

Учреждение образования
«Международный государственный экологический институт
им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора

по учебной и воспитательной работе

МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ

И. Э. Бученков

«23» августа 2020 г.

Регистрационный № УД 888-20 уч.



ТЕРМОДИНАМИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 04 05 Медицинская физика

2020 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 05-2014 и учебного плана учреждения высшего образования «Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова» по специальности 1-31 04 05 «медицинская физика» 107-18 /уч.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Н. А. Савастенко, доцент кафедры физики и высшей математики учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» БГУ, кандидат физико-математических наук.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики и высшей математики учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» БГУ (протокол № 9 от 04.04.2020);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» БГУ (протокол № 9 от 23.06.2020).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

«Термодинамика и статистическая физика», являясь частью курса теоретической физики, тесно связана с остальными ее разделами. Учебная дисциплина «Термодинамика и статистическая физика» предполагает предварительное изучение дисциплин «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Механика», «Молекулярная физика», «Физика атома и атомных явлений», «Теоретическая механика», «Квантовая механика».

Цель учебной дисциплины формирование устойчивых теоретических знаний, основанных на современном представлении об основных методах статистического и термодинамического описания свойств равновесных и неравновесных макроскопических систем, состоящих из большого числа частиц и умение применять их для решения практических задач.

Цель учебной дисциплины:

- знать основы классической статистической физики равновесных систем;
- владеть термодинамическим (феноменологическим) описанием равновесного состояния макроскопических систем и квазистатических процессов;
- знать свойства необратимых процессов приближения к термодинамическому равновесию;
- знать условия равновесия и устойчивости термодинамических систем;
- знать характеристики флуктуаций в равновесных системах;
- освоить основы квантовой статистики.

При освоении учебной дисциплины обучающийся должен овладеть следующими компетенциями (СК-3): быть способным использовать специализированные знания, знать разделы теоретической физики для решения профессиональных задач.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

знать:

- основы истории развития физики микроявлений (эксперимента и теории);
- основные законы и методы термодинамики;
- основные принципы статистической механики;
- микроканонические и канонические распределения;

уметь:

- обосновывать законы термодинамики методами статистической физики;
- решать практически важные задачи термодинамики;

владеть:

- терминологией термодинамики и статистической физики;
- математическими методами решения задач термодинамики и статистической физики.

Учебная программа «Термодинамика и статистическая физика» рассчитана на 190 учебных часов, из них 110 аудиторных учебных часов:

60 ч. – лекции, 50 ч. – практические занятия.

Форма текущей аттестации – экзамен в VI семестре.

Форма получения высшего образования – очная.

Целью контроля самостоятельной работы студентов предусмотрена контрольная работа. Текущий контроль осуществляется при проведении практических работ.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. Введение. Основные принципы статистической физики

Предмет и методы статистической физики. Основные понятия статистической физики. Фазовое пространство. Понятие ансамбля. Статистическое распределение. Статистическая независимость. Теорема Лиувилля. Роль энергии. Статистическая матрица. Статистическое распределение в квантовой статистике. Энтропия. Закон возрастания энтропии.

2. Основные понятия и исходные положения термодинамики

Термодинамика. Предмет термодинамики. Термодинамика и статистика. Термодинамические системы, параметры и равновесие. Гомогенные и гетерогенные фазы и компоненты. Понятия «тело» и «фаза» в термодинамике. Равновесные и неравновесные процессы. Основные результаты термодинамического подхода.

3. Термодинамические величины

Температура. Макроскопическое движение. Адиабатический процесс. Давление. Работа и количество тепла. Тепловая функция. Свободная энергия и термодинамический потенциал. Соотношения между производными термодинамических величин. Термодинамическая шкала температур. Процесс Джоуля–Томсона. Максимальная работа. Максимальная работа, производимая телом, находящимся во внешней среде.

4. Основные законы и уравнения термодинамики. Первое начало термодинамики

Уравнение первого начала термодинамики. Теплоемкости и теплоты изотермического изменения внешних параметров. Основные термодинамические процессы и их уравнения.

