке дифференциальных форм».

Примеры заданий для практических занятий.

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, из них 2 часа на дом.
2	Двухуровневые системы, взаимодействующие с термостатом.	Двухуровневая квантовая система с матричными элементами гамильтониана $H_{11} = -\varepsilon/2;\ H_{12} = H_{21} = 0;\ H_{22} = \varepsilon/2$. взаимодействует с термостатом с температурой $T >> \varepsilon$. В начальный момент времени ситема находится в состоянии $\Phi(0) = 1/(2)^{1/2}\ \|0> + 1/(2)^{1/2}\ \|1>$, где $\|0>$, $\|1>$- основное и возбужденное состояния 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 $H_{11} = H_{12} = H_{21} = 0;\ H_{22} = \varepsilon$ взаимодействует с термостатом с температурой $T >> \varepsilon$. В начальный момент времени ситема находится в состоянии $\Phi(0) = (3)^{1/2}/2\ \|0> + 1/2\ \|1>$, где $\|0>$, $\|1>$- основное и возбужденное состояния системы. Найти матрицу плотности двухуровневой	4 часа, из них 1 час в ауд.

		системы в момент времени t. Время релаксации диагональных компонент матрицы плотности T1, недиагональных - T2.	
3	Кинетическое уравнение.	В начальный момент времени было n_0 радиоактивных ядер, распадающихся с постоянной λ (вероятность распада одного ядра в единицу времени). Написать кинетическое уравнение для вероятности $P(n, t)$ найти n радиоактивных ядер в момент времени t. Найти $< \Delta n^2 > = < (n^2(t) - <n(t)>^2) >$.	2 , из них 1 час в ауд.
4	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: $d v/dt = -\nu(v) v + f(t)$, где $\nu(v)$ - динамическая сила трения и f - случайная сила с гауссовой статистикой: $<f(t)>=0$, $<f(t) f(t')> = D(v) \delta (t-t')$. Какое соотношение должно быть между $\nu(v)$ и $D(v)$ в термодинамическом равновесии?	2
5	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>.	2
6	Квантовые кинетические уравнения.	Показать, что уравнение Паули $d p_n/dt = \Sigma_m W_{mn} p_m - p_n \Sigma_m W_{nm}$ приводит к возрастанию энтропии $S= - \Sigma_m p_m \ln(p_m)$. Решить уравнение Паули $d p_n/dt = \Sigma_m W_{mn} p_m - p_n \Sigma_m W_{nm}$ 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.	4, из них 2 часа на домашнее здание.
7	Броуновское движение.	Найти корреляционную функцию $< ri(t1) pj(t2)>$ броуновской частицы. Уравнение движения имеет вид: $d \mathbf{p}/dt = - \nu \mathbf{p} + \mathbf{f}(t)$, где **f** - случайная сила с гауссовой статистикой: $<fi(t)>=0$, $<fi(t) fj(t')> = \delta ij \delta$	4 часа на дом.

		(t-t') . Начальные условия: **p**(t=0)=0, **r**(t=0)=0.	
Итого			20

Задачи для домашнего решения

Задача 1. Частица совершает броуновское движение в правой полуплоскости (коэффициент диффузии D), причем прямая $x = 0$ для неё непроницаема. Найти вероятность обнаружить частицу в слое малой толщины вблизи этой 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 являются для частиц поглощающими (частица, попавшая на стенку, обратно в объем не возвращается). Найти асимптотический закон зависимости числа броуновских частиц от времени и распределение их плотности на больших временах, если коэффициент диффузии этих частиц равен D.

Задача 3. На частицу действуют случайная сила, а также сила трения. В начальный момент времени частица находилась в определенной точке и имела равную нулю скорость. Найти распределение частицы по импульсу и координате в произвольный момент времени воспользовавшись Гауссовым видом этого распределения и вычисляя средние 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.

Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Штыгашев, А.А. Задачи по физике. Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Электричество: учебное пособие: / А.А. Штыгашев, Ю.Г. Пейсахович. – Новосибирск: НГТУ, 2017. – 160 с. **ЭБС** – Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=575630
2. Байков, В.И. Теплофизика: термодинамика и статистическая физика / В.И. Байков, Н.В. Павлюкевич. – Минск: Вышэйшая школа, 2018. – 448 с. Режим доступа: – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=560679
3. Алмалиев, А.Н. Термодинамика и статистическая физика. Часть 2. / А.Н. Алмалиев, И.В. Копытин, А.С. Корнев, Т.А. Чуракова. – Воронеж: ВГУ, 2004. – 79 с. **ЭБС** – Режим доступа: http://window.edu.ru/resource/225/27225

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

Таблица 5.1. Основная литература

№ п/п	Наименование, библиографическое описание
1	Московский, С. Б. Курс статистической физики и термодинамики: учебник / С. Б. Московский. - М.: Академический проект, 2005.- 317с. **ЭБС:** Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=143189
2	Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. В 10тт. Т.5. Статистическая физика. Ч.1: учебное пособие/ Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц.- М.: Физматлит, 2001.- 612с. **ЭБС:** Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=83401 Рекомендовано МО РФ в качестве учебного пособия для студентов физических специальностей университетов

3	Кондратьев, А. С. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории / А. С. Кондратьев, П. А. Райгородский.- М.: Физматлит, 2007.- 254 с. **ЭБС:** Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68400 Гриф: Допущено УМО по направлениям педагогического образования МОиН РФ в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 540200 (050200) Физико-математическое образование
4	Термодинамика и статистическая физика : учебное пособие / сост. Л.В. Михнев, Е.А Бондаренко. – Ставрополь: Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2016. – 125 с. **ЭБС** Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=467404
5	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. **ЭБС** Режим доступа:: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82964
6	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. **ЭБС** – Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=494683

Таблица 5.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование, библиографическое описание
1	Мэттис, Д. Ч. Статистическая механика: просто о сложном / Д. Ч. Мэттис, Р. Г. Свендсен.- Москва- Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011.- 388с. **ЭБС** Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=114681
2	Зорич, В.А. Математические аспекты классической термодинамики. – М.: МЦНМО, 2019. – 164 с.
3	Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика: Учеб. пособие для студентов вузов: В 3т. Т. 1: Термодинамика. Т.2. Статистическая физика.- М.: Едиториал УРСС, 2002. – (240 с., 432 с.)
4	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
5	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
6	Веденяпин В.В. Кинетические уравнения Больцмана и Власова. М.: Физматлит, 2001 – 112 с. https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_185

Таблица 5.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

№ п/п	Название (адрес) ресурса
1	EqWorld МИР МАТЕМАТИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ http://eqworld.ipmnet.ru/
2	Словари и энциклопедии https://dic.academic.ru/
3	Краткий справочник по физике http://www.physics.vir.ru
4	Сайт кафедры теоретической физики физического факультета МГУ http://theorphys.phys.msu.ru/education/education.html
5	Сайт кафедры теоретической физики МФТИ http://theorphys.mipt.ru/

Таблица 5.4. Периодические издания

№ п/п	Наименование
1.	Журнал «Физика плазмы» http://www.maik.ru/cgi-bin/list.pl?page=fizplaz
2.	Журнал «Успехи физических наук». www.ufn.ru
3.	Физическое образование в Вузах. / М.: Издательский дом МФО (Московское физическое общество). **ЭБС и** http://pinhe.lebedev.ru/
4.	Журнал Экспериментальной и Теоретической Физики (ЖЭТФ) http://www.jetp.ac.ru/

Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Базы данных ИНИОН РАН http://inion.ru/resources/bazy-dannykh-inion-ran/

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru

Ресурс содержит учебники, учебные пособия, монографии, периодические издания, справочники, словари, энциклопедии. В настоящее время включает более 130 тыс. наименований. Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

ЭБС АГУ на платформе аппаратно-программного комплекса ООО КДУ **http://adygnet.bibliotech.ru**

Ресурс содержит электронные аналоги трудов преподавателей АГУ. Обеспечивает доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям. Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

ООО «Научная электронная библиотека» (НЭБ) www.elibrary.ru

Российский информационно-аналитический портал в области науки, технологии и образования, в том числе электронные версии более 3900 российских научно-технических журналов, из которых более 2800 журналов в открытом доступе.

Международные базы данных научных изданий

Web of Science https://apps.webofknowledge.com Наукометрическая реферативная база данных журналов и конференций. Режим доступа: IP адреса университета

Scopus https://www.scopus.com/search/ – это наукометрическая реферативная база данных, входящая в базу данных SciVerse компании Elsevier. SciVerse объединяет в себе материалы из коллекции рецензированной литературы SciVerse Scopus, собрания полнотекстовых статей SciVerse ScienceDirect. Режим доступа: IP адреса университета.

zbMATH https://zbmath.org/ Реферативная база данных по чистой и прикладной математике.

