

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С.А. ЕСЕНИНА»

Утверждаю:
Декан
физико-математического
факультета
Н.Б. Федорова
«30» августа 2019 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Уровень основной образовательной программы: бакалавриат

Направление подготовки: 16.03.01 Техническая физика

Профиль: Физическая электроника

Форма обучения: очная

Сроки освоения ОПОП: 4 года (нормативный)

Факультет: физико-математический

Кафедра: общей и теоретической физики и МПФ

Рязань, 2019

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Статистическая физика» являются формирование у студентов общекультурных и профессиональных компетенций, установленных ФГОС ВО, в процессе изучения основных физических законов поведения систем многих частиц в газообразном, жидком и твердом состояниях.

Задачи курса:

1. сформировать у студентов навыки анализа процессов микромира на основе квантово-механических представлений с использованием соответствующего математического аппарата;
2. научить применять законы статистической физики для анализа конкретных физических процессов;
3. дать представление о методах статистической физики.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВУЗА

2.1. Учебная дисциплина **Б1.Б.9.2 «Статистическая физика»** относится к базовой части Блока 1 (дисциплины).

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

- *Физика;*
- *Математика;*
- *Прикладная статистика.*

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

- Эмиссионная электроника;
- Физика тонкопленочных покрытий;
- Специальные вопросы нанотехнологии.

2.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общекультурных (ОК) (общепрофессиональных- ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

№ п/п	Номер/индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
			Знать	Уметь	Владеть
1	2	3	4	5	6
1	ОК-6	способностью работать в команде, толерантно воспринимать социальные, культурные и личностные различия	Особенности работы в коллективе с позиции статистического подхода	Применять приемы работы в команде при решении задач статистической физики	Навыками работы в команде при решении учебных проблем
2	ОПК-1	способностью использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	Законы статистической физики и их практические и технические приложения Определения микро- и макросостояний макроскопической системы классических и квантовых частиц, понятия статистический ансамбль, статистическая функция распределения и матрица плотности; Способы определения средних значений макроскопических величин с помощью канонических распределений	Применять законы статистической физики для решения профессионально ориентированных задач Находить оптимальные способы описания конкретных макроскопических систем	Приемами применения на практике законов статистической физики Аппаратом и терминологией статистической физики

			Гиббса, статистические свойства частиц бозонов и частиц фермионов; Пределы применимости термодинамического и статистического описания физических систем		
3.	ОПК-3	способностью к теоретическим и экспериментальным исследованиям в избранной области технической физики, готовностью учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	Основы статистического подхода при анализе явлений и процессов в природе и технике Ключевую проблематику в области статистической физики Особенности теоретических и экспериментальных исследований в области теоретической физики, современные проблемы и достижения статистической физики	Ставить и решать задачи статистической физики на основе знания основ физики Анализировать физическую сущность явлений и процессов природы и техники на основе статистического подхода Проводить простейшие теоретические исследования в области статистической физики	Системой знаний об фундаментальных физических законах и теориях статистической физики

2.5 Карта компетенций дисциплины.

КАРТА КОМПЕТЕНЦИЙ ДИСЦИПЛИНЫ

НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ статистическая физика					
Цель дисциплины		формирование у студентов общекультурных и профессиональных компетенций, установленных ФГОС ВО, в процессе изучения основных физических законов поведения систем многих частиц в газообразном, жидком и твердом состояниях			
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие					
Общекультурные компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Уровни освоения компетенции
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ОК-6	способностью работать в команде, толерантно воспринимать социальные, культурные и личностные различия	Знать особенности работы в коллективе с позиции статистического подхода Уметь применять приемы работы в команде при решении задач статистической физики Владеть навыками работы в команде при решении учебных проблем	Путем проведения лекционных, семинарских занятий, применения новых образовательных технологий, выполнения тематических обзоров, проектов, организации самостоятельных работ.	Проектное задание, тематический обзор, реферат, ИДЗ, доклады, контрольная работа, зачет	Пороговый Способен работать в команде при решении задач статистической физики Повышенный Способен самостоятельно выбирать и применять формы коллективной работы при решении учебных проблем
Профессиональные компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Уровни освоения компетенции
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				

