

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сыров Игорь Анатольевич  
Должность: Директор  
Дата подписания: 25.11.2022 08:59:49  
Уникальный программный ключ:  
b683afe664d7e9f64175886cf9626a198149ad36

СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

Факультет  
Кафедра

Естественнонаучный  
Общей и теоретической физики

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

дисциплина

***Б1.О.38 Термодинамика неравновесных процессов***

обязательная часть

Специальность

***21.05.05***  
код

***Физические процессы горного или нефтегазового производства***  
наименование специальности

Программа

***специализация N 2 "Физические процессы нефтегазового производства"***

Форма обучения

***Заочная***

Для поступивших на обучение в  
***2022 г.***

Разработчики (составители)  
***д.т.н., профессор Филиппов А. И.***  
***к.ф.-м.н., доцент Зеленова М. А.***  
ученая степень, должность, ФИО

<b>1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Цели и место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся .....</b>	<b>4</b>
<b>4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....</b>	<b>4</b>
4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).....	4
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам).....	4
<b>5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).....</b>	<b>6</b>
<b>6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) .....</b>	<b>8</b>
6.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)	8
6.2. Перечень электронных библиотечных систем, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем .....	8
6.3. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства .....	9
<b>7. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) .....</b>	<b>9</b>

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций**

<b>Формируемая компетенция (с указанием кода)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
ОПК-12. Способен в составе творческих коллективов и самостоятельно, контролировать соответствие проектов требованиям стандартов, техническим условиям и документам промышленной безопасности, разрабатывать, согласовывать и утверждать в установленном порядке технические и методические документы, регламентирующие порядок, качество и безопасность выполнения горных, горно-строительных и взрывных работ	ОПК-12.1. Организует профессиональную деятельность с учётом основ метрологии, правовых основ и систем стандартизации применительно к горному или нефтегазовому делу, в том числе для разработки проектных инновационных решений по добыче, переработке полезных ископаемых.	Обучающийся должен знать: основные физические процессы, приводящие к генерации упорядоченности через диссипацию энергии.
	ОПК-12.2. Использует правовые основы и нормативные документы, регламентирующие метрологическое обеспечение и методики обслуживания.	Обучающийся должен уметь: провести анализ и расчет параметров адаптивного движения неравновесных термодинамических систем.
	ОПК-12.3. Использует в профессиональной деятельности нормативно-правовую систему технического регулирования; методы и средства технического контроля в условиях действующего горного или нефтегазового производства.	Обучающийся должен владеть: возможными инженерными приложениями теории самоорганизации в различных областях знания.

**2. Цели и место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Цели изучения дисциплины:

введение в современную термодинамику, начиная с ее исторических корней, включая сильно неравновесные состояния.

Задача курса - сформировать представление о развитии физических методов исследования

Дисциплина изучается на 6 курсе в 11, 12 семестрах

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 108 акад. ч.

Объем дисциплины	Всего часов
	Заочная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	8
практических (семинарских)	14
другие формы контактной работы (ФКР)	1,2
Учебных часов на контроль (включая часы подготовки):	7,8
экзамен	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	77

Формы контроля	Семестры
экзамен	12

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)**

№ п/п	Наименование раздела / темы дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
		Контактная работа с преподавателем			СР
		Лек	Пр/Сем	Лаб	
<b>1</b>	<b>ТЕМЫ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>77</b>
1.1	Введение	0	0	0	10
1.2	Открытые системы. Линейное приближение	2	4	0	12
1.3	Нелинейные системы. Явление самоорганизации	2	4	0	15
1.4	Открытые системы с иерархической эволюционной динамикой. Рефлексивное структурообразование	2	2	0	14
1.5	Значение дисциплины в различных областях знания	2	4	0	14
1.6	Заключение	0	0	0	12
	<b>Итого</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>77</b>

**4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)**

Курс лекционных занятий

№	Наименование раздела /	Содержание
---	------------------------	------------

	<b>темы дисциплины</b>	
<b>1</b>	<b>ТЕМЫ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
1.2	Открытые системы. Линейное приближение	Равновесное состояние. Упорядочение элементов системы по механизму Больцмана. Направление эволюционных процессов в изолированной системе. Термодинамические потенциалы. Неравновесное состояние. Силы и потоки. Производство энтропии. Элементы линейной теории Онзагера. Вариационные принципы линейной термодинамики необратимых процессов. Теорема Пригожина о минимуме производства энтропии. Перекрестные явления. Эффекты упорядочения в открытой системе (докритические состояния).
1.3	Нелинейные системы. Явление самоорганизации	Сильнонеравновесное состояние. Автокаталитический процесс и потеря устойчивости системы. Упорядочение через диссипацию энергии. Диссипативные структуры и самоорганизация. Примеры образования диссипативных структур. Направление эволюции открытой самоорганизующейся системы (теорема о полном производстве энтропии). Анализ устойчивости системы. Обобщенная модель самоорганизующейся системы. Автоволновые процессы. Бифуркации и отбор эволюционных ветвей. Законы подобия. Фазовый портрет и аттракторы эволюционных траекторий. Типы аттракторов. Неравновесный кинетический фазовый переход. Переход к хаосу. Хаотический (странный) аттрактор, свойства и условия возникновения. Детерминированный хаос. Конструктивная роль хаотических движений в адаптационных процессах.
1.4	Открытые системы с иерархической эволюционной динамикой. Рефлексивное структурообразование	Иерархические уровни. Взаимодействие двух фундаментальных принципов упорядочения. Оперативная и консервативная подсистемы. Характерные поля диссипативных структур (ДС). Физическая адаптация материалов и сред к полям ДС. Адаптивные неоднородности. Рефлексивные структуры и рефлексивные системы. Вариационный принцип эволюции рефлексивных систем. Эффект восстановления моды коллективных движений в открытых системах под влиянием адаптивных неоднородностей. Модальные вырождения и модальный отбор. Программируемый неравновесный кинетический фазовый переход. Аттракторы в рефлексивной системе. Примеры открытых систем с иерархической эволюционной динамикой

1.5	Значение дисциплины в различных областях знания	Физика неравновесного состояния. Образование динамических структур. Химические осцилляторы. Физика твердого тела: мультистабильность, автоволны, хаос. Материаловедение: от формообразователей в технологии к естественной генерации форм (морфогенезу). Синергетические материалы. Самоорганизованность и согласованность биосистем. Теории нейронной активности. Архитектура нейросетевых систем. Преодоление функционального дефицита в элементной базе. Экологическая совместимость будущих технологий.
-----	---	---

#### Курс практических/семинарских занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
<b>1</b>	<b>ТЕМЫ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
1.2	Открытые системы. Линейное приближение	Обобщенные силы и потоки. Примеры расчета и анализа перекрестных процессов в открытой системе. Вариационные принципы в термодинамике открытых систем. Примеры расчета скорости производства энтропии (слабонеравновесные состояния)
1.3	Нелинейные системы. Явление самоорганизации	Критические явления при переходе к сильнонеравновесному состоянию. Расчет (оценка) критических значений параметров неравновесности. Фазовые портреты диссипативных систем. Расчет и построение фазовых траекторий, определение аттрактора
1.4	Открытые системы с иерархической эволюционной динамикой. Рефлексивное структурообразование	Модальное подчинение. Механизмы действия аттракторов. Определение параметров адаптации рефлексивной системы
1.5	Значение дисциплины в различных областях знания	Элементы теории протекания. Расчет критических значений концентраций заблокированных узлов при различных координационных числах

#### 5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

При изучении курса «Неравновесная термодинамика» студенты должны прослушать лекции, участвовать на практических занятиях, прочесть рекомендованную литературу.

Рабочей программой курса «Неравновесная термодинамика» предусмотрена самостоятельная работа студентов. Ее необходимо распределить на весь семестр, периодически возвращаясь к пройденному

материалу. По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе дисциплины, следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, сайтах, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях. В течение семестра студент должен принять участие в научных семинарах кафедры общей и теоретической.

Аудиторная самостоятельная работа выполняется на практических занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

На практических занятиях:

- самостоятельное решение задач, предложенных для закрепления методики их решения; – миниконтрольные работы (15 – 20 минут);
- контрольная работа по завершению изучения материала.

Внеаудиторная домашняя самостоятельная работа включает:

- подготовку к лекциям,
- подготовку к практическим занятиям;
- подготовку к итоговому контролю.

Самостоятельная работа – способ активного, целенаправленного приобретения новых для знаний и умений без непосредственного участия в этом процессе преподавателей. Она направлена на закрепление знаний, развитие практических умений и предполагает:

- проработку лекций по курсу, работу с рекомендованными параграфами из основной и дополнительной литературы;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельное изучение;
- подготовку к проводимым в рамках текущего контроля на лекциях;
- подготовку к проводимым в рамках рубежного контроля (по окончании модуля) работам;
- подготовку к курсовому (итоговому) контролю.

Отдельно следует выделить подготовку к итоговому контролю, как особый вид самостоятельной работы. Основное его отличие от других видов изучения литературы в том, что студенты готовятся к итоговому контролю по имеющейся программе и ищут в различных источниках ответы на конкретные вопросы.

Контроль за самостоятельной работой студентов проводится путем проверки работ, предложенных для выполнения в качестве домашних заданий по практическим занятиям, написании ответов на вопросы, а также посредством других форм текущего и рубежного контроля, предусмотренных в рейтинг-плане освоения дисциплины.

Методическое обеспечение самостоятельной работы осуществляется посредством использования рекомендованной основной и дополнительной литературы, интернет-ресурсами.

Наименование разделов и тем для самостоятельной проработки во внеаудиторное время, а также трудоемкость в часах указаны в таблице.

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	трудоемкость (в часах)
1	Введение	10
2	Открытые системы. Линейное приближение	12
3	Нелинейные системы. Явление самоорганизации	15
4	Открытые системы с иерархической эволюционной динамикой. Рефлексивное структурообразование	16
5	Значение дисциплины в различных областях знания	16
6	Заключение	12
	<b>ИТОГО</b>	<b>81</b>

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### 6.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

#### Основная учебная литература:

1. Петелин, А. Л. Нелинейная термодинамика неравновесных систем : учебное пособие / А. Л. Петелин. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 108 с. — ISBN 978-5-7038-4052-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/62040> (дата обращения: 06.02.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Филиппов, А.И. Асимптотические методы в скважинной теплофизике / АН РБ, ГАНУ "Институт прикладных исследований". — Уфа : Гилем : Башк. энцикл., 2013. — 381с. : ил. — Библиогр.: с.349-376.-(В пер.) .— ISBN 978-5-88185-119-4 : 20 шт.

#### Дополнительная учебная литература:

3. Молекулярная физика. Термодинамика. Конденсированные состояния : учебное пособие / Ш. А. Пиралишвили, Е. В. Шалагина, Н. А. Каляева, Е. А. Попкова. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-2431-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/209774> (дата обращения: 26.08.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 6.2. Перечень электронных библиотечных систем, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование документа с указанием реквизитов
1	Договор на доступ к ЭБС ZNANIUM.COM между БашГУ в лице директора СФ БашГУ и ООО «Знаниум» от 12.07.2021

2	Договор на доступ к ЭБС «ЭБС ЮРАЙТ» (полная коллекция) между БашГУ в лице директора СФ БашГУ и ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» № 223/596 от 04.03.2021
3	Договор на доступ к ЭБС «Университетская библиотека онлайн» между БашГУ и «Нексмедиа» № ОГЗ-114 от 28.09.2022
4	Договор на доступ к ЭБС «Лань» между БашГУ и издательством «Лань» № ОГЗ-145 от 01.10.2021
5	Договор на доступ к ЭБС «Лань» между БашГУ и издательством «Лань» № ОГЗ-146 от 01.10.2021
6	Соглашение о сотрудничестве между БашГУ и издательством «Лань» № 141 от 01.10.2021
7	ЭБС «ЭБ БашГУ», бессрочный договор между БашГУ и ООО «Открытые библиотечные системы» № 095 от 01.09.2014 г.
8	Договор на доступ к электронным научным периодическим изданиям между БашГУ и РУНЭБ № ОГЗ-512 от 20.12.2021
9	Договор на БД диссертаций между БашГУ и РГБ №095/04/0045-1254 от 02.07.2021
10	Договор о подключении к НЭБ и о предоставлении доступа к объектам НЭБ между БашГУ в лице директора СФ БашГУ с ФГБУ «РГБ» № 101/НЭБ/1438-П от 11.06.2019

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»)**

№ п/п	Адрес (URL)	Описание страницы
1	<a href="http://femto.com.ua/">http://femto.com.ua/</a>	Энциклопедия физики и техники [Электронный ресурс] : электронная энциклопедия
2	<a href="http://www.physicstoday.org">http://www.physicstoday.org</a>	PHYSICS TODAY [Электронный ресурс]: сайт, посвященный современным достижениям физики и смежных с ней областей исследования «Физика сегодня»
3	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	Научная электронная библиотека.
4	<a href="http://195.93.165.10:2280">http://195.93.165.10:2280</a>	Электронный каталог КГУ.

**6.3. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

<b>Наименование программного обеспечения</b>
Office Standart 2007 Russian OpenLicensePack NoLevel Acdmc
Windows XP

**7. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Тип учебной аудитории	Оснащенность учебной аудитории
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля	учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор, экран настенный, учебно-

и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций	наглядные пособия
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций	учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор, экран настенный, учебно-наглядные пособия
читальный зал: помещение для самостоятельной работы	учебная мебель, учебно-наглядные пособия, компьютеры