

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) Технология и Физика

---

Форма обучения очная

---

Сроки освоения ОПОП 5 лет

---

Факультет (институт) физико-математический

---

Кафедра общей и теоретической физики и МПФ

---

Рязань, 2019

## ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Термодинамика нестационарных процессов» являются формирование у обучающихся компетенций в процессе изучения основных физических законов поведения систем многих частиц в газообразном, жидком и твердом состояниях в неравновесном и нестационарном состоянии

### 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВУЗА

2.1. Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 «Термодинамика нестационарных процессов» относится к части Блока 1, формируемой участниками образовательных отношений (дисциплины по выбору).

2.2. Для изучения данной дисциплины необходимы следующие предшествующие дисциплины:

Общая физика

Математическая физика

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

Подготовка выпускной квалификационной работы

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

Изучение данной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональных (ПК) компетенций:

№ п/п	Код и содержание компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:		
			Знать	Уметь	Владеть (навыками)
1	2	3	4	5	6
1.	ПКВ-1. Способен применять предметные знания при реализации образовательного процесса и решения исследовательских задач в предметной области и области образования	ПКВ-1.1. Применяет теоретические и практические знания для решения исследовательских задач в предметной области и области образования	<p>Определения микро- и макро- состояний макроскопической системы классических и квантовых частиц, понятия статистический ансамбль, статистическая функция распределения, равновесие, бифуркация, энтропия, негэнтропия, бифуркация, самоорганизация</p> <p>Особенности неравновесной термодинамики и термодинамического описания физических систем</p> <p>Пределы применимости термодинамического и статистического описания физических</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>

			систем		
2.		ПКВ-1.3. Устанавливает содержательные, методологические и мировоззренческие связи предметной области со смежными научными областями.	Основы равновесного и неравновесного термодинамических подходов Фундаментальные физические законы и теории термодинамики нестационарных процессов Ключевую проблематику в области неравновесной термодинамики	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	Системой знаний об фундаментальных физических законах и теориях термодинамики Приемами анализа простейших явлений неравновесной термодинамики Навыками решения простых задач неравновесной термодинамики

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

### 1. ОБЪЕМ 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)	52	52	
В том числе:	-	-	
Лекции (Л)	14	14	
Практические занятия (ПЗ), Семинары (С)	38	38	
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	
Иные виды занятий	-	-	
2. Самостоятельная работа студента (всего)	56	56	
3. Курсовая работа (при наличии)	КП	-	-
	КР	-	-
Вид промежуточной аттестации	зачет (З),	3	3
	экзамен (Э)		
ИТОГО: общая трудоемкость	часов	108	108
	зач. ед.	3	3

### 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 2.1. Содержание разделов дисциплины

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела 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.

		<p>Равновесие в гомогенных и гетерогенных системах. Правило фаз Гиббса. Условия устойчивости равновесия. Термодинамические потенциалы. Химический потенциал</p>
2	<p>Линейная неравновесная термодинамика.</p>	<p>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.</p>
3	<p>Нелинейная термодинамика (термодинамика систем вдали от равновесия)</p>	<p>Эволюция открытых неравновесных систем. Универсальный критерий эволюции Гленсдорфа-Пригожина. Термодинамика нелинейных кинетических систем: термодинамическая и кинетическая ветвь решений. Устойчивость решений по Ляпунову.</p>

		<p>Модифицированные уравнения Онзагера для сопряженных процессов вдали от равновесия.</p> <p>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.</p> <p>Теория бифуркаций. Теория катастроф. Синергетика. Теория фракталов, фрактальные структуры</p>
4	<p>Анализ сложных природных явлений самоорганизации на основе неравновесной термодинамики</p>	<p>Неравновесные фазовые переходы. Трансформация областей диаграмм состояния при нарушении стационарности внешних и внутренних термодинамических факторов.</p> <p>Квазиэвтектоиды. Мартенситное превращение в сплавах на основе Fe, Cu, Ag, Au. Гипернеравновесное структурообразование при лазерном облучении стали, формировании «белых слоев». Моделирование процессов неравновесного структурообразования.</p> <p>Турбулентность в гидравлических потоках. Вихревые структуры в гидродинамике и космической газодинамике. Сверхтекучесть жидкого гелия и сверхпроводимость металлов.</p> <p>Тепловая конвекция как прототип явлений самоорганизации в физике. Жидкие кристаллы. Лазерное излучение. «Химические часы» явление самоорганизации в химии.</p> <p>Термодинамика самоорганизации живых организмов и экологических систем.</p> <p>Перспективы использования теории.</p>

