

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н.Ельцина»

Институт физико-технологический
Кафедра технической физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

С.Т. Князев

2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА**

Рекомендована учебно-методическим советом физико-технологического института
для направлений подготовки и специальностей:

Код ОП	Направление/ Специальность	Направленность (профиль) программы магистратуры/ специализации	Номер учебного плана	Код дисциплины по учебному плану
14.05.01/02.01	Ядерные реакторы и материалы	Ядерные реакторы и материалы	5242	Б1.29

Екатеринбург, 2018

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	Мелких Алексей Вениаминович	Доцент, д.ф.-м.н.	профессор	Технической физики	
2	Токманцев В.И.	д.т.н	Зав. кафедрой	Технической физики	

Рабочая программа одобрена на заседании кафедр (учебно-методических советов):

№	Наименование кафедры (УМС)	Дата заседания	Номер протокола	ФИО зав. кафедрой (предс. УМС)	Подпись
1	Технической физики	26.04.2018	5	Токманцев В.И.	
2	Технической физики	26.04.2018	5	Токманцев В.И.	

Согласовано:

Начальник отдела проектирования образовательных программ и организации учебного процесса

Р.Х Токарева

Председатель учебно-методического совета
Физико-технологического института

В.В.Зверев

11.05.2018, протокол № 9

1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования

Код направления/ специальности	Название направления/ специальности	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
14.05.01	Ядерные реакторы и материалы	03.09.2015	956

1.1 Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование компетенций:

ОБЩЕКУЛЬТУРНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ (ОК) в соответствии с ФГОС ВО:

способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1).

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК):

научно-исследовательская деятельность:

готовность к созданию новых методов расчета современных реакторных установок и физических устройств, методов исследования теплофизических процессов и свойств реакторных материалов и теплоносителей; разработке новых систем преобразования тепловой и ядерной энергии в электрическую, методов и методик оценки количественных характеристик ядерных материалов (ПК-2);

способность использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и тепломассопереноса в объеме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза идей, творческого самовыражения (ПК-3);

способность применять экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области (ПК-4);

способность самостоятельно выполнять экспериментальные или теоретические исследования для решения научных и производственных задач с использованием современной техники и методов расчета и исследования (ПК-6).

производственно-технологическая деятельность:

способностью к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний (ПК-24);

способность понимать современные профессиональные проблемы, современные ядерные технологии, научно-техническую политику ядерной сферы деятельности (ПК-27).

Дополнительные компетенции, согласованные с работодателями (ДОК, ДОПК, ДПК, ДППК):

понимание физико-химических основ технологических процессов (ДПК1).

1.2 Содержание результатов обучения

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать основные понятия и законы статистической физики.

Уметь применять методы статистической физики для решения физических и технических задач.

Владеть навыками расчета термодинамических свойств газов, жидкостей и твердых тел на основе статистических закономерностей.

1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

1. Пререквизиты	Физика; Математический анализ.
2. Кореквизиты	Механика сплошных сред; Термодинамика.
3. Постреквизиты	Физико-химическая кинетика.

1.4 Объем (трудоемкость) дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы, формы контроля	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего, час.	В т.ч. контактная работа (час.)*	6 семестр
1.	Аудиторные занятия, час.	85	85	85
2.	Лекции, час.	51	51	51
3.	Практические занятия, час.	34	34	34
4.	Лабораторные работы, час.	0	0	0
5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации, час.	41	12,75	41
6.	Вид промежуточной аттестации	18	2,33	Экзамен, 18
7.	Общая трудоемкость по учебному плану, час.	144	100,08	144
8.	Общая трудоемкость по учебному плану, з.е.	4	-	4

1.5 Краткое описание (аннотация) дисциплины

Содержание дисциплины направлено на изучение статистических закономерностей макроскопических систем, основанных на законах механики частиц. Рассматриваются квантовые и классические равновесные распределения. Важная роль отводится так же изучению неравновесных систем.

2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	Основные положения классической статистической физики	<p>Фазовое пространство. Фазовая плотность вероятности. Уравнения Лагранжа. Временные и фазовые средние. Уравнение Лиувилля. Теорема Лиувилля. Аналогия движения фазовых точек и несжимаемой жидкости. Сохранение фазового объема. Распределения Гиббса. Распределения Гиббса и Максвелла-Больцмана. Нулевое начало термодинамики. Первое начало термодинамики с точки зрения статфизики. Нулевое начало. Статистическое определение энтропии. Основной алгоритм СФ. Третье начало термодинамики с точки зрения статфизики. Статистическое обоснование третьего начала термодинамики. Энтропия – мера упорядоченности физической системы. Теорема о равнораспределении. Поступательные, колебательные и вращательные степени свободы.</p>
P2	Идеальные системы	<p>Термодинамические функции идеального газа. Расчет уравнения состояния, энтропии, свободной энергии и теплоемкости идеального газа. Парадокс Гиббса в классической физике. Распределения Ферми и Бозе. Распределение атомов газа в пространстве квантовых состояний. Распределения Ферми и Бозе. Электронный газ в металлах. Вырожденный электронный газ в металлах. Уравнение состояния электронного газа. Теплоемкость электронного газа. Вырожденный Бозе-газ. Вырожденный Бозе-газ. Уравнение состояния вырожденного Бозе-газа. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Экспериментальное наблюдение явления Бозе-Эйнштейновской конденсации. Черное излучение. Излучение абсолютно черного тела. Термодинамические параметры черного излучения. Уравнение состояния для излучения. Статистический вывод закона Стефана-Больцмана. Распределение фотонов по углам. Связь квантовых и классических распределений Гиббса. Парадокс Гиббса с точки зрения квантовой механики. Вращение молекул. Расчет статистических сумм и термодинамических параметров для вращательных степеней свободы. Вращательная теплоемкость. Колебания молекул. Расчет статистических сумм и термодинамических параметров для колебательных степеней свободы. Колебательная теплоемкость. Связь флуктуаций и энтропии. Распределение Гаусса. Флуктуации термодинамических величин. Флуктуации аддитивной величины, объема и энергии.</p>
P3	Неидеальные системы	<p>Силы взаимодействия между молекулами. Вириальное уравнение состояния. Формула Ван-дер-Ваальса. Вывод формулы Ван-дер-Ваальса. Приведенное уравнение состояния. Критические явления. Поведение системы</p>

		<p>вблизи критической точки. Критические индексы. Равновесие фаз и метастабильные состояния. Условия равновесия фаз. Бинодаль и спинодаль. Перегрев и переохлаждение. Кинетика фазовых переходов первого рода. Кинетика распада метастабильных состояний. Стекла. Плазма в равновесии. Формула Дебая. Термодинамические функции равновесной плазмы. Теплоемкость твердых тел. Температура Дебая. Фононы.</p>
P4	Неравновесные системы	<p>Уравнения баланса тепла и числа частиц. Локальное равновесие. Диффузия и теплопроводность. Длина свободного пробега молекул. Диффузия в газах. Броуновское движение. Уравнение Ланжевена. Уравнение Фоккера-Планка. Формула Эйнштейна. Времена релаксации. Уравнение Мастера. Случайные блуждания. Вывод уравнения Фоккера-Планка из уравнения Мастера. Вывод уравнения диффузии для модели случайных блужданий. Уравнение баланса энтропии. Производство энтропии. Плотность производства энтропии. Основные положения линейной неравновесной термодинамики. Соотношения взаимности Онсагера. Теорема Пригожина. Принцип Кюри. Диффузия газа в асимметричной мембране. Связь скалярного источника тепла и векторного потока частиц.</p>

3 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ (по формам обучения)

3.1. Распределение для изучаемой дисциплины аудиторной нагрузки и контрольных мероприятий по разделам для очной формы обучения

Таблица 3.1.

Семестр обучения: 6		Объем дисциплины (зач.ед.): 4																								
Раздел дисциплины		Аудиторная нагрузка (час.)				Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий																				
Код раздела, темы	Наименование раздела, темы	Всего по разделу, теме (час.)				Подготовка к аудиторным занятиям (час.)				Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.)				Всего на подготовку к контрольным мероприятиям (час.)		Подготовка к контрольным мероприятиям (колич.)		Подготовка к аттестационным мероприятиям (час.)								
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего (час.)	Лекция	Практ., семинар, занятие	Лабораторное занятие	И/и семинар, семинар-конференция, коллоквиум	Всего (час.)	Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*	Инд. или групповой проект*	Перевод инояз. литературы*	Расчетная работа, разработка программного продукта*	Расчетно-графическая работа*	Курсовая работа*	Курсовой проект*	Контрольная работа*	Коллоквиум*	Зачет* (при наличии экзамена)	Зачет* (дифференцированный или при отсутствии экзамена)	Экзамен*	
P1	Основные положения классической статистической физики	22	14	4		8	4	4		8																
P2	Идеальные системы	35	24	10		11	5	3														1				
P3	Неидеальные системы	35	24	10		11	6	5																		
P4	Неравновесные системы	34	23	10		11	6	5																		
	Всего (час), без учета промежуточной аттестации:	126	85	34	0	41	21	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
	Всего по дисциплине (час.):	144	85			59					В т.ч. промежуточная аттестация				0	0	0	18								

