

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**

**ТЕРМОДИНАМИКА НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Уровень основной профессиональной образовательной программы  
**бакалавриат**

Направление подготовки **44.03.05 Педагогическое образование**  
**(с двумя профилями подготовки)**

Направленность (профиль) подготовки **Математика и физика**

Форма обучения очная

Сроки освоения ОПОП **нормативный срок освоения 5 лет**

Факультет **физико-математический**

Кафедра **общей и теоретической физики и МПФ**

Рязань, 2019

## ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Термодинамика нестационарных процессов» 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 в неравновесном и нестационарном состоянии.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВУЗА

2.1. Учебная дисциплина **Б1.В.ДВ.19.2. «Термодинамика нестационарных процессов»** относится к вариативной части Блока 1 (дисциплины по выбору)

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

- Механика, Молекулярная физика
- Теория вероятностей и математическая статистика
- Дифференциальные уравнения
- Алгебра
- Геометрия

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

- Физика твердого тела

## 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) 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-3	способностью использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве	<p>Определения микро- и макро- состояний макроскопической системы классических и квантовых частиц, понятия статистический ансамбль, статистическая функция распределения, равновесие, бифуркация, энтропия, неэнтропия, бифуркация, самоорганизация</p> <p>Особенности неравновесной термодинамики и термодинамического описания физических систем</p> <p>Пределы применимости термодинамического и статистического описания физических систем</p>	<p>Находить оптимальные способы описания конкретных макроскопических систем;</p> <p>Определять применимость термодинамического и статистического описания к физическим системам;</p> <p>Решать стандартные задачи термодинамики и статистической физики</p>	<p>Терминологией неравновесной термодинамики; математическим аппаратом неравновесной термодинамики; навыками решения стандартных задач термодинамики</p>
2.	ПК-3	знает концептуальные и теоретические основы физики, владеет системой знаний о фундаментальных физических законах и теориях, физической сущности явлений и процессов в природе и технике	<p>Основы равновесного и неравновесного термодинамических подходов</p> <p>Фундаментальные физические законы и теории термодинамики нестационарных процессов</p> <p>Ключевую проблематику в области неравновесной термодинамики</p>	<p>Выявлять физическую сущность термодинамических процессов</p> <p>Объяснять явления и процессы в природе и технике с термодинамических позиций</p>	<p>Системой знаний об фундаментальных физических законах и теориях термодинамики</p> <p>Приемами анализа простейших явлений неравновесной термодинамики</p> <p>Навыками решения</p>

				применять равновесный и неравновесный термодинамический подходы при решении физических задач	простых задач неравновесной термодинамики
--	--	--	--	--	---

## 2.5 Карта компетенций дисциплины

КАРТА КОМПЕТЕНЦИЙ ДИСЦИПЛИНЫ					
НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ Термодинамика нестационарных процессов					
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 неравновесном и нестационарном состоянии				
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-3	способностью использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве	Знать Определения микро- и макро- состояний макроскопической системы классических и квантовых частиц, понятия статистический ансамбль, статистическая функция распределения, равновесие, бифуркация, энтропия, негэнтропия, бифуркация, самоорганизация Особенности неравновесной термодинамики и термодинамического описания физических систем Пределы применимости термодинамического и статистического описания физических систем Уметь Находить оптимальные способы описания конкретных макроскопических систем; Определять применимость термодинамического и статистического описания к физическим системам;	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 использовать в профессиональной деятельности терминологию и аппарат математической статистики Повышенный Способен находить оптимальные способы описания конкретных макроскопических систем

		Решать стандартные задачи термодинамики и статистической физики Владеть Терминологией неравновесной термодинамики; математическим аппаратом неравновесной термодинамики; навыками решения стандартных задач термодинамики.			
Профессиональные компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Уровни освоения компетенции
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ПВК-3	знает концептуальные и теоретические основы физики, владеет системой знаний о фундаментальных физических законах и теориях, физической сущности явлений и процессов в природе и технике	Знать Основы равновесного и неравновесного термодинамических подходов Фундаментальные физические законы и теории термодинамики нестационарных процессов Ключевую проблематику в области неравновесной термодинамики Уметь Выявлять физическую сущность термодинамических процессов Объяснять явления и процессы в природе и технике с термодинамических позиций применять равновесный и неравновесный термодинамический подходы при решении физических задач Владеть Системой знаний об фундаментальных физических законах и теориях термодинамики Приемами анализа простейших явлений неравновесной термодинамики Навыками решения простых задач неравновесной термодинамики	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	<b>Пороговый</b> Способен ориентироваться в структурах, целях и задачах современной термодинамики, определять ее место в структуре физического знания <b>Повышенный</b> Способен выявлять физическую сущность и объяснять явления и процессы в природе и технике с позиций неравновесной термодинамики

