

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
филиал МГУ в г. Севастополе  
факультет естественных наук  
кафедра физики и геофизики



**УТВЕРЖДАЮ**

Директор

Филиала МГУ в г. Севастополе  
университета  
имени М.В. Ломоносова  
в городе Севастополе

Севастополе  
О.А. Шпырко  
20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
Наименование дисциплины (модуля)

**Термодинамика и статистическая физика**

*код и наименование дисциплины (модуля)*

**Уровень высшего образования:**  
*специалитет*

**Направление подготовки:**  
**03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика**

*(код и название направления/специальности)*

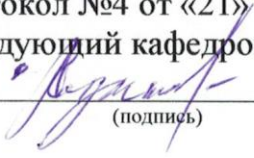
**Направленность (профиль) ОПОП:**  
**общий**

*(если дисциплина (модуль) относится к вариативной части программы)*

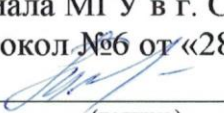
**Форма обучения:**  
**очная**

*очная, очно-заочная*

Рабочая программа рассмотрена  
на заседании кафедры физики и геофизики  
протокол №4 от «21» июня 2023 г.  
Заведующий кафедрой

  
(подпись) (К.В. Показеев)

Рабочая программа одобрена  
Методическим советом  
Филиала МГУ в г. Севастополе  
Протокол №6 от «28» июня 2023 г.

  
(подпись) (Л.И. Теплова)

Севастополь, 2023

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика» в редакции приказа МГУ №1780 от 29 декабря 2018 г.

Год (годы) приема на обучение: с 2020



курс – 4

семестры – 7, 8

зачетных единиц – 8

академических часов – 210, в т.ч.

лекций – 105 часов

практических занятий – 105 часов

Форма промежуточной аттестации:

зачет в 7 семестре, экзамен в 8 семестре

## **1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО.**

Курс "Термодинамика и статистическая физика", читаемый в 7 и 8 семестрах, представляет завершающий курс в разделе теоретической физики и создает основу для всего дальнейшего обучения студента-физика. В нем вводятся основные методы теоретического описания систем многих частиц, расчета, качественного и количественного анализа равновесного и неравновесного состояния материи, общие для любых физических систем. Математической основой курса являются все разделы курса математики и теоретической физики.

## **2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть).**

Успешное освоение дисциплин блока «Математика», а также дисциплины «Молекулярная физика».

## **3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.**

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать:

- Основные понятия и методы термодинамики и статистической физики в рамках тематики лекционного курса.
- Основные понятия и основы термодинамики.
- Методы и приложения термодинамики.
- Условия равновесия и устойчивости и термодинамическая теория фазовых переходов.
- Основные представления статистической физики.
- Основные методы статистической теории равновесных систем.
- Статистическая теория идеальных равновесных систем.
- Теорию классических равновесных неидеальных систем.
- Теорию флуктуаций.
- Броуновское движение и вопросы теории случайных процессов.
- Термодинамическую теорию необратимых процессов.
- Неравновесные процессы и методы физической кинетики.

Уметь:

- применять изученные методы при решении задач, уровень сложности которых иллюстрируется примерами заданий, приведенными в разделе 6.2.2.
- классифицировать условия термодинамического равновесия и устойчивости;
- рассчитывать дисперсию и относительную флуктуацию компоненты скорости, модуля скорости, кинетической энергии одной частицы, а также полной кинетической энергии системы;
- определять корреляцию флуктуаций энергии и числа частиц в системе с помощью большого канонического распределения Гиббса;
- использовать спектральные разложения в теории случайных процессов;
- находить термодинамические потенциалы.

Владеть:

- способностью определить корреляцию флуктуаций энергии и числа частиц в системе;
- навыками решения задачи определения барометрическое распределение плотности идеального ферми-газа;
- определять скрытую теплоту фазового перехода из нормального в сверхпроводящее состояние как функцию внешнего магнитного поля;

- оценить среднее значение квадрата случайной силы, реально действующей на броуновскую частицу;
- рассчитать коэффициенты теплопроводности и диффузионного потока тепла для разреженного газа.

Иметь опыт:

- расчета коэффициента теплопроводности и диффузионного потока тепла для модели разреженного реального газа.

