

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Наумова Наталия Александровна
Должность: Ректор
Дата подписания: 24.10.2024 14:21:41
Уникальный программный ключ:
6b5279da4e034bff679172803da5b7b559fc69e2

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ»
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ)

Физико-математический факультет
Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологии

Согласовано
деканом факультета
« 29 » 06 2023 г.
Кулешова Ю.Д.
/Кулешова Ю.Д./

Рабочая программа дисциплины

Линейные и нелинейные уравнения математической физики

Направление подготовки
03.03.02 Физика

Профиль:
Теоретическая и математическая физика

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Согласовано учебно-методической комиссией
физико-математического факультета
Протокол « 29 » 06 2023 г. № 10
Председатель УМКом Кулешова Ю.Д.
/Кулешова Ю.Д./

Рекомендовано кафедрой
фундаментальной физики и
нанотехнологии
Протокол от « 25 » 05 2023 г. № 13
Зав. кафедрой Холина С.А.
/Холина С.А./

Мытищи
2023

Автор-составитель:

Кузнецов М.М., доктор физико-математических наук,
доцент, профессор кафедры фундаментальной физики и нанотехнологии

Рабочая программа дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения математической физики» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом МИНОБРНАУ-КИ России от 07.08.2020г. № 891.

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)», и является элективной дисциплиной.

Год начала подготовки (по учебному плану) 2023

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ.....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. ОБЪЁМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ	6
5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	7
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	13
7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	16
8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	16
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	16

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

1.1. Цель и задачи дисциплины

Цели дисциплины «Линейные и нелинейные уравнения математической физики»:

- формирование систематических знаний в области прикладной физики с целью их грамотного применения в многочисленных современных технологических и экономических практических приложениях;
- возможность получить фундаментальное образование, способствующее развитию личности.

Задачи дисциплины:

- обучение студентов теоретическим основам курса;
- овладение основными методами исследования и решения практических задач прикладной физики.

1.2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции:

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

ДПК-1. Способен понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования исследований в области физики

ДПК-2. Способен освоить современные концепции, теории, законы и методы в области физики, математики и информатики, овладеть основными методами решения задач, сформулированными в рамках данных предметных областей, и применить их в профессиональной деятельности

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)», и является элективной дисциплиной.

Для успешного освоения данной дисциплины студент должен владеть знаниями, умениями и навыками в объёме программы средней школы и первых курсов педагогических университетов.

Дисциплина изучается в 5 семестре.

Приобретённые в результате изучения дисциплины знания, умения и навыки используются во многих естественнонаучных, технических и технологических, экономических дисциплинах и практиках ООП. В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть навыками решений линейных и нелинейных уравнений математической физики и их практического применения.

3. ОБЪЁМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Объем дисциплины

Показатель объема дисциплины	Кол-во часов очная
Объем дисциплины в зачетных единицах	4
Объем дисциплины в часах	144
Контактная работа:	90,5
Лекции	30
Практические занятия	60

из них в форме практической подготовки	60
Контактные часы на промежуточную аттестацию:	0,5
Зачет	0,2
Курсовая работа	0,3
Самостоятельная работа	28
Контроль	25,5

Форма промежуточной аттестации: зачёт (6 семестр), курсовая работа (6 семестр).

