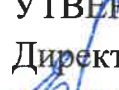


Приложение № 22
к приказу
от 09.06.23 № 54/1

ПРИНЯТО
на заседании кафедры
физики ФМШ СФУ
Протокол № 10
от « 2 » 06 2023 г.

ПРИНЯТО
на заседании
Ученого совета
ФМШ СФУ
Протокол № 9
от « 5 » 06 2023 г.

УТВЕРЖДЕНО
Директор ФМШ СФУ
 Е.А. Енгуразова
_____ 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
СРЕДНЕГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА
«ГИДРО-ГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛООБМЕН В ПРИРОДЕ И
ТЕХНИКЕ»
(2023-2024 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

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 1 час в неделю в течение года обучения, всего 34 часа.

Сформировать у обучающихся первоначальное представление о целях и методах теории моделирования, и о 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. Овладение 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.

Целесообразным является поддержка курса занятиями в модуле «Гидрогазодинамика и теплообмен в природе и технике» программы дополнительного образования «Научная лаборатория».

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;
- проводить 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 включают в себя:

в сфере гражданского воспитания:

- сформированность гражданской позиции обучающегося как активного и ответственного члена российского общества;
- принятие традиционных национальных, общечеловеческих гуманистических и демократических ценностей;
- представление о видах идентичности, актуальных для становления человечества и общества, для жизни в современном поликультурном мире;
- готовность противостоять идеологии экстремизма, национализма, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам;
- умение взаимодействовать с социальными институтами в соответствии с их функциями и назначением; готовность к гуманитарной и волонтерской деятельности;

в сфере патриотического воспитания:

- сформированность российской гражданской идентичности, патриотизма, уважения к своему народу, чувства ответственности перед Родиной, гордости за свою страну, свой край, свой язык и культуру, прошлое и настоящее многонационального народа России;
- ценностное отношение к государственным символам, историческому и природному наследию, памятникам, традициям народов России, достижениям России в науке, технологиях, труде;

в сфере духовно-нравственного развития:

- сформированность нравственного сознания, этического поведения, способность оценивать ситуации нравственного выбора и принимать осознанные решения, ориентируясь на морально-нравственные ценности и нормы современного российского общества;
- понимание значения личного вклада в построение устойчивого будущего;
- ответственное отношение к своим родителям, представителям старших поколений, осознание значения создания семьи на основе принятия ценностей семейной жизни в соответствии с традициями народов России;
- освоение гуманистических традиций и ценностей, уважение к личности, правам и свободам человека, культурам разных народов;

в сфере эстетического воспитания:

- представление об исторически сложившемся культурном многообразии своей страны и мира;
- эстетическое отношение к миру, современной культуре, включая эстетику быта, научного и технического творчества, спорта, труда, общественных отношений;

в сфере физического воспитания:

- осознание ценности жизни и необходимости ее сохранения;
- представление об идеалах гармоничного физического и духовного развития человека в исторических обществах и в современную эпоху;

в сфере трудового воспитания:

- понимание значения трудовой деятельности как источника развития человека и общества;
- уважение к труду и результатам трудовой деятельности человека;
- формирование интереса к различным сферам профессиональной деятельности;
- мотивация и способность к образованию и самообразованию на протяжении всей жизни;
- в сфере экологического воспитания:*
 - осмысление исторического опыта взаимодействия людей с природной средой, его позитивных и негативных проявлений;
- в понимании ценности научного познания:*
 - сформированность мировоззрения, соответствующего современному уровню развития исторической науки и общественной практики, основанного на диалоге культур, способствующего осознанию своего места в поликультурном мире;
 - осмысление значения истории как знания о развитии человека и общества, о социальном и нравственном опыте предшествующих поколений;
 - совершенствование языковой и читательской культуры как средства взаимодействия между людьми и познания мира;
 - овладение основными навыками познания и оценки событий прошлого с позиций историзма, готовность к осуществлению учебной проектно-исследовательской деятельности в сфере истории;
 - приобщение к истокам культурно-исторического наследия человечества, интерес к его познанию за рамками учебного курса и школьного обучения.

Работа на программе способствует также развитию *эмоционального интеллекта* школьников, в том числе *самосознания* (включая способность осознавать роль эмоций в отношениях между людьми); *саморегулирования*, включающего самоконтроль, умение принимать ответственность за свое поведение, способность адаптироваться к эмоциональным изменениям и проявлять гибкость, быть открытым новому; *внутренней мотивации*, включающей стремление к достижению цели и успеху, оптимизм, инициативность, умение действовать, исходя из своих возможностей; *эмпатии* (способность понимать другого человека, оказавшегося в определенных обстоятельствах); *социальных навыков* (способность выстраивать конструктивные отношения с другими людьми, регулировать способ выражения своих суждений и эмоций с учетом позиций и мнений других участников общения).

Метапредметные результаты включают в себя следующие умения:

1) в сфере универсальных учебных познавательных действий:

владение базовыми логическими действиями:

- формулировать проблему, вопрос, требующий решения;

- устанавливать существенный признак или основания для сравнения, классификации и обобщения;
 - определять цели деятельности, задавать параметры и критерии их достижения;
 - выявлять закономерные черты и противоречия в рассматриваемых явлениях;
 - разрабатывать план решения проблемы с учетом анализа имеющихся ресурсов;
 - вносить коррективы в деятельность, оценивать соответствие результатов целям;
- владение базовыми исследовательскими действиями:*
- определять познавательную задачу; намечать путь ее решения и осуществлять подбор материала, объекта;
 - владеть навыками учебно-исследовательской и проектной деятельности;
 - выявлять характерные признаки явлений;
 - раскрывать причинно-следственные связи; сравнивать события, ситуации, определяя основания для сравнения, выявляя общие черты и различия;
 - формулировать и обосновывать выводы; соотносить полученный результат с имеющимся знанием;
 - определять новизну и обоснованность полученного результата;
 - представлять результаты своей деятельности в различных формах (сообщение, эссе, презентация, реферат, учебный проект и другие);
 - объяснять сферу применения и значение проведенного учебного исследования в современном общественном контексте;
- работа с информацией:*
- осуществлять анализ учебной и внеучебной информации (учебники, источники, научно-популярная литература, интернет-ресурсы и другие);
 - извлекать, сопоставлять, систематизировать и интерпретировать информацию;
 - различать виды источников информации;
 - высказывать суждение о достоверности и значении информации источника (по предложенным или самостоятельно сформулированным критериям);
 - рассматривать комплексы источников, выявляя совпадения и различия их свидетельств;
 - использовать средства современных информационных и коммуникационных технологий с соблюдением правовых и этических норм, требований информационной безопасности;
 - создавать тексты в различных форматах с учетом назначения информации и целевой аудитории, выбирая оптимальную форму представления и визуализации;

2) в сфере универсальных коммуникативных действий:

общение:

- представлять особенности взаимодействия людей в современном мире;

- излагать и аргументировать свою точку зрения в устном высказывании, письменном тексте;

- владеть способами общения и конструктивного взаимодействия, в том числе межкультурного, в школе и социальном окружении;

- аргументированно вести диалог, уметь смягчать конфликтные ситуации;

осуществление совместной деятельности:

- осознавать значение совместной деятельности людей как эффективного средства достижения поставленных целей;

- планировать и осуществлять совместную работу, коллективные учебные проекты, в том числе на региональном материале;

- определять свое участие в общей работе и координировать свои действия с другими членами команды;

- проявлять творчество и инициативу в индивидуальной и командной работе;

- оценивать полученные результаты и свой вклад в общую работу;

3) в сфере универсальных регулятивных действий:

владение приемами самоорганизации своей учебной и общественной работы:

- выявлять проблему, задачи, требующие решения;

- составлять план действий, определять способ решения, последовательно реализовывать намеченный план действий и другие;

владение приемами самоконтроля:

- осуществлять самоконтроль, рефлекссию и самооценку полученных результатов;

- вносить коррективы в свою работу с учетом установленных ошибок, возникших трудностей;

принятие себя и других:

- осознавать свои достижения и слабые стороны в учении, школьном и внешкольном общении, сотрудничестве со сверстниками и людьми старших поколений;

- принимать мотивы и аргументы других при анализе результатов деятельности;

- признавать свое право и право других на ошибку;

- вносить конструктивные предложения для совместного решения учебных задач, проблем.

Содержание курса «Гидрогазодинамика и теплообмен в природе и технике»

Раздел 1. Введение в спецкурс гидрогазодинамика и теплообмен в природе и технике – 3 часа

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. – 1 час

1.2 Введение в математическое моделирование с использованием языка программирования Python – 2 часа

Раздел 2. Основы механики и гидродинамики – 13 часов

2.1 Кинематика и динамика материальной точки – 3 часов

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

Лекционное занятие – 1 час

Практическое занятие (семинар) – 1 час

Лабораторные работы – 1 час

2.2 Механика жидкостей, газов, твердых тел – 10 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 – 1 час

Раздел 4. Основы теплообмена

4.1. Роль теплообмена в современной науке и технике. Основные понятия, используемые при описании процессов переноса тепла. - 1 час

4.2. Задачи теплопроводности – 4 часа

- Теплопроводность без внутренних источников тепла.
- Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла.

- Интенсификация теплопередачи.
- Лекционное занятие – 1 час*
- Практическое занятие (семинар) – 1 час*
- 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 – 2 часа*
- Практическое занятие (семинар) – 3 часа*
- Лабораторные работы – 2 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 – 1 час*
- Практическое занятие (семинар) – 1 час*
- Лабораторные работы – 2 часа*

5. Итоговое тестирование по курсу – 1 час

Тематическое планирование

№ п/п	Тема	Количество часов
1	Введение в спецкурс «Гидрогазодинамика и теплообмен в природе и технике»	3
	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	1

	Введение в математическое моделирование с использованием языка программирования Python	2
2	Основы механики и гидродинамики	13
	<i>Кинематика и динамика материальной точки</i> – Законы Ньютона. – Работа и энергия. – Использование законов сохранения импульса	3
	<i>Механика жидкостей, газов, твердых тел</i> – 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.	10
3	Итоговое тестирование по части курса	1
4	Основы теплообмена	16
	Роль теплообмена в современной науке и технике. Основные понятия, используемые при описании процессов переноса тепла	1
	Задачи теплопроводности – Теплопроводность без внутренних источников тепла. – Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла. – Интенсификация теплопередачи.	4
	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.	7
	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.	4
5	Итоговое тестирование по курсу	1
	Итого	34

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. Тепломассообмен. 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 «Ядерные 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. Тепломассообмен. Нестационарная теплопроводность : учебно-методическое пособие [для напр. подготовки бакалавров 03.03.02 «Физика», 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика», 14.03.02 «Ядерные 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. Тепломассообмен : курс лекций / М.С. Лобасова [и др.], – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 296 с. – (Тепломассообмен: УМКД № 1536-2008 / рук. творч. коллектива М.С. Лобасова).

10. Лобасова, М.С. Тепломассообмен : пособие к практ. занятиям / М.С. Лобасова, А.А. Дектерев, Д.С. Серебренников. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 160 с. – (Тепломассообмен: УМКД № 1536-2008 / рук. творч. коллектива М.С. Лобасова).

11. Тепломассообмен : метод. указания по самостоятельной работе. /сост. : М.С. Лобасова, А.А. Дектерев, К.А. Финников, Д.С. Серебренников. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 102 с. – (Тепломассообмен: 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. Кирьянов 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/>