#### 4. Формат обучения – контактный.

**5. Объем дисциплины (модуля)** составляет 8 з. е., в том числе 210 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (аудиторная нагрузка), 78 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

**6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий.**

**6.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий.**

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Номинальные трудозатраты обучающегося		Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости (наименование)	
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)  Виды контактной работы, академические часы	Самостоятельная работа обучающегося, академические часы			
	Занятия лекционного типа*	Занятия семинарского типа*			
7 семестр					
Основные понятия и законы термодинамики	Консультации, 5	Решение задач, 8	7	20	-
Методы и приложения термодинамики	Консультации, 6	Решение задач, 9	8	23	-
Условия равновесия и устойчивости и термодинамическая теория фазовых переходов	Консультации, 5	Решение задач, 8	7	20	Контрольная работа
Основные представления стати-	Консультации,	Решение задач, 8	7	20	-

стической физики	ции, 5				
Основные методы статистической теории равновесных систем	Консультации, 6	Решение задач, 9	8	23	-
Статистическая теория идеальных равновесных систем	Консультации, 5	Решение задач, 8	7	20	Контрольная работа
Теория классических равновесных неидеальных систем	Консультации, 6	Решение задач, 8	8	22	-
8 семестр					
Теория флуктуаций	Консультации, 6	Решение задач, 8	8	22	-
Броуновское движение и вопросы теории случайных процессов	Консультации, 5	Решение задач, 8	7	20	-
Термодинамическая теория необратимых процессов	Консультации, 5	Решение задач, 8	7	20	Контрольная работа
Неравновесные процессы и методы физической кинетики	Консультации, 6	Решение задач, 8	8	22	-
Другие виды самостоятельной работы (при наличии): например, курсовая работа, творческая работа (эссе)	-	-	-	-	-
	60	90	82	238	
Промежуточная аттестация (экзамены)			14	14	
<b>Итого</b>				252	

## 6.2. Содержание разделов (тем) дисциплины.

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
Лекции		
1.	<b>Тема 1. Основные понятия и законы термодинамики.</b>	Основные понятия и исходные положения термодинамики. Термодинамическая система и термодинамические параметры. Состояние термодинамического равнове-

		<p>сия. Квазистатические и нестатические процессы. Внутренняя энергия, количество теплоты и работа. Уравнения состояния.</p> <p>Первое начало термодинамики. Термические и калорические свойства. Второе начало для квазистатических процессов. Энтропия и абсолютная температура. Основное уравнение термодинамики для квазистатических процессов и его следствия.</p> <p>Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Закон возрастания энтропии. Неравенство Клаузиуса. Теоремы Карно.</p> <p>Третье начало термодинамики и его следствия. Недостижимость абсолютного нуля температуры. Теплоемкость вблизи абсолютного нуля.</p>
2.	<b>Тема 2. Методы и приложения термодинамики.</b>	<p>Метод циклов. Метод термодинамических потенциалов. Системы с фиксированным и нефиксированным числом частиц и их термодинамические потенциалы.</p> <p>Термодинамика газов. Эффект Джоуля – Томсона. Термодинамика магнетиков и диэлектриков. Магнитный метод охлаждения.</p> <p>Термодинамика излучения. Термодинамика плазмы. Свободная энергия плазмы. Дебаевский радиус экранировки.</p>
3.	<b>Тема 3. Условия равновесия и устойчивости и термодинамическая теория фазовых переходов.</b>	<p>Основные условия термодинамического равновесия и устойчивости равновесного состояния. Условия устойчивости однородной системы. Условия равновесия системы во внешнем поле.</p> <p>Фазы и компоненты. Условия равновесия гетерогенной системы. Диаграммы фазового равновесия. Критическая точка. Правило фаз.</p> <p>Фазовые переходы первого и второго родов. Критические и закритические явления. Термодинамическая теория критических индексов.</p>
4.	<b>Тема 4. Основные представления статистической физики.</b>	<p>Микроскопическое и макроскопическое описание системы. Проблема многих тел в статистической механике.</p> <p>Фазовое пространство и уравнение Лиувилля. Квантовое описание состояния</p>