* Суммарный объем в часах на мероприятие указывается в строке "Всего (час.):»

4 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1.Лабораторный практикум

«не предусмотрено»

4.2.Практические занятия

Код раздела, темы	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P1	Основные положения классической статистической физики	4
P2	Идеальные системы	10
P3	Неидеальные системы	10
P4	Неравновесные системы	10
Всего:		34

4.3.Самостоятельная работа студентов

4.3.1. *Примерный перечень тем домашних работ*

«не предусмотрено»

4.3.2. *Примерный перечень тем графических работ*

«не предусмотрено»

4.3.3. *Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)*

«не предусмотрено»

4.3.4. *Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов*

«не предусмотрено»

4.3.5. *Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)*

«не предусмотрено»

4.3.6. *Примерный перечень тем расчетно-графических работ*

«не предусмотрено»

4.3.7. *Примерная тематика курсового проекта (работы) (индивидуального или группового)*

«не предусмотрено»

4.3.8. *Примерный перечень тем контрольных работ*

«не предусмотрено»

4.3.9. *Примерная тематика коллоквиумов*

1. Фазовое пространство. Фазовая плотность вероятности.
2. Уравнение Лиувилля. Теорема Лиувилля.
3. Распределения Гиббса.
4. Первое начало термодинамики с точки зрения статфизики.
5. Третье начало термодинамики с точки зрения статфизики.
6. Теорема о равномерном распределении.
7. Термодинамические функции идеального газа.
8. Распределения Ферми и Бозе.
9. Электронный газ в металлах.
10. Вырожденный Бозе-газ.
11. Черное излучение.
12. Статистический вывод закона Стефана-Больцмана.

13. Связь квантовых и классических распределений Гиббса.
14. Вращение молекул.
15. Колебания молекул.
16. Связь флуктуаций и энтропии.
17. Флуктуации термодинамических величин.

4.3.10. Перевод иноязычной литературы
«не предусмотрено»

5 СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные и интерактивные методы обучения	Формы учебных занятий и виды учебной работы												
		Лекция	Практич., семинар. занятие	Лабораторное занятие	Н/и семинар, семинар-конференция, коллоквиум	Домашняя работа	Графическая работа	Реферат, эссе, творч. работа	Расчетная работа (программный продукт)	Расчетно-графич. работа	Курс. проект (работа)	Контрольная работа	Коллоквиум	
P1-P4	Методы активного обучения	*	*											
	Методы проблемного обучения (дискуссии, поисковые работы, исследовательский метод и т.п.)												*	

6 ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ В РАМКАХ БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ

6.1. Весовой коэффициент значимости модуля (дисциплины) в рамках учебного плана – к дисц.=1

6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0,5		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение лекций	6, 1-17 уч.нед.	10
Коллоквиум	6, 4-6 уч.нед.	90
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0,5		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0,5		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0,5		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение практических занятий	6, 1-17 уч.нед.	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1 (не предусмотрено)		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: не предусмотрены.		

6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы - не предусмотрены

6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения модуля (дисциплины)

Порядковый номер семестра (по учебному плану), в котором осваивается модуль (дисциплина)	Коэффициент значимости результатов освоения дисциплины в семестре
Семестр 6	$k_{\text{сем } 6} = 1$

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1.Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Ландау, Лев Давидович. Теоретическая физика: В 10 т. : Учеб. пособие. Т. 5. Статистическая физика, ч. 1 / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; Под ред. Л. П. Питаевского. — 5-е изд., стер. — М. : Физматлит, 2001. — 616 с. — Рек. М-вом образования РФ. — ISBN 5-9221-0054-8 : 138-00. — ISBN 5-9221-0053-X : 50-00.
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2230.
2. Ансельм, А.И. Основы статистической физики и термодинамики: учебное пособие / А.И. Ансельм. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2007. — 448 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/692>.