ОПК-1	<p>способностью использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности</p>	<p>Знать законы статистической физики и их практические и технические приложения; Определения микро- и макро- состояний макроскопической системы классических и квантовых частиц, понятия статистический ансамбль, статистическая функция распределения и матрица плотности; Способы определения средних значений макроскопических величин с помощью канонических распределений Гиббса, статистические свойства частиц бозонов и частиц фермионов; Пределы применимости термодинамического и статистического описания физических систем</p> <p>Уметь Применять законы статистической физики для решения профессионально ориентированных задач; Находить оптимальные способы описания</p>	<p>Путем проведения лекционных, семинарских занятий, применения новых образовательных технологий, выполнения тематических обзоров, проектов, организации самостоятельных работ.</p>	<p>Проектное задание, тематический обзор, реферат, ИДЗ, доклады, контрольная работа, зачет</p>	<p>Пороговый Знает и умеет применять на практике основные положения и законы статистической физике</p> <p>Повышенный Способен выявлять физическую сущность и объяснять явления и процессы в природе и технике с позиций статистической физики</p>
-------	--	--	---	--	---

		<p>конкретных макроскопических систем Владеть приемами применения на практике законов статистической физики; аппаратом и терминологией статистической физики</p>			
ОПК-3	<p>способностью к теоретическим и экспериментальным исследованиям в избранной области технической физики, готовностью учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности</p>	<p>Знать Основы статистического подхода при анализе явлений и процессов в природе и технике; Ключевую проблематику в области статистической физики ; Особенности теоретических и экспериментальных исследований в области статистической физики, современные проблемы и достижения статистической физики Уметь Ставить и решать задачи статистической физики на основе знания основ физики; Анализировать физическую сущность явлений и процессов природы и техники на основе</p>	<p>Путем проведения лекционных, семинарских занятий, применения новых образовательных технологий, выполнения тематических обзоров, проектов, организации самостоятельных работ.</p>	<p>Проектное задание, тематический обзор, ИДЗ, контрольная работа, зачет</p>	<p>Пороговый Знает основные подходы и проблематику статистической физики, умеет анализировать физическую сущность явлений и процессов природы и техники на основе статистического подхода Повышенный Способен проводить простейшие исследования в области статистической физик</p>

		статистического подхода; Проводить простейшие теоретические исследования в области статистической физики Владеть Системой знаний об фундаментальных физических законах и теориях статистической физики			
--	--	---	--	--	--

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. ОБЪЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		№ 7	часов
1	2	3	
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	36	36	
В том числе:			
Лекции (Л)	18	18	
Практические занятия (ПЗ), Семинары (С)	18	18	
Лабораторные работы (ЛР)			
2. Самостоятельная работа студента (всего)	36	36	
В том числе	-	-	
<i>СРС в семестре:</i>	36	36	
Курсовая работа	КП		
	КР		
Другие виды СРС:	-	-	
Подготовка проекта			
Подготовка докладов и рефератов			
Подготовка тематического обзора			
Выполнение ИДЗ			
Изучение литературы			
Подготовка к зачету			
Отработка стандартных и нестандартных заданий			
Повторение материала			
Подготовка к контрольной работе			
<i>СРС в период сессии</i>			
Вид промежуточной аттестации	зачет (З),	зачет	зачет
	экзамен (Э)		
ИТОГО: Общая трудоемкость	часов	72 2	72 2

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Содержание разделов учебной дисциплины

№ се ме стр а	№ ра зд ел а	Наименование раздела учебной дисциплины	Содержание раздела в дидактических единицах
1	2	3	4
7	1	<i>Основные принципы статистической физики</i>	Пример простой системы. Макроскопические и микроскопические состояния. Статистическое распределение. Ансамбль Гиббса. Теорема Лиувилля. Средние по времени. Приближение к равновесию. Основной постулат статистической физики. Микроканоническое распределение. Каноническое распределение Гиббса. Большое каноническое распределение. Энтропия. Термодинамические соотношения. Элементы квантовой статистической физики. Статистический оператор, матрица плотности. Уравнение Неймана. Квантовый вариант микроканонического распределения, энтропия. Квантовомеханический вывод большого канонического распределения.
	2	<i>Статистические распределения для идеальных газов</i>	Распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Распределение Больцмана. Столкновения молекул. Закон равнораспределения. Квантование поступательного движения. Равновесное тепловое излучение, фотонный газ. Тепловое движение атомов в кристалле. Фононный газ. Среднеквадратичное смещение атомов в кристалле. Бозе-Эйнштейновская конденсация. Вырожденный Ферми-газ. Электронный газ в металле. Теплоемкость вырожденного электронного газа. Электроны в полупроводниках. Собственные полупроводники. Примесные полупроводники.
	3	<i>Неидеальные газы.</i>	Отклонение газов от идеальности. Разложение по степеням плотности (вириальное разложение). Формула Ван-дер-Ваальса. Полностью ионизованный газ.
	4	<i>Теория флуктуаций. Элементы физической кинетики.</i>	Флуктуации энергии, объема, числа частиц. Флуктуации основных термодинамических величин. Корреляция флуктуаций во времени. Флуктуационный предел чувствительности измерительных приборов. Уравнение Смолуховского. Принцип детального