		системы.
5.	<b>Тема 5. Основные методы статистической теории равновесных систем.</b>	<p>Микроканоническое распределение. Статистический вес и энтропия.</p> <p>Каноническое распределение Гиббса. Статистическая сумма и свободная энергия.</p> <p>Большое каноническое распределение. Большая статистическая сумма и большой термодинамический потенциал.</p> <p>Аддитивные свойства термодинамических величин и статистический предельный переход. Квазиклассический переход к статистическому интегралу. Условие невырожденности системы.</p> <p>Метод Боголюбова.</p>
6.	<b>Тема 6. Статистическая теория идеальных равновесных систем.</b>	<p>Идеальный классический одноатомный газ. Распределение Максвелла – Больцмана. Классическая теория теплоемкости многоатомного газа, теплоемкости твердого тела и излучения.</p> <p>Идеальные одноатомные квантовые газы. Учет тождественности частиц. Представление чисел заполнения. Статистика Ферми – Дирака и Бозе – Эйнштейна.</p> <p>Ферми-газ при низких температурах. Электронный газ в металлах. Бозе-газ при низких температурах. Бозе-эйнштейновская конденсация.</p> <p>Квантовая теория теплоемкости многоатомного идеального газа. Магнитные и электрические свойства идеальных систем.</p> <p>Системы квантовых осцилляторов. Равновесное излучение и формула Планка. Теория Эйнштейна и Дебая теплоемкости твердого тела.</p> <p>Системы с ограниченным энергетическим спектром и абсолютные отрицательные температуры.</p>
7.	<b>Тема 7. Теория классических равновесных неидеальных систем.</b>	<p>Общие свойства статистического интеграла. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы и теорема о вириале.</p> <p>Закон соответственных состояний. Уравнение Ван-дер-Ваальса и уравнение Клаузиуса.</p> <p>Неидеальный классический одноатомный газ. Групповое разложение в теории га-</p>

		<p>зов. Вириальное разложение.</p> <p>Корреляционные функции и цепочка уравнений для них. Парная корреляционная функция, термодинамические потенциалы и уравнения состояния системы. Статистическая теория плазмы.</p>
8.	<b>Тема 8. Теория флуктуаций.</b>	<p>Квазитермодинамическая теория флуктуаций. Флуктуации основных термодинамических величин в однородной системе.</p> <p>Статистическая теория флуктуаций.</p> <p>Вычисление флуктуаций методом функций распределения.</p> <p>Флуктуационные явления.</p>
9.	<b>Тема 9. Броуновское движение и вопросы теории случайных процессов.</b>	<p>Физические характеристики броуновского движения. Уравнение Ланжевена. Формула Эйнштейна для среднего квадрата скорости броуновской частицы.</p> <p>Высшие моменты скорости и формула Эйнштейна для среднего квадрата смещения свободной броуновской частицы. Броуновское движение осциллятора.</p> <p>Случайные величины и процессы. Уравнение Смолуховского. Уравнение Фоккера – Планка. Эргодичность. Спектральные представления. Флуктуационно - диссипативная теорема.</p>
10.	<b>Тема 10. Термодинамическая теория необратимых процессов.</b>	<p>Основы термодинамической теории неравновесных процессов. Локальное равновесие и основное уравнение термодинамики неравновесных процессов. Уравнения баланса и законы сохранения различных величин.</p> <p>Термодинамика линейных необратимых процессов. Соотношения взаимности Онзагера. Вариационные принципы термодинамики необратимых процессов.</p> <p>Термомеханические и термоэлектрические явления.</p>
11.	<b>Тема 11. Неравновесные процессы и методы физической кинетики.</b>	<p>Кинетические уравнения в статистической механике и их общая структура. Уравнения Боголюбова для классических функций распределения. Вопросы микроскопической обратимости и макроскопической необратимости процессов.</p> <p>Кинетическое уравнение с релаксационным членом и простейшие его применения.</p> <p>Кинетическое уравнение в приближении самосогласованного поля. Линеаризован-</p>