5. Второе начало термодинамики

Общая характеристика и исходная формулировка второго начала термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Принцип адиабатной недостижимости и второе начало для равновесных процессов. Энтропия и термодинамическая температура. Основное уравнение термодинамики для равновесных процессов. Связь между термическими и калорическими уравнениями состояния. Вычисление энтропии. Парадокс Гиббса. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. Основное уравнение и основное неравенство термодинамики. Цикл Карно и теоремы Карно. Самопроизвольный переход теплоты. Пределы применимости второго начала термодинамики. Направление времени.

6. Третье начало термодинамики

Теорема Нернста. Формулировка третьего начала термодинамики. Некоторые следствия третьего начала термодинамики.

7. Каноническое распределение Гиббса

Зависимость термодинамических величин от числа частиц. Равновесие тела во внешнем поле. Каноническое распределение Гиббса. Распределение Максвелла. Распределение вероятностей для осциллятора. Свободная энергия в распределении Гиббса. Вывод термодинамических соотношений из распределения Гиббса. Распределение Гиббса с переменным числом частиц.

8. Идеальный газ

Распределение Больцмана в квантовом случае. Распределение Больцмана в классической статистике. Свободная энергия и уравнение состояния идеального газа. Идеальный газ с постоянной теплоёмкостью. Закон равнораспределения. Одноатомный идеальный газ, влияние электронного момента. Двухатомный газ. Вращение молекул. Колебания атомов.

9. Распределения Ферми и Бозе

Принцип тождественности одинаковых частиц. Распределение Ферми. Распределение Бозе. Ферми- и Бозе-газы элементарных частиц. Вырожденный электронный газ. Вырожденный Бозе-газ. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Излучение абсолютно чёрного тела.

10. Твердые тела

Нормальные колебания одномерных цепочек атомов. Колебания кристаллической решётки. Дисперсионное уравнение. Твёрдые тела при низких температурах. Твёрдые тела при высоких температурах. Интерполяционная формула Дебая. Фононы.

11. Неидеальные газы

Отклонение газов от идеальности. Разложение по степеням плотности. Формула Ван-дер-Ваальса. Термодинамические величины классической плазмы.

12. Теория флуктуаций

Распределение Гаусса. Флуктуации основных термодинамических величин. Флуктуации в идеальном газе. Формула Пуассона. Обобщенная восприимчивость. Дисперсионные соотношения Крамерса–Кронига. Флуктуационно–диссипационная теорема.

13. Фазовые переходы

Условия равновесия фаз. Формула Клайперона-Клаузиуса. Критическая точка. Правило Максвелла. Закон соответственных состояний. Фазовые переходы второго рода. Параметр порядка. Скачок теплоёмкости при фазовых переходах второго рода.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	Введение. Основные принципы статистической физики	6	8					
2	Основные понятия и исходные положения термодинамики	2						
3	Термодинамические величины	6	8					
4	Основные законы и уравнения термодинамики. Первое начало термодинамики	4						
5	Второе начало термодинамики	4						
6	Третье начало термодинамики	2						
7	Каноническое распределение Гиббса	8						
8	Идеальный газ	6	16					
9	Распределения Ферми и Бозе	6						
10	Твердые тела	4						
11	Неидеальные газы	4						
12	Теория флуктуаций	4	14					
13	Фазовые переходы	4						
14	Контрольная работа		4					
ВСЕГО		60	50					

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Инновационные подходы и методы в преподавании учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется *метод анализа конкретных ситуаций (кейс-метод)*, который предполагает:

- приобретение студентом знаний и умений для решения практических задач;
- анализ ситуации, используя профессиональные знания, собственный опыт, дополнительную литературу и иные источники.

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу необходимо использовать современные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к практическим занятиям, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.).

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего и итогового контроля знаний в форме устного опроса, коллоквиумов, контрольных работ по темам и разделам курса (модуля).

Перечень тем практических занятий

1. Введение. Основные принципы статистической физики
2. Термодинамические величины
3. Идеальный газ
4. Теория флуктуаций

Примерный перечень тем управляемой самостоятельной работы

1. Пределы применимости второго начала термодинамики.
2. Излучение абсолютно черного тела.
3. Свойства сильно разреженных газов.

