


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:
на заседании кафедры теоретической физики
протокол №5 от «17» марта 2021 г.

Зав. кафедрой  Вахитов Р.М.

Согласовано:
Председатель УМК ФТИ

 /Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Методы математической физики

Б1.О.21 обязательная

ПРОГРАММА БАКАЛАВРИАТА

Направления подготовки

28.03.03 – Наноматериалы


Профили подготовки

Объемные наноструктурные материалы

Квалификация
бакалавр

Форма обучения
Очная

Разработчик (составитель)
доцент, к.ф.-м.н., доцент
(должность, ученая степень, ученое звание)

 Харисов А.Г.
(подпись, Фамилия И.О.)

Для приема: 2021 г.

Уфа 2021

Составитель / составители: _____ к.ф.-м.н., доц. Харисов А.Т. _____

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теоретической физики протокол №5 от «17» марта 2021 г.

Заведующий кафедрой _____  / Вахитов Р.М. /

Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) - <i>(Приложение №1)</i>	5 (12)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	5
4.1. Перечень индикаторов достижения компетенций с указанием планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Описание показателей и критериев оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), описание шкал оценивания	5
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)	7
4.3. <i>Рейтинг-план дисциплины (при необходимости) (Приложение №2)</i>	9 (14)
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	10
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	10
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	10
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	11

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

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

Категория (группа) компетенций	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.1. Знать	Знать основные линейные уравнения математической физики и их физический смысл
		ОПК-1.2. Уметь	Уметь ставить математически корректную задачу по описанию простейших физических явлений (колебаний, распространения тепла и диффузии)
		ОПК-1.3. Владеть	Владеть методикой расчета реальных физических задач
	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Знать	Знать постановку краевых задач для основных уравнений и их физическую интерпретацию
		УК-1.2. Уметь	Уметь применять методы математической физики к решению прикладных задач
		УК-1.3. Владеть	Владеть методикой расчета методом Фурье начально-краевых задач для уравнений колебаний струны, теплопроводности и Лапласа

2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы математической физики» относится к обязательной части.

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре.

Целью данной дисциплины является научить студентов методам исследования и решения основных задач для классических уравнений математической физики. Студенты должны при этом хорошо знать физический смысл задач и результатов их решения. Также формируются навыки описания физических явлений, процессов и проблем формальным математическим языком.

Изучение каждого типа уравнений начинается с простейших физических задач, приводящих к уравнениям рассматриваемого типа. Особое внимание уделяется математической постановке задач, подробному изложению решения простейших задач и физической интерпретации получаемых результатов.

Лекционный курс сопровождается упражнениями, имеющими целью привить студентам навыки постановки и решения конкретных задач.

Курс «Методы математической физики» связан с изучением различных физических процессов, а возникающие при этом математические задачи и составляют содержание предмета. Это и описание физических процессов математическим языком и, как следствие, получение решений имеющимся математическим аппаратом, и обратно, трактовка математических решений как некоторых физических явлений. Изучение дисциплины

“Методы математической физики” должно опираться на знания, полученные в ходе изучения дисциплин: «Физика», «Математика». Успешное освоение данной дисциплины необходимо для дальнейшей профессиональной подготовки.

3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

4. Фонд оценочных средств по дисциплине

4.1. Перечень индикаторов достижения компетенций с указанием планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Описание показателей и критериев оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

ОПК-1 – Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общеинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
ОПК-1.1. Знать	Знать основные линейные уравнения математической физики и их физический смысл	Не знает основные линейные уравнения математической физики и их физический смысл.	Знает основные линейные уравнения математической физики и их физический смысл.
ОПК-1.2. Уметь	Уметь ставить математически корректную задачу по описанию простейших физических явлений (колебаний, распространения тепла и диффузии)	Не умеет ставить математически корректную задачу по описанию простейших физических явлений (колебаний, распространения тепла и диффузии)	Умеет ставить математически корректную задачу по описанию простейших физических явлений (колебаний, распространения тепла и диффузии)
ОПК-1.3. Владеть	Владеть методикой расчета реальных физических задач	Не владеет методикой расчета реальных физических задач	Владеет методикой расчета реальных физических задач

УК-1 – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
УК-1.1. Знать	Знать постановку краевых задач для основных уравнений и их физическую интерпретацию	Имеет фрагментарные знания постановки краевых задач для основных уравнений и их физическую интерпретацию	Знает постановку краевых задач для основных уравнений и их физическую интерпретацию.
УК-1.2.	Уметь применять методы ма-	Умеет фрагментарно приме-	Уверенно применяет методы

Уметь	тематической физики к решению прикладных задач	нять методы математической физики к решению прикладных задач	математической физики к решению прикладных задач
УК-1.3. Владеть	Владеть методикой расчета методом Фурье начально-краевых задач для уравнений колебаний струны, теплопроводности и Лапласа	Не владеет методикой расчета методом Фурье начально-краевых задач для уравнений колебаний струны, теплопроводности и Лапласа	Владеет методикой расчета методом Фурье начально-краевых задач для уравнений колебаний струны, теплопроводности и Лапласа

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (*для зачета*: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

для зачета:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),
не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Контролируемые действия по проверке знаний, умений и владений (Оценочные средства)
ОПК-1.1. Знать	Знать основные линейные уравнения математической физики и их физический смысл	Приём домашних работ. Контрольная работа
ОПК-1.2. Уметь	Уметь ставить математически корректную задачу по описанию простейших физических явлений (колебаний, распространения тепла и диффузии)	Приём домашних работ. Контрольная работа
ОПК-1.3. Владеть	Владеть методикой расчета реальных физических задач	Приём домашних работ. Контрольная работа
УК-1.1. Знать	Знать постановку краевых задач для основных уравнений и их физическую интерпретацию	Приём домашних работ. Контрольная работа
УК-1.2. Уметь	Уметь применять методы математической физики к решению прикладных задач	Приём домашних работ. Контрольная работа
УК-1.3. Владеть	Владеть методикой расчета методом Фурье начально-краевых задач для уравнений колебаний струны, теплопроводности и Лапласа	Приём домашних работ. Контрольная работа

Вопросы к текущему и рубежному контролю по теоретическому материалу

1. Что понимается под корректностью постановки задачи математической физики.
2. Запишите квазилинейное уравнение переноса.
3. Запишите характеристическое уравнение для уравнения переноса.
4. Как находится частное решение квазилинейного уравнения первого порядка.
5. Постановка краевых задач.
6. Вывод уравнений малых поперечных колебаний струны. Уравнение колебаний в общем виде. Физическая интерпретация.
7. Вывод уравнений теплопроводности, распространения тепла, уравнения Лапласа. Физическая интерпретация.
8. Приведение к каноническому виду и классификация линейных УЧП 2-го порядка в одной точке.
9. Приведение к каноническому виду и классификация линейных УЧП 2-го порядка в окрестности точки. Гиперболический тип.
10. Приведение к каноническому виду и классификация линейных УЧП 2-го порядка в окрестности точки. Параболический тип.
11. Приведение к каноническому виду и классификация линейных УЧП 2-го порядка в окрестности точки. Эллиптический тип.
12. Волновое уравнение. Постановка краевых задач для уравнений гиперболического типа.
13. Принцип суперпозиции и редукция общей краевой задачи.
14. Лемма о полной энергии струны. Единственность решения задачи Коши и смешанной задачи.
15. Формула Даламбера.
16. Понятие корректной краевой задачи; примеры корректных и некорректных краевых задач.
17. Метод Фурье для уравнения колебаний струны (для однородного уравнения колебаний струны с однородными граничными условиями).
18. Метод Фурье для уравнения колебаний струны (для неоднородного уравнения колебаний струны с однородными граничными условиями, для нахождения решения использовать обобщенное решение).
19. Уравнение теплопроводности. Краевые задачи для уравнений параболического типа.
20. Принцип максимума в ограниченной области и единственность решения задачи Коши для уравнения колебаний струны.
21. Построение решения задачи Коши для уравнения теплопроводности. Метод разделения переменных для однородного уравнения колебаний струны.
22. Построение решения задачи Коши для уравнения теплопроводности. Метод разделения переменных для неоднородного уравнения колебаний струны.
23. Уравнения эллиптического типа. Уравнения Лапласа и Пуассона. Оператор Лапласа в полярных координатах. Фундаментальное решение оператора Лапласа.
24. Решение задачи Дирихле методом разделения переменных на круге.

Типовые задачи, предлагаемы на семинарских занятиях и контрольных

1. Найти общее решение уравнения:
 $xu_x + yu_y = u$

$$(x+y)u_x - (x-y)u_y = u(x+y)$$

2. Найти общее решение уравнения, приведя его к каноническому виду.

$$u_{xx} - 2u_{xy} + u_{yy} + 2u_x - 2u_y = 0$$

$$16u_{xx} + 16u_{xy} + 3u_{yy} = 0$$

$$u_{xx} - 2u_{xy} + u_{yy} + 4u_x - 4u_y = 0$$

3. Решить задачу Коши.

$$u_x - (2\exp(x)-t)u_t = 2x$$

$$u_t = 4u_{xx} - \sin x; \quad u|_{t=0} = 1, \quad u_t|_{t=0} = 1$$

$$u_t = 16u_{xx} + \sin \omega t; \quad u|_{t=0} = 0, \quad u_t|_{t=0} = 0$$

$$u_t = 9u_{xx} - \sin t; \quad u|_{t=0} = 1, \quad u_t|_{t=0} = 0$$

4. Решить смешанную задачу для волнового уравнения.

$$u_t = u_{xx}; \quad u_x|_{x=0} = 0, \quad u|_{x=5} = 0 \quad u|_{t=0} = x(x-5), \quad u_t|_{t=0} = 0$$

$$u_t = 4u_{xx}; \quad u|_{x=0} = 0, \quad u_x|_{x=\frac{\pi}{6}} = 0 \quad u|_{t=0} = x(6x-1), \quad u_t|_{t=0} = 0$$

$$u_t = 4u_{xx}; \quad u_x|_{x=0} = 0, \quad u|_{x=1} = 0 \quad u|_{t=0} = x(x-1), \quad u_t|_{t=0} = 0$$

Домашняя работа состоит из одной задачи. Пример домашнего задания:

Решить задачу Коши для уравнения теплопроводности для бесконечного стержня:

$$u|_{t=0} = \begin{cases} 100(1 - x/10), & x \in [0, 10], \\ 100(1 + x/10), & x \in [-10, 0), \\ 0, & |x| > 10. \end{cases}$$

Критерии оценки (в баллах) за одну домашнюю работу

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов	5 баллов
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько недостатков	3 балла
Нет правильного ответа	0 баллов

Образец контрольной работы:

1. Решить непосредственным интегрированием:

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} = y^2 \cos x + e^{2y}.$$

2. Решить задачу для волнового уравнения:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad u(x, t)|_{t=0} = 2 \sin x, \quad \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} \Big|_{t=0} = 3, \quad u(x, t)|_{x=0} = 0, \quad 0 < x < \infty, \quad t > 0.$$

Критерии оценки одной задачи из двух контрольной работы №1 или №2 (в баллах):

- **12-13** баллов выставляется студенту, если задача решена абсолютно правильно, без недочетов и ошибок;
- **9-11** баллов выставляется студенту, если задача решена правильно, но в ней есть один недочет или незначительная ошибка (в математических преобразованиях);
- **6-8** баллов выставляется студенту, если есть попытка решить задачу, присутствуют все необходимые законы (формулы), но имеется грубая ошибка в законе, или решение задачи не доведено до конца;
- **4-5** балла выставляется студенту, если присутствуют все необходимые законы (формулы), чтобы решить задачу, но само решение не начато, или имеются две грубые ошибки в законах;
- **2-3** балла выставляется студенту, если записан правильно хотя бы один необходимый закон для решения задачи;
- **0-1** баллов выставляется студенту, если отсутствует решение задачи;

Набранные баллы по двум задачам контрольной работы затем суммируются.

Работа на практических занятиях у доски заключается в решении одной задачи и оценивается при правильном

самостоятельном решении в 1 балл, иначе оценка – 0 баллов.

Поощрительные баллы выставляются за дополнительные выходы к доске на практических занятиях, если студент уже набрал ранее максимальные 10 баллов, предусмотренные рейтингом-планом дисциплины.

4.3 Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг-план дисциплины представлен в приложении 2.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Курс математики для технических высших учебных заведений. Часть 3. Дифференциальные уравнения. Уравнения математической физики. Теория оптимизации: учебник / Под. ред. В.Б. Миносцева, Е. А. Пушкаря, изд. 2-е - СПб.: Лань, 2013 - 528 с. [В библ. БашГУ имеется 25 экз.]
2. Сборник индивидуальных заданий по математике для технических высших учебных заведений. Часть 2. Дифференциальные уравнения. Уравнения математической физики. Теория оптимизации. Теория вероятностей и математическая статистика: учебник / Под. ред. В.Б. Миносцева, Е. А. Пушкаря, изд. 2-е - СПб.: Лань, 2013 - 320 с. [В библ. БашГУ имеется 25 экз.]
3. Владимиров В. С. , Вашарин А. А. , Каримова Х. Х. , Михайлов В. П. , Сидоров Ю. В. Сборник задач по уравнениям математической физики. – М.: Физматлит, 2001, 287 с. [В библ. БашГУ имеется 246 экз.]

б) дополнительная литература:

4. Тихонов А. Н. Уравнения математической физики: учебник / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. Изд. 3-е испр. и доп. М.: Наука, 1966 – 724 с. [В библ. БашГУ имеется 59 экз.]

5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. ЭБС издательства Лань <https://e.lanbook.com/>
2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
3. Российский портал «Открытого образования» <https://openedu.ru/>
4. Мир математических уравнений <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/pde.htm>

6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
учебная аудитория № 324 или № 224 (физмат корпус)	Лекции	Доска, мел,
учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитория № 324 или № 318 или № 224 (физмат корпус)	Практические занятия	Доска, мел, сборники задач, калькулятор
Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.
Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
 «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

по дисциплине Методы математической физики на 4 семестр

очная
 форма обучения

Разбиение общего числа часов по видам учебных занятий с указанием их объемов приведено в таблице 2
 Табл. 2

Вид работы	Семестр № <u>4</u> . Количество часов
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	64,2
лекций	32
практических/ семинарских	32
лабораторных	0
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	43,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	0

Форма(ы) контроля:
 зачет 4 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Модуль 1: Уравнение теплопроводности	16	16		22			
1.	Классификация линейных уравнений второго порядка с двумя независимыми переменными и приведение их к канонической форме.	4	4		6	[1]: л. 69, 72	[4]: § 1.1	Приём домашних работ. Контрольная работа
2.	Краевые задачи для уравнения теплопроводности.	6	6		8	[1]: л. 73	[4]: § 3.1, 3.2	Приём домашних работ. Контрольная работа
3.	Задача Коши для уравнения теплопроводности.	4	4		8	[1]: л. 74	[4]: § 3.3	Приём домашних работ. Контрольная работа
	Модуль 2: Волновое уравнение	16	16		21,8			
4.	Краевые задачи для уравнения Лапласа.	4	4		8	[1]: л. 79	[4]: § 4.1, 4.3	Приём домашних работ. Контрольная работа
5.	Метод Даламбера для волнового уравнения.	6	6		8	[1]: л. 76	[4]: § 2.1, 2.2	Приём домашних работ. Контрольная работа
6.	Краевые задачи для волнового уравнения.	4	4		5,8	[1]: л. 77	[4]: § 2.3	Приём домашних работ. Контрольная работа
	Всего часов:	32	32		43,8			

Примечание 1. В таблицу не включены запланированные 0.2 часа ФКР (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности во время семестра, подразумевающие контактную работу обучающихся с преподавателем).

Рейтинг-план дисциплины**Методы математической физики**

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление/специальность **28.03.03 – Наноматериалы**

курс 2, семестр 4

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Модуль 1 – 50 баллов				
Уравнение теплопроводности				
Текущий контроль			0	25
1. Выполнение домашних работ	5	4	0	20
2. Работа на практических занятиях у доски	1	5	0	5
Рубежный контроль			0	25
1. Контрольная работа	25	1	0	25
Модуль 2 – 50 баллов				
Волновое уравнение				
Текущий контроль			0	25
1. Выполнение домашних работ	5	4	0	20
2. Работа на практических занятиях у доски	1	5	0	5
Рубежный контроль			0	25
1. Контрольная работа	25	1	0	25
Посещаемость				
1. Посещение лекционных занятий			-6	0
2. Посещение практических занятий			-10	0
Поощрительные баллы			0	10
Контроль - зачет			60	110