		<p>ное уравнение Власова. Колебания электронной плазмы.</p> <p>Кинетическое уравнение Больцмана. Н-теорема. Локальное распределение Максвелла и уравнения гидродинамики. Коэффициенты переноса.</p>
<b>Семинары</b>		
1.	<b>Тема 1. Основные понятия и законы термодинамики.</b>	<p>Первое начало термодинамики. Термические и калорические свойства. Химический потенциал.</p> <p>Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Второе начало термодинамики для равновесных процессов. Энтропия и абсолютная температура.</p>
2.	<b>Тема 2. Методы и приложения термодинамики.</b>	<p>Закон возрастания энтропии. Неравенство Клаузиуса. Условия равновесия и устойчивости изолированной системы.</p> <p>Третье начало термодинамики и его следствия. Недостижимость абсолютного нуля температуры. Теплоемкость вблизи абсолютного нуля.</p>
3.	<b>Тема 3. Условия равновесия и устойчивости и термодинамическая теория фазовых переходов.</b>	<p>Свободная энергия как термодинамический потенциал. Экстремальные свойства свободной энергии.</p> <p>Термодинамический потенциал Гиббса и его экстремальные свойства; связь с химическим потенциалом.</p> <p>Энтропия как термодинамический потенциал и ее экстремальные свойства.</p> <p>Термодинамика равновесного электромагнитного излучения. Закон Стефана – Больцмана.</p>
4.	<b>Тема 4. Основные представления статистической физики.</b>	<p>Условие устойчивости однородной равновесной системы по отношению к механическим воздействиям.</p> <p>Условие устойчивости однородной равновесной системы по отношению к тепловым воздействиям.</p> <p>Условия равновесия гетерогенной системы. Диаграмма фазового равновесия. Критическая точка. Правило фаз Гиббса.</p>
5.	<b>Тема 5. Основные методы статистической теории равновесных систем.</b>	<p>Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса.</p> <p>Фазовые переходы второго рода. Уравнение Эренфеста. Поведение систем вблизи критической точки.</p> <p>Контрольная работа.</p>
6.	<b>Тема 6. Статистическая теория идеальных равновесных систем.</b>	<p>Идеальный классический одноатомный газ. Распределение Максвелла – Больцмана.</p> <p>Классический одноатомный идеальный газ. Канонические распределения.</p>

		Идеальный одноатомный ферми-газ. Идеальный одноатомный бозе-газ.
7.	<b>Тема 7. Теория классических равновесных неидеальных систем.</b>	Общие свойства статистического интеграла. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы и теорема о вириале. Идеальный невырожденный газ с внутренними степенями свободы Термодинамические системы осцилляторов Неидеальный классический газ. Контрольная работа.
8.	<b>Тема 8. Теория флуктуаций.</b>	Квазитермодинамическая теория флуктуаций. Флуктуации основных термодинамических величин в однородной системе. Статистическая теория флуктуаций. Вычисление флуктуаций методом функций распределения. Флуктуационные явления.
9.	<b>Тема 9. Броуновское движение и вопросы теории случайных процессов.</b>	Физические характеристики броуновского движения. Уравнение Ланжевена. Формула Эйнштейна для среднего квадрата скорости броуновской частицы. Парная корреляционная функция и теория флуктуаций. Контрольная работа.
10.	<b>Тема 10. Термодинамическая теория необратимых процессов.</b>	Основы термодинамической теории неравновесных процессов. Локальное равновесие и основное уравнение термодинамики неравновесных процессов. Уравнения баланса и законы сохранения различных величин. Термодинамика линейных необратимых процессов. Соотношения взаимности Онзагера. Вариационные принципы термодинамики необратимых процессов. Термомеханические и термоэлектрические явления.
11.	<b>Тема 11. Неравновесные процессы и методы физической кинетики.</b>	Спектральные разложения в теории случайных процессов. Явления переноса и кинетические уравнения. Контрольная работа.

**7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).**

## 7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Система итогового контроля знаний включает четыре контрольных работы (промежуточная форма контроля) по две работы в каждом семестре, экзамен в конце седьмого семестра и экзамен после прохождения курса. Контрольные работы состоят из 3-х задач по темам, изученным на семинарских занятиях. Экзамены проводятся в устной форме и оцениваются по четырехбалльной системе: «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично».

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости:

- на контрольной работе даётся пять задач, оценка равна числу решённых задач: «отлично» - за 5 задач, «хорошо» - за 4, «удовлетворительно» - за 3, «неудовлетворительно» - когда число решённых задач менее трёх.

Форма промежуточного контроля – устный экзамен (7 и 8 семестры). По результатам устного экзамена учащийся получает оценку «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Примеры вариантов контрольных работ:

### Вариант 1

Фамилия.....