Перечень используемых средств диагностики результатов учебной деятельности

№ п/п	Перечень
1	Контрольные работы
2	Самостоятельные работы
3	Коллоквиумы по пройденному теоретическому материалу
4	Устный опрос в ходе практических занятий
5	Проверка конспектов лекций студентов

Рекомендуемые темы коллоквиумов

1. Основные положения термодинамики.
2. Каноническое распределение Гиббса.
3. Распределение Ферми и Бозе.
4. Теория флуктуаций.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Ландау, Л. Д. Статистическая физика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М.: Наука, 2018.
2. Путилов, К. А. Термодинамика / К. А. Путилов. – М.: Наука, 1971.
3. Кубо, Р. Статистическая механика / Р. Кубо. – М.: Мир, 1967.
4. Кубо, Р. Термодинамика / Р. Кубо. – М.: Мир, 1970.
5. Базаров, И. П. Термодинамика. / И. П. Базаров. – М.: Высш. шк., 1991.
6. Кайзер, Дж. Статистическая термодинамика неравновесных процессов / Дж. Кайзер. – М.: Мир, 1990.
7. Киттель, Ч. Элементарная статистическая физика / Ч. Киттель. – М.: Изд-во иностр. лит., 1960.

Дополнительная

1. Кондратьев, А. С. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории / А. С. Кондратьев. – М.: Физматлит, 2017.
2. Шкаровский, И. Кинетика частиц плазмы / И. Шкаровский, Т. Джонстон, М. Бачинский. – М.: Атомиздат, 2009.
3. Дайсон, Ф. Статистическая теория энергетических уровней сложных систем / Ф. Дайсон. – М.: Изд-во иностр. лит., 1963.
4. Балеску, Р. Равновесная и неравновесная статистическая механика. В 2 т. / Р. Балеску. – М.: Мир, 1978.
5. Шиллинг, Г. Статистическая физика в примерах / Г. Шиллинг. – М.: Мир, 1978.

Протокол согласования учебной программы

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО
на **2020/2021** учебный год

№	Дополнения и изменения	Основание
1.	В основной список литературы включить 1. Белоусов, Ю.М. Лекции по статистической физике / Ю.М.Белоусов. – М.: МФТИ, 2017. – 78 с. 2. Гавриленко В.Г., Грач С.М. Термодинамика и статистическая физика. Часть 1. Термодинамика и классическая физика. Учебное пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2018. – 93 с.	
2.	Из основного списка литературы перенести в дополнительный 1. Путилов, К. А. Термодинамика / К. А. Путилов. – М.: Наука, 1971. 2. Кубо, Р. Статистическая механика / Р. Кубо. – М.: Мир, 1967. 3. Кубо, Р. Термодинамика / Р. Кубо. – М.: Мир, 1970. 4. Базаров, И. П. Термодинамика. / И. П. Базаров. – М.: Высш. шк., 1991. 5. Кайзер, Дж. Статистическая термодинамика неравновесных процессов / Дж. Кайзер. – М.: Мир, 1990. 6. Киттель, Ч. Элементарная статистическая физика / Ч. Киттель. – М.: Изд-во иностр. лит., 1960.	

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры общей и медицинской физики (протокол № 1 от 31.08.2020 года).

Заведующий кафедрой

 Н.А. Савастенко, к. физ.- мат. наук, доцент

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета мониторинга окружающей среды  В.В. Жилко, к.х.н., доцент

928

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на 2021/2022 учебный год

№	Дополнения и изменения	Основание
1.	В основной список литературы включить 1. Климонтович, Ю. Л. Статистическая физика / Ю.Л. Климонтович. – М. : URSS, 2021. – 608 с. 2. Базаров, И. П. Задачи по термодинамике и статистической физике / И. П. Базаров, Э. В. Геворкян, П. Н. Николаев. – М. : URSS, 2020. – 352 с. 3. Квасников, И. А. Термодинамика и статистическая физика: Теория равновесных систем: Термодинамика Т. 1. / И. А. Квасников. – М. : URSS, 2021. – 328 с.	
2.	Из основного списка литературы перенести в дополнительный	

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры общей и медицинской физики (протокол № 1 от 30.08.2021 года).

Заведующий кафедрой



Н.А. Савастенко, к. физ.- мат. наук, доцент

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета мониторинга окружающей среды  В.В. Жилко, к.х.н., доцент