Интернет-ресурсы открытого доступа (Open Access)

(Информационно-поисковые (справочные) системы)

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» http://window.edu.ru/ Ресурс обеспечивает свободный доступ к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов, к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования и к ресурсам системы федеральных образовательных порталов, объединяет в единое информационное пространство электронные ресурсы свободного доступа для всех уровней образования в России.

Университетская информационная система Россия uisrussia.msu.ru

6. Образовательные технологии

Таблица 6. Образовательные технологии

№	Наименование раздела	Виды учебных	Образовательные

п/п		занятий	технологии
1	**2**	**3**	**4**
1.	Основные понятия и методы термодинамики. Начала термодинамики. Термодинамические потенциалы, уравнения, неравенства. Условия термодинамического равновесия и устойчивости однородной системы. Фазовые переходы. Принцип Ле-Шателье. Математические аспекты термодинамики.	Лекции 1-6. Семинары 1-10. Самостоятельная работа	Лекции с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Беседы с обсуждением вопросов. Консультирование и проверка домашних заданий посредством электронной почты.
2	Основные положения статистической механики равновесных систем. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля. Статистическая независимость. Общие методы равновесной статистической механики. Микроскопическое описание в классической и квантовой статистиках. Канонические распределения. Теория идеальных систем. Распределение Больцмана в классической статистике. Квантовые распределения Бозе и Ферми.	Лекции 1-6. Семинар 1-10. Самостоятельная работа	Лекции с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Беседы с обсуждением вопросов. Технология развития критического мышления. Консультирование и проверка домашних заданий посредством электронной почты.
3	Задача о случайных дискретных блужданиях в одномерном случае. Распределения Бернулли, Максвелла-Больцмана. Функция распределения. Бесстолкновительное кинетическое уравнение. Кинетическое уравнение Власова. Кинетическое уравнение Больцмана. Кинетическое уравнение в приближении времени релаксации. Диффузионное приближение. Уравнение Фоккера-Планка. Интеграл столкновений Ландау. Квантовые кинетические уравнения.	Лекции 1-6. Семинар 1-5. Самостоятельная работа	Лекции с использованием видеоматериалов. Информационно – коммуникационная технология. Технологии групповых дискуссий и развития критического мышления. Консультирование и проверка домашних заданий посредством электронной почты.

7. Методические рекомендации по дисциплине (модулю)

Методические рекомендации преподавателю

Изучив содержание учебной дисциплины, целесообразно разработать матрицу наиболее предпочтительных методов обучения и форм самостоятельной работы обучающихся, адекватных видам лекционных и семинарских занятий.

Необходимо предусмотреть развитие форм самостоятельной работы, выводя обучающихся к завершению изучения учебной дисциплины на её высший уровень. По учебному плану предусмотрено проведение разного типа занятий.

При подготовке лекционного материала преподаватель обязан руководствоваться рабочей программой для данного направления подготовки. При чтении лекций преподаватель имеет право самостоятельно выбирать формы и методы изложения материала, которые будут способствовать качественному его усвоению. При этом преподаватель в установленном порядке может использовать технические средства обучения, имеющиеся на кафедре и в университете.

Вместе с тем, всякий лекционный курс является в определенной мере авторским, представляет собой творческую переработку материала и неизбежно отражает личную точку зрения лектора на предмет и методы его преподавания. В этой связи представляется целесообразным привести некоторые общие методические рекомендации по построению лекционного курса и формам его преподавания.

1. Проведение занятий с аудиторией обучающихся является публичным видом деятельности, определяющим ряд специфических требований к преподавателю:

- Преподаватель должен иметь опрятный внешний вид;
- Преподаватель обязан владеть культурой речи;
- Поведение преподавателя при любых ситуациях должно быть корректным и достойным.