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### 1. ОБЪЕМ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
		№ 9	
		часов	
1	2	3	
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего)	45	45	
В том числе:	45	45	
Лекции (Л)	15	15	
Практические занятия (ПЗ), Семинары (С)	30	30	
Лабораторные работы (ЛР)			
2. Самостоятельная работа студента (всего)	63	63	
В том числе	-	-	
<i>СРС в семестре:</i>	63	63	
Курсовая работа	КП		
	КР		
Другие виды СРС:	-	-	
Подготовка проекта	11	11	
Подготовка докладов и рефератов	12	12	
Подготовка тематического обзора	7	7	
Выполнение ИДЗ	10	10	
Изучение литературы	6	6	
Подготовка к зачету	6	6	
Отработка стандартных и нестандартных заданий	6	6	
Повторение материала	1	1	
Подготовка к контрольной работе	4	4	
<i>СРС в период сессии</i>			
Вид промежуточной аттестации	зачет (З),	зачет	зачет
	экзамен (Э)		
ИТОГО: Общая трудоемкость	часов	<b>108</b>	<b>108</b>
	зач. ед.		

## 2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1. Содержание разделов учебной дисциплины

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Содержание раздела в дидактических единицах
1	2	3	4
9	1	Введение в неравновесную термодинамику	Цели, задачи, состав и назначение курса. Краткая история и перспективные направления термодинамики. Термодинамические системы, их характеристики и классификация. Термодинамические переменные. Внутренняя энергия, температура, энтропия, давление, объем, диффузионный потенциал, число элементов термодинамической системы. Равновесные и неравновесные состояния. Независимые и зависимые термодинамические переменные. Уравнение состояния. Принципы аддитивности и локального термодинамического равновесия. I, II и III начала. Основное уравнение термодинамики. Равновесие в гомогенных и гетерогенных системах. Правило фаз Гиббса. Условия устойчивости равновесия. Термодинамические потенциалы. Химический потенциал
	2	Линейная неравновесная термодинамика.	Причины необратимости. Типы необратимых процессов. Необратимые процессы теплопереноса, адиабатического расширения и диффузии. Термодинамические флуктуации. Движущие силы и скорости необратимых процессов. Соотношение между значениями движущих сил и скоростей процессов. Термодинамическая форма записи кинетических уравнений. Термодинамические силы. Величины термодинамических сил для химической реакции, потоков градиентов температуры, концентрации, химического потенциала, напряженности электрического поля. Связь между скоростью процесса и термодинамическими силами. Термодинамика потока. Принцип локального равновесия. Термодинамические уравнения движения макросистемы (уравнение Онсагера). Принцип Кюри для изотропных систем. Принцип симметрии кинетических коэффициентов (соотношения Онсагера). Примеры связанных потоков (перекрестные явления переноса): термомеханический и механокалорический эффекты; термоэлектрические и термомагнитные явления; термодиффузия. Стационарные неравновесные состояния

		(квазиравновесный процесс). Уравнение квазиравновесного процесса (линейное приближение): производство энтропии и диссипация энергии в открытой системе, теорема Пригожина. Второе начало термодинамики в открытых системах. Термодинамический критерий устойчивости стационарного состояния – принцип Ле-Шателье – Брауна.
3	Нелинейная термодинамика (термодинамика систем вдали от равновесия)	Эволюция открытых неравновесных систем. Универсальный критерий эволюции Гленсдорфа-Пригожина. Термодинамика нелинейных кинетических систем: термодинамическая и кинетическая ветвь решений. Устойчивость решений по Ляпунову. Модифицированные уравнения Онзагера для сопряженных процессов вдали от равновесия. Пространственные, временные и пространственно-временные диссипативные структуры. Примеры появления диссипативных структур: ячейки Бенара; экологическая система —хищник-жертва, уравнения Лоттки- Вольтерра; закон эволюции Дарвина; реакция Белоусова-Жаботинского. Теория бифуркаций. Теория катастроф. Синергетика. Теория фракталов, фрактальные структуры
4	Анализ сложных природных явлений самоорганизации на основе неравновесной термодинамики	. Неравновесные фазовые переходы. Трансформация областей диаграмм состояния при нарушении стационарности внешних и внутренних термодинамических факторов. Квазиэвтектоиды. Мартенситное превращение в сплавах на основе Fe, Cu, Ag, Au. Гипернеравновесное структурообразование при лазерном облучении стали, формировании «белых слоев». Моделирование процессов неравновесного структурообразования. Турбулентность в гидравлических потоках. Вихревые структуры в гидродинамике и космической газодинамике. Сверхтекучесть жидкого гелия и сверхпроводимость металлов. Тепловая конвекция как прототип явлений самоорганизации в физике. Жидкие кристаллы. Лазерное излучение. «Химические часы» явление самоорганизации в химии. Термодинамика самоорганизации живых организмов и экологических систем. Перспективы использования теории.



## 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
9	1	Введение в неравновесную термодинамику	3		6	15	24	Реферат/доклад (3 неделя) ИДЗ (2 неделя)
	2	Линейная неравновесная термодинамика.	4		8	14	26	ИДЗ (5 неделя) Тематический обзор (7 неделя) Реферат/доклад (6 неделя)
	3	Нелинейная термодинамика (термодинамика систем вдали от равновесия)	4		8	14	26	ИДЗ (8, 9, 11 недели) Контрольная работа (10 неделя)
	4	Анализ сложных природных явлений самоорганизации на основе неравновесной термодинамики	4		8	20	32	Реферат/доклад (13 неделя) ИДЗ (12 неделя) Проект (14-15 неделя)
		Разделы дисциплины № 1-№4	-	-	-			ПрАт
		ИТОГО за семестр		15		30	63	108
		ИТОГО						

### 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
9	1.	Введение в неравновесную термодинамику	Изучение литературы по тематике раздела Подготовка к зачету Выполнение ИДЗ Изучение литературы по теме реферата/доклада Подготовка реферата/доклада Отработка стандартных и нестандартных заданий по теме раздела	2 2 3 3 3 2
	2.	Линейная неравновесная термодинамика.	Подготовка к зачету Выполнение ИДЗ Изучение литературы по теме реферата/доклада Подготовка реферата/доклада Отработка стандартных и нестандартных заданий по теме раздела Изучение литературы по теме обзора Подготовка тематического обзора	1 2 1 2 1 3 4
	3.	Нелинейная термодинамика (термодинамика систем вдали от равновесия)	Изучение литературы по тематике раздела Подготовка к зачету Выполнение ИДЗ Отработка стандартных и нестандартных заданий по теме раздела Подготовка к контрольной работе Повторение материала предыдущих разделов	2 2 2 3 4 1
	4.	Анализ сложных природных явлений самоорганизации на основе неравновесной термодинамики	Изучение литературы по тематике раздела Подготовка к зачету Выполнение ИДЗ Изучение литературы по теме реферата/доклада Подготовка реферата/доклада Выбор темы проекта Подбор и изучение литературы по теме проекта Разработка проекта Подготовка отчета по проекту	2 1 3 1 2 1 3 4 3
ИТОГО в семестре:				63
ИТОГО				63

### 3.2. График работы студента

Семестр № 9

Форма оценочного средства*	Условное обозначение	Номер недели																
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Собеседование	Соб	+																
Доклад, презентация. реферат	Реф				+			+								+		
Защита проекта	Пр																+	+
Тематический обзор	ТО								+									
Контрольная работа	КР											+						
Индивидуальное домашнее задание	ИДЗ			+			+			+	+		+	+				

#### 4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (см. Фонд оценочных средств)

##### 4.1. 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	Используется 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: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=240555">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=240555</a> (дата обращения: 29.08.2019)	1 - 4	9	ЭБС	
2	Ефремов, Ю. С. Статистическая физика и термодинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю. С. Ефремов. - М. ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 208 с. : ил. - Библиогр. в кн. - Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=428682">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=428682</a> (дата обращения: 29.08.2019)	1 - 4	9	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: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=436229">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=436229</a> (дата обращения: 29.08.2019)	1 - 4	9	ЭБС	

## 5.2. Дополнительная литература

п/п	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год	Используется при изучении разделов	Семестр	Количество экземпляров	
				в библиотеке	на кафедре
1	2	3	4	5	6
1	Амирханов, Д. Г. Техническая термодинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д. Г. Амирханов, Р. Д. Амирханов ; под ред. Е. И. Шевченко. - Казань: Издательство КНИТУ, 2014. - 264 с. – Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=428258">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=428258</a> (дата обращения: 29.08.2019)	1 - 4	9	ЭБС	
2	Аршинов, В. И. Синергетика как феномен постнеклассической науки [Электронный ресурс] / В.И. Аршинов. - М. : ИФ РАН, 1999. - 206 с. –Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=62873">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=62873</a> (дата обращения: 29.08.2019)	2 - 4	9	ЭБС	
4	Кашурников, В. А. Численные методы квантовой статистики [Электронный ресурс] / В. А. Кашурников, А. В. Красавин. - М.: Физматлит, 2010. – 628 с. – Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=69481">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=69481</a> (дата обращения: 29.08.2019)	1 - 4	9	ЭБС	
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: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68401">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68401</a> (дата обращения: 29.08.2019).	1 - 4	9	ЭБС	
7	Лебедев, В. В. Флуктуационные эффекты в макрофизике [Электронный ресурс] / В. В. Лебедев. - М.: МЦНМО, 2004. - 255 с. – Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=63241">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=63241</a> (дата обращения: 29.08.2019)	3- 4	9	ЭБС	
8	Пригожин, И. Современная термодинамика [Электронный ресурс] : от тепловых двигателей до диссипативных структур / Пригожин И., Кондепуди Д.; пер. с англ. Ю. А. Данилова и В. В. Белого; под ред. Е. П. Агеева. - М. : Мир, 2002. - 1 электр. оптич. диск (CD-ROM).	3 - 4	9	CD-ROM	
9	Прудников, В. В. Фазовые переходы и методы их компьютерного моделирования [Электронный ресурс] / В. В. Прудников, А. Н. Вакилов, П. В. Прудников. - М. : Физматлит, 2009. - 224 с. – Режим доступа:	3	9	ЭБС	

	<a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68374">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68374</a> (дата обращения: 29.08.2019)				
10	Структуры и хаос в нелинейных средах [Электронный ресурс] / Т. С. Ахромеева [и др.]. - М. : Физматлит, 2007. - 485 с. - Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=67298">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=67298</a> (дата обращения: 29.08.2019)	2 - 4	9	ЭБС	
11	Шапиро, С.В. Основы синергетики: учебное пособие [Электронный ресурс] / С. В. Шапиро. - Уфа : Уфимский государственный университет экономики и сервиса, 2012. - 228 с. - Режим доступа: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272504">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=272504</a> (дата обращения: 29.08.2019)	2 - 4	9	ЭБС	

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

1. Университетская библиотека ONLINE [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red) (дата обращения: 29.08.2019).
2. Труды преподавателей [Электронный ресурс]: коллекция // Электронная библиотека Научной библиотеки РГУ имени С. А. Есенина. - Доступ к полным текстам по паролю. - Режим доступа: <http://dspace.rsu.edu.ru/xmlui/handle/123456789/2362> (дата обращения: 29.08.2019).

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

1. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Доступ зарегистрированным пользователям по паролю. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> (дата обращения: 29.08.2019).
2. КиберЛенинка [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru>, свободный (дата обращения: 29.08.2019).
3. Научная библиотека РГУ имени С. А. Есенина [Электронный ресурс] : сайт. – Режим доступа: <http://library.rsu.edu.ru>, свободный (дата обращения: 29.08.2019).
4. Российский общеобразовательный портал [Электронный ресурс] : [образовательный портал]. – Режим доступа: <http://www.school.edu.ru>, свободный (дата обращения: 29.08.2019).

## **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, происходит контроль выполнения домашних заданий. 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.	Введение в неравновесную термодинамику	<b>ОК-3, ПВК-3</b>	<b>зачет</b>
2.	Линейная неравновесная термодинамика.	<b>ОК-3, ПВК-3</b>	
3.	Нелинейная термодинамика (термодинамика систем вдали от равновесия)	<b>ОК-3, ПВК-3</b>	
4.	Анализ сложных природных явлений самоорганизации на основе неравновесной термодинамики	<b>ОК-3, ПВК-3</b>	

**ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

Индекс компетенции	Содержание компетенции	Элементы компетенции	Индекс элемента
<b>ОК 3</b>	способностью использовать естественнонаучные и математические знания для ориентирования в современном информационном пространстве	<b>знать</b>	
		<b>1</b> Определения микро- и макросостояний макроскопической системы классических и квантовых частиц, понятия статистический ансамбль, статистическая функция распределения, равновесие, бифуркация, энтропия, негэнтропия, бифуркация, самоорганизация	<b>ОК3 31</b>
		<b>2</b> Особенности неравновесной термодинамики и термодинамического описания физических систем	<b>ОК3 32</b>
		<b>3</b> Пределы применимости термодинамического и статистического описания физических систем	<b>ОК3 33</b>
		<b>уметь</b>	

		<b>1</b> Находить оптимальные способы описания конкретных макроскопических систем	<b>ОК3 У1</b>
		<b>2</b> Определять применимость термодинамического и статистического описания к физическим системам	<b>ОК3 У2</b>
		<b>3</b> Решать стандартные задачи термодинамики и статистической физики	<b>ОК3 У3</b>
		<b>владеть</b>	
		<b>1</b> Терминологией неравновесной термодинамики	<b>ОК3 В1</b>
		<b>2</b> Математическим аппаратом неравновесной термодинамики	<b>ОК3 В2</b>
		<b>3</b> Навыками решения стандартных задач термодинамики	<b>ОК3 В3</b>
<b>ПВК-3</b>	знает концептуальные и теоретические основы физики, владеет системой знаний о фундаментальных физических законах и теориях, физической сущности явлений и процессов в природе и технике	<b>знать</b>	
		<b>1</b> Основы равновесного и неравновесного термодинамических подходов	<b>ПВК-3 31</b>
		<b>2</b> Фундаментальные физические законы и теории термодинамики нестационарных процессов,	<b>ПВК-3 32</b>
		<b>3</b> Ключевую проблематику в области неравновесной термодинамики	<b>ПВК-3 33</b>
		<b>уметь</b>	
		<b>1</b> Выявлять физическую сущность термодинамических процессов	<b>ПВК-3 У1</b>
		<b>2</b> Объяснять явления и процессы в природе и технике с термодинамических позиций	<b>ПВК-3 У2</b>
		<b>3</b> применять равновесный и неравновесный термодинамический подходы при решении физических задач	<b>ПВК-3 У3</b>
		<b>владеть</b>	
		<b>1</b> Системой знаний об фундаментальных физических законах и теориях термодинамики	<b>ПВК-3 В1</b>
		<b>2</b> Приемами анализа простейших явлений неравновесной термодинамики	<b>ПВК-3 В2</b>
		<b>3</b> Навыками решения простых задач неравновесной термодинамики	<b>ПВК-3 В3</b>

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

№	*Содержание оценочного средства	Индекс оцениваемой компетенции и ее элементов
1.	Сущность термодинамического подхода в равновесном и неравновесном вариантах. Проиллюстрируйте оба подхода на примерах явлений и процессов из природы и техники	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 33, ОК3 У2, ОК3 В1, ПВК-3 31, ПВК-3 32, ПВК-3 33, ПВК-3 У2, ПВК-3 В1,
2.	Описание системы на языке термодинамики. Проанализируйте целесообразность рассмотрения темы в школьном курсе.	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 33, ОК3 У1, ОК3 У2, ОК3 В1, ПВК-3 31,
3.	Фазовое пространство и его основные элементы. Ансамбли систем в фазовом пространстве. Предложите план исследования явления природы или техники, позволяющий раскрыть понятие «ансамбль»	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 33, ОК3 У2, ОК3 В1, ОК3 В2, ПВК-3 31, ПВК-3 У1, ПВК-3 У2,
4.	Энтропия и энергия. Скорость возрастания энтропии. Предложите примерные темы проектных работ школьников по теме «Энтропия»	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 33, ОК3 У2, ОК3 В1, ОК3 В2, ПВК-3 31, ПВК-3 32, ПВК-3 33,
5.	Закон сохранения массы. Приведите примеры действия данного закона и особенности его применения	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 33, ПВК-3 32, ПВК-3 33,
6.	Закон сохранения импульса. Проанализируйте области применимости данного закона	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 33, ПВК-3 32, ПВК-3 33,
7.	Водород массой $m=100$ г был изобарно нагрет так, что объем его увеличился в $n=3$ раза, затем водород был изохорно охлажден так, что давление его уменьшилось в $n=3$ раза. Найти изменение $\Delta S$ энтропии в ходе указанных процессов. Можно ли решить эту задачу, исходя из статистических представлений	ОК3 У1, ОК3 У2, ОК3 У3, ОК3 В2, ОК3 В3, ПВК-3 У1, ПВК-3 У2, ПВК-3 У3, ПВК-3 В3
8.	Уравнение баланса энтропии. Вывод общих выражений для потока энтропии и скорости возрастания энтропии в объеме термодинамического подхода. Приведите примеры применения уравнения баланса энтропии в технике	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 33, ОК3 У1, ОК3 В1, ОК3 В2, ПВК-3 31, ПВК-3 32, ПВК-3 33, ПВК-3 У2, ПВК-3 У3, ПВК-3 В2,
9.	Линейные уравнения связи потоков и термодинамических сил. Проанализируйте область применения линейных уравнений. Найти выражение для коэффициента внутреннего трения в газах	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 33, ОК3 У2, ОК3 В1, ОК3 В2, ОК3 В3, ПВК-3 32, ПВК-3 33, ПВК-3 У1,
10.	Феноменологические или кинетические коэффициенты переноса. Предложите темы проектных исследований по данной теме и проиллюстрируйте тему примерами анализа явлений и процессов природы и техники	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 33, ОК3 В1, ОК3 В2, ПВК-3 32, ПВК-3 33, ПВК-3 У2,
11.	Принцип Кюри. Соотношение взаимности. Предложите простейшие задания, раскрывающие смысл принципа	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 33, ОК3 В1, ОК3 В2, ПВК-3 32, ПВК-3 33,

12.	Термоэлектрические явления: эффект Зеебека, эффект Пельтье. Перечислите физические проявления эффектов	ОК3 32, ОК3 33, ОК3 У1, ОК3 У2, ОК3 В1, ПВК-3 У1, ПВК-3 У3, ПВК-3 В2,
13.	Диффузия. Предложите план исследования явления природы или техники, раскрывающее особенности процессов диффузии.	ОК3 32, ОК3 33, ОК3 У1, ПВК-3 У1, ПВК-3 У3, ПВК-3 В2,
14.	Химические реакции. Сложные реакции. Линейность в последовательных реакциях. Предложите и обоснуйте план исследований по теме «Термодинамика химических реакций»	ОК3 32, ОК3 У1, ОК3 У2, ОК3 В1, ОК3 В2, ПВК-3 У1, ПВК-3 У3, ПВК-3 В2,
15.	Теплопроводность в анизотропных твердых телах. Объясните важность понятия теплопроводности для понимания процессов реального мира.	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 У1, ОК3 У2, ОК3 В1, ПВК-3 У1, ПВК-3 У3, ПВК-3 В2,
16.	Вычислить работу, совершаемую за цикл перемагничивания единицей объема сердечника длинного соленоида, если известно, что площадь петли гистерезиса сердечника на диаграмме с осями координат (H, M) равна S.	ОК3 У1, ОК3 У3, ОК3 В2, ОК3 В3, ПВК-3 У1, ПВК-3 У2, ПВК-3 У3, ПВК-3 В3
17.	Неравновесные стационарные состояния и их устойчивость. Линейный режим. Теорема о минимуме производства энтропии. Приведите примеры проектов обучающихся по данной теме.	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 33, ОК3 У1, ОК3 У2, ОК3 В1, ПВК-3 31, ПВК-3 32, ПВК-3 33, ПВК-3 В2,
18.	Принципы построения обобщенной термодинамики (классическая термодинамика, т.е. термодинамика, изучающая равновесные состояния ("термостатика"), неравновесная термодинамика, изучающая процессы переноса при малом неравновесии (линейная неравновесная термодинамика), нелинейная неравновесная термодинамика (большое неравновесие) )	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 33, ОК3 В1, ПВК-3 31, ПВК-3 32, ПВК-3 33,
19.	Нелинейная неравновесная термодинамика. Системы, далекие от равновесия. Пределы применимости термодинамического и статистического описания физических систем. Приведите примеры неприменимости статистического и термодинамического описаний	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 33, ОК3 У2, ОК3 В1, ОК3 В2, ПВК-3 31, ПВК-3 32, ПВК-3 33, ПВК-3 У2, ПВК-3 В1, ПВК-3 В2,
20.	Устойчивость неравновесных стационарных состояний. Линейный анализ устойчивости. Принцип Ле-Шателье Брауна. Бифуркации. Приведите примеры исследовательских работ, позволяющий обучающимся освоить понятие бифуркации	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 33, ОК3 У2, ОК3 В1, ОК3 В2, ПВК-3 31, ПВК-3 32, ПВК-3 33, ПВК-3 В2,
21.	Процессы самоорганизации в открытых термодинамических системах. Предложите план исследовательской работы обучающихся по данной теме	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 33, ОК3 У1, ОК3 В1, ОК3 В2, ПВК-3 31, ПВК-3 32, ПВК-3 33, ПВК-3 У1, ПВК-3 В1, ПВК-3 В2,
22.	Расчет энтропийного баланса Земли. Негэнтропия e. Приведите и объясните примеры процессов и явлений, для анализа которых применим термин «Негэнтропия»	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 33, ОК3 У1, ОК3 У2, ОК3 В1, ОК3 В2, ОК3 В3, ПВК-3 31, ПВК-3 32, ПВК-3 33, ПВК-3 У1, ПВК-3 У2, ПВК-3 У3, ПВК-3 В1, ПВК-3 В2,

23.	Процессы самоорганизации в открытых термодинамических системах. Предложите простые аналогии для объяснения особенностей процессов самоорганизации	ОК3 32, ОК3 33, ОК3 У1, ОК3 У2, ОК3 В1, ПВК-3 31, ПВК-3 32, ПВК-3 33, ПВК-3 В1, ПВК-3 В2,
24.	Колебания в неравновесных системах. Ячейки Бенара. Приведите примеры явлений природы и техники, которые возможно объяснить с помощью представления о неравновесных системах	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 33, ОК3 В1, ОК3 В2, ОК3 В3, ПВК-3 31, ПВК-3 33, ПВК-3 У2, ПВК-3 В1,
25.	Введение в теорию катастроф. Предложите темы исследований по теме Возьмите металлическую линейку и сожмите ее так, чтобы она прогнулась в одну сторону. Попробуйте «ликвидировать» этот прорыв, надавливая на линейку другой рукой. Пронаблюдайте и объясните произошедшую катастрофу, исходя из статистических и термодинамических представлений	ОК3 32, ОК3 33, ОК3 У1, ОК3 У2, ОК3 У3, ОК3 В1, ОК3 В2, ПВК-3 32, ПВК-3 33, ПВК-3 У3, ПВК-3 В3
26.	Сверхтекучесть с точки зрения термодинамики. Приведите принципы изложения данного раздела в школьном курсе физики	ОК3 32, ОК3 33, ОК3 У1, ОК3 У2, ОК3 В1, ОК3 В2, ОК3 В3, ПВК-3 33, ПВК-3 У1, ПВК-3 У2, ПВК-3 В1, ПВК-3 В2,
27.	Сверхпроводимость. Объясните важность темы. Объясните практическую значимость явления.	ОК3 32, ОК3 У1, ОК3 У2, ОК3 В1, ОК3 В2, ПВК-3 У1, ПВК-3 У2, ПВК-3 В1, ПВК-3 В2,
28.	Молекулярное рассеяние света. Влияние флуктуаций на точность измерений. Обоснуйте важность темы для различных разделов науки и техники. Предложите способы экспериментального подтверждения влияния флуктуаций на точность измерений.	ОК3 32, ОК3 У1, ОК3 У2, ОК3 В2, ПВК-3 32, ПВК-3 У1, ПВК-3 У2, ПВК-3 У3, ПВК-3 В1,
29.	Теория фракталов, фрактальные структуры. Приведите и объясните примеры, иллюстрирующие тему	ОК3 32, ОК3 У1, ПВК-3 32, ПВК-3 33,
30.	На примере диффузии и теплопроводности покажите, что сочетание двух неравновесных процессов приводит к росту энтропии, связанной с их взаимным влиянием друг на друг	ОК3 32, ОК3 У1, ОК3 У2, ОК3 В1, ОК3 В2, ОК3 В3, ПВК-3 У1, ПВК-3 У2, ПВК-3 У3, ПВК-3 В1,
31.	Каким образом можно модифицировать уравнения Онзагера, чтобы их можно было использовать для систем, находящихся вдали от равновесия? Для какого типа процессов такая модификация возможна?	ОК3 31, ОК3 32, ОК3 У1, ОК3 У2, ОК3 В1, ОК3 В2, ОК3 В3, ПВК-3 В1, ПВК-3 В2,
32.	Как классифицируются диссипативные структуры? Проанализируйте представление И. Пригожина о диссипативных структурах.	ОК3 32, ОК3 У1, ОК3 В1, ПВК-3 32, ПВК-3 В1,
33.	Почему с помощью единственной функции — энтропии удается охарактеризовать все разнообразие неравновесных процессов? Имеются 2 урны. Первая содержит 20 шаров – 10 белых, 5 черных и 5 красных; вторая содержит 16 шаров: 4 белых, 4 черных и 8 красных во второй. Из каждой урны вытаскивают по одному шару. Исход	ОК3 У1, ОК3 У2, ОК3 У3, ОК3 В1, ОК3 В2, ОК3 В3, ПВК-3 31, ПВК-3 У3, ПВК-3 В2, ПВК-3 В3

	какого из этих двух опытов следует считать более неопределенным? Изобразить решение задачи графически	
34.	Как записать в дифференциальном виде для закрытой системы выражения для первого закона термодинамики и объединенное выражение для первого и второго закона в случае протекания равновесных и неравновесных процессов? Проиллюстрируйте полученную форму записи примером	ОКЗ 32, ОКЗ У1, ОКЗ В1, ОКЗ В2, ОКЗ В3, ПВК-3 31, ПВК-3 У2, ПВК-3 В1, ПВК-3 В2,
35.	Имеется неравновесный процесс, в котором действуют две термодинамические силы, вызывая два потока. Как записать выражение для функции диссипации, зависящей только от потоков?	ОКЗ 32, ОКЗ У1, ОКЗ У2, ОКЗ У3, ОКЗ В1, ОКЗ В2, ПВК-3 31, ПВК-3 У1, ПВК-3 У3, ПВК-3 В1,
36.	Как из уравнения баланса энтропии выделить поток энтропии, функцию диссипации и термодинамические силы? Батарея центрального отопления должна максимально легко передавать наружу энтропию текущей в ней горячей воды. С помощью каких приемов этого можно достичь? Назовите другие устройства, в которых требуется хорошая проводимость тепла.	ОКЗ 32, ОКЗ У1, ОКЗ У2, ОКЗ У3, ОКЗ В1, ОКЗ В2, ОКЗ В3, ПВК-3 У1, ПВК-3 У2, ПВК-3 У3, ПВК-3 В1, ПВК-3 В2, ПВК-3 В3
37.	Как записать в общем виде взаимосвязь потоков и сил? Что называют линейной термодинамикой неравновесных процессов? Приведите примеры таких процессов и проанализируйте их	ОКЗ 32, ОКЗ У1, ОКЗ В1, ОКЗ В2, ПВК-3 31, ПВК-3 У2,
38.	Каковы основные постулаты линейной термодинамики неравновесных процессов? Можно ли их считать законами природы? Объясните свою точку зрения	ОКЗ 32, ОКЗ У1, ОКЗ В1, ПВК-3 31, ПВК-3 32, ПВК-3 В1,
39.	Что такое локальная функция диссипации и локальная скорость возникновения энтропии? Какая между ними связь? Приведите примеры, которые могут проиллюстрировать эти величины	ОКЗ 32, ОКЗ В1,
40.	Приведите примеры диссипативных структур из разных областей жизни и объясните их.	ОКЗ 32, ОКЗ У2, ОКЗ В1, ПВК-3 33, ПВК-3 В1,
41.	Что такое фракталы? Приведите примеры фрактальных структур. Реализуйте рандомизированный алгоритм построения снежинки Коха, позволяющий управлять вероятностью р ориентации угловых элементов внутрь фигуры, а не только наружу, как это делается при классическом построении.	ОКЗ 32, ОКЗ У1, ОКЗ У2, ОКЗ У3, ОКЗ В1, ОКЗ В2, ОКЗ В3, ПВК-3 33, ПВК-3 У3, ПВК-3 В2, ПВК-3 В3
42.	На чем основана методология синергетики? Приведите основные положения методологии синергетики. Проиллюстрируйте эти положения примерами. Дайте определения основным понятиям синергетики	ОКЗ 32, ОКЗ У2, ОКЗ В1, ПВК-3 31, ПВК-3 33, ПВК-3 В1,
43.	Как изменяются диаграммы состояния сплавов при неравновесных условиях? Разобрать диаграмму состояния Fe-P в части,	ОКЗ У1, ОКЗ У3, ОКЗ В2, ОКЗ В3, ПВК-3 У1, ПВК-3 У2, ПВК-3 У3, ПВК-3 В2, ПВК-3

	ограниченной областью Fe —Fe <sub>2</sub> P, и процессы превращения в сплавах I, II и III, содержащих: I — 0,05, II — 2, III — 17% P. Определить фазовый состав и количественное соотношение фаз: сплава I при 20° С, сплава II при 100 и 1350° С, сплава III при 20 и 1200° С. Указать, какие отклонения в структуре при первичной кристаллизации сплавов этой системы можно ожидать в условиях ускоренного охлаждения.	ВЗ
44.	Назовите особенности неравновесных фазовых превращений, приведите их примеры из области материаловедения	ОКЗ 32, ОКЗ У2, ОКЗ У3, ОКЗ В1, ПВК-3 31, ПВК-3 У2,

## ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ (Шкалы оценивания)

Результаты выполнения обучающимся заданий на зачете оцениваются по шкале «зачтено» - «не зачтено».

В основе оценивания лежат критерии порогового и повышенного уровня характеристик компетенций или их составляющих частей, формируемых на учебных занятиях по дисциплине **Термодинамика нестационарных процессов** (Таблица 2.5 рабочей программы дисциплины).

«Зачтено» – оценка соответствует повышенному и пороговому 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.

«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.