2.2. Перечень лабораторных работ (при наличии), примерная тематика курсовых работ

Не предусмотрены

### 3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

Самостоятельная работа осуществляется в объеме 56 часов. Видами СРС являются:

- Изучение основной и дополнительной литературы
- Разбор стандартных и нестандартных заданий
- Работа с конспектами лекций

Подготовка реферата / доклада  
 Выполнение домашних заданий  
 Подготовка обзора  
 Подготовка к контрольной работе  
 Подготовка проекта

#### 4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (см. Фонд оценочных средств)

4.1. Рейтинговая система оценки знаний обучающихся по дисциплине не предусмотрена

#### 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 5.1. Основная литература

№ п/п	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год
1	2
1	Ефремов, Ю.С. Статистическая физика и термодинамика : учебное пособие / Ю.С. Ефремов. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. – 208 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <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: 29.07.2019)
2	Теплофизика: неравновесные процессы теплопереноса / В.И. Байков, Н.В. Павлюкевич, А.К. Федотов, А.И. Шнип. – Минск : Вышэйшая школа, 2018. – 480 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=560818">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=560818</a> (дата обращения: 29.07.2019)

##### 5.2. Дополнительная литература

№ п/п	Автор (ы), наименование, место издания и издательство, год
1	2
	Агеев, Е.П. Неравновесная термодинамика в вопросах и ответах: в вопросах и ответах / Е.П. Агеев. – Изд. 2-е, исправ. и доп. – Москва : МЦНМО, 2005. – 160 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=63243">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=63243</a> (дата обращения: 29.07.2019).
1.	Аршинов, В.И. Синергетика как феномен постнеклассической науки : монография / В.И. Аршинов. – Москва : Институт философии РАН, 1999. – 206 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <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: 29.07.2019)
2.	Кондратьев, А.С. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории : учебное пособие / А.С. Кондратьев, П.А. Райгородский. – Москва : Физматлит, 2007. – 254 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <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: 29.07.2019)
3.	Краснопевцев, Е.А. Спецглавы физики: статистическая физика равновесных систем : [16+] / Е.А. Краснопевцев ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. – 387 с. : ил., табл. – (Учебники НГТУ). – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=575483">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=575483</a> (дата



	обращения: 29.07.2019)
4.	Пригожин, И.Р. Неравновесная статистическая механика : монография / И.Р. Пригожин ; ред. Д.Н. Зубарев ; пер. В.А. Белоконь, В.А. Угаров. – Москва : Издательство "МИР", 1964. – 314 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=222308">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=222308</a> (дата обращения: 29.07.2019)
5.	Синергетическая парадигма: нелинейное мышление в науке и искусстве / сост. и отв. ред. В.А. Копчик. – Москва : Прогресс-Традиция, 2002. – 497 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=445096">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=445096</a> (дата обращения: 29.07.2019)
6.	Структуры и хаос в нелинейных средах : монография / Т.С. Ахромеева, С.П. Курдумов, Г.Г. Малинецкий, А.А. Самарский. – Москва : Физматлит, 2007. – 485 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <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: 29.07.2019)
7.	Термодинамика и статистическая физика : практикум / сост. Л.В. Михнев, Е.А. Бондаренко ; Министерство образования и науки РФ, Северо-Кавказский федеральный университет. – Ставрополь : Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2016. – 125 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=467404">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=467404</a> (дата обращения: 29.07.2019)
8.	Шапиро, С.В. Основы синергетики : учебное пособие / С.В. Шапиро ; Министерство образования и науки РФ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уфимский государственный университет экономики и сервиса». – Уфа : Уфимский государственный университет экономики и сервиса, 2012. – 228 с. : схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <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: 29.07.2019)

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

1. «Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://e-lanbook.com> (дата обращения: 29.07.2019).