2. Внимательно ознакомиться с методическими рекомендациями, приведенными в учебной литературе по изучаемому материалу.
3. Тема лекции должна быть ясно и четко сформулирована.
4. Перед началом подробного изложения материала целесообразно кратко обозначить, о чем пойдет речь в целом.
5. План (конспект) лекции должен быть заранее тщательно продуман (проработан) с тем, чтобы изложение материала было системным и строгим.
6. Изложение должно вестись ясным и четким языком, фразы и предложения не должны быть перегружены причастными, деепричастными и другими оборотами, затрудняющими восприятие смысла.
7. Определения и формулировки должны соответствовать современным представлениям о предмете и не должны противоречить представленным определениям в рекомендуемой учебной литературе.
8. Изложение материала должно сопровождаться обратной связью со слушателями. Особо важные места следует выделить или повторить. Некоторые вопросы сопровождать задиктовыванием материала.
9. Рисунки, выполненные от руки мелом или маркером на доске, должны быть ясными и хорошо видимыми с дальних рядов аудитории.
10. По возможности следует сопровождать изложение фундаментального материала примерами, имеющими прикладное значение.
11. Стараться избегать неоднозначной трактовки рассматриваемых величин: следить за тем, чтобы разные по смыслу величины обозначались по-разному.
12. При использовании технических средств обучения (видеопроекторов, средств мультимедиа и т.п.) давать возможность обучающимся делать необходимые записи и рисунки в конспектах или предусматривать возможность предоставления материала в электронном или другом виде.
13. Акцентировать внимание обучающихся на том, какие величины являются векторными, а какие – скалярными.
14. Изложение материала предпочтительнее вести в системе СИ.
15. В конце лекции кратко подвести итоги и выводы.

Одной из задач преподавателя, ведущего занятия по дисциплине «Термодинамика, статистическая физика и физическая кинетика», является выработка у обучающихся понимания важности и полезности знания дисциплины для профессионального образования. Физика является средством решения прикладных задач и универсальной основой для технических разделов науки, а также содержит элементы общей культуры.

Методическая модель преподавания дисциплины «Термодинамика, статистическая физика и физическая кинетика» основана на применении активных методов обучения. Принципами организации учебного процесса являются:

- выбор методов преподавания в зависимости от различных факторов, влияющих на организацию учебного процесса;
- объединение нескольких методов в единый преподавательский модуль в целях повышения эффективности процесса обучения;
- активное участие слушателей в учебном процессе;
- проведение практических занятий, определяющих приобретение навыков решения проблемы;
- приведение примеров применения изучаемого теоретического материала к реальным практическим ситуациям.

По учебному плану предусмотрено проведение лекционных и лабораторных занятий. Лекции читаются с использованием наглядных пособий и электронных презентаций, с применением проблемного метода, стимулирующего познавательную активность. В начале каждого практического занятия преподаватель организует повторение изученного на лекции материала по контрольным вопросам к данному практическому занятию, вспоминает с обучающимися понятийный аппарат, основные технологии по теме практического занятия.

По уровню сложности предусматриваются самые различные вопросы, предполагающие воспроизведение и закрепление теоретического материала, проверку его осмысления, вопросы на обобщение, анализ и синтез и др. Обязательно предусматриваются контрольные вопросы на проверку усвоения определений ключевых понятий, знание основных теоретических и практических вопросов.

Вопросы и задания для контроля должны позволить обучающимся самостоятельно определить уровень усвоения учебного материала по теме, представленного в лекции, на практическом занятии и указанной учебной литературе.

Вопросы для самоконтроля могут быть заменены многоуровневыми заданиями.

Цель оценочных средств - определить уровень усвоения материала:

1 уровень – репродуктивный, предполагающий лишь воспроизведение материала и выполнение заданий по образцу;

2 уровень – репродуктивно-практический, предполагающий осмысление знаний и их использования на практике;

3 уровень – творческий, дающий возможность использовать знания не только в стандартных ситуациях и известных видах деятельности, но и в новых, ранее незнакомых.

Методические указания обучающимся по дисциплине

Профессиональная подготовка в современных вузах строится по принципу «от теории к практике», что создает базу для формирования умений и навыков на основе усвоения теоретического материала. Именно поэтому следует особое внимание уделять качеству усвоения теоретического материала.

Материал каждой лекции должен быть проработан: должны быть выделены определения, понятия, законы, теоремы и их доказательства. Должна быть усвоена логическая связь элементов изученного материала. Полезно делать опорный конспект каждой лекции.

При параллельной работе с учебной литературой необходимо конспектировать прорабатываемый материал с обязательным указанием источника информации (автор, название учебника, номер страницы). Все непонятные моменты следует обязательно разобрать с преподавателем на занятии или в рамках КСР.

После выполнения практических заданий, обучающийся должен знать структуру соответствующего программного обеспечения, его основные функции, правила использования его по назначению.

Технология выполнения заданий единообразна и включает в себя следующие этапы:

- теоретическое усвоение материала в объеме данных методических указаний и соответствующих разделов курса лекций;
- практическая работа (выполнение заданий работ);
- получение задания на самостоятельную работу, осмысление его и проведение необходимых подготовительных работ;
- выполнение задания с использованием вычислительной системы;
- оформление отчета;
- защиту выполненной работы.

Каждая практическое задание рассчитано на два или три аудиторных часа.

В начале занятия в устной форме проводится контроль на допуск обучающихся к выполнению задания. После выполнения задания обучающиеся предъявляют преподавателю результаты работы, представленные в виде рисунков, схем, программ, таблиц и графиков, иных записей. Преподаватель оценивает выполнение работы по шкале от 0 до 5 баллов. Защита состоит в индивидуальном собеседовании по теоретической и практической части. Если обучающийся выполнил и защитил все задания в полном объеме, то максимальное количество баллов, которое он может получить, составляет 30 баллов.

Под самостоятельной работой обучающихся понимают такую учебную деятельность, которая организована преподавателями, но осуществляется обучающимся без непосредственного участия преподавателя в учебной деятельности обучающегося. Все виды самостоятельной работы обучающихся по дисциплине представлены в фонде оценочных средств. Четкая организация самостоятельной работы обучающихся делает ее эффективной. Это обеспечивается предоставлением обучающимся: учебных и учебно-методических пособий; тематических планов лекций, практических занятий, образцов контрольных работ, тестов, кейсов и др.; перечня знаний и умений, которыми они должны овладеть при изучении дисциплины; информации о процедуре сдачи зачета и экзамена и др. Ответы представляются в письменной форме (печатной, непосредственно преподавателю, или электронной).

Самостоятельная работа является основным средством овладения учебным материалом во время, свободное от обязательных учебных занятий. Она включает в себя выполнение различного рода заданий, которые ориентированы на более глубокое усвоение материала изучаемой дисциплины. По каждой теме учебной дисциплины обучающимся предлагается перечень заданий для самостоятельной работы.

К выполнению заданий для самостоятельной работы предъявляются следующие требования: задания должны исполняться самостоятельно и представляться в установленный срок, а также соответствовать установленным требованиям по оформлению. Обучающимся следует: руководствоваться графиком самостоятельной работы, выполнять все плановые задания, выдаваемые преподавателем для самостоятельного выполнения, и разбирать на семинарах и консультациях неясные вопросы; при подготовке к экзамену параллельно прорабатывать соответствующие теоретические и практические разделы дисциплины, фиксируя неясные моменты для их обсуждения на консультации с преподавателем.

Самостоятельная работа обучающихся является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, научно-исследовательской деятельности, подготовки к семинарам, лабораторным работам, сдаче зачетов и экзаменов.

Подготовка к промежуточной аттестации ведется на основе полученного лекционного материала и рекомендованной литературы, осмысления работы на практических занятиях и самостоятельной работы.

8. 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.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Лекционные занятия проводятся в аудиториях, предоставляемых деканатом факультета в соответствии с расписанием. Лекции сопровождаются презентациями, представляемыми через медиапроектор и интерактивную доску или телевизор с выходом в сеть Интернет.

Отдельные занятия проводятся в специализированных лабораториях - лабораториях кафедры теоретической физики:

- ✓ лаборатория механики и молекулярной физики;
- ✓ лаборатория компьютерного моделирования;

Программное обеспечение ПК ауд. 323б, 329 и ноутбука для презентаций:

Лицензионное программное обеспечение

– операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian Upgrade Academic OPEN. Microsoft Open License No 48824880;

– офисный пакет программ Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN. Microsoft Open License No 45084044.

Свободно-распространяемое программное обеспечение:

– TeXworks - рабочая среда системы компьютерной верстки физико-математических текстов;

– Free Pascal - универсальный компилятор Pascal с открытым исходным кодом;

– Python (x, y) - бесплатное программное обеспечение для научных и инженерных разработок, численных расчетов;

– OpenOffice Impress пакет офисных приложений.

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

10. Лист регистрации изменений

Номер изменения	Номера листов			Основание для внесения изменения	Подпись	Расшифровка подписи	Дата	Дата введения изменения
	замененных	новых	аннулированных					