			равновесия. Уравнение Фоккера-Планка. Уравнение кинетического баланса. Вывод формулы Планка по Эйнштейну. Кинетическое уравнение Больцмана.
--	--	--	---

2.2. Разделы учебной дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестрам)	
			Л	ЛР	ПЗ/С	СРС	всего		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
7	1	Основные принципы статистической физики	6		4	10	20	Реферат/доклад (3 неделя) ИДЗ (5 неделя)	
	2	Статистические распределения для идеальных газов	6		6	12	24	ИДЗ (6, 8, 10 неделя) Тематический обзор (7 неделя) Реферат/доклад (9, 11 неделя)	
	3	Неидеальные газы.	3		4	7	14	ИДЗ (12, 14 недели) Контрольная работа (13 неделя)	
	4	Теория флуктуаций. Элементы физической кинетики.	3		4	7	14	Реферат/доклад (15 неделя) ИДЗ (16 неделя) Проект (17-18 неделя)	
		Разделы дисциплины № 1-№4						ПрАт	
		ИТОГО за семестр		18		18	36	72	зачет
		ИТОГО		18		18	36	72	

2.3. Лабораторный практикум
не предусмотрен

2.4. Примерная тематика курсовых работ не предусмотрены

3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

3.1. Виды СРС

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Виды СРС	Всего часов
1	2	3	4	5
7	1.	Основные принципы статистической физики	Изучение литературы по тематике раздела Подготовка к зачету Выполнение ИДЗ Изучение литературы по теме реферата/доклада Подготовка реферата/доклада	1 1 4 2 2
	2.	Статистические распределения для идеальных газов	Подготовка к зачету Выполнение ИДЗ Изучение литературы по теме реферата/доклада Подготовка реферата/доклада Изучение литературы по теме обзора Подготовка тематического обзора	1 3 1 2 2 3
	3.	Неидеальные газы.	Изучение литературы по тематике раздела Подготовка к зачету Выполнение ИДЗ Подготовка к контрольной работе	1 1 3 2
	4.	Теория флуктуаций. Элементы физической кинетики.	Подготовка к зачету Выполнение ИДЗ Подготовка реферата/доклада Подбор и изучение литературы по теме проекта Разработка проекта	1 2 1 1 2
ИТОГО в семестре:				36
ИТОГО				36

3.3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Для систематизации самостоятельной работы студента по дисциплине предусмотрена рабочая тетрадь студента, в которой студент выполняет задания к лекциям, практическим занятиям и домашнюю работу.

3.3.1. Контрольные работы/рефераты

Контрольная работа предназначена для проверки навыков решения задач по разделам 1 -3.

Примерная тематика заданий

1. Задание на расчет критических параметров газа Ван-дер-Ваальса.
2. Анализ термодинамических процессов
3. Расчет термодинамических функций идеального газа
4. Анализ статистических распределений.
5. Термодинамика неидеальных газов.

Рефераты по дисциплине предполагают анализ литературы по предложенной тематике и представление материалов для общего обсуждения для более полного охвата материала и отработки навыков постановки исследовательских заданий.

Примерная тематика рефератов:

1. Теорема Цермело-Пуанкаре. Парадокс возврата
2. Статистический смысл основных положений термодинамики
3. Статистика Ферми-Дирака и ее приложения
4. Вероятность и функция распределения в классической статистике.
5. Теорема Лиувилля.
6. Матрица плотности в классической статистике.
7. Термодинамическое равновесие с молекулярной точки зрения
Микроканоническое распределение и область его применения
8. Каноническое распределение. Применение классической статистики к идеальному газу.
9. Распределение Максвелла – Больцмана.
10. Реальный газ и классическая статистическая физика
11. Системы с переменным числом частиц
12. Статистическое толкование закона возрастания энтропии и обратимости/необратимости термодинамических процессов.
13. Понятие температуры с позиций статистической физики.
14. Статистический подход к тепловым машинам и циклам.
15. Теорема Нернста
16. Идеальные газы.
17. Статистика Бозе-Эйнштейна. Идеальный бозе-газ.
18. Статистика Ферми-Дирака. Идеальный ферми-газ.
19. Статистика Больцмана. Идеальный классический газ.
20. Газы из бозонов и фермионов. Флуктуации и измерительные приборы.
21. Принцип Больцмана
22. Молекулярное рассеяние света
23. Броуновское движение

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И

РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Виды контроля и аттестации, формы оценочных средств

(см. Фонд оценочных средств)

4.2. Рейтинговая система оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине

Рейтинговая система не используется.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература

п/п	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год	Исползуется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1	2	3	4	5	6
1	Алтунин, К.К. Статистическая физика и термодинамика [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / К.К. Алтунин. - 2-е изд. - М. : Директ-Медиа, 2014. - 83 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240555 (Дата обращения – 15.08.2019).	1 - 4	7	ЭБС	
2	Ефремов, Ю.С. Статистическая физика и термодинамика [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.С. Ефремов. - М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 208 с. URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428682 (Дата обращения – 15.08.2019).	1 - 4	7	ЭБС	
3	Краснопевцев, Е.А. Спецглавы физики: статистическая физика равновесных систем [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е.А. Краснопевцев. - Новосибирск : НГТУ, 2014. - 387 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436229 (Дата обращения – 15.08.2019).	1 - 4	7	ЭБС	

5.2. Дополнительная литература

п/п	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год	Исползуется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1	2	3	4	5	6
1	Березин, Ф.А. Лекции по статистической физике [Электронный ресурс]: курс лекций / Ф.А. Березин ; под ред. Д.А. Лейтес. - Изд. 2-е, испр. - М. : МЦНМО, 2008. - 197 с. – Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=63268 (Дата обращения – 15.08.2019).	1 - 4	7	ЭБС	
2	Берже, П. Порядок в хаосе [Текст]: о детерминист.подходе к турбулентности / П. Берже, И. Помо, К. Видаль. - М. : Мир, 1991. - 366 с.	3 - 4	7	2	
3	Василевский, А.С. Статистическая физика и термодинамика [Текст] : учебное пособие для студентов физико-математических факультетов педагогических институтов / А. С. Василевский, В. В. Мултановский. - М. : Просвещение, 1985. - 255 с.	1 - 4	7	ЭБС	
4	Кашурников, В.А. Численные методы квантовой статистики [Электронный ресурс]/ В.А. Кашурников, А.В. Красавин. - М.: Физматлит, 2010. - 628 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69481 (Дата обращения – 15.08.2019).	1 - 4	7	ЭБС	
5	Кваснецкий, И.А. Термодинамика и статистическая физика. Теория неравновесных систем [Текст]: [учебное пособие для физ. спец. вузов] / И.А. Кваснецкий. - Москва: Издательство Московского университета, 1987. - 559 с.	1 - 4	7	2	
6	Кондратьев, А.С. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории [Электронный ресурс] / А.С. Кондратьев, П.А. Райгородский. - М. : Физматлит, 2007. - 254 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68400 (Дата обращения – 15.08.2019).	1 - 4	7	ЭБС	
7	Лебедев, В.В. Флуктуационные эффекты в макрофизике [Электронный ресурс]/ В.В. Лебедев. - М.: МЦНМО, 2004. - 255 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=63241	3- 4	7	ЭБС	

	(Дата обращения – 15.08.2019).				
8	Щербаков, А.С. Самоорганизация материи в неживой природе [Текст]: философские аспекты синергетики / А.С. Щербаков - М. : МГУ, 1990. - 111 с.	3 - 4	7	ЭБС	

5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. Университетская библиотека ONUNE [Электронный ресурс] : электронная библиотека. - Доступ к полным текстам по паролю. - Режим доступа: https://biblioclub.ru/index.php?page=book_blocks&view=main_ub (дата обращения: 15.08.2019).

