

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

Кафедра теоретической физики и
волновых явлений
(ТФВЯ_ИИФР)

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий ОП ВО

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Кафедра теоретической физики и
волновых явлений (ТФВЯ_ИИФР)

наименование кафедры

профессор С.Г.Овчинников

подпись, инициалы, фамилия

«___» _____ 20__ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА**

Дисциплина Б1.Б.12.04 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА
Статистическая физика

Направление подготовки / 03.03.02 Физика Профиль 03.03.02.07
специальность Биохимическая физика

Направленность
(профиль)

Форма обучения

очная

Год набора

2018

Красноярск 2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по укрупненной группе

030000 «ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ»

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Направление 03.03.02 Физика Профиль 03.03.02.07 Биохимическая физика

Программу
составили

д.ф.-м.н., профессор, М.М.Коршунов

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель преподавания дисциплины

Изучение курса «Статистическая физика» ставит своей целью сформировать у студентов знания об основных законах и свойствах термодинамики равновесных процессов, принципах статистической физики, термодинамических свойствах конденсированных сред, неидеальных статистических систем, случайных процессах и физической кинетики. В рамках курса предполагается изучить основные экспериментальные закономерности, лежащие в основе законов термодинамики, статистический метод описания классических и квантовых макроскопических систем, взаимосвязь законов термодинамики и статистической физики, неравновесную термодинамику и физическую кинетику, познакомить с основами физики взаимодействующих систем и методами их описания. Курс призван выработать навыки использования знаний и умений для моделирования физических явлений и проведения численных расчетов.

1.2 Задачи изучения дисциплины

Познакомить студентов с основными моделями макроскопических систем, используемых в рамках термодинамики и статистической физики, и продемонстрировать действие физических законов, а также эффективность методов термодинамического и статистического описания равновесных и неравновесных процессов в макроскопических системах на примере данных моделей.

Рассмотреть основные экспериментальные закономерности термодинамических явлений, статистические методы описания свойств вещества, структуру и математическую форму основных уравнений статистической физики, равновесной и неравновесной термодинамики и физической кинетики, особенности их использования при описании различных явлений, а также методы описания кинетических явлений и способы нахождения обобщенных кинетических коэффициентов.

Раскрыть роль статистических закономерностей в физике конденсированных сред.

Рассмотреть основные методы экспериментального и теоретического исследования термодинамических явлений, использование термодинамических явлений в современных технологиях.

Проанализировать основные принципы моделирования термодинамических явлений, установить область применимости этих моделей, рассмотреть способы вычисления физических величин, характеризующих явления.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

ОПК-3: способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	
Уровень 1	Термодинамическое описание макросистем
Уровень 2	Основные положения статистической физики
Уровень 3	Статистические распределения для квантовых газов
Уровень 1	Решать задачи на термодинамическое описание макросистем
Уровень 2	Решать задачи статистической физики
Уровень 3	Решать задачи на статистические распределения для квантовых газов
Уровень 1	Методами теории вероятностей
Уровень 2	Методом Гиббса
Уровень 3	Методом Кубо

1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Курс является базовым и базируется на курсах общей и теоретической физики, а также на дисциплинах математического цикла:

Теория вероятностей и математическая статистика

Численные методы и математическое моделирование

Оптика

Дифференциальные и интегральные уравнения

Математический анализ

Линейная алгебра. Аналитическая геометрия

Молекулярная физика

Особое внимание при изложении курса и проведении практических занятий следует уделить строгому микроскопическому описанию тех явлений, которые рассматривались ранее в курсах общей физики на качественном уровне.

Последующие курсы:

Математическая биофизика

НИР

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Преддипломная практика

1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр	
		7	8
Общая трудоемкость дисциплины	7 (252)	3 (108)	4 (144)
Контактная работа с преподавателем:	3,78 (136)	2 (72)	1,78 (64)
занятия лекционного типа	1,89 (68)	1 (36)	0,89 (32)
занятия семинарского типа			
в том числе: семинары			
практические занятия	1,89 (68)	1 (36)	0,89 (32)
практикумы			
лабораторные работы			
другие виды контактной работы			
в том числе: групповые консультации			
индивидуальные консультации			
иная внеаудиторная контактная работа:			
групповые занятия			
индивидуальные занятия			
Самостоятельная работа обучающихся:	2,22 (80)	1 (36)	1,22 (44)
изучение теоретического курса (ТО)			
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)			
реферат, эссе (Р)			
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет	Нет
Промежуточная аттестация (Зачёт) (Экзамен)	1 (36)		1 (36)

3 Содержание дисциплины (модуля)

3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Термодинамическое описание макросистем	14	20	0	18	ОПК-3
2	Основные положения статистической физики	22	16	0	18	ОПК-3
3	Статистические распределения для квантовых газов	14	16	0	16	ОПК-3
4	Метод Гиббса	4	10	0	20	ОПК-3
5	Физическая кинетика, основы неравновесной термодинамики и метода Кубо	14	6	0	8	ОПК-3
Всего		68	68	0	80	

3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме

1	1	Объекты исследования термодинамики и стат. физики, цели каждой, взаимодополняемость и первичность. Температура. Энтропия. Работа.	2	0	0
2	1	Внутренняя энергия. Первое начало термодинамики. Теплоёмкость. КПД тепловой машины. Цикл Карно. Второе начало термодинамики. Аксиоматика термодинамики – три начала (и нулевое). Принцип Нернста (третье начало) и его следствия.	2	0	0
3	1	Термодинамические коэффициенты, соотношения между ними. Отсутствие взаимодействия молекул идеального газа на расстоянии. Термодинамика газа Ван-дер-Ваальса.	2	0	0
4	1	Процессы Гей-Люссака и Джоуля-Томпсона. Энтальпия. Термодинамический потенциал (потенциал Гиббса), метод термодинамических функций.	2	0	0
5	1	Политропические процессы. Поливариантные системы. Химический потенциал. Неравновесные процессы – рост энтропии, парадокс Гиббса.	2	0	0

6	1	<p>Экстремальные свойства термодинамических функций. Термодинамические неравенства. Равновесие фаз. Фазовые переходы 1-го рода. Молярная теплота перехода, уравнение Клайперона-Клаузиуса. Равновесие 3-х фаз, тройная точка. Фазовые переходы 2-го рода.</p>	2	0	0
7	1	<p>Симметричные свойства фазовых переходов 2-го рода, параметр порядка. Теория Ландау, скачок теплоёмкости. Связь скачков различных термодинамических коэффициентов друг с другом – уравнения Эренфеста.</p>	2	0	0
8	2	<p>Квантовые состояния, определения вырождения и энергии системы. Простейшая модель статистической системы – модель линейной цепочки невзаимодействующих спинов в отсутствие внешних полей.</p>	4	0	0
9	2	<p>Число состояний и степень вырождения. Резкий максимум функции степени вырождения (переход к распределению Гаусса). Энергия магнитной системы. Основное предположение статистической физики, замкнутость системы, вероятность, среднее по ансамблю.</p>	4	0	0

10	2	Две системы в тепловом контакте. Определение энтропии и температуры. Третье начало термодинамики.	4	0	0
11	2	Аддитивность и возрастание энтропии, второе начало термодинамики. Магнитное охлаждение, восприимчивость, закон Кюри. Обобщённая энтропия. Две системы в диффузионном контакте. Химический потенциал.	4	0	0
12	2	Факторы Гиббса и Больцмана. Большая стат. сумма. Вычисление средних по ансамблю, число частиц и энергия. Случай постоянного числа частиц, стат. сумма. Отрицательные температуры.	4	0	0
13	2	Давление и термодинамическое тождество. Необратимые процессы. Определение энтропии по Больцману. Выражения для свободной энергии и большого термодинамического потенциала через стат. суммы. Свободная энергия Гиббса и энтальпия.	2	0	0