3.2. Содержание дисциплины

Наименование разделов (тем) с кратким содержанием	Количество часов		
	Лекции	Практические занятия	
		Общее кол-во	из них в форме практической подготовки
<p>Тема 1. Постановка задачи об интегрировании уравнений с частными производными.</p> <p>Аналитические методы решения уравнений с частными производными первого порядка. Классификация уравнений. Аналитический метод построения общих решений. Характеристические свойства уравнений. Задача Коши. Смешанная задача.</p>	4	8	8
<p>Тема 2. Линейные однородные уравнения в частных производных первого порядка.</p> <p>Однородное дифференциальное уравнение первого порядка в частных производных. Построение решения задачи Коши. Решение задачи Коши для однородного уравнения с n независимыми переменными. Первый интеграл динамических систем.</p>	6	12	12
<p>Тема 3. Линейные неоднородные уравнения в частных производных первого порядка.</p> <p>Неоднородное уравнение. Задача Коши для неоднородного уравнения. Общая задача Коши для неоднородного уравнения. Первые интегралы для линейных неоднородных систем уравнений в частных производных первого порядка.</p>	6	12	12
<p>Тема 4. Нелинейные уравнения в частных производных первого порядка.</p> <p>Понятие характеристики квазилинейного уравнения. Решение задачи Коши для квазилинейного уравнения. Решение задачи Коши для нелинейного уравнения с частными производными первого порядка. Об эвристическом подходе к нелинейным волновым уравнениям.</p>	4	8	8
<p>Тема 5. Полный, общий и особый интегралы уравнений в частных производных первого порядка.</p> <p>Аналитические методы выделения решений систем дифференциальных уравнений с двумя независимыми переменными. Консервативные системы квазилинейных уравнений. Потенциал решения консервативной системы квазилинейных уравнений. Постановка задачи Коши</p>	6	12	12

для системы квазилинейных уравнений гиперболического типа. Нелинейные волны в среде без дисперсии и диссипации. Волны в нелинейной среде с диссипацией. Волны в нелинейных средах с дисперсией. Солитоны.			
Тема 6. Геометрическая теория уравнений в частных производных первого порядка. Геометрические приложения дифференциального исчисления: уравнения кривых и их виды, касательная и нормаль, выпуклость, кривизна, эволюты кривых, огибающие кривые, касательные плоскости и нормали, огибающие, линии на поверхности и кривизна поверхностей. Геометрическая интерпретация линейных и квазилинейных уравнений в частных производных первого порядка. Геометрическая интерпретация нелинейных уравнений с двумя независимыми переменными.	4	8	8
Итого	30	60	60

ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА.

Тема	Задание на практическую подготовку	количество часов
Тема 1. Постановка задачи об интегрировании уравнений с частными производными.	Решение задач	8
Тема 2. Линейные однородные уравнения в частных производных первого порядка.	Решение задач	12
Тема 3. Линейные неоднородные уравнения в частных производных первого порядка.	Решение задач	12
Тема 4. Нелинейные уравнения в частных производных первого порядка.	Решение задач	8
Тема 5. Полный, общий и особый интегралы уравнений в частных производных первого порядка.	Решение задач	12
Тема 6. Геометрическая теория уравнений в частных производных первого порядка.	Решение задач	8

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Темы для самостоятельного изучения	Изучаемые вопросы	Количество часов	Формы самостоятельной работы	Методические обеспечения	Формы отчетности
Постановка задачи об интегрировании уравнений с частными производными.	Классификация уравнений. Характеристические свойства уравнений.	4	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач	Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет	Конспект, решённые задачи
Линейные однородные уравнения в частных производных первого порядка.	Решение задачи Коши для однородного уравнения с n независимыми переменными.	4	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач	Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет	Конспект, решённые задачи

Линейные неоднородные уравнения в частных производных первого порядка.	Неоднородное уравнение .Задача Коши для неоднородного уравнения.	4	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач	Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет	Конспект, решённые задачи
Нелинейные уравнения в частных производных первого порядка.	Решение задачи Коши для квазилинейного уравнения. Решение задачи Коши для нелинейного уравнения с частными производными первого порядка.	6	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач	Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет	Конспект, решённые задачи
Полный, общий и особый интегралы уравнений в частных производных первого порядка.	Нелинейные волны в среде без дисперсии и диссипации. Волны в нелинейной среде с диссипацией. Волны в нелинейных средах с дисперсией. Солитоны.	6	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач	Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет	Конспект, решённые задачи
Геометрическая теория уравнений в частных производных первого порядка.	Уравнения кривых и их виды, касательная и нормаль, выпуклость, кривизна, эволюты кривых, огибающие кривые, касательные плоскости и нормали, огибающие, линии на поверхности и кривизна поверхностей.	4	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач	Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет	Конспект, решённые задачи
Итого		28			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код и наименование компетенции	Этапы формирования
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.