2. ВООК.ru [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://www.book.ru> (дата обращения: 29.07.2019).

3. Moodle [Электронный ресурс] : среда дистанционного обучения / Ряз. гос. ун-т. – Рязань, [Б.г.]. – Доступ, после регистрации из сети РГУ имени С.А. Есенина, из любой точки, имеющей доступ к Интернету. – Режим доступа: <http://e-learn2.rsu.edu.ru/moodle2> (дата обращения: 29.07.2019).

4. Znanium.com [Электронный ресурс] : [база данных]. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://znanium.com> (дата обращения: 29.07.2019).

5. 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/123456789/3> (дата обращения: 29.07.2019).

6. Университетская библиотека ONLINE [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru> (дата обращения: 29.07.2019).

7. Юрайт [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://www.biblio-online.ru> (дата обращения: 29.07.2019).

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

1. Guide to physics on the web [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.physics.org> (дата обращения: 29.07.2019)
2. PHYSICS TODAY [Электронный ресурс] : [сайт «Физика сегодня»]. – Режим доступа: <http://www.physicstoday.org>, свободный (дата обращения: 29.07.2019).
3. Курс видеолекций по физике твердого тела [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.youtube.com/watch?v=V24J2QtLAbo&list=PLXV9J9QKISLcbN68xAЕo4CuvETO\\_FrO4r](https://www.youtube.com/watch?v=V24J2QtLAbo&list=PLXV9J9QKISLcbN68xAЕo4CuvETO_FrO4r) (дата обращения: 29.07.2019)
4. Физическая энциклопедия [Электронный ресурс] : [электронная энциклопедия] // Энциклопедия физики и техники. – Режим доступа: <http://femto.com.ua/>, свободный (дата обращения 29.07.2019)

#### 5.5. Периодические издания

1. Сайт журнала «Техническая физика» – URL: <https://journals.ioffe.ru/articles/19172> (дата обращения: 29.07.2019)
2. Сайт журнала «Научный журнал русского физического общества» – URL: <http://www.rusphysics.ru/> (дата обращения: 29.07.2019)
3. Сайт журнала «Синергия наук» – URL: <http://synergy-journal.ru/> (дата обращения: 29.07.2019)

#### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Стандартно оборудованные лекционные аудитории для проведения интерактивных лекций: видеопроектор, экран настенный, помещения для проведения практических занятий.

#### 7. 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.

## 8. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА:

Название ПО	№ лицензии
Операционная система Windows Pro	договор №Тг000043844 от 22.09.15г.
Антивирус Kaspersky Endpoint Security	договор №14/03/2019-0142 от 30.03.2019г
Офисное приложение LibreOffice	свободно распространяемое ПО
Архиватор 7-zip	свободно распространяемое ПО
Браузер изображений FastStoneImageViewer	свободно распространяемое ПО
PDF принтер doPdf	свободно распространяемое ПО
DJVU браузер DjVu Browser Plug-in	свободно распространяемое ПО

## 9. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ

### План лекций

#### Лекция 1. Введение в неравновесную термодинамику (2 часа)

1.1. Цели, задачи, состав и назначение курса. Краткая история и перспективные направления термодинамики.

1.2. Термодинамические системы, их характеристики и классификация.

1.3. Термодинамические параметры и их отличие от механических параметров. Особенности описания термодинамических систем

1.4. Равновесные и неравновесные состояния. Уравнение состояния.

1.5. Принципы аддитивности и локального термодинамического равновесия.

#### Лекция 2. Термодинамические потенциалы. Равновесие. Необратимость (2 часа)

2.1. Равновесие в гомогенных и гетерогенных системах.

- 2.2. Правило фаз Гиббса.
- 2.3. Условия устойчивости равновесия.
- 2.4. Термодинамические потенциалы.
- 2.5. Причины необратимости термодинамических процессов.
- 2.6. Типы и примеры необратимых процессов.

### **Лекция 3. Термодинамические силы. Стационарные неравновесные состояния (2 часа)**

- 3.1. Термодинамические силы.
- 3.2. Величины термодинамических сил для химической реакции, потоков градиентов температуры, концентрации, химического потенциала, напряженности электрического поля.
- 3.3. Связь между скоростью процесса и термодинамическими силами. Термодинамика потока.
- 3.4. Принцип локального равновесия. Термодинамические уравнения движения макросистемы (уравнение Онсагера).
- 3.5. Принцип Кюри для изотропных систем. Принцип симметрии кинетических коэффициентов (соотношения Онсагера).
- 3.6. Примеры связанных потоков (перекрестные явления переноса): термомеханический и механокалорический эффекты; термоэлектрические и термомагнитные явления; термодиффузия.
- 3.7. Стационарные неравновесные состояния (квазиравновесный процесс).
- 3.8. Уравнение квазиравновесного процесса (линейное приближение): производство энтропии и диссипация энергии в открытой системе, теорема Пригожина.
- 3.9. Второе начало термодинамики в открытых системах. Термодинамический критерий устойчивости стационарного состояния - принцип Ле-Шателье – Брауна.

### **Лекция 4. Эволюция открытых неравновесных систем (2 часа)**

- 4.1. Эволюция открытых неравновесных систем.
- 4.2. Универсальный критерий эволюции Гленсдорфа-Пригожина.
- 4.3. Термодинамика нелинейных кинетических систем: термодинамическая и кинетическая ветвь решений.
- 4.4. Устойчивость решений по Ляпунову.
- 4.5. Модифицированные уравнения Онсагера для сопряженных процессов вдали от равновесия.

### **Лекция 5. Диссипативные структуры. Теория бифуркаций (2 часа)**

- 5.1. Пространственные, временные и пространственно-временные диссипативные структуры.
- 5.2. Примеры появления диссипативных структур: ячейки Бенара; экологическая система — хищник-жертва, уравнения Лоттки- Вольтерра; закон эволюции Дарвина; реакция Белоусова-Жаботинского.
- 5.3. Теория бифуркаций.
- 5.4. Теория катастроф.

5.5. Синергетика.

5.6. Теория фракталов, фрактальные структуры

### Лекция 6. Сложные природные явления с позиций термодинамики (2 часа)

6.1. Неравновесные фазовые переходы. Трансформация областей диаграмм состояния при нарушении стационарности внешних и внутренних термодинамических факторов.

6.2. Квазиэвтектоиды. Мартенситное превращение в сплавах на основе Fe, Cu, Ag, Au. Гипернеравновесное структурообразование при лазерном облучении стали, формировании «белых слоев». Моделирование процессов неравновесного структурообразования.

6.3. Турбулентность в гидравлических потоках. Вихревые структуры в гидродинамике и космической газодинамике.

6.4. Сверхтекучесть жидкого гелия и сверхпроводимость металлов.

6.5. Тепловая конвекция как прототип явлений самоорганизации в физике.

6.6. Жидкие кристаллы.

6.7. Лазерное излучение.

6.8. «Химические часы» - явление самоорганизации в химии.

### Лекция 7. Термодинамика самоорганизации живых организмов и экологических систем (2 часа)

7.1. Термодинамические условия эволюции. Глобальные условия самоорганизации.

7.2. Локальные действующие силы эволюции Земли.

7.3. Термодинамика самоорганизации живых организмов.

7.4. Термодинамика экологических систем.

7.5. Перспективы использования теории.

### План семинарских занятий

#### Семинары 1 - 2. Термодинамика: история и современное состояние

Цель занятия: Познакомиться с историей термодинамики, ее современной проблематикой и основными направлениями развития.

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Особенности тепловой формы движения материи как объекта термодинамики.

2. Зарождение термодинамического и молекулярно-кинетического подходов к изучению теплоты.

3. Развитие термодинамики.

4. Современная проблематика термодинамики.

5. Место современной термодинамики в системе физического знания.

Практическое задание: сравните историю развития, проблематику и направления развития термодинамики и статистической физики как развития термодинамического и молекулярно-кинетического подходов к изучению тепловых явлений.

### Семинары 3 – 4. **Равновесие: термодинамический и статистический подход**

Цель занятия: Сформировать представление о равновесии с термодинамической и статистической позиции, научиться анализировать равновесные процессы.

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Равновесие с механических позиций. Анализ равновесия и его устойчивости в механике.
2. Особенности термодинамического равновесия. Понятие равновесного термодинамического процесса. Значение равновесных термодинамических процессов в физике, технике, современной науке.
3. Термодинамический и статистический подходы к пониманию равновесия.
4. Равновесие и его устойчивость в термодинамике.

Практическое задание: разберите основные подходы к определению равновесия и его устойчивости в различных термодинамических системах.

### Семинары 5 - 6. **Основные методы решения термодинамических задач**

Цель занятия: Познакомиться с основными подходами к анализу термодинамических систем, их плюсами и минусами, сформировать навыки применения основных методов решения термодинамических задач.

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Основные типы термодинамических задач.
2. Метод круговых процессов (циклов).
3. Метод термодинамических функций.
4. Наиболее часто используемые термодинамические функции и термодинамические системы, для которых целесообразно их применение.

Практическое задание: разберите типовые задачи с применением методов решения термодинамических задач

### Семинар 7. **Необратимость в термодинамике**

Цель занятия: Сформировать представление о необратимых процессах и роли в термодинамике.

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Обратимость и необратимость физических, в частности, термодинамических процессов.
2. Роль обратимых процессов в теории тепловых машин.
3. Энтропия в обратимых и необратимых процессах
4. Необратимость процессов теплопереноса, адиабатического расширения и диффузии.
5. Термодинамические флуктуации

Практическое задание: сравните термодинамические подходы к описанию обратимых и необратимых процессов. Проведите термодинамический анализ необратимого процесса.

### Семинар 8. Решение задач

Цель занятия: отработать практические навыки решения задач термодинамики по изученным разделам.

Практическое задание: разобрать типовые задачи расчета термодинамических параметров для различных систем.

### Семинар 9. Термодинамические потоки и силы

Цель занятия: Сформировать представление об особенностях неравновесных состояний и термодинамических потоках и силах.

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Неравновесные процессы, примеры и применение.
2. Особенности описания неравновесных процессов и состояний в термодинамике.
3. Термодинамические силы и способы их расчета для различных систем
4. Термодинамические потоки, особенности их учета и реализации

Практическое задание: разберите типовые задачи расчета термодинамических сил и термодинамических потоков в неравновесных системах.

### Семинар 10. Принцип локального равновесия и перекрестные процессы

Цель занятия: проанализировать принцип локального равновесия и его роль в изучении природы.

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Представление о принципе локального равновесия. Отличие локального равновесия от термодинамического равновесия в целом.
2. Уравнения движения макросистем в термодинамике (уравнения Онсагера).
3. Термодинамические силы и способы их расчета для различных систем
4. Перекрестные явления переноса как действие связанных потоков.

Практическое задание: познакомьтесь с перекрестными явлениями переноса и проанализируйте их с позиций термодинамики.

### Семинар 11. Стационарные неравновесные процессы

Цель занятия: Выявить особенности стационарных неравновесных процессов, выявить их отличия от равновесных.

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Особенности стационарных неравновесных процессов. Подходы к их описанию в термодинамике.
2. Квазиравновесный процесс, понятия диссипации энергии и производства энтропии.
3. Теорема Пригожина. Второе начало термодинамики в открытых системах.

4. Принцип Ле Шателье – Брауна и его проявления в природе.

Практическое задание: подготовьте и представьте тематический обзор по теме раздела.

### Семинар 12. Открытые неравновесные системы

Цель занятия: познакомиться с понятием открытой неравновесной системы и подходами к ее описанию.

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Понятие открытой неравновесной системы, примеры таких систем. Эволюция открытых неравновесных систем.

2. Представление об универсальном критерии эволюции Гленсдорфа - Пригожина.

3. Термодинамика нелинейных кинетических систем. Устойчивость решений по Ляпунову.

4. Точки бифуркации и возникновение новых диссипативных структур.

Практическое задание: рассмотрите примеры открытых неравновесных систем. Проанализируйте значимость изучения таких систем для современного естествознания.

### Семинар 13. Диссипативные структуры

Цель занятия: проанализировать понятие диссипативной структуры и познакомиться с примерами таких структур.

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Понятие диссипативной структуры, ее термодинамические особенности.

2. Примеры диссипативных структур в физике и химии.

3. Экологическая система хищник-жертва как пример диссипативной структуры.

Практическое задание: рассмотрите пример диссипативной структуры и проанализируйте его в терминах термодинамики.

### Семинар 14. Контрольная работа по пройденному материалу

Цель занятия: проверить сформировавшиеся представления и умения по изученным темам дисциплины.

Контрольная работа включает в себя три задания:

1. Задача по первому разделу. Проверяет владение аппаратом термодинамики, знание терминологии термодинамики.

2. Задание по второму разделу. Проверяет знания основ линейной неравновесной термодинамики и умения анализировать неравновесные и необратимые процессы с применением аппарата термодинамики.

3. Задание по третьему разделу. Проверяет знания и умения в области анализа диссипативных структур, навыки применения представлений нелинейной термодинамики к процессам различной природы.



### Семинар 15. **Современные разделы термодинамики неравновесных и нестационарных процессов**

Цель занятия: познакомиться с современными разделами и проблематикой термодинамики неравновесных и нестационарных процессов.

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Синергетика.
2. Теория бифуркаций.
3. Теория катастроф и ее физические приложения.
4. Теория фракталов и фрактальные структуры.

Практическое задание: сопоставьте проблематику рассмотренных дисциплин и традиционную проблематику термодинамики и сделайте выводы.

### Семинар 16. **Равновесные и неравновесные фазовые переходы**

Цель занятия: выявить особенности равновесных и неравновесных фазовых переходов

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Понятие и характеристики фазового перехода.
2. Равновесные фазовые переходы. Фазовые переходы первого и второго рода.
3. Неравновесные фазовые переходы.

Практическое задание: разберите типовые задачи на расчет параметров фазовых переходов.

### Семинар 17. **Примеры самоорганизации в природе**

Цель занятия: проанализировать примеры самоорганизации в природе и выявить черты, объединяющие их в один класс.

Вопросы, выносимые на обсуждение:

1. Процессы неравновесного структурообразования.
2. Процессы в гидравлических потоках
3. Тепловая конвекция, жидкие кристаллы и лазерное излучение как примеры как примеры самоорганизации в физики.
4. Реакция Белоусова- Жаботинского, «химические часы» как примеры явлений самоорганизации в химии.

Практическое задание: разберите типовые задачи на расчет параметров фазовых переходов.

### Семинары 18 - 19. **Защита проектов**

Цель занятия: представить результаты проектов по дисциплине.

Практическое задание: представьте отчеты о выполненных проектах.

### **Методика написания рефератов и докладов**

**Целью написания рефератов является:**

- привитие студентам навыков библиографического поиска необходимой литературы (на бумажных носителях, в электронном виде);

- привитие студентам навыков компактного изложения мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу в письменной форме, научно грамотным языком и в хорошем стиле;

- приобретение навыка грамотного оформления ссылок на используемые источники, правильного цитирования авторского текста;

- выявление и развитие у студента интереса к определенной научной и практической проблематике с тем, чтобы исследование ее в дальнейшем продолжалось в подготовке и написании курсовых и дипломной работы и дальнейших научных трудах.

Основные задачи студента при написании реферата:

- с максимальной полнотой использовать литературу по выбранной теме (как рекомендуемую, так и самостоятельно подобранную) для правильного понимания авторской позиции;

- верно (без искажения смысла) передать авторскую позицию в своей работе;

- уяснить для себя и изложить причины своего согласия (несогласия) с тем или иным автором по данной проблеме.

Требования к содержанию:

- материал, использованный в реферате, должен относиться строго к выбранной теме;

- необходимо изложить основные аспекты проблемы не только грамотно, но и в соответствии с той или иной логикой (хронологической, тематической, событийной и др.)

- при изложении следует сгруппировать идеи разных авторов по общности точек зрения или по научным школам;

- реферат должен заканчиваться подведением итогов проведенной исследовательской работы: содержать краткий анализ-обоснование преимуществ той точки зрения по рассматриваемому вопросу, с которой Вы солидарны.

Структура реферата.

1. Начинается реферат с титульного листа.

Образец оформления титульного листа для реферата:

2. За титульным листом следует Оглавление. Оглавление - это план реферата, в котором каждому разделу должен соответствовать номер страницы, на которой он находится.

3. Текст реферата. Он делится на три части: введение, основная часть и заключение.

а) Введение - раздел реферата, посвященный постановке проблемы, которая будет рассматриваться и обоснованию выбора темы.

б) Основная часть - это звено работы, в котором последовательно раскрывается выбранная тема. Основная часть может быть представлена как цельным текстом, так и разделена на главы. При необходимости текст реферата может дополняться иллюстрациями, таблицами, графиками, но ими не следует "перегружать" текст.

в) Заключение - данный раздел реферата должен быть представлен в виде выводов, которые готовятся на основе подготовленного текста. Выводы должны быть краткими и четкими. Также в заключении можно обозначить проблемы,

которые "высветились" в ходе работы над рефератом, но не были раскрыты в работе.

4. Список источников и литературы. В данном списке называются как те источники, на которые ссылается студент при подготовке реферата, так и все иные, изученные им в связи с его подготовкой. В работе должно быть использовано не менее 5 разных источников, из них хотя бы один – на иностранном языке (английском или французском). Работа, выполненная с использованием материала, содержащегося в одном научном источнике, является явным плагиатом и не принимается. Оформление Списка источников и литературы должно соответствовать требованиям библиографических стандартов (см. Оформление Списка источников и литературы).

Объем и технические требования, предъявляемые к выполнению реферата.

Объем работы должен быть, как правило, не менее 12 и не более 20 страниц. Работа должна выполняться через одинарный интервал 12 шрифтом, размеры оставляемых полей: левое - 25 мм, правое - 15 мм, нижнее - 20 мм, верхнее - 20 мм. Страницы должны быть пронумерованы.

Расстояние между названием части реферата или главы и последующим текстом должно быть равно трем интервалам. Фразы, начинающиеся с "красной" строки, печатаются с абзацным отступом от начала строки, равным 1 см.

При цитировании необходимо соблюдать следующие правила:

- текст цитаты заключается в кавычки и приводится без изменений, без произвольного сокращения цитируемого фрагмента (пропуск слов, предложений или абзацев допускается, если не влечет искажения всего фрагмента, и обозначается многоточием, которое ставится на месте пропуска) и без искажения смысла;

- каждая цитата должна сопровождаться ссылкой на источник, библиографическое описание которого должно приводиться в соответствии с требованиями библиографических стандартов.

Подготовка научного доклада выступает в качестве одной из важнейших форм самостоятельной работы студентов.

Научный доклад представляет собой исследование по конкретной проблеме, изложенное перед аудиторией слушателей.

Работа по подготовке доклада включает не только знакомство с литературой по избранной тематике, но и самостоятельное изучение определенных вопросов. Она требует от студента умения провести анализ изучаемых государственно-правовых явлений, способности наглядно представить итоги проделанной работы, и что очень важно – заинтересовать аудиторию результатами своего исследования. Следовательно, подготовка научного доклада требует определенных навыков.

Подготовка научного доклада включает несколько этапов работы:

1. Выбор темы научного доклада;
2. Подбор материалов;
3. Составление плана доклада. Работа над текстом;
4. Оформление материалов выступления;
5. Подготовка к выступлению.

Структура и содержание доклада

Введение - это вступительная часть научно-исследовательской работы. Автор должен приложить все усилия, чтобы в этом небольшом по объему разделе показать актуальность темы, раскрыть практическую значимость ее, определить цели и задачи эксперимента или его фрагмента.

Основная часть. В ней раскрывается содержание доклада.

Как правило, основная часть состоит из теоретического и практического разделов.

В теоретическом разделе раскрываются история и теория исследуемой проблемы, дается критический анализ литературы и показывается позиция автора.

В практическом разделе излагаются методы, ход, и результаты самостоятельно проведенного эксперимента или фрагмента.

В основной части могут быть также представлены схемы, диаграммы, таблицы, рисунки и т.д.

В заключении содержатся итоги работы, выводы, к которым пришел автор, и рекомендации. Заключение должно быть кратким, обязательным и соответствовать поставленным задачам.

Список использованных источников представляет собой перечень использованных книг, статей, фамилии авторов приводятся в алфавитном порядке, при этом все источники даются под общей нумерацией литературы. В исходных данных источника указываются фамилия и инициалы автора, название работы, место и год издания.

Приложение к докладу оформляются на отдельных листах, причем каждое должно иметь свой тематический заголовок и номер, который пишется в правом верхнем углу, например: «Приложение 1».

Требования к оформлению доклада

Объем доклада может колебаться в пределах 5-15 печатных страниц; все приложения к работе не входят в ее объем.

Доклад должен быть выполнен грамотно, с соблюдением культуры изложения.

Обязательно должны иметься ссылки на используемую литературу.

Должна быть соблюдена последовательность написания библиографического аппарата.

Критерии оценки доклада

- актуальность темы исследования;
- соответствие содержания теме;
- глубина проработки материала; правильность и полнота использования источников;
- соответствие оформления доклада стандартам.

### **Методика подготовки проекта**

Проект представляет собой комплексное практическое задание, направленное на закрепление умений и навыков формулировать и решать исследовательские задачи и использовать профессиональную информацию.

Проектное задание может выполняться индивидуально или в малых группах.

### Этапы подготовки проекта

#### *Подготовка*

- Постановка исследовательской задачи и обоснование ее актуальности;

- Разработка структуры проекта;

#### *Планирование*

- Определение источников необходимой информации;
- Определение способов сбора и анализа информации;
- Определение способа представления результатов (формы проекта);
- Установление процедур и критериев оценки результатов проекта;
- Распределение задач (обязанностей) между участниками проекта (случае группового выполнения).

#### *Выполнение проекта*

- Сбор и уточнение информации (основные инструменты: интервью, опросы, наблюдения, эксперименты и т.п.);
- Выявление и обсуждение альтернатив, возникших в ходе выполнения проекта;
- Выбор оптимального варианта хода проекта;
- Поэтапное выполнение исследовательских задач проекта.

#### *Выводы*

- Анализ информации;
- Формулирование выводов.

*Обобщающий этап:* оформление результатов.

Доработка проектов с учетом замечаний и предложений

#### *Подготовка к публичной защите проектов*

- Подготовка отчета о ходе выполнения проекта с объяснением полученных результатов (возможные формы отчета: устный отчет, устный отчет с демонстрацией материалов, письменный отчет);
- Генеральная репетиция публичной защиты проектов;
- Анализ выполнения проекта, достигнутых результатов (успехов и неудач) и причин этого.

#### *Представление (защита) проекта и оценка его результатов*

- Подготовка отчета о ходе выполнения проекта с объяснением полученных результатов (возможные формы отчета: устный отчет, устный отчет с демонстрацией материалов, письменный отчет);
- Анализ выполнения проекта, достигнутых результатов (успехов и неудач) и причин этого.

#### *Заключительный этап:*

- Публичная защита проектов осуществляется на итоговом занятии. Результаты выполнения проекта оцениваются по итогам рассмотрения комиссией представленного продукта с краткой пояснительной запиской, презентации обучающегося и отзыва руководителя.

1. Подготовка к зачету заключается в изучении и тщательной проработке студентом учебного материала дисциплины с учетом учебников, материалов лекционных и семинарских занятий, сгруппированным в виде контрольных вопросов и заданий, а также проработки основных видов заданий.

2. Зачет по курсу проводится в виде беседы по билетам. В билет включается теоретический вопрос и два практических задания.

3. На зачете по билетам студент дает ответы на вопросы по билетам и выполняет практические задания. Студент имеет право отвечать на вопросы билета без подготовки по его желанию.

Преподаватель имеет право задавать дополнительные вопросы, если студент недостаточно полно осветил тематику вопроса или не полностью решил задачи.

На зачете приветствуется:

- Свободное владение материалом, проявляющееся в выходе за пределы тематики конкретного вопроса с целью оптимального его освещения.
- Демонстрация знаний дополнительного материала
- Грамотное решение задач
- Четкие ответы на дополнительные вопросы экзаменатора.

При подготовке к промежуточной аттестации целесообразно:

- внимательно изучить перечень вопросов и определить, в каких источниках находятся сведения, необходимые для ответа на них;
- внимательно прочитать рекомендованную литературу;
- составить краткие конспекты ответов (планы ответов);
- разобрать стандартные практические задания по курсу.