7.1.2. Дополнительная литература

1. Кондратьев, А.С. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.С. Кондратьев, П.А. Райгородский. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2007. — 256 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2209>
2. Белонучкин, В.Е. Курс общей физики. Основы физики: для вузов. В 2 т. Т. II. Квантовая и статистическая физика. Термодинамика [Электронный ресурс] : учебник / В.Е. Белонучкин, Д.А. Заикин, Ю.М. Ципенюк. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2007. — 608 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2201>

7.1.3. Методические разработки

1. Мелких А.В., Повзнер А.А., Шумихина К.А. Основы термодинамики и статистической физики. Учебное пособие. Екатеринбург. УГТУ-УПИ. 2009. 242с.
2. Мелких А.В., Повзнер А.А., Шумихина К.А. Элементы термодинамики и статистической физики: учебное пособие. Екатеринбург, УрФУ, 2010, 226с.
3. Мелких А.В., Повзнер А.А. Основы статистической физики. Часть I. Учебное пособие. УрФУ. 2011. 124 с.
4. Основные законы классической физики в примерах и задачах : учебное пособие / Л. Г. Малышев, К. А. Шумихина, А. В. Мелких, А. А. Повзнер. – Екатеринбург: УрФУ, 2013. – 404 с.

7.2.Программное обеспечение

«не используется»

7.3.Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», информационно-

справочные и поисковые системы

1. Википедия – свободная энциклопедия: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
2. Зональная библиотека УрФУ: <http://lib.urfu.ru>

7.4.Электронные образовательные ресурсы

1. УМК Неравновесная статистическая термодинамика
http://study.urfu.ru/view/aid_view.aspx?AidId=6707
2. УМК-Д Статистическая физика http://study.urfu.ru/view/aid_view.aspx?AidId=5372

7.5.Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Обучение проводится последовательно путем чтения лекций с углублением и закреплением полученных знаний в ходе самостоятельной работы с последующим переводом знаний в умения в ходе практических занятий. На лекциях излагаются лишь основные, имеющие принципиальное значение и наиболее трудные для понимания и усвоения вопросы. Теоретические знания, полученные студентами на лекциях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются на практических занятиях.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

При проведении независимого тестового контроля как формы промежуточной аттестации применяется методика оценивания результатов, предлагаемая разработчиками тестов. Процентные показатели результатов независимого тестового контроля переводятся в баллы промежуточной аттестации по 100-балльной шкале в БРС:

- в случае балльной оценки по тесту (блокам, частям теста) переводится процент набранных баллов от общего числа возможных баллов по тесту;
- при отсутствии балльной оценки по тесту переводится процент верно выполненных заданий теста, от общего числа заданий.

8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий
«не предусмотрено»

8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий
«не предусмотрено»

8.3.3. Примерные контрольные кейсы
«не предусмотрено»

8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета
«не предусмотрено»

8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. В чем состоит отличие временных и фазовых средних?
2. Почему энтропия может считаться мерой беспорядка в системе?
3. В чем состоит основной алгоритм равновесной статистической физики?
4. Докажите теорему о равномерном распределении энергии по степеням свободы.
5. В чем состоит парадокс Гиббса в классической физике?
6. Почему химический потенциал Бозе-газа не может быть положительным?
7. Почему теплоемкость электронного газа в металле много меньше, чем теплоемкость решетки?
8. Почему явление конденсации Бозе-Эйнштейна не существует в идеальном газе фотонов?
9. При каких характерных температурах колебательные степени свободы молекул являются замороженными?
10. Почему вириальное уравнение состояния для реального газа не может быть применено к жидкости?
11. Почему метод получения уравнения состояния, примененный для реального газа, не применим к плазме?
12. В чем состоит проблема роста квазикристаллов?
13. Сформулируйте основные положения линейной неравновесной термодинамики.
14. Какова связь между средним квадратом смещения броуновской частицы и ее коэффициентом диффузии?
15. В чем состоит принцип Кюри для неравновесных процессов?
16. Получите уравнение Фоккера-Планка из уравнения мастера.
17. В чем причины необратимости в макроскопических системах?

8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации

