

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

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 специальности 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика», утвержденным приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1780 (в редакции приказа МГУ от 10 июня 2021 года № 609, от 7 октября 2021 года № 1048, от 21 декабря 2021 года № 1404), приказами об утверждении изменений в ОС МГУ от 29 мая 2023 года №700, от 29 мая 2023 года № 702, от 29 мая 2023 года № 703

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		Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Всего академических часов	Форма текущего контроля успеваемости (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, 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	
Итого				252	

6.2. Содержание разделов (тем) дисциплины.

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

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

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

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

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

		Идеальный одноатомный ферми-газ. Идеальный одноатомный бозе-газ.
7.	Тема 7. Теория классических равновесных неидеальных систем.	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.	Тема 8. Теория флуктуаций.	Квазитермодинамическая теория флуктуаций. Флуктуации основных термодинамических величин в однородной системе. Статистическая теория флуктуаций. Вычисление флуктуаций методом функций распределения. Флуктуационные явления.
9.	Тема 9. Броуновское движение и вопросы теории случайных процессов.	Физические характеристики броуновского движения. Уравнение Ланжевена. Формула Эйнштейна для среднего квадрата скорости броуновской частицы. Парная корреляционная функция и теория флуктуаций. Контрольная работа.
10.	Тема 10. Термодинамическая теория необратимых процессов.	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.	Тема 11. Неравновесные процессы и методы физической кинетики.	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 квазистатистически-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 $H_{\text{сд}}$ от температуры

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

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 $\theta = \text{const}$.
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 κ и диффузионного потока тепла κ_n для разреженного газа в приближении $\tau = \text{const}$ и $\lambda = v\tau = \text{const}$.

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 Ω . 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 дальнодействием. 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.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)				
Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	2	3	4	5
Знания (домашние задания)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (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
Навыки (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, (40,71м²)
- 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.)