Код и наименование компетенции	Этапы формирования
ДПК-1. Способен понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования исследований в области физики	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.
ДПК-2. Способен освоить современные концепции, теории, законы и методы в области физики, математики и информатики, овладеть основными методами решения задач, сформулированными в рамках данных предметных областей, и применить их в профессиональной деятельности	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.

5.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Оцениваемые компетенции	Уровень сформированности	Этап формирования	Описание показателей	Критерии оценивания	Шкала оценивания
ОПК-1	Пороговый	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.	Знать основные понятия и теоремы Уметь решать изученные задачи	Домашнее задание. Устный опрос. Контрольная работа.	Шкала оценивания домашнего задания. Шкала оценивания устного опроса. Шкала оценивания контрольной работы.
	Продвинутый	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.	Знать: понятия и теоремы с идеями доказательств и (или) доказательствами. Уметь: решать задачи, творчески используя полученные знания. Владеть: теоретическими знаниями и практическими умениями, применяя их в предметной области при решении профессиональных задач.	Домашнее задание. Устный опрос. Контрольная работа Практическая подготовка	Шкала оценивания домашнего задания. Шкала оценивания устного опроса. Шкала оценивания контрольной работы Шкала оценивания практической подготовки.

ДПК-1	Пороговый	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.	Знать основные понятия и теоремы Уметь решать изученные задачи	Домашнее задание. Устный опрос. Контрольная работа.	Шкала оценивания домашнего задания. Шкала оценивания устного опроса. Шкала оценивания контрольной работы.
	Продвинутый	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.	Знать: понятия и теоремы с идеями доказательств и (или) доказательствами. Уметь: решать задачи, творчески используя полученные знания. Владеть: теоретическими знаниями и практическими умениями, применяя их в предметной области при решении профессиональных задач.	Домашнее задание. Устный опрос. Контрольная работа Практическая подготовка	Шкала оценивания домашнего задания. Шкала оценивания устного опроса. Шкала оценивания контрольной работы Шкала оценивания практической подготовки.
ДПК-2	Пороговый	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.	Знать основные понятия и теоремы Уметь решать изученные задачи	Домашнее задание. Устный опрос. Контрольная работа.	Шкала оценивания домашнего задания. Шкала оценивания устного опроса. Шкала оценивания контрольной работы.
	Продвинутый	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.	Знать: понятия и теоремы с идеями доказательств и (или) доказательствами.	Домашнее задание. Устный опрос. Контрольная работа	Шкала оценивания домашнего задания. Шкала

		та.	ми. Уметь: решать задачи, творчески используя полученные знания. Владеть: теоретическими знаниями и практическими умениями, применяя их в предметной области при решении профессиональных задач.	работа Практическая подготовка	оценивания устного опроса. Шкала оценивания контрольной работы Шкала оценивания практической подготовки.
--	--	-----	--	-----------------------------------	---

Шкала оценивания домашнего задания

Показатель	Баллы
Студент правильно выполнил 0 – 10% домашнего задания	0
Студент правильно выполнил 11 – 20% домашнего задания	1
Студент правильно выполнил 21 – 40% домашнего задания	2
Студент правильно выполнил 41 – 60% домашнего задания	3
Студент правильно выполнил 61 – 80% домашнего задания	4
Студент правильно выполнил 81 – 100% домашнего задания	5

Шкала оценивания устного опроса

Критерий оценивания	Баллы
Студент ответил на вопрос и показал полное и уверенное знание темы	5
Студент ответил на вопрос, однако в ответе присутствуют несущественные ошибки, недостатки и недочёты	4
Студент в целом ответил на вопрос, но в ответе имеются заметные и грубые ошибки, недостатки и недочёты	3
Студент не ответил на вопрос, но имеются более двух правильных идей или подходов к правильному ответу	2
Студент не ответил на вопрос, но имеются только одна-две идеи или подходы к правильному ответу	1
Студент не ответил на вопрос и показал полное незнание темы задания	0

Шкала оценивания контрольной работы

Показатель	Баллы
Студент правильно выполнил 0 – 2% всех заданий	0
Студент правильно выполнил 3 – 5% всех заданий	1
Студент правильно выполнил 6 – 10% всех заданий	2
Студент правильно выполнил 11 – 15% всех заданий	3
Студент правильно выполнил 16 – 20% всех заданий	4
Студент правильно выполнил 21 – 25% всех заданий	5
Студент правильно выполнил 26 – 30% всех заданий	6

Студент правильно выполнил 31 – 35% всех заданий	7
Студент правильно выполнил 36 – 40% всех заданий	8
Студент правильно выполнил 41 – 45% всех заданий	9
Студент правильно выполнил 46 – 50% всех заданий	10
Студент правильно выполнил 51 – 55% всех заданий	11
Студент правильно выполнил 56 – 60% всех заданий	12
Студент правильно выполнил 61 – 65% всех заданий	13
Студент правильно выполнил 66 – 70% всех заданий	14
Студент правильно выполнил 71 – 75% всех заданий	15
Студент правильно выполнил 76 – 80% всех заданий	16
Студент правильно выполнил 81 – 85% всех заданий	17
Студент правильно выполнил 86 – 90% всех заданий	18
Студент правильно выполнил 91 – 95% всех заданий	19
Студент правильно выполнил 96 – 100% всех заданий	20

Шкала оценивания практической подготовки.

Критерии оценивания	Баллы
1. практическое задание выполнено в установленный срок с использованием рекомендаций преподавателя; 2. показан высокий уровень знания изученного материала по заданной теме, 3. умение глубоко анализировать проблему и делать обобщающие практико-ориентированные выводы; 4. работа выполнена без ошибок и недочетов или допущено не более одного недочета.	8-10
1. практическое задание выполнено в установленный срок с использованием рекомендаций преподавателя; 2. показан хороший уровень владения изученным материалом по заданной теме, 3. работа выполнена полностью, но допущено в ней: а) не более одной негрубой ошибки и одного недочета б) или не более двух недочетов.	5-7
1. практическое задание выполнено в установленный срок с частичным использованием рекомендаций преподавателя; 2. продемонстрированы минимальные знания по основным темам изученного материала.	2-4
1. число ошибок и недочетов превосходит норму, при которой может быть выставлена оценка «удовлетворительно» или если правильно выполнено менее половины задания; 2. если обучающийся не приступал к выполнению задания или правильно выполнил не более 10 процентов всех заданий.	0-1

5.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примеры домашних заданий

1. Найти собственные числа и собственные значения задачи Дирихле для оператора Лапласа в области: $0 < x < a, 0 < y < b$.
2. Найти решение уравнения со стационарной неоднородностью $u_{tt} = a^2 u_{xx} + A \sin x + C$ с нулевыми начальными условиями и граничными условиями $u(0,t) = B, u(l,t) = C$ в области $0 \leq x \leq l$.

3. Найти поперечные колебания прямоугольной мембраны $0 \leq x \leq l_1$, $0 \leq y \leq l_2$ с закреплённым краем, вызванные непрерывно распределённой по мембране и перпендикулярной к её поверхности силой с плотностью $F(x,y,t) = A(x,y)\sin(\omega t)$. Рассмотреть случай резонанса.
4. Найти решение неоднородного уравнения теплопроводности

$$u_t = a^2 u_{xx} + f(x, t)$$
 с начальным условием $u(x,0) = \varphi(x)$ и граничными условиями $u(0,t) = u(l,t) = 0$.
5. Найти функцию Грина для полупространства и полуплоскости в случае первой краевой задачи.
6. Построить функцию источника для сферы и круга методом электростатических изображений.
7. Получить рекуррентные формулы для полиномов Лежандра.
8. Найти собственные значения и собственные функции уравнения

$$\frac{d}{dx} \left[(1-x^2) \frac{dy}{dx} \right] + \left(\lambda - \frac{m^2}{1-x^2} \right) y = 0,$$
 $-1 < x < 1$ при условии ограниченности $|y(\pm 1)| < \infty$.
9. Найти решения для уравнения Лапласа на сфере с условием ограниченности функции на всей сфере.
10. Получить сферические функции для $l = 1$ (p-функции) и $l = 2$ (d-функции).

Примеры вариантов контрольной работы

Вариант 1

1. Является ли система векторов $\sin x, \sin 2x, \dots, \sin nx, \dots$ линейного пространства $C(R)$ линейно зависимой?
2. Найти собственные числа и собственные функции линейного оператора d^2/dx^2 , заданного на множестве функций с граничными условиями $U(0) = 0, U(\pi) = 0$.
3. Пусть операторы A, B – самосопряжённые. Доказать, что оператор $l^1[A, B]$ – самосопряжённый.
4. Выяснить каким уравнением является следующее выражение:

$$u_{xy} + 2 \frac{\partial}{\partial x} (u_x^2 + u) - 6x \sin y = 0.$$

5. Привести к каноническому виду уравнение

$$e^{2x} u_{xx} + 2e^{x+y} u_{xy} + e^{2y} u_{yy} = 0.$$

Вариант 2

1. Доказать, что произведение самосопряжённых операторов является самосопряжённым в том, и только в том случае, когда они коммутируют.
2. Найти собственное значение оператора $A = -d^2/dx^2$, принадлежащее собственной функции $\Psi = \sin 2x$.
3. Является ли указанное равенство дифференциальным уравнением:

$$\frac{\partial}{\partial x} \tan u + u_x \sec^2 u - 3u + 2 = 0.$$

4. Определить тип уравнения:

$$a_{xx} + 2u_{xy} + u_{yy} + u_x + u_y + 3u - xy^2 = 0.$$
5. Привести к каноническому виду уравнение

$$u_{xx} + xy u_{yy} = 0.$$

Примерные темы рефератов

1. Частные решения уравнения Эйлера.

2. Сферические гармоники и шаровые функции.
3. Гармонический осциллятор.
4. Общее уравнение теории специальных функций.

Примерные темы курсовых работ

1. Приведение к каноническому виду уравнения гипергеометрического типа.
2. Волны на поверхности воды.
3. Обобщённые функции.
4. Уравнение диффузии в анизотропной среде.
5. Уравнение Шредингера с кубической нелинейностью.
6. Осциллятор на струне (модель Лэмба).

Примерные вопросы на зачёте

1. Линейные пространства.
2. Евклидовы и эрмитовы пространства.
3. Линейные операторы. Матрица линейного оператора. Инвариантные подпространства.
4. Собственные векторы и собственные значения линейных операторов.
5. Сопряжённые и нормальные операторы.
6. Задача Штурма – Лиувилля.
7. Группы. Примеры групп, имеющих приложение в физике.
8. Группы преобразований и однородные пространства. Условия инвариантности уравнений движения.
9. Представления групп. Представление группы симметрии уравнения Шредингера, реализующееся на его собственных функциях.
10. Разложение функций в ряд Тейлора.
11. Гильбертовы пространства. Ортогональные системы функций. Ряды Фурье.
12. Интеграл Фурье.
13. Преобразование Фурье.
14. Вывод уравнения колебаний струны.
15. Вывод уравнения теплопроводности.
16. Общее решение одномерного волнового уравнения.
17. Задача Коши для одномерного волнового уравнения.
18. Смешанная задача для уравнения колебаний закреплённой струны.
19. Задача Коши для одномерного уравнения теплопроводности.
20. Трёхмерное волновое уравнение. Плоские волны.
21. Трёхмерное волновое уравнение. Сферические волны.
22. Уравнение Лапласа.
23. Уравнение Кортвега-де-Вриза.
24. Стационарные решения уравнения Кортвега-де-Вриза.
25. Задачи, приводящие к уравнению Лежандра. Полиномы Лежандра.
26. Полиномы Эрмита и Лагерра.
27. Решение уравнения Лапласа в сферических координатах.
28. Ортогональность системы сферических функций.
29. Ротатор.
30. Движение электронов в кулоновском поле.

