

Приложение № 36

к приказу

от 26.08.2022 № 51-11

ПРИНЯТО

на заседании кафедры

физики ФМШ СФУ

Протокол № 10

от «3» 06 2022 г.

ПРИНЯТО

на заседании

Ученого совета

ФМШ СФУ

Протокол № 5

от «8» 06 2022 г.

УТВЕРЖДЕНО

Директор ФМШ СФУ

Е.А. Енгуразова

«26» _____ 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА
«ГИДРО-ГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОБМЕН В ПРИРОДЕ И
ТЕХНИКЕ»
(2022-2023 гг.)**

Составители:

Платонов Д.В., инженер-исследователь кафедры теплофизики, Институт инженерной физики и радиоэлектроники, СФУ

Дектерев А.А., канд. тех. наук, заведующий кафедрой теплофизики, Институт инженерной физики и радиоэлектроники, СФУ

Филимонов С.А., канд. тех. наук, старший научный сотрудник Лаборатории физико-химических технологий разработки трудноизвлекаемых запасов углеводородов, НИЧ СФУ, научный сотрудник Красноярского филиала ИТ СО РАН

Красноярск 2022

Настоящая рабочая программа разработана в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования и на основе требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования физико-математической школы-интерната ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет». В соответствии с учебным планом ФМШ СФУ элективный курс «Гидро-газодинамика и теплообмен в природе и технике» изучается в 10-11 классе по выбору обучающихся в объеме 2 часов в неделю в течение года обучения, всего 68 часов.

Сформировать у обучающихся первоначальное представление о целях и методах теории моделирования, и возможности применения этой теории к решению разнообразных прикладных задач.

Данный элективный курс адресуется тем, кто изучает технические дисциплины с использованием новых информационных технологий и компьютерного обучения. Это позволяет учащемуся осмыслить физические задачи как объекты или явления физической реальности, понять их как модели, построить эти модели, проанализировать методами машинного эксперимента с разработкой алгоритма и программы решения с использованием вычислительных средств.

Научно-технический прогресс и социальный заказ общества поставили определенные задачи современной системе общего образования:

1. Ознакомление с основами физической науки – с ее основными понятиями, законами, теориями;
2. Формирование в сознании обучающихся естественнонаучной картины окружающего нас мира;
3. Владение основными методами естественнонаучного исследования, формирование основ научного стиля мышления;
4. Формирование потребности обучающегося в непрерывном образовании с целью реализации стремления к всестороннему развитию своей личности.
5. Ориентация в информационном пространстве с выбором индивидуальной информационной сферы.

Компьютерная техника с ее возможностями позволяет учащимся моделировать различные ситуации, явления и процессы в природе, обществе, технике, требующие решения или объяснения. Одновременно развиваются межпредметные связи естественнонаучных дисциплин, позволяющие знакомить обучающихся с фундаментальными важнейшими физическими проблемами, экспериментальными задачами, а также процессами, протекающими в технических системах.

Компьютерное моделирование – это метод анализа реальных или ожидаемых физических процессов с помощью ЭВМ, когда процессы моделируются согласно данной последовательности физических механизмов. Компьютерная среда позволяет строить динамические модели, т. к. реагирует на действия пользователя подобно реакции реального объекта. Компьютерные модели обеспечивают большую гибкость при проведении эксперимента во время решения экспериментальных задач, позволяют замедлить или ускорить ход времени, сжать или растянуть пространство, дополнить модель графиком, таблицей, мультипликацией, повторить или изменить ситуацию. Компьютер позволяет в пределах, предусмотренных программой, управлять процессом, вводить в него случайные события, величины и факторы, моделировать творческие процессы, имитировать функции управления событиями и видеть (в соответствии с программой) последствия принимаемых решений, повторять ход решения, т. е. вновь проводить имитацию до получения верного результата. Моделирование персонифицирует личность обучающегося как исследователя.

Курс расширяет знания и умения обучающихся по таким учебным предметам, как «физика», «математика», «информатика». Он построен таким образом, что в нем рассматриваются классические модели, опирающиеся как на знания, полученные в школе, так и на новые знания, позволяет сформировать представление о том, что процессы,

происходящие в окружающем мире, имеют единую природу и описываются единым математическим аппаратом.

Цель курса: научить обучающихся:

- строить информационные модели объектов и процессов;
- разрабатывать компьютерные модели с использованием приложения для математических и инженерных расчетов (*SigmaFlow, Python, Multisim, ANSYS Fluent*);
- проводить компьютерный эксперимент, т.е. исследование компьютерных моделей;
- поводить анализ результатов исследований;
- формировать и развивать исследовательские навыки учащихся.

Задачи курса:

1. познакомить обучающихся с основными правилами разработки математических моделей, алгоритмов и методами их реализации на компьютере на примере реальных физических моделей;

2. сформировать у обучающихся представления о том, как строятся реальные компьютерные модели и какие трудности возникают при их построении;

3. познакомить обучающихся с приложениями для математических и инженерных расчетов для моделирования физических процессов на примере реализации типового задания;

4. научить обучающихся проводить виртуальные эксперименты с использованием компьютерных моделей и анализировать полученные результаты.

Предметные результаты

В результате освоения дисциплины обучающийся *должен знать*:

- основные классификации математических моделей;
- принципы моделирования, основные этапы и технологии построения моделей;
- возможности программных реализаций с помощью инструментальных средств, особенности проведения вычислительных экспериментов;
- технологию работы в приложениях для математических и инженерных расчетов.

должен уметь:

- самостоятельно осуществлять выбор методики решения и построения алгоритма решения той или иной задачи;
- выдвигать и проверять гипотезы;
- строить модели физических процессов в приложении для математических и инженерных расчетов *Mathcad*;
- проводить компьютерный эксперимент в приложении для математических и инженерных расчетов;
- планировать и проводить вычислительные эксперименты;
- давать полный анализ результатов решения и оценивать границы применимости выбранной модели.

должен владеть:

- знаниями о моделировании как о методе познания;
- методами использования специализированных математических пакетов (*Mathcad, Multisim, ANSYS Fluent*), интегрированных сред программирования

- для построения компьютерных моделей;
- основными методами анализа процесса моделирования и результатов моделирования;
 - основными методами оценки качества используемой модели, в том числе при решении задач, относящихся к предметам среднего общего образования;
 - навыками решения прикладных задач с помощью сред визуального моделирования;
 - выполнять формализацию описания исследуемой системы, необходимые математические преобразования ее модели, а также эффективно решать практические задачи моделирования процессов и явлений, анализировать характеристики проектируемых систем.

Личностные результаты

- 1) готовность и способность к образованию, в том числе самообразованию, на протяжении всей жизни; сознательное отношение к непрерывному образованию как условию успешной профессиональной и общественной деятельности;
- 2) навыки сотрудничества со сверстниками, взрослыми в образовательной, учебно-исследовательской, проектной и других видах деятельности;
- 3) осознанный выбор будущей профессии и возможностей реализации собственных жизненных планов; отношение к профессиональной деятельности как возможности участия в решении личных, общественных, государственных, общенациональных проблем.

Метапредметные результаты

- 1) умение самостоятельно определять цели деятельности и составлять планы деятельности; самостоятельно осуществлять, контролировать и корректировать деятельность; использовать все возможные ресурсы для достижения поставленных целей и реализации планов деятельности; выбирать успешные стратегии в различных ситуациях;
- 2) умение продуктивно общаться и взаимодействовать в процессе совместной деятельности, учитывать позиции других участников деятельности, эффективно разрешать конфликты;
- 3) владение навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности, навыками разрешения проблем; способность и готовность к самостоятельному поиску методов решения практических задач, применению различных методов познания;
- 4) готовность и способность к самостоятельной информационно-познавательной деятельности, включая умение ориентироваться в различных источниках информации, критически оценивать и интерпретировать информацию, получаемую из различных источников.

Содержание курса «Гидрогазодинамика и теплообмен в природе и технике»

Раздел 1. Введение в спецкурс гидрогазодинамика и теплообмен в природе и технике – 6 часов

1.1 Метод познания: эксперимент и теория (математическое моделирование). Основные понятия, связанные с физическим экспериментом и компьютерным моделированием. Основные этапы моделирования: постановка задачи, формализация задачи, разработка модели, компьютерный эксперимент, анализ результатов моделирования. – 2 часа

1.2 Введение в математическое моделирование с использованием языка программирования Python – 4 часа

Раздел 2. Основы механики и гидродинамики – 26 часов

2.1 Кинематика и динамика материальной точки – 6 часов

- ✓ Законы Ньютона.
- ✓ Работа и энергия.
- ✓ Использование законов сохранения импульса

Лекционное занятие – 2 часа

Практическое занятие (семинар) – 2 часа

Лабораторные работы – 2 часа

2.2 Механика жидкостей, газов, твердых тел – 20 часов

- ✓ Методы Лагранжа и Эйлера. Поле скорости, линии тока и траектории, трубки тока. Уравнение неразрывности, распределение сил в сплошной среде, напряжения, уравнение сохранения импульса, уравнение сохранения энергии. Уравнение равновесия жидкости и газа, закон Паскаля. Теорема Бернулли.
- ✓ Уравнения Эйлера. Скорость звука, число Маха.
- ✓ Уравнение Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости. Ламинарные (Куэтт, Пуазейль, обтекание пластины, цилиндра) и турбулентные течения. Критерии подобия.

Лекционное занятие – 8 часов

Практическое занятие (семинар) – 8 часов

Лабораторные работы – 4 часа

3. Итоговое тестирование по части курса – 2 часа

Раздел 4. Основы тепломассобмена

4.1. Роль теплообмена в современной науке и технике. Основные понятия, используемые при описании процессов переноса тепла. - 2 часа

4.2. Задачи теплопроводности – 8 часов

- ✓ Теплопроводность без внутренних источников тепла.
- ✓ Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла.
- ✓ Интенсификация теплопередачи.

Лекционное занятие – 2 часа

Практическое занятие (семинар) – 4 часа

Лабораторные работы – 2 часа

4.3. Конвективный теплообмен

- ✓ Основные понятия и определения процессов конвективного теплообмена.
- ✓ Теория подобия как теоретическая основа экспериментального изучения конвективного теплообмена.
- ✓ Свободная конвекция жидкости в большом объеме. Свободная конвекция жидкости в ограниченном пространстве.
- ✓ Гидродинамика и теплообмен при течении жидкости в трубах и каналах. Уравнение Нуссельта.
- ✓ Определение и классификация процессов кипения.

Лекционное занятие – 4 часа

Практическое занятие (семинар) – 6 часа

Лабораторные работы – 4 часа

4.4. Теплообмен излучением

- ✓ Общие сведения о тепловом излучении. Законы теплового излучения.
- ✓ Виды лучистых потоков.
- ✓ Коэффициент излучения твердых тел и методы его определения.
- ✓ Особенности излучения газов и паров. Закон Бугера.

Лекционное занятие – 2 часа

Практическое занятие (семинар) – 4 часа

Лабораторные работы – 2 часа

5. Итоговое тестирование по курсу – 2 часа

Тематическое планирование

№ п/п	Тема	Количество часов
1	Введение в спецкурс «Гидрогазодинамика и теплообмен в природе и технике»	6
	Метод познания: эксперимент и теория (математическое моделирование). Основные понятия, связанные с физическим экспериментом и компьютерным моделированием. Основные этапы моделирования: постановка задачи, формализация задачи, разработка модели, компьютерный эксперимент, анализ результатов моделирования	2
	Введение в математическое моделирование с использованием языка программирования Python	4
2	Основы механики и гидродинамики	26
	<i>Кинематика и динамика материальной точки</i> ✓ Законы Ньютона.	6

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Работа и энергия. ✓ Использование законов сохранения импульса 	
	<p><i>Механика жидкостей, газов, твердых тел</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Методы Лагранжа и Эйлера. Поле скорости, линии тока и траектории, трубки тока. Уравнение неразрывности, распределение сил в сплошной среде, напряжения, уравнение сохранения импульса, уравнение сохранения энергии. Уравнение равновесия жидкости и газа, закон Паскаля. Теорема Бернулли. ✓ Уравнения Эйлера. Скорость звука, число Маха. ✓ Уравнение Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости. Ламинарные (Куэтт, Пуазейль, обтекание пластины, цилиндра) и турбулентные течения. Критерии подобия. 	20
3	Итоговое тестирование по части курса	2
4	Основы теплообмена	32
	Роль теплообмена в современной науке и технике. Основные понятия, используемые при описании процессов переноса тепла	2
	<p>Задачи теплопроводности</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Теплопроводность без внутренних источников тепла. ✓ Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла. ✓ Интенсификация теплопередачи. 	8
	<p>Конвективный теплообмен</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Основные понятия и определения процессов конвективного теплообмена. ✓ Теория подобия как теоретическая основа экспериментального изучения конвективного теплообмена. ✓ Свободная конвекция жидкости в большом объеме. Свободная конвекция жидкости в ограниченном пространстве. ✓ Гидродинамика и теплообмен при течении жидкости в трубах и каналах. Уравнение Нуссельта. ✓ Определение и классификация процессов кипения. 	14
	<p>Теплообмен излучением</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Общие сведения о тепловом излучении. Законы теплового излучения. ✓ Виды лучистых потоков. ✓ Коэффициент излучения твердых тел и методы его определения. ✓ Особенности излучения газов и паров. Закон Бугера. 	8
5	Итоговое тестирование по курсу	2
	Итого	68

Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Аудиторные занятия проводятся в виде лекций и лабораторных работ.

Для повышения наглядности лекционных занятий используются компьютерные мультимедийные презентации, подготовленные в программной среде Microsoft PowerPoint.

Для контроля усвоения разделов курса используются *тестовые технологии*.

При чтении лекций используется *технология проблемного обучения* (последовательное и целенаправленное выдвижение перед обучающимся познавательных задач, разрешая которые обучающиеся активно усваивают знания).

Курс построен на принципах системного подхода к отбору программного материала и определению последовательности его изучения обучающимися, что предусматривает глубокое изучение предметов за счет объединения занятий в блоки, т.е. реализуется *технология концентрированного обучения*.

Главную роль в элективном курсе играет лабораторный практикум, выполняемый на персональных компьютерах, задачей которого является непосредственное формирование необходимых умений и навыков путем работы обучающихся над поставленными преподавателем задачами. На занятиях лабораторного практикума для обучающихся составляется индивидуальный график выполнения лабораторных работ, т.е. применяется *технология модульного обучения*.

Выполнение лабораторных работ проводится в интерактивной форме: решение творческих заданий, индивидуальный и групповой поиск решений поставленных проблем, совместный с преподавателем анализ физических явлений.

Для контроля усвоения программного материала учитывается работа обучающихся на лекциях, после изучения очередного блока проводится компьютерное тестирование с рейтинговой формой оценивания, таким образом, используется *технология дифференцированного обучения*.

Самостоятельная работа обучающихся заключается в проработке конспекта лекций, изучении рекомендованной литературы, выполнении домашних заданий, занятиях в компьютерном классе, подготовке к тестированию.

Формы контроля

Текущий контроль – посещение занятий, выполнение заданий на семинарских занятиях и лабораторных работах.

Итоговый контроль – выполнение всех выданных заданий, итоговое тестирование.

Примеры контрольных вопросов и заданий:

1. Контрольные вопросы к разделу «**Основы механики и гидродинамики**»
 - ✓ Как выполняется расчет погрешности прямых и косвенных измерений?
 - ✓ Вычислите, на каком минимально безопасном расстоянии должны вы вести свою машину от впереди идущей.
 - ✓ Каковы погрешности штангенциркуля, микрометра?
 - ✓ Какие погрешности возникают при измерениях линейкой, штангенциркулем, микрометром?
 - ✓ Кинематика сплошной среды. Подход Лагранжа и Эйлера.
 - ✓ Динамика сплошной среды. Условие равновесия жидкости.
 - ✓ Жидкость в поле объемных сил. Уравнение Эйлера.
2. Контрольные вопросы к разделу «**Основы теплообмена**»
 - ✓ Теплопроводность в однородной плоской стенке.
 - ✓ Теплопроводность в многослойной плоской стенке.
 - ✓ Теплоотдача при свободной конвекции в большом объеме на вертикальных поверхностях.
 - ✓ Теплоотдача при свободной конвекции в большом объеме на горизонтальных поверхностях.
 - ✓ Теплоотдача при свободной конвекции в ограниченном объеме. Занятие 25. Теплоотдача при продольном обтекании плоской пластины.
 - ✓ Законы теплового излучения.
 - ✓ Виды лучистых потоков.
 - ✓ Радиационный теплообмен в поглощающей среде. Закон Бугера.
 - ✓ Степень черноты углекислого газа и водяного пара. Номограммы.

Лабораторные работы

1. *Лабораторная работа* «Измерение времени реакции человека»
2. *Лабораторная работа* «Измерение линейных величин методом нониуса»
3. *Лабораторная работа* «Свободная и вынужденная конвекция»
4. *Лабораторная работа* «Виды кипения»
5. *Лабораторная работа* «Теплопроводность»
6. *Лабораторная работа* «Излучение»

Учебно-методические материалы по дисциплине

Основная литература

1. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. / Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. – Издание 5-е. – 2006. Т. VI. Гидродинамика. — 736 с.
2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: учебник для вузов / Л.Г. Лойцянский. – М. : Дрофа, 2003. – 840 с. 7-е изд., испр.
3. Механика сплошных сред в задачах. В 2 т. / Под ред. М. Эглит. – М.: Московский лицей, 1996.
4. Прандтль Л. Гидроаэромеханика / Л. Прандтль. – изд-во РХД, 2002. – 572 с.
5. Седов Л.И. Механика сплошной среды. / Л.И. Седов. – СПб.: Издательство «Лань», 2004. — 560 с. В 2 т. 6-е изд., стер.
6. Черняк В.Г., Суетин П.Е. Механика сплошных сред: Учеб. пособ.: для вузов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 352с.
7. Теплообмен. Стационарная теплопроводность: учебно-методическое пособие для самостоятельной работы [для студентов напр. подготовки бакалавров 03.03.02 «Физика», 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика», 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», 16.03.01 «Техническая физика», 28.03.01 «Нанотехнология и микросистемная техника»]/Сиб. федер. ун-т, Ин-т инж. физики и радиоэлектроники ; сост.: М. С. Лобасова, А. С. Лобасов. – 2015.
8. Теплообмен. Нестационарная теплопроводность : учебно-методическое пособие [для напр. подготовки бакалавров 03.03.02 «Физика», 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика», 14.03.02 «Ядерная физика и технологии», 16.03.01 «Техническая физика», 28.03.01 «Нанотехнология и микросистемная техника»]/Сиб. федер. ун-т, Ин-т инж. физики и радиоэлектроники ; сост.: М. С. Лобасова, А. С. Лобасов. – 2015.
9. Теплообмен : курс лекций / М.С. Лобасова [и др.], – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 296 с. – (Теплообмен: УМКД № 1536-2008 / рук. творч. коллектива М.С. Лобасова).
10. Лобасова, М.С. Теплообмен : пособие к практ. занятиям / М.С. Лобасова, А.А. Дектерев, Д.С. Серебренников. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 160 с. – (Теплообмен: УМКД № 1536-2008 / рук. творч. коллектива М.С. Лобасова).
11. Теплообмен : метод. указания по самостоятельной работе. /сост. : М.С. Лобасова, А.А. Дектерев, К.А. Финников, Д.С. Серебренников. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 102 с. – (Теплообмен: УМКД № 1536-2008 / рук. творч. коллектива М.С. Лобасова).
12. Булавин Л. А. Компьютерное моделирование физических систем: [учебное пособие: для студентов и аспирантов физических и физико-химических специальностей] / Л. А.

Булавин, Н.В. Выгорницкий, Н. И. Лебовка. -Долгопрудный: Интеллект, 2011;

13. Введение в математическое моделирование: учеб. пособие / В.Н.Ашихмин, М.Б. Гитман, И.Э.Келлер и др.; под ред. П.В. Трусова. -М.: Логос, 2007. - 440 с.;

14. Сабанаев И. А. Компьютерное моделирование физических процессов: учебно-методическое пособие / И. А. Сабанаев, А. Н. Гайфутдинов, З. Ф. Сабанаева. -Нижнекамск: Изд-во НМИ, 2008. - 39 с.;

15. Тарасевич Ю. Ю. Математическое и компьютерное моделирование: вводный курс: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 030100 "Информатика" / Ю. Ю. Тарасевич. - Москва: ЛИБРОКОМ, 2013. - 148 с.

16. Основы информатики и вычислительной техники. Каймин В. А., Щеголев А. Г., Ерохина Е. А., Федюшин Д. П. Проб. учеб. для 10-11 классов. 2-е изд., М., «Просвещение» 1990 г.

17. Информационные системы и модели. Элективный курс: Учебное пособие/ И.Г. Семакин, Е.К. Хеннер. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005.

18. Информационные системы и модели. Элективный курс: Практикум/ И.Г. Семакин, Е.К. Хеннер. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.

19. Mathcad 13: Самоучитель. Кириянов Д.В. – СПб; БВХ-Петербург, 2006.

20. Mathcad 13. Серия: На примерах. Васильев А.Н. – СПб: БВХ-Петербург, 2006

Дополнительная литература:

1. Асанов, А.З. Введение в математическое моделирование динамических систем: учебное пособие / А. З. Асанов. - Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2008;

2. Гулд Х. Компьютерное моделирование в физике. Ч. 1: В 2-х ч.: перевод с английского / Х.Гулд, Я. Тобочник; Пер. с англ. А. Н. Полюдова, В. А. Панченко. -Москва: Мир, 1990. - 349 с.;

3. Гулд Х. Компьютерное моделирование в физике. Ч. 2: В 2-х ч.: перевод с английского / Х.Гулд, Я. Тобочник; Пер. с англ. А. Н. Полюдова, В. А. Панченко. -Москва: Мир, 1990. - 400 с.;

Интернет-ресурсы:

Образовательный математический сайт Exponenta.ru - <http://www.exponenta.ru/>