1. В квазистатически-гидростатическом приближении найти распределение по высоте плотности и давления в атмосфере, находящейся в однородном поле силы тяжести Земли и приближении постоянной температуры.
2. Для равновесного электромагнитного излучения получить с помощью теоремы Карно и первого начала термодинамики закон Стефана-Больцмана.
3. С учетом эффекта Мейснера для сверхпроводника и заданной зависимости критического магнитного поля  $H_{c0}$  от температуры

$$H_{c0} = H_0 \left[ 1 - \left( \frac{\theta}{\theta_0} \right)^2 \right] \text{ при } \theta \leq \theta_0; H_{c0} = 0 \text{ при } \theta > \theta_0,$$

определить скрытую теплоту фазового перехода из нормального в сверхпроводящее состояние как функцию внешнего магнитного поля  $H$  и рассчитать скачок теплоемкости в точке фазового перехода в случае  $H = 0$ .

### Вариант 2

Фамилия.....

1. Рассчитать дисперсию и относительную флуктуацию компоненты скорости  $v_x$ , модуля скорости  $v$ , кинетической энергии одной частицы, а также полной кинетической энергии системы  $N$  частиц.
2. Определить барометрическое распределение плотности идеального ферми-газа, помещенного в однородное поле силы тяжести  $U(z) = mgz$  в случае  $\theta = const$ .
3. Определить давление насыщенного пара над дебаевским кристаллом, полагая пар идеальным классическим газом.

### Вариант 3

Фамилия.....

1. С помощью большого канонического распределения Гиббса определить корреляцию флуктуаций энергии и числа частиц в системе. Оценить эту величину для равновесного излучения и для идеального вырожденного ферми-газа.
2. Оценить среднее значение квадрата случайной силы, реально действующей на броуновскую частицу размером  $R \approx 10^{-4}$  см.
3. С помощью решения стационарного кинетического уравнения с релаксационным членом рассчитать коэффициенты теплопроводности  $\kappa$  и диффузионного потока тепла  $\kappa_n$  для разреженного газа в приближении  $\tau = const$  и  $\lambda = v\tau = const$ .

## 7.2 Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

- для экзамена

Вопросы экзаменационных билетов

### Термодинамика

1. Первое начало термодинамики. Термические и калорические свойства. Химический потенциал.
2. Второе начало термодинамики для равновесных процессов. Энтропия и абсолютная температура.
3. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Закон возрастания энтропии. Неравенство Клаузиуса. Условия равновесия и устойчивости изолированной системы.
4. Третье начало термодинамики и его следствия. Недостижимость абсолютного нуля температуры. Теплоемкость вблизи абсолютного нуля.
5. Свободная энергия как термодинамический потенциал. Экстремальные свойства свободной энергии.
6. Термодинамический потенциал Гиббса и его экстремальные свойства; связь с химическим потенциалом.
9. Энтропия как термодинамический потенциал и ее экстремальные свойства.
10. Термодинамика равновесного электромагнитного излучения. Закон Стефана – Больцмана.
11. Условие устойчивости однородной равновесной системы по отношению к механическим воздействиям.
12. Условие устойчивости однородной равновесной системы по отношению к тепловым воздействиям.
13. Условия равновесия гетерогенной системы. Диаграмма фазового равновесия. Критическая точка. Правило фаз Гиббса.
14. Фазовые переходы 1-го рода. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса.
15. Фазовые переходы 2-го рода. Уравнения Эренфеста.
16. Локальное равновесие и основное уравнение термодинамики неравновесных процессов. Уравнения баланса и законы сохранения различных величин.
17. Термодинамика линейных необратимых процессов. Соотношения взаимности Онзагера.

### Статистическая физика

1. Микроканоническое распределение Гиббса. Статистический вес и энтропия. Термодинамические характеристики системы.
2. Каноническое распределение Гиббса. Статистическая сумма и свободная энергия. Дисперсия полной и удельной энергии системы.
3. Большое каноническое распределение. Большая статистическая сумма и термодинамический потенциал  $\Omega$ . Дисперсия полного числа частиц в системе.
4. Распределение Максвелла как частный случай распределения Гиббса. Условия его применимости.
5. Средние числа заполнения для идеального одноатомного ферми-газа.
6. Средние числа заполнения для идеального одноатомного бозе-газа.
7. Нерелятивистский вырожденный ферми-газ.
8. Идеальный нерелятивистский одноатомный бозе-газ. Бозе-эйнштейновская конденсация.
9. Равновесное излучение и формула Планка.
10. Теория Эйнштейна и Дебая теплоемкости твердого тела.
11. Корреляционные функции и цепочка уравнений для них

12. Системы с короткодействующими силами взаимодействия между частицами. Вириальное разложение.
13. Плазма. Дебаевская экранировка. Характерный радиус экранировки.
14. Уравнение состояния двухкомпонентной системы частиц с кулоновским взаимодействием.
15. Вероятность крупномасштабной флуктуации в равновесной изолированной системе и микроканоническое распределение Гиббса.
16. Изотермические флуктуации плотности числа частиц и парная корреляционная функция.
17. Общая форма для вероятности заданной термодинамической флуктуации в равновесной неизолированной системе.
18. Уравнение Ланжевена для импульса броуновской частицы и зависимость от времени дисперсии этой величины, связанной с учетом особенностей корреляционной функции силового воздействия на частицу.
19. Уравнение Смолуховского и класс функций, в котором это нелинейное уравнение имеет отношение к броуновскому движению.
20. Физическая интерпретация уравнения Фоккера – Планка и всех дополнительных к нему условий.
21. Корреляционная функция стационарного марковского гауссовского случайного процесса.
22. Спектральное представление для стационарных случайных процессов и спектральная форма условия стационарности.
23. Обобщенная формула Найквиста с точки зрения спектральной теории случайных процессов и ее частный случай для шума ЭДС.
24. Эволюция микроскопического состояния классической системы многих частиц. Уравнение Лиувилля.
25. Общая структура кинетического уравнения для одночастичной функции распределения, следующая из уравнения Лиувилля. Кинетическое уравнение с релаксационным членом.
26. Цепочка уравнений Боголюбова для кинетических функций распределения.
27. Концепция самосогласованного поля в системах с дальним действием. Кинетическое уравнение Власова для плазмы.
28. Кинетическое уравнение Больцмана.
29. Лемма Больцмана и H-теорема как основное ее следствие.
30. Гидродинамический этап эволюции системы типа разреженного газа и замкнутая система уравнений для ее описания.

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)</b>				
Оценка	2	3	4	5
РО и соответствующие виды оценочных средств				
<b>Знания</b> (домашние задания)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
<b>Умения</b> (контрольные работы)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки</b> (владения, опыт деятельности) (экзамен)	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

## 8. Ресурсное обеспечение:

### – Перечень основной и дополнительной литературы.

1. Кикоин А.К., Кикоин И.К. Молекулярная физика / А.К. Кикоин, И.К. Кикоин. – 4-е изд. – М.: Лань, 2008. – 480 с.
2. Сивухин Д.В. Курс общей физики: в 5 т. Т 2 / Д.В. Сивухин. – 5-е изд. стер. – М.: Физматлит, 2006. – 544 с.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: в 10 т. Т 9, ч. 2 / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – 4-е изд. стер. – М.: Физматлит, 2004. – 496 с.

### – Описание материально-технического обеспечения.

- Учебный кабинет №173, (40,71м<sup>2</sup>)
- Учебных столов – 9 шт., стульев – 19 шт.,
- 3-х створчатая доска для мела – 1 шт.,
- Стол для преподавателя – 1 шт.
- Стационарный экран для проектора – 1 шт.

**9. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в общей характеристике ОПОП.**

**10. Язык преподавания русский.**

**11. Преподаватель (преподаватели).**

Доктор физико-математических наук, профессор Павел Николаевич Николаев.

Доцент кафедры физики и геофизики, кандидат физико-математических наук Николай Борисович Косых.

**12. Автор (авторы) программы.**

Старший преподаватель кафедры физики и геофизики Андрей Валерьевич Сулимов.

**ОФОРМЛЕНИЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА  
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ И ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ,  
ПРОВОДИМОЙ В ФОРМЕ УСТНОГО ЭКЗАМЕНА**

Формат (в зависимости от количества вопросов, наличия или отсутствия задач и т.п.) А-5 или А-6

ФИЛИАЛ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА имени М.В. ЛОМОНОСОВА в г. СЕВАСТОПОЛЕ

Направление 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

(шифр (шифры) и название (названия) направления (направлений) подготовки)

Учебная дисциплина Термодинамика и статистическая физика

Семестр 8

**Экзаменационный билет  
№ 1**

1. Свободная энергия как термодинамический потенциал. Экстремальные свойства свободной энергии.
2. Равновесное излучение и формула Планка.
3. Физическая интерпретация уравнения Фоккера – Планка и всех дополнительных к нему условий.

Утверждено на заседании кафедры,  
протокол № \_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ (Ф.И.О)

Преподаватель \_\_\_\_\_ (Ф.И.О)