

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский национальный исследовательский государственный университет
имени Н.Г. Чернышевского»

Факультет нано- и биомедицинских технологий

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебно-методической работе,
профессор

Е.Г. Елина

2016 г.



Рабочая программа дисциплины

Статистическая физика

Направление подготовки бакалавриата
03.03.02 "Физика"

Профиль подготовки бакалавриата
"Медицинская физика"

Квалификация (степень) выпускника
бакалавр

Форма обучения
очная

Саратов 2016 г.

Цели освоения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Статистическая физика» является создание фундаментальной базы знаний у студентов, на основе которой развивается более углубленное и целеустремленное изучение разделов физики в рамках теоретической физики; формирование представлений о квантовых и классических функциях распределения, об общих методах равновесной статистической механики, теории идеальных систем, статистической теории неидеальных систем, теории флуктуаций.

Задачами изучения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний о единой, логически непротиворечивой физической картине мира, об основных явлениях и процессах, происходящих в природе и установления связей между ними;
- формирование умений обобщения экспериментальных данных и построение на их основе моделей наблюдаемых явлений со строгим обоснованием приближений и рамок, вывода основных законов статистической физики и получение их выражения в виде математических уравнений;
- формирование владения навыками решения конкретных задач статистической физики с последующим анализом и оценкой полученных результатов.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Статистическая физика» относится к базовой части блока «Дисциплины» Б1.Б.21 и изучается студентами дневного отделения направления «Физика» профиля «Медицинская физика» на 4 курсе в 7 учебном семестре. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные знания по математике, теоретической и квантовой механике и подготавливают студентов к изучению в последующих семестрах таких дисциплин как «Электронный механизм жизнедеятельности биологических структур», а также позволяют студенту получить углубленные знания и навыки для успешной профессиональной деятельности и образования в магистратуре.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины «Статистическая физика» формируются следующие компетенции: ОПК-3.

ОПК-3. Способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач. Компетенция реализуется в части умения применять знания основных методов статистической физики и проведения расчетов физических величин с их последующей интерпретацией, умения решать алгебраические и дифференциальные уравнения, пользоваться физической

справочной информацией, а при анализе полученных результатов умения использовать основные базовые знания и физике.

В результате изучения дисциплины обучающийся студент должен:

- знать основы статистического подхода при решении научно-исследовательских и практических задач, основные понятия и законы статистической физики, методы описания макроскопических систем и процессов с учетом их взаимосвязи и взаимодействия.
- уметь проводить анализ статистических данных, выполнять оценку характеристических функций и основных параметров при исследовании макро- и микросистем.
- владеть навыками использования статистических методов для решения задач при изучении свойств макро- и микросистем, находящихся под воздействием внешних факторов.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 72 часа, 2 зачетные единицы.

| № п/п | Раздел дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | | | | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам) |
|-------|---|---------|-----------------|--|-----|----|-----|---|
| | | | | Лек | Лаб | Пр | СРС | |
| 1. | Статистическое распределение. Статистическая независимость. Теорема Лиувилля. Энтропия. Закон возрастания энтропии. | 7 | 1 | 2 | | 1 | 2 | Опрос студентов (на лекциях и семинарских занятиях) |
| 2 | Температура. Макроскопическое движение. Адиабатический процесс. Давление. Работа и количество тепла. Тепловая функция. Свободная энергия и термодинамический потенциал. | 7 | 2 | 2 | | 1 | 2 | Опрос студентов (на лекциях и семинарских занятиях) |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|--|---|---|---|
| 3 | Термодинамическая шкала температур. Процесс Джоуля-Томсона. Максимальная работа. Термодинамические неравенства. Принцип Ле-Шателье. Теорема Нернста. Зависимость термодинамических величин от числа частиц. | 7 | 3 | 2 | | 1 | 2 | Опрос студентов (на лекциях и семинарских занятиях) |
| 4 | Распределение Гиббса. Распределение Максвелла. Свободная энергия в распределении Гиббса. Распределение Гиббса для вращающихся тел. | 7 | 4 | 2 | | 1 | 2 | Опрос студентов (на лекциях и семинарских занятиях) |
| 5 | Распределение Больцмана. Столкновение молекул. Неравновесный идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа. Идеальный газ с постоянной теплоемкостью. Закон распределения. Одноатомный идеальный газ. | 7 | 5 | 2 | | 1 | 2 | Опрос студентов (на лекциях и семинарских занятиях) |
| 6 | Двухатомный газ с молекулами из различных атомов. Двухатомный газ с молекулами из одинаковых атомов. | 7 | 6 | 2 | | 1 | 2 | Опрос студентов (на лекциях и семинарских занятиях) |
| 7 | Распределение Ферми. Распределение Бозе. | 7 | 7 | 2 | | 1 | 2 | Опрос студентов (на лекциях и семинарских занятиях) |