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины

1. Электронная энциклопедия физики и техники – Режим доступа: <http://femto.com.ua/> (дата обращения 15.08.2019)
2. Научная электронная библиотека – Режим доступа: <http://elibrary.ru> - (дата обращения 15.08.2019)
3. Guide to physics on the web – Режим доступа: <http://www.physics.org> - (дата обращения 15.08.2019)
4. Сайт, посвященный современным достижениям физики и смежных с ней областей исследования «Физика сегодня» – Режим доступа: <http://www.physicstoday.org> (дата обращения 15.08.2019)
5. Сайт журнала теоретической и математической физики – Режим доступа: <http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=tmf> (дата обращения 15.08.2019)

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий:

Стандартно оборудованные лекционные аудитории для проведения интерактивных лекций: видеопроектор, экран настенный, др. оборудование или компьютерный класс

6.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся:

Видеопроектор, ноутбук, переносной экран.

6.3. Требования к специализированному оборудованию:

Не предусмотрено.

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ *(Заполняется только для стандарта ФГОС ВПО)*

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Основными видами аудиторной работы студентов являются лекции и семинарские занятия.

В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на семинарское занятие и указания на самостоятельную работу.

Семинарские занятия завершают изучение наиболее важных тем учебной дисциплины. Они служат для закрепления изученного материала, развития умений и навыков подготовки докладов, сообщений, приобретения опыта устных публичных выступлений, ведения дискуссии, аргументации и защиты выдвигаемых положений, решения стандартных и нестандартных задач различной степени сложности, а также для контроля преподавателем степени подготовленности студентов по изучаемой дисциплине.

Семинар предполагает свободный обмен мнениями по избранной тематике. Он начинается со вступительного слова преподавателя, формулирующего цель занятия и характеризующего его основную проблематику. Затем, как правило, заслушиваются сообщения студентов, либо студентам предлагается ознакомиться с нормативными документами. Обсуждение сообщения или изученных материалов совмещается с рассмотрением намеченных вопросов. Сообщения, предполагающие анализ публикаций по отдельным вопросам семинара, заслушиваются обычно в середине занятия. Поощряется выдвижение и обсуждение альтернативных мнений. Завершающий этап предполагает разбор задач по изучаемой теме. В заключительном слове преподаватель подводит итоги обсуждения и объявляет оценки выступавшим студентам.

При подготовке к семинару студенты имеют возможность воспользоваться консультациями преподавателя. Кроме указанных тем студенты вправе, по согласованию с преподавателем, избирать и другие интересующие их темы.

9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

1. Чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного курса лекций, графических объектов, видео- аудио- материалов

2. Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.

3. Представление результатов практических заданий (рефератов, проектов) с использованием слайд-презентаций, графических объектов, видео- аудио- материалов.

4. ИТ обработка данных при выполнении проекта.

10. Требования к программному обеспечению учебного процесса:

1. Операционная система Windows Pro (договор №Tr000043844 от 22.09.15г.);

2. Антивирус Kaspersky Endpoint Security (договор №14/03/2019-0142 от 30/03/2019г.);

3. Офисное приложение LibreOffice (свободно распространяемое ПО);
4. Архиватор 7-zip (свободно распространяемое ПО);
5. Браузер изображений FastStoneImageViewer (свободно распространяемое ПО);
6. PDF ридер FoxitReader (свободно распространяемое ПО);
7. PDF принтер doPdf (свободно распространяемое ПО);
8. Медиа проигрыватель VLC media player (свободно распространяемое ПО);
9. Запись дисков ImageBurn (свободно распространяемое ПО);
10. DJVU браузер DjVu Browser Plug-in (свободно распространяемое ПО);

11. Иные сведения

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине для промежуточного контроля успеваемости

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции или её части	Наименование оценочного средства
1.	Основные принципы статистической физики	ОК-6; ОПК-1; ОПК-3	зачет
2.	Статистические распределения для		
3.	Неидеальные газы.		
4.	Теория флуктуаций. Элементы физической		

ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Индекс компетенции	Содержание компетенции	Элементы компетенции	Индекс элемента
ОК 6	способностью работать в команде, толерантно воспринимать социальные, культурные и личностные различия	знать	
		1 Особенности работы в коллективе с позиции статистического подхода	ОК6 31
		уметь	
		1 Применять приемы работы в команде при решении задач статистической физик	ОК6 У1
ОПК 1	способностью использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	владеть	
		1 Навыками работы в команде при решении учебных проблем	ОК6 В1
		знать	
		1. Законы статистической физики и их практические и технические приложения	ОПК 1 31
		2. Определения микро- и макро- состояний макроскопической системы классических и квантовых частиц, понятия статистический ансамбль, статистическая функция	ОПК 1 32

		распределения и матрица плотности;	
		3. Способы определения средних значений макроскопических величин с помощью канонических распределений Гиббса, статистические свойства частиц бозонов и частиц фермионов;	ОПК 1 33
		4. Пределы применимости термодинамического и статистического описания физических систем	ОПК 1 34
		уметь	
		1. Применять законы статистической физики для решения профессионально ориентированных задач	ОПК 1 У1
		2. Находить оптимальные способы описания конкретных макроскопических систем	ОПК 1 У2
		владеть	
		1 Приемами применения на практике законов статистической физики	ОПК1 В1
		2 Аппаратом и терминологией статистической физики	ОПК1 В2
ОПК - 3	способностью к теоретическим и экспериментальным исследованиям в избранной области технической физики, готовностью учитывать современные тенденции развития технической физики в своей профессиональной деятельности	знать	
		1 Основы статистического подхода при анализе явлений и процессов в природе и технике	ОПК-3 31
		2 Ключевую проблематику в области статистической физики	ОПК-3 32
		3 Особенности теоретических и экспериментальных исследований в области теоретической физики, современные проблемы и достижения статистической	ОПК-3 33

		физики	
		уметь	
		1 Ставить и решать задачи статистической физики на основе знания основ физики	ОПК-3 У1
		2 Анализировать физическую сущность явлений и процессов природы и техники на основе статистического подхода	ОПК-3 У2
		3 Проводить простейшие теоретические исследования в области статистической физики	ОПК-3 У3
		владеть	
		1 Системой знаний об фундаментальных физических законах и теориях статистической физики	ОПК-3 В1

**КОМПЛЕКТ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ
АТТЕСТАЦИИ (ЗАЧЕТ)**

№	*Содержание оценочного средства	Индекс оцениваемой компетенции и ее элементов
1.	Сущность основного метода статистической физики. Предложите примеры анализа явлений природы и техники на основе статистического подхода	ОК-6 31, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 34, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
2.	Описание системы на языке статистической физики. Проанализируйте целесообразность рассмотрения темы для профессиональной деятельности	ОК-6 31, ОК-6 У1, ОК-6 В1, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 34, ОПК 1 У1, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
3.	Фазовое пространство и его основные элементы. Ансамбли систем в фазовом пространстве. Предложите план исследования явления природы или техники, позволяющий раскрыть понятие «ансамбль»	ОК-6 31, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 34, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
4.	Теорема Лиувилля и принцип постоянства фазового объема. Статистическое равновесие. Предложите и обсудите в группе примерные темы проектных работ в по теме «Равновесие»	ОК-6 31, ОК-6 У1, ОК-6 В1, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
5.	Равновесный статистический ансамбль. Приведите примеры равновесных ансамблей и укажите их отличие от неравновесных	ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 34, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
6.	Микроканоническое распределение. Проанализируйте и обсудите в группе области применимости данного распределения	ОК-6 31, ОК 6 У1, ОК-6 В1, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 33, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
7.	Каноническое распределение Гиббса. Проанализируйте и обсудите в группе области применимости данного распределения	ОК-6 31, ОК-6 У1, ОК-6 В1, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 33, ОПК1 В2, ОПК-3 31 ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
8.	Общие свойства канонического распределения и его связь с микроканоническим распределением. Приведите примеры применения канонического и микроканонического распределений при рассмотрении явлений и процессов природы и техники	ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 33, ОПК 1 У1, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
9.	Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы и теорема о вириале. Проанализируйте и обсудите в группе область применения теорем. Подберите, если возможно, их термодинамические аналоги	ОК-6 31, ОК-6 У1, ОК-6 В1, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 33, ОПК 1 34, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33

10.	Распределение Гиббса для систем с переменным числом частиц. Предложите темы проектов по теме «Системы с переменным числом частиц»	ОК-6 31, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 33, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
11.	Статистическая температура. Объясните особенность термина температура. Предложите простейшие задание, раскрывающие физический смысл термина	ОК-6 31, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 33, ОПК 1 34, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
12.	Энергия системы. Дисперсия и флуктуации энергии. Перечислите и обсудите в группе физические и технические явления, связанные с флуктуациями энергии.	ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 34, ОПК 1 У1, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
13.	Внешние и внутренние параметры. Работа (с позиций статистической физики). Предложите план исследований по данной теме.	ОК-6 31, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
14.	Основное уравнение термодинамики. Энтропия и свободная энергия (с позиций статистической физики). Предложите и обоснуйте план исследований по теме «Энтропия и ее статистический смысл»	ОК-6 31, ОК-6 У1, ОК 6 В1, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
15.	Связь между энтропией по Гиббсу и термодинамической вероятностью. Объясните и обсудите в группе важность понятия энтропия для понимания процессов реального мира.	ОК-6 31, ОК-6 У1, ОК-6 В1, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 33, ОПК 1 34, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
16.	Свободная энергия. Интеграл состояний. Уравнение Гиббса-Гельмгольца (с позиций статистической физики).	ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33
17.	Флуктуации термодинамических величин. Приведите и обсудите в группе примеры проектов по данной теме.	ОК-6 31, ОК-6 У1, ОК-6 В1, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 34, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
18.	Выражение термодинамических функций через интеграл состояний	ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК1 В2, ОПК-3 31
19.	Интеграл состояний и термодинамические функции идеального газа	ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК1 В2, ОПК-3 31
20.	Статистическое рассмотрение системы взаимодействующих частиц. Приведите примеры учета взаимодействия при анализе явлений природы и техники	ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 33, ОПК 1 34, ОПК 1 У1, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
21.	Вывод уравнения состояния реального газа. Предложите и обсудите в группе план исследовательской работы по данной теме	ОК-6 31, ОК-6 У1, ОК-6 В1, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
22.	Идеальные газы. Общее рассмотрение. Разработайте план исследовательских работ по	ОК-6 31, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК1 В2, ОПК-3 31;

	теме «Идеальные газы»	ОПК-3 32; ОПК-3 33
23.	Статистика Бозе-Эйнштейна. Идеальный бозе-газ. Предложите и обсудите в группе простые аналогии для объяснения особенностей Бозе-частиц	ОК-6 31, ОК-6 У1, ОК-6 В1, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 33, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
24.	Статистика Ферми – Дирака. Идеальный ферми-газ. Приведите и обсудите в группе примеры физических явлений, которые возможно объяснить с помощью представления о ферми-газе	ОК-6 31, ОК-6 У1, ОК-6 В1, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 33, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
25.	Статистика Больцмана. Идеальный классический газ. Приведите примеры анализа явлений и процессов, объясняемых на основе статистики Больцмана	ОК-6 31, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 33, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
26.	Методы расчета флуктуаций термодинамических параметров. Приведите и обсудите в группе примеры применения рассмотренных методов	ОК-6 31, ОК-6 У1, ОК-6 В1, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 В1
27.	Флуктуации объема и плотности, температуры, энтропии и давления. Объясните важность темы для практики	ОК-6 31, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33
28.	Молекулярное рассеяние света. Влияние флуктуаций на точность измерений. Обоснуйте важность темы для различных разделов науки и техники. Предложите и обсудите в группе способы экспериментального подтверждения влияния флуктуаций на точность измерений.	ОК-6 31, ОК-6 У1, ОК-6 В1, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 33, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33 ОПК-3 В1
29.	Броуновское движение. Предложите темы и планы исследовательских проектов по теме	ОК-6 31, ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК1 В2, ОПК-3 31; ОПК-3 32; ОПК-3 33; ОПК-3 В1
30.	При некоторой температуре $T=T_K$ и давлении $p=p_K$ исчезает различие между удельным объемом жидкости $V_{ж}$ и газа $V_{г}$. Такое состояние вещества называется критическим, а значения параметров T_K , p_K и V_K , при которых оно наступает, критическими параметрами. Выразить критические параметры T_K , p_K и V_K газа Ван-дер Ваальса через постоянные a и b для этого газа и вычислить критический коэффициент	ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2; ОПК-3 В1
31.	Найти выражения критических параметров T_K , p_K и V_K , исходя из уравнения Дитеричи	ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2
32.	Вычислить критический коэффициент s для второго уравнения Дитеричи и сравнить его с экспериментальными значениями и значением, полученным из уравнения Ван-дер Ваальса.	ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2; ОПК-3 У3; ОПК-3 В1
33.	Вычислить количество тепла, необходимое для	ОПК 1 31, ОПК 1 У2, ОПК1

	нагревания воздуха от 0 до 20 ⁰ С при постоянном объеме, если первоначально он находился при атмосферном давлении и занимал объем 27 м ³	В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2
34.	Пусть воздух находится в термически изолированной комнате объемом 27 м ³ . В комнате имеется небольшое отверстие, через которое воздух может просачиваться наружу, где давление равно 1 атм. Какое количество тепла необходимо подвести в комнату, чтобы температура медленно увеличивалась от 0 до 20 ⁰ С? Физические характеристики воздуха: $\rho=0,00129$ г/см ³ , $C_p=0,238$ кал/г·К, $g= 1.41$ Предполагается, что воздух является идеальным газом. Теплоемкость воздуха считать постоянной	ОПК 1 З1, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2; ОПК-3 В1
35.	Найти уравнение адиабаты идеального парамагнетика	ОПК 1 З1, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2
36.	В комнату с улицы вносится холодное тело. Показать, что при этом внутренняя энергия тела увеличивается за счет энергии наружного, а не комнатного воздуха и что при отоплении внутренняя энергия и энтропия комнатного воздуха уменьшаются	ОПК 1 З1, ОПК 1 У1, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2; ОПК-3 У3; ОПК-3 В1
37.	Рассмотрим цикл Карно с водой в качестве рабочего тела. Температура холодильника и нагревателя равны соответственно 6 ⁰ С и 2 ⁰ С: при 6 ⁰ С вода изотермически расширяется, а при 2 ⁰ С – изотермически сжимается. В силу аномального поведения воды при $t<4^0\text{C}$, при обеих температурах будет подводиться теплота и полностью превращаться в работу, что противоречит второму началу термодинамики. Как разрешить это противоречие?	ОПК 1 З1, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2
38.	Температура одного тела $T_1=100$ К, другого $T_2=-100$ К. Чему равна разность температур T_2-T_1 ?	ОПК 1 З1, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1
39.	Определить характер спектра собственных значений энергии свободно движущейся частицы в потенциальном ящике с ребром 1 м в бесконечном пространстве.	ОПК 1 З1, ОПК 1 З2, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2; ОПК-3 В1
40.	Вывести условие, при котором различные квантовые статистики совпадают.	ОПК 1 З1, ОПК 1 З2, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2; ОПК-3 У3; ОПК-3 В1
41.	Найти полное число фотонов в 1 см ³ равновесного излучения при температуре 1000 К.	ОПК 1 З1, ОПК 1 З2, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2
42.	Вычислить температуру вырождения и давление для ультрарелятивистского газа Ферми	ОПК 1 З1, ОПК 1 З2, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2;

		ОПК-3 У1; ОПК-3 У2; ОПК-3 В1
43.	Как метод Больцмана иллюстрирует необратимость термодинамических процессов? Приведите примеры	ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2
44.	Материальная точка совершает колебания по закону $x = a \cos(\omega t)$. Найти вероятность ее обнаружения на отрезке $(x, x + dx)$.	ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2 ; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2
45.	Найти по теореме о вириале среднюю энергию осциллятора с потенциальной энергией $U = ax^4$	ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2
46.	Сосуд с идеальным газом разделен перегородкой на две равные части, в каждой из которых в объеме V содержится по ν молей газа. Показать, что после снятия перегородки энтропия системы равна сумме энтропий смешивающихся частей газа, каждая из которых в отдельности занимает объем всей системы, минус $2 \ln 2 R \nu$	ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 У1, ОПК1 В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2; ОПК-3 В1
47.	Получите выражения для закона Вина. Какие выводы следуют из закона Вина?	ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2; ОПК-3 У3; ОПК-3 В1
48.	Показать, что черное излучение при адиабатическом процессе остается черным, но меняет температуру	ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2; ОПК-3 У3; ОПК-3 В1
49.	Записать классическое каноническое распределение для одноатомного идеального газа в виде распределения вероятностей для энергии. Исследовать вид распределения вблизи максимума	ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2; ОПК-3 У3; ОПК-3 В1
50.	Вычислить температуру вырождения и давление для ультрарелятивистского газа Ферми	ОПК 1 31, ОПК 1 32, ОПК 1 У2, ОПК1 В1, ОПК1 В2; ОПК-3 У1; ОПК-3 У2; ОПК-3 У3

ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ (Шкалы оценивания)

«зачтено» – оценка соответствует повышенному уровню и выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

«зачтено» - оценка соответствует повышенному уровню и выставляется обучающемуся, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос или выполнении заданий, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

«зачтено» - оценка соответствует пороговому уровню и выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, демонстрирует недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

«не зачтено» - оценка выставляется обучающемуся, который не достигает порогового уровня, демонстрирует непонимание проблемы, не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.