14	3	Принцип Паули, фермионы и бозоны. Получение функций распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Квантовая теория свободной частицы в ящике со стенками длиной L (одно- и трёхмерный случай).	2	0	0
15	3	Одноатомный идеальный газ. Классический режим. Химический потенциал, энергия, энтропия и уравнение Сакура-Тетроде. Давление и уравнение состояния идеального газа. Теплоёмкость. Малость флуктуаций числа частиц и энергии в макроскопической системе.	2	0	0
16	3	Применение распределения Ферми-Дирака. Вырожденный ферми-газ. Энергия Ферми. Плотность состояний (орбиталей) для трёхмерного, двумерного и одномерного случаев. Теплоёмкость вырожденного ферми-газа, температура Ферми. Теплоёмкость в металле.	2	0	0
17	3	Функция распределения Планка для фотонов. Плотность фотонных мод. Флуктуации числа фотонов.	2	0	0
18	3	Фононы в твёрдых телах, теория Дебая. Описание фононов как квазичастиц.	2	0	0

19	3	<p>Применение распределения Бозе-Эйнштейна. Физика бозонов. Жидкий гелий. Бозе-конденсация. Температурная зависимость теплоёмкости. Явление сверхтекучести.</p>	2	0	0
20	3	<p>Свободная энергия и стат. сумма. Минимум свободной энергии при равновесии. Намагниченность магнитной системы со спиновым избытком $2m$, фазовый переход в ферромагнитное состояние при температуре Кюри. Свободная энергия и стат. сумма для идеального газа.</p>	2	0	0
21	4	<p>Метод Гиббса, Γ-пространство. Понятие статистического ансамбля. Уравнение Лиувилля. Теорема Лиувилля. Микроканоническое распределение Гиббса. T-V-N система, каноническое распределение Гиббса, статистический интеграл.</p>	2	0	0

22	4	<p>T-V-μ система, большое каноническое распределение. T-P-N система, статистический X-интеграл.</p> <p>Распределения для систем взаимодействующих частиц при произвольном термостате. Три способа получения распределений для статистических систем.</p>	2	0	0
23	5	<p>Неравновесные состояния и процессы. Предметы изучения кинетики и неравновесной термодинамики.</p> <p>Функция распределения в кинетике.</p> <p>Разреженный и плотный газы. Стохастическое движение в газах высокой плотности, марковские процессы, уравнение Смолуховского и принцип детального равновесия. Уравнение Фоккера-Планка.</p>	2	0	0
24	5	<p>Броуновское движение частицы в газе или жидкости во внешнем поле. Уравнение кинетического баланса, запись в квантовом случае. Пример идеального газа с двумя невырожденными уровнями энергии.</p> <p>Система атомов в равновесии с электромагнитным излучением, вывод формулы Планка по Эйнштейну.</p>	2	0	0

25	5	Разреженный газ, интеграл столкновений, вывод кинетического уравнения Больцмана. Запись интеграла столкновений через сечение рассеяния.	2	0	0
26	5	Уравнения переноса Максвелла. Законы изменения массы, импульса, кинетической и потенциальной энергий. Законы сохранения и возрастания энтропии, H-теорема Больцмана. Функция распределения при локальном равновесии.	2	0	0
27	5	Стадии эволюции неравновесной системы: первоначальная хаотизация, кинетический этап, гидродинамический этап. Уравнения газовой динамики, необходимость дополнить их феноменологическими уравнениями. Возникновение вязких сил в неравновесных процессах.	2	0	0
28	5	Неравновесная термодинамика: уравнения баланса массы, энергии, импульса, энтропии. Соотношения Онсагера.	2	0	0

29	5	Матрица плотности, чистые состояния, изменение со временем матрицы плотности. Метод Кубо, матрица плотности системы во внешнем поле. Вычисление тензора проводимости вещества, диэлектрическая проницаемость.	2	0	0
Всего			68	0	0

3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Математическое введение	2	0	0
2	1	Квазистатические процессы	4	0	0
3	1	I закон термодинамики	2	0	0
4	1	II закон термодинамики	2	0	0
5	1	Термодинамические функции	4	0	0
6	1	III закон термодинамики (теорема Нернста)	2	0	0
7	1	Термодинамика стержней и магнетиков	2	0	0
8	1	Равновесие фаз	2	0	0
9	2	Элементы теории вероятностей	4	0	0
10	2	Распределение Максвелла	4	0	0
11	2	Распределение Больцмана	4	0	0
12	2	Распределение Гиббса	4	0	0
13	3	Квантовое каноническое распределение	2	0	0
14	3	Каноническое распределение. Квазиклассическое приближение	2	0	0
15	3	Распределение Ферми-Дирака	2	0	0
16	3	Идеальный ферми-газ	2	0	0

17	3	Электронный газ в квантующем магнитном поле	2	0	0
18	3	Распределение Бозе-Эйнштейна	2	0	0
19	3	Конденсация Бозе-Эйнштейна	2	0	0
20	3	Бозе-жидкость	2	0	0
21	4	Флуктуации термодинамических величин	2	0	0
22	4	Флуктуации энергии	4	0	0
23	4	Флуктуации числа частиц	4	0	0
24	5	Элементы физической кинетики	2	0	0
25	5	Броуновское движение	2	0	0
26	5	Элементы неравновесной термодинамики	2	0	0
Всего			68	0	0

3.4 Лабораторные занятия

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Всего					

4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Тогушова Ю. Н., Коршунов М. М.	Термодинамика и статистическая физика: учебно-методическое пособие [для практических занятий и самостоятельной работы студентов напр. 010700.62 «Физика» и спец. 010708.65 «Биохимическая физика»]	Красноярск: СФУ, 2012

5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Белонучкин В. Е., Заикин Д. А., Ципенюк Ю. М., Ципенюк Ю. М.	Основы физики. Курс общей физики: Т. 2. Квантовая и статистическая физика. Термодинамика	Москва: Физматлит, 2007
Л1.2	Церковников Ю. А., Рудой Ю. Г.	Статистическая механика: избранные труды	Москва: Янус-К, 2010
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л2.1	Квасников И. А.	Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем: учебное пособие для вузов по специальности "Физика"	Москва: МГУ им. М. В. Ломоносова, 1991
Л2.2	Базаров И. П., Геворкян Э. В., Николаев П. Н.	Неравновесная термодинамика и физическая кинетика: учебное пособие для студентов университетов, обучающихся по специальности *Физика*	Москва: Московский университет [МГУ] им. М.В. Ломоносова, 1989
Л2.3	Паньков А. А.	Статистическая механика пьезокомполитов: монография	Пермь: ПГТУ, 2009
6.3. Методические разработки			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Тогушова Ю. Н., Коршунов М. М.	Термодинамика и статистическая физика: учебно-методическое пособие [для практических занятий и самостоятельной работы студентов напр. 010700.62 «Физика» и спец. 010708.65 «Биохимическая физика»]	Красноярск: СФУ, 2012

7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Э1	Мир математических уравнений	http://eqworld.ipmnet.ru
Э2	Электронная естественнонаучная библиотека	http://bib.tiera.ru
Э3	Поисковая машина электронных книг	http://www.poiskknig.ru
Э4	Файловый архив для студентов	http://www.studfiles.ru
Э5	Электронная библиотека	http://gen.lib.rus.ec

8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Самостоятельное изучение теоретического материала и решение задач необходимо выполнять, используя как основную, так и дополнительную учебную литературу. Также необходимо активно участвовать в разборе типичных задач на семинарских занятиях. На лекциях необходимо задавать уточняющие вопросы преподавателю для лучшего усвоения материала.

На семинарских занятиях необходимо иметь чистовую тетрадь для выполнения текущих заданий и тетрадь для черновика. В процессе решения задач рекомендуется использовать справочную литературу по соответствующим разделам математики. Для выполнения числовых расчетов при себе необходимо иметь калькулятор.

Перед решением задач необходимо произвести актуализацию теоретических знаний по данной теме. Для этого рекомендуется перед началом занятия самостоятельно прочесть соответствующие разделы лекций.

При решении задачи необходимо придерживаться следующего оформления: записать исходные данные задачи, определить искомые величины, при необходимости, построить схему, начертить график или рисунок, в конце расчета выделить полученный результат. Все математические выкладки сопровождать подробными комментариями. Указывать размерности физических величин, если того требует логика изложения. Обязательно обсудить физический смысл полученного результата.

9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

9.1 Перечень необходимого программного обеспечения

9.1.1	1.Microsoft Office 2007 (или выше)
9.1.2	2.Adobe Reader

9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

9.2.1	ИСС не используются
-------	---------------------

10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Занятия проводятся в учебных аудиториях для занятий лекционного и семинарского типа. Аудитории укомплектованы специализированной мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.