| | | | | | | | | |
|----|--|---|----|---|--|---|---|---|
| 8 | Вырожденный электронный газ. Теплоемкость вырожденного электронного газа. Магнетизм электронного газа. Слабые и сильные поля. | 7 | 8 | 2 | | 1 | 2 | Опрос студентов (на лекциях и семинарских занятиях) |
| 9 | Твердые тела при низких и высоких температурах. Интерполяционная формула Дебая. | 7 | 9 | 2 | | 1 | 2 | Опрос студентов (на лекциях и семинарских занятиях) |
| 10 | Сильно анизотропные кристаллы. Колебания кристаллической решетки. | 7 | 10 | 2 | | 1 | 2 | Опрос студентов (на лекциях и семинарских занятиях) |
| 11 | Отклонение газов от идеальности. Разложение по степеням плотности. Формула Ван-дер-Ваальса. | 7 | 11 | 2 | | 1 | 2 | Опрос студентов (на лекциях и семинарских занятиях) |
| 12 | Условие равновесия фаз. Формула Клапейрона-Клаузиуса. Критическая точка. | 7 | 12 | 2 | | 1 | 2 | Опрос студентов (на лекциях и семинарских занятиях) |
| 13 | Системы с различными частицами. Правило фаз. Слабые растворы. Осмотическое давление. Равновесие по отношению к растворенному веществу. Выделение тепла и изменение объема при растворении. | 7 | 13 | 2 | | 1 | 3 | Опрос студентов (на лекциях и семинарских занятиях) |

| | | | | | | | | |
|----|---|---|----|----|--|----|----|---|
| 14 | Распределение Гаусса для нескольких величин. Флуктуации основных термодинамических величин. Формула Пуассона. Флуктуации в растворах. | 7 | 14 | 2 | | 1 | 3 | Опрос студентов (на лекциях и семинарских занятиях) |
| | Итого: | | | 28 | | 14 | 30 | Зачет, контрольная работа |

Содержание дисциплины

1. Статистическое распределение. Статистическая независимость. Теорема Лиувилля. Статистическая матрица. Статистическое распределение в квантовой статистике.
2. Энтропия. Закон возрастания энтропии. Температура. Макроскопическое движение. Адиабатический процесс. Давление.
3. Работа и количество тепла. Тепловая функция. Свободная энергия и термодинамический потенциал. Соотношения между производными термодинамических величин.
4. Термодинамическая шкала температур. Процесс Джоуля-Томсона. Максимальная работа. Максимальная работа, производимая телом, находящимся во внешней среде.
5. Термодинамические неравенства. Принцип Ле-Шателье. Теорема Нернста. Зависимость термодинамических величин от числа частиц. Равновесие тела во внешнем поле.
6. Распределение Гиббса. Распределение Максвелла. Распределение вероятностей для осциллятора. Свободная энергия в распределении Гиббса.
7. Распределение Гиббса для вращающихся тел. Распределение Гиббса с переменным числом частиц. Вывод термодинамических соотношений из распределения Гиббса.
8. Распределение Больцмана. Столкновение молекул. Неравновесный идеальный газ. Свободная энергия больцмановского идеального газа.
9. Уравнение состояния идеального газа. Идеальный газ с постоянной теплоемкостью. Закон распределения. Одноатомный идеальный газ.
10. Двухатомный газ с молекулами из различных атомов. Двухатомный газ с молекулами из одинаковых атомов. Вращение молекул. Колебания атомов. Влияние электронного момента. Многоатомный газ.
11. Распределение Ферми. Распределение Бозе. Неравновесные ферми- и бозе-газы. Ферми- и бозе-газы элементарных частиц.
12. Вырожденный электронный газ. Теплоемкость вырожденного электронного газа. Магнетизм электронного газа. Слабые и сильные поля.

13. Релятивистский вырожденный электронный газ. Вырожденный бозе-газ. Черное излучение.
14. Твердые тела при низких и высоких температурах. Интерполяционная формула Дебая. Тепловое расширение твердых тел.
15. Сильно анизотропные кристаллы. Колебания кристаллической решетки. Плотность числа колебаний. Фононы.
16. Отклонение газов от идеальности. Разложение по степеням плотности. Формула Ван-дер-Ваальса. Метод корреляционных функций.
17. Условие равновесия фаз. Формула Клапейрона-Клаузиуса. Критическая точка.
18. Системы с различными частицами. Правило фаз. Слабые растворы. Осмотическое давление. Равновесие по отношению к растворенному веществу. Выделение тепла и изменение объема при растворении.
19. Смесь идеальных газов. Смесь изотопов. Давление пара над концентрированным раствором. Термодинамические неравенства в растворах. Кривые равновесия. Диаграммы состояния.
20. Условие химического равновесия. Закон действующих масс. Теплота реакции. Ионизационное равновесие.
21. Распределение Гаусса для нескольких величин. Флуктуации основных термодинамических величин. Формула Пуассона. Флуктуации в растворах.

5. Образовательные технологии

В преподавании дисциплины «Статистическая физика» используются следующие образовательные технологии:

- исследовательские методы в обучении,
- информационно-коммуникационные технологии,
- проблемное обучение,
- дискуссии на заданную тему.

При проведении лекционных занятий используется ПК, мультимедийный проектор и интерактивный экран. На лекционных занятиях проводятся экспресс - опросы по пройденному материалу и дискуссии на тему, предложенную для самостоятельной проработки.

Часть лекций происходит в форме лекции-беседы, позволяющей привлечь внимание студентов к наиболее важным вопросам темы и определяющей темп изложения учебного материала с учетом особенностей студентов.

Методы обучения, применяемые при изучении дисциплины, способствуют закреплению и совершенствованию знаний, овладению умениями и получению навыков в области статистических методов оценки качества продукции и регулирования технологических процессов.

Содержание учебного материала диктует выбор методов обучения:

- информационно-развивающие – лекция, объяснение, демонстрация, самостоятельная работа с рекомендуемой литературой;

- проблемно-поисковые и исследовательские – самостоятельная проработка предлагаемых проблемных вопросов по дисциплине.

Перечень лабораторных работ

Нет

Примерная тематика практических занятий (семинаров)

1. Приемы преобразования термодинамических величин. Якобианы преобразований.
2. Элементы теории вероятности. Функция распределения. Средние значения.
3. Микроскопическое описание состояния квантовой системы. Состояние статистического равновесия.
4. Механический подход и статистические законы. Функция распределения. Теорема Лиувилля.
5. Каноническое распределение Гиббса. Распределение Максвелла. Распределение Больцмана.
6. Статистическое распределение для квантовых систем.
7. Теплоемкость твердого тела.
8. Распределение Ферми-Дирака. Сопоставление статистик Максвелла-Больцмана, Ферми-Дирака.

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья;
- использование индивидуальных графиков обучения;
- использование дистанционных образовательных технологий.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Самостоятельная внеаудиторная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего учебного семестра (периода изучения дисциплины) и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям и лабораторным занятиям, в выполнении заданий лектора, работе в компьютерном классе или библиотеке.

Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала лекций разбирать вопросы, изложенные в каждой очередной лекции, до следующей, по непонятым деталям консультироваться у лектора, читать соответствующую литературу;
- при подготовке к лабораторным занятиям тщательно изучать тему предстоящей работы, задавать уточняющие вопросы преподавателю;
- задания, которые даются лектором во время лекции по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время экзамена.

Промежуточная аттестация проводится в виде зачёта (7-й семестр).

Перечень заданий самостоятельной работы, предлагаемых студентам в ходе чтения лекций:

1. Статистическая матрица. Статистическое распределение в квантовой статистике.
2. Соотношения между производными термодинамических величин.
3. Максимальная работа, производимая телом, находящимся во внешней среде.
4. Распределение вероятностей для осциллятора. Распределение Гиббса с переменным числом частиц. Вывод термодинамических соотношений из распределения Гиббса.
5. Свободная энергия больцмановского идеального газа.
6. Вращение молекул. Колебания атомов. Влияние электронного момента. Многоатомный газ.
7. Неравновесные ферми- и бозе-газы. Ферми- и бозе-газы элементарных частиц.
8. Релятивистский вырожденный электронный газ. Вырожденный бозе-газ. Черное излучение.
9. Тепловое расширение твердых тел.
10. Плотность числа колебаний. Фононы.
11. Метод корреляционных функций.
12. Смесь идеальных газов. Смесь изотопов. Давление пара над концентрированным раствором.
13. Термодинамические неравенства в растворах. Кривые равновесия. Диаграммы состояния.
14. Ионизационное равновесие.
15. Пространственная корреляция флуктуаций плотности. Корреляция флуктуаций плотности в вырожденном газе. Спектральное разложение флуктуаций.
16. Корреляционная функция в двумерных системах. Симметрия по ориентации молекул. Нематические и холестерические жидкие кристаллы.
17. Изменение симметрии при фазовом переходе второго рода.
18. Смачивание. Краевой угол.

Контрольные работы

В ходе изучения дисциплины в часы лекционных занятий студенты выполняют контрольные работы. При подготовке к контрольной работе необходимо использовать материал прочитанных лекций.

Контрольная работа.

Вариант А. Распределение Гиббса. Распределение Максвелла.

Вариант Б. Распределение Больцмана. Распределение Ферми.

Результаты выполнения контрольных работ учитываются при проведении промежуточной аттестации студентов.

Вопросы для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины

1. Статистическое распределение. Статистическая независимость. Теорема Лиувилля.
2. Энтропия. Закон возрастания энтропии. Температура. Макроскопическое движение. Адиабатический процесс. Давление.
3. Работа и количество тепла. Тепловая функция. Свободная энергия и термодинамический потенциал.
4. Термодинамическая шкала температур. Процесс Джоуля-Томсона. Максимальная работа.
5. Термодинамические неравенства. Принцип Ле-Шателье. Теорема Нернста. Зависимость термодинамических величин от числа частиц. Равновесие тела во внешнем поле.
6. Распределение Гиббса. Распределение Максвелла. Свободная энергия в распределении Гиббса.
7. Распределение Гиббса для вращающихся тел.
8. Распределение Больцмана. Столкновение молекул. Неравновесный идеальный газ.
9. Уравнение состояния идеального газа. Идеальный газ с постоянной теплоемкостью. Закон распределения. Одноатомный идеальный газ.
10. Двухатомный газ с молекулами из различных атомов. Двухатомный газ с молекулами из одинаковых атомов.
11. Распределение Ферми. Распределение Бозе.
12. Вырожденный электронный газ. Теплоемкость вырожденного электронного газа. Магнетизм электронного газа. Слабые и сильные поля.
13. Твердые тела при низких и высоких температурах. Интерполяционная формула Дебая.
14. Сильно анизотропные кристаллы. Колебания кристаллической решетки.
15. Отклонение газов от идеальности. Разложение по степеням плотности. Формула Ван-дер-Ваальса.
16. Условие равновесия фаз. Формула Клапейрона-Клаузиуса. Критическая точка.
17. Системы с различными частицами. Правило фаз. Слабые растворы. Осмотическое давление. Равновесие по отношению к растворенному веществу. Выделение тепла и изменение объема при растворении.

18. Условие химического равновесия. Закон действующих масс. Теплота реакции.

19. Распределение Гаусса для нескольких величин. Флуктуации основных термодинамических величин. Формула Пуассона. Флуктуации в растворах.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

7 семестр.

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности в семестре.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--------|----------------------|----------------------|------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------|
| Лекции | Лабораторные занятия | Практические занятия | Самостоятельная работа | Автоматизированное тестирование | Другие виды учебной деятельности | Промежуточная аттестация | Итого |
| 10 | 0 | 30 | 20 | 0 | 10 | 30 | 100 |

Программа оценивания учебной деятельности студента

Лекции

Посещаемость от 0 до 10 баллов: от 30 до 50% - 5 баллов, от 50 до 80% - 10 баллов.

Лабораторные занятия

Не предусмотрены.

Практические занятия:

Посещаемость, опросы, активность и др. – от 0 до 30 баллов.

Самостоятельная работа

Выполнение заданий - от 0 до 20 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Контрольный опрос - от 0 до 10 баллов.

Промежуточная аттестация

Зачет - от 0 до 30 баллов:

- ответ на «зачтено» – 16-30 баллов
- ответ на «не зачтено» – 0-15 баллов

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за семестр по дисциплине «Статистическая физика» составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Статистическая физика» в оценку (зачет) во 2-м семестре осуществляется в соответствии с таблицей 2:

Таблица 2. Пересчет полученной студентом суммы баллов в оценку (зачет)

| | |
|-------------------|--------------|
| 60 баллов и более | «зачтено» |
| менее 60 баллов | «не зачтено» |

Текущие индивидуально набранные студентами баллы доводится до их сведения 2 раза за семестр в конце 8 и 17 недель обучения. Оценка (зачет) студентам, успешно прошедшим обучение по дисциплине, может быть проставлена без сдачи ими зачета на основании рейтинговой оценки по решению преподавателя.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. Леонтович, М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика. [Электронный ресурс] : Учебные пособия — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2008. — 432 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/226>
2. Лозовский, В.Н. Курс физики. В 2-х тт. Т.1. [Электронный ресурс] : Учебники — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 576 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/236>

б) дополнительная литература

1. Захаров, А.Ю. Теоретические основы физического материаловедения. Статистическая термодинамика модельных систем. [Электронный ресурс] : Учебные пособия — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2016. — 256 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/72580>
2. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики [Текст] : учеб. пособие для углубл. изучения основ стат. физики и термодинамики / И. Ф. Щеголев. - 2-е изд., испр. . - Долгопрудный : Интеллект, 2008. – 207 с. (41 экз).

в) рекомендуемая литература

1. Теоретическая физика [Текст]: учеб. Пособие в 10 т./ Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц; под ред. Л.П. Питаевского. М.: ФИЗМАТЛИТ. Т.5: Статистическая физика, ч. 1. 5-е изд. стер. М.:ФИЗМАТЛИТ, 2005. 616 с.
2. Теоретическая физика [Текст]: учеб. Пособие в 10 т./ Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц; под ред. Л.П. Питаевского. М.: ФИЗМАТЛИТ. Т.9: Статистическая физика, ч.2: Теория конденсированного состояния/ Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. 4-е изд. стер. М.:ФИЗМАТЛИТ, 2004. 493 с.

г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Windows XP Prof
2. Microsoft Office профессиональный 2010
3. MathCad 14.0

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционные занятия, консультации, изучение учебной и научной литературы, плакаты и стенды, имеющиеся на кафедре медицинской физики, использование новейших информационных технологий (Интернет, электронные учебники и пр.).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению «Физика» с учетом профиля подготовки «Медицинская физика».

Программа разработана в 2011 г. (одобрена на заседании кафедры медицинской физики от 16 февраля 2011 г., протокол № 9).

Программа актуализирована в 2016 г. (одобрена на заседании кафедры медицинской физики от 05.04.2016 г., протокол №9).

Автор Ус А.Д. Усанов
Зав. кафедрой медицинской физики,
профессор, д.ф.-м.н.

А.В. Скрипаль А.В. Скрипаль
« » 2016 г.

Декан факультета нано- и биомедицинских
технологий, профессор, д.ф.-м.н.

С.Б. Вениг С.Б. Вениг
« » 2016 г.