5.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Для сдачи зачета необходимо выполнить все задания текущего контроля. Значимым

моментом является показатель изучения материала лекций и выполнение заданий в указанные сроки. На зачет выносятся материал, излагаемый в лекциях и рассматриваемый на практических занятиях.

Шкала оценивания зачёта

Количество баллов	Критерии оценивания
16 – 20	имеет место полное усвоение теоретического и практического материала; студент умеет объяснить все понятия и утверждения из лекционного курса и решает все задачи и примеры из приведенных заданий
12 – 15	имеет место основное усвоение теоретического и практического материала; студент умеет объяснить основные понятия и утверждения из лекционного курса и решает основные задачи и примеры из приведенных заданий
8 – 11	имеет место знание объяснения основных понятий и утверждений курса; студент умеет решать задачи и примеры из приведенных заданий, являющиеся обобщением задач школьного курса физики
0 – 7	имеет место неусвоение основных понятий и утверждений курса; студент не умеет решать задачи и примеры из заданных заданий, являющиеся обобщением задач школьного курса физики

Итоговая шкала оценивания результатов освоения дисциплины

Итоговая оценка по дисциплине формируется из суммы баллов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации и выставляется в соответствии с приведенной ниже таблицей.

Оценка по 100-балльной системе	Оценка по традиционной системе
81 – 100	Зачтено
61 – 80	Зачтено
41 – 60	Зачтено
0 – 40	Не зачтено

Шкала оценивания курсовой работы

Количество баллов	Критерии оценивания
81 – 100	Студент: – подробно разобрал теоретический и практический материал, относящийся к теме своей курсовой работы; – овладел всеми понятиями; – умеет обосновывать все утверждения, задачи и примеры из своей курсовой работы; – выступает на защите уверенно, отвечает подробно на поставленные вопросы.
61 – 80	Студент: – подробно разобрал теоретический и практический материал, относящийся к теме своей курсовой работы; – практически овладел всеми понятиями; – умеет обосновывать практически все утверждения, задачи и примеры из своей курсовой работы; – выступает на защите уверенно, отвечает на поставленные

	вопросы.
41 – 60	Студент: – разобрал основной теоретический и практический материал, относящийся к теме своей курсовой работы; – овладел большинством понятий; – не умеет обосновывать большинство утверждений, задач и примеров из своей курсовой работы; – выступает на защите неуверенно, отвечает не на все поставленные вопросы.
0 – 40	Студент: – не разобрал основной теоретический и практический материал, относящийся к теме своей курсовой работы; – не овладел большинством понятий; – не умеет обосновывать утверждения, задачи и примеры из своей курсовой работы; – выступает на защите неуверенно, не отвечает на поставленные вопросы.

Итоговая шкала оценивания результатов освоения дисциплины

Итоговая оценка по дисциплине формируется из суммы баллов по результатам текущего контроля и промежуточной аттестации и выставляется в соответствии с приведенной ниже таблицей.

Оценка по 100-балльной системе	Оценка по традиционной системе
81 – 100	Отлично
61 – 80	Хорошо
41 – 60	Удовлетворительно
0 – 40	Неудовлетворительно

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Основная литература

1. Полянин, А. Д. Нелинейные уравнения математической физики в 2 ч. Часть 1 : учебное пособие для академического бакалавриата / А. Д. Полянин, В. Ф. Зайцев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 322 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-02296-4. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/E32C40E9-5C2E-43F1-B873-2D8278E357B8.
2. Полянин, А. Д. Нелинейные уравнения математической физики в 2 ч. Часть 2 : учебное пособие для академического бакалавриата / А. Д. Полянин, В. Ф. Зайцев. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 368 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-02301-5. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/920B699F-1A2A-4CBA-8F18-7607112E1645.
3. Полянин, А. Д. Нелинейные уравнения математической физики и механики. Методы решения : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. Д. Полянин, В. Ф. Зайцев, А. И. Журов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 256 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-02317-6. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/BA8375FD-BC61-4F27-98E2-27AF3AFDF2E4.
4. Уравнения математической физики. Нелинейные интегрируемые уравнения : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / А. В. Жибер, Р. Д. Муртазина, И. Т. Хабибуллин, А. Б. Шабат. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 375 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-03041-9. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/771C984F-6865-4C58-975B-8020A14E00FF.

5. Лобанов, А. И. Математическое моделирование нелинейных процессов : учебник для академического бакалавриата / А. И. Лобанов, И. Б. Петров. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 255 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-8897-0. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/C7FE0C81-16DA-445E-8656-3A19CFB1170A.
6. Жуковский, В. И. Дифференциальные уравнения. Линейно-квадратичные дифференциальные игры : учебное пособие для вузов / В. И. Жуковский, А. А. Чикрий ; отв. ред. В. А. Плотников. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 322 с. — (Серия : Авторский учебник). — ISBN 978-5-534-05016-5. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/E97856E1-9633-42EE-9297-E1037D92F170.

6.2. Дополнительная литература

1. Дифференциальные уравнения. Устойчивость и оптимальная стабилизация : учебное пособие для вузов / А. Н. Сесекин [и др.] ; под науч. ред. А. Ф. Шорикова; отв. ред. А. Н. Сесекин. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 119 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-08215-9. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/F9F47DC5-E693-4583-BE6A-C7BFA99948DF.
2. Зайцев, В. Ф. Обыкновенные дифференциальные уравнения в 2 ч. Часть 1 : справочник для академического бакалавриата / В. Ф. Зайцев, А. Д. Полянин. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 385 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-02685-6. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/16DB2B88-BE82-4932-B402-205C650B928D.
3. Зайцев, В. Ф. Обыкновенные дифференциальные уравнения в 2 ч. Часть 2 : справочник для академического бакалавриата / В. Ф. Зайцев, А. Д. Полянин. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 196 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-02690-0. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/EE008BB5-D2EF-44D6-A78C-671F85F9F511.

6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Примеры по курсу «Обыкновенные дифференциальные уравнения» [Электронный ресурс] – Режим доступа
<http://www.exponenta.ru/educat/class/courses/student/ode/examples.asp>
2. Абрамов А.А. Дифференциальные уравнения [Электронный ресурс]: видеокурс. – Режим доступа <http://www.intuit.ru/department/mathematics/diffequations/>
3. Видеотека [Электронный ресурс] – Режим доступа
http://www.mathnet.ru/php/presentation.phtml?option_lang=rus

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы по дисциплинам.
3. Методические рекомендации по написанию курсовой работы

8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Лицензионное программное обеспечение:

Microsoft Windows
Microsoft Office
Kaspersky Endpoint Security

Информационные справочные системы:

Система ГАРАНТ
Система «КонсультантПлюс»

Профессиональные базы данных
fgosvo.ru – Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования
pravo.gov.ru - Официальный интернет-портал правовой информации
www.edu.ru – Федеральный портал Российское образование

Свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства
ОМС Плеер (для воспроизведения Электронных Учебных Модулей)
7-zip
Google Chrome

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: учебной мебелью, доской, демонстрационным оборудованием, персональными компьютерами, проектором;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде.