

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТЦ

Долматов О.Ю.

« 20 » 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПРИЕМ 2016 г.**

**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

**Статистическая физика**

|                                                      |                                                                                                                             |         |          |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------|
| Направление подготовки/ специальность                | <b>14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг</b>                                                  |         |          |
| Образовательная программа (направленность (профиль)) | <b>Nuclear power plants: design, operation and engineering / Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг</b> |         |          |
| Специализация                                        | <b>Design and operation of nuclear power plants / Проектирование и эксплуатация атомных станций</b>                         |         |          |
| Уровень образования                                  | высшее образование - специалитет                                                                                            |         |          |
| Курс                                                 | <b>2</b>                                                                                                                    | семестр | <b>4</b> |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)          | <b>3</b>                                                                                                                    |         |          |
| Виды учебной деятельности                            | Временной ресурс                                                                                                            |         |          |
| Контактная (аудиторная) работа, ч                    | Лекции                                                                                                                      | 32      |          |
|                                                      | Практические занятия                                                                                                        | 32      |          |
|                                                      | Лабораторные занятия                                                                                                        | -       |          |
|                                                      | ВСЕГО                                                                                                                       | 64      |          |
| Самостоятельная работа, ч                            |                                                                                                                             | 44      |          |
| ИТОГО, ч                                             |                                                                                                                             | 108     |          |

Вид промежуточной аттестации

**экзамен 4**

Обеспечивающее подразделение

**НОЦ Б.П. Вейнберга**

Заведующий кафедрой - руководитель НОЦ Б.П. Вейнберга на правах кафедры  
Руководитель ООП  
Преподаватель

*В.Кривобок*

**Кривобок В.П.**

*С.В. Лавриненко*

**Лавриненко С.В.**

**Янин С.Н.**

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                                       | Результаты освоения ООП | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций) |                                                                                      |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                                                |                         | Код                                                         | Наименование                                                                         |
| ПК(У)-16        | способностью анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы | Р17                     | ПК(У)- 16.В3                                                | Владеет навыками вычисления в простых задачах макроскопических характеристик системы |
|                 |                                                                                                                                                                                |                         | ПК(У)- 16.У3                                                | Умеет формулировать и доказывать основные результаты статистической физики           |
|                 |                                                                                                                                                                                |                         | ПК(У)- 16.З3                                                | Знает теоретические основы статистической физики                                     |

## 2. Место модуля (дисциплины) в структуре ООП

Дисциплина «Статистическая физика» относится к базовой части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

| Планируемые результаты обучения по дисциплине |                                                                                                                  | Компетенция |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Код                                           | Наименование                                                                                                     |             |
| РД-1                                          | Владеть опытом поиска, хранения, обработки и анализа информации из различных источников и баз данных             | ПК(У)-16    |
| РД-2                                          | Знает основные физические явления и основные законы статистической физики, границы их применимости               | ПК(У)-16    |
| РД -3                                         | Использовать методы физико-математического анализа к решению конкретных естественнонаучных и технических проблем | ПК(У)-16    |
| РД-4-                                         | Выполнять обработку и анализ данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях              | ПК(У)-16    |

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

## 4. Структура и содержание дисциплины Основные виды учебной деятельности

| Разделы дисциплины                                | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| Раздел 1. Основные принципы статистической физики | РД1                                          | Лекции                    | 6                 |
|                                                   |                                              | Практические занятия      | 4                 |
|                                                   |                                              | Лабораторные занятия      | -                 |
|                                                   |                                              | Самостоятельная работа    | 8                 |
| Раздел 2. Распределение Гиббса                    | РД1                                          | Лекции                    | 6                 |
|                                                   |                                              | Практические занятия      | 8                 |
|                                                   |                                              | Лабораторные занятия      | -                 |

|                                           |          |                        |   |
|-------------------------------------------|----------|------------------------|---|
|                                           |          | Самостоятельная работа | 8 |
| Раздел 3. Идеальный газ                   | РД2      | Лекции                 | 4 |
|                                           |          | Практические занятия   | 8 |
|                                           |          | Лабораторные занятия   | - |
|                                           |          | Самостоятельная работа | 8 |
| Раздел 4. Квантовая теория теплоёмкостей  | РД2, РД4 | Лекции                 | 4 |
|                                           |          | Практические занятия   | 4 |
|                                           |          | Лабораторные занятия   | - |
|                                           |          | Самостоятельная работа | 8 |
| Раздел 5. Функции распределения           | РД2      | Лекции                 | 6 |
|                                           |          | Практические занятия   | 4 |
|                                           |          | Лабораторные занятия   | - |
|                                           |          | Самостоятельная работа | 6 |
| Раздел 6. Флуктуации параметров и энергии | РД3, РД4 | Лекции                 | 6 |
|                                           |          | Практические занятия   | 4 |
|                                           |          | Лабораторные занятия   | - |
|                                           |          | Самостоятельная работа | 6 |

Содержание разделов дисциплины:

### **Раздел 1. Основные принципы статистической физики**

Задание системы в микроскопической теории. Гамильтониан. Потенциальная энергия. Средние значения по времени и ансамблю. Эргодическая гипотеза. Определение флуктуации, дисперсии, корреляции. Статистическая независимость и закон больших чисел (и следствия из него).

Число состояний, плотность числа состояний. Дельта функция – определение и свойства. Модель системы спинов – число состояний. Распределение Гаусса (вывод). Энтропия. Логарифмическое приближение. Свойства энтропии. Доказательство аддитивности энтропии. Оценка интегралов методом перевала.

#### **Темы лекций:**

1. Введение. Понятие системы. Характеристики системы.
2. Распределение Гаусса.
3. Энтропия.

#### **Темы практических занятий:**

1. Квазистатические процессы.
2. Оценка интегралов методом перевала.

### **Раздел 2. Распределение Гиббса**

Модель системы спинов – условие равновесия двух систем, находящихся в тепловом контакте; условие равновесия двух систем, находящихся в тепловом и диффузионном контакте.

Статистическая температура, химический потенциал. Три примера.  $N$  спинов в магнитном поле.  $N$  осцилляторов. Статистическая сумма  $Z$ . Связь логарифма  $Z$  с энтропией (метод перевала оценки интегралов).

Свободная энергия. Функция распределения Гиббса (каноническое распределение) (вывод).

#### **Темы лекций:**

4. Модель системы спинов.
5. Статистическая температура, химический потенциал.
6. Свободная энергия. Функция распределения Гиббса.

**Темы практических занятий:**

3. Модель системы спинов
4. Статистическая температура, химический потенциал.
5. Статистическая сумма  $Z$ .
6. Функция распределения Гиббса (каноническое распределение)

**Раздел 3. Идеальный газ**

Идеальный газ. Получение термодинамических параметров (энергия, энтропия, давление). помощью статсуммы  $Z$ . Распределение Максвелла по скоростям (получить из распределения Гиббса). Наиболее вероятная скорость. Гамма функция и её свойства. Средняя скорость, среднеквадратичная скорость. Вывод соотношений для средней энергии и среднего числа частиц как производной от статистической суммы по температуре и химическому потенциалу, соответственно. Частица в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме.

Решение уравнения Шредингера. Обобщение на трёхмерный случай. Расчет числа  $d\zeta = aV\sqrt{E}dE$  возможных состояний для идеального газа.

**Темы лекций:**

7. Термодинамические параметры идеального газа
8. Уравнение Шредингера.

**Темы практических занятий:**

7. Термодинамические параметры идеального газа
8. Средняя скорость, среднеквадратичная скорость.
9. Вывод соотношений для средней энергии и среднего числа частиц
10. Частица в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме.

**Раздел 4. Квантовая теория теплоёмкостей**

Сведение задачи к вычислению стат. суммы по состояниям одной частицы, разделение теплоёмкости на слагаемые, соответствующие поступательному, колебательному, вращательному движению молекулы.

Вычисление теплоёмкости, соответствующей поступательному движению. Вычисление теплоёмкости, соответствующей колебательному движению. Вычисление теплоёмкости, соответствующей вращательному движению.

**Темы лекций:**

9. Понятие теплоёмкости
10. Вычисление теплоёмкости

**Темы практических занятий:**

11. Вычисление теплоёмкости, соответствующей поступательному движению.
12. . Вычисление теплоёмкости, соответствующей вращательному движению.

**Раздел 5. Функции распределения**

Распределение Бозе-Эйнштейна. Распределение Ферми-Дирака. Распределение Больцмана и критерий вырождения газа.

Распределение Ферми при низких температурах. Энергия Ферми. Электронный газ в металле. Равновесное электромагнитное излучение. Формула Планка.

Вывод закона Стефана-Больцмана и закона смещения Вина как частных случаев формулы Планка.

**Темы лекций:**

11. Распределение Больцмана и критерий вырождения газа.
12. Распределение Ферми при низких температурах. Энергия Ферми.
13. Закон Стефана-Больцмана и закон смещения Вина как частные случаи формулы Планка.

**Темы практических занятий:**

13. Распределение Больцмана
14. Вывод закона Стефана-Больцмана и закона смещения Вина как частных случаев формулы Планка.

|                                                  |
|--------------------------------------------------|
| <b>Раздел 6. Флуктуации параметров и энергии</b> |
|--------------------------------------------------|

Расчет флуктуаций с помощью канонического распределения Гиббса. Флуктуация энергии. Понятие флуктуации. Расчет флуктуаций с помощью канонического распределения Гиббса. Флуктуация числа частиц. Расчет флуктуаций через Гауссову функцию.

Флуктуация температуры. Флуктуация давления и энтропии. Флуктуация объема и температуры.

Броуновское движение. Расчет среднего квадрата смещения броуновской частицы. Кинетическое уравнение Больцмана.

**Темы лекций:**

14. Расчет флуктуаций.
15. Флуктуация температуры, давления и энтропии.
16. Броуновское движение.

**Темы практических занятий:**

15. Расчет среднего квадрата смещения броуновской частицы.
16. Кинетическое уравнение Больцмана.

## **5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий, расчетно-графических работ и домашних контрольных работ;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям;

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1 Методическое обеспечение**

### **Основная литература:**

1 Ансельм, А. И. Основы статистической физики и термодинамики : учебное пособие / А. И. Ансельм. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2007. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-0756-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/692> (дата обращения: 21.12.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2 Краснопевцев, Е. А. Спецглавы физики. Статистическая физика равновесных систем : учебное пособие / Е. А. Краснопевцев. — Новосибирск : НГТУ, 2014. — 387 с. — ISBN 978-5-7782-2565-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118443> (дата обращения: 21.12.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **Дополнительная литература:**

1. Рябов, В. А. Принципы статистической физики и численное моделирование: Учебное пособие / Рябов В.А. - Долгопрудный:Интеллект, 2014. - 136 с. ISBN 978-5-91559-168-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/500628> (дата обращения: 21.12.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Браун, А. Г. Основы статистической физики: Учебное пособие / Браун А.Г., Левитина И.Г., - 3-е изд. - Москва :НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 120 с. (Высшее образование: Бакалавриат) ISBN 978-5-16-010234-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/478437> (дата обращения: 21.12.2020). – Режим доступа: по подписке.

## **6.2 Информационное обеспечение**

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронный каталог Томского регионального библиотечного консорциума – <http://arbicon.tomsk.ru>

2. Архив научных журналов «Neicon» - <http://archive.neicon.ru>

3. Единая государственная информационная система учета НИОКТР – <http://rosrid.ru>

4. Национальная электронная библиотека – <https://нэб.пф>

5. База реферативных журналов Всероссийского института научной и технической информации – <http://www2.viniti.ru>

6. Российский информационно-библиотечный консорциум – <http://www.ribk.net>

Университетская информационная система «УИС Россия» - <http://uisrussia.msu.ru>

7. Информационная система ЭКБСОН – <http://www.vlibrary.ru>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Используемое лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Microsoft Word 2010
2. Microsoft Power Point 2010.
3. Excel
4. Adobe Acrobat X Pro
5. MathLab R2020a
6. MathCAD 15
7. Document Foundation LibreOffice;
8. Cisco Webex Meetings\$

9. Zoom Zoom.

## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

| № | Наименование специальных помещений                                                                                                                                                                                                                  | Наименование оборудования                                                                                                                               |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 4, 326<br>Поточная лекционная аудитория | <ul style="list-style-type: none"><li>– Комплект учебной мебели на 56 посадочных мест</li><li>– Компьютер - 1 шт.;</li><li>– Проектор - 1 шт.</li></ul> |

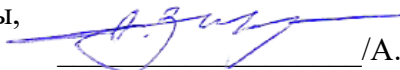
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг (приема 2016 г., очная форма обучения).

Разработчик:

| Должность                    | ФИО       |
|------------------------------|-----------|
| Профессор НОЦ Б.П. Вейнберга | Янин С.Н. |

Программа одобрена на заседании кафедры АТЭС (протокол от 11.02.2016 г. № 2).

Заведующий кафедрой - руководитель  
НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры,  
д.т.н, профессор